



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

**ANALÝZA NÁKLADŮ ZDROJŮ VYTÁPĚNÍ
U PASIVNÍCH DOMŮ**

COST ANALYSIS OF HEATING SOURCES IN PASSIVE HOUSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Vítek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. MARTIN TUSCHER, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N0732A260021 Stavební inženýrství – management stavebnictví
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Marek Vítek
Název	Analýza nákladů zdrojů vytápění u pasivních domů
Vedoucí práce	Ing. et Ing. Martin Tuscher, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tichá, A., Tichý, J., Vysloužil, R.: Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě, akademické nakladatelství CERM s.r.o., Brno 2008, ISBN 978-80-7204-587-7

Marková, L.: Ceny ve stavebnictví, studijní opora VUT FAST Brno 2006

Maceková, V.: Nauka o pozemních stavbách, studijní opora VUT FAST Brno 2006

Zlámal, L.: Pozemní stavitelství I, studijní opora VUT FAST Brno 2005

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zadání práce:

1. Analýza nejčastěji používaných systémů vytápění pro pasivní rodinné domy.
2. Ocenění investičních nákladů vybraných systémů vytápění.
3. Ocenění provozních nákladů vybraných systémů vytápění.
4. Vyhodnocení a porovnání vybraných systémů vytápění.

Cílem práce je porovnat investiční a provozní náklady nejčastěji používaných systémů vytápění u pasivních rodinných domů.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. et Ing. Martin Tuscher, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Téma této diplomové práce je analýza nákladů zdrojů vytápění u pasivních domů. První část práce je teoretická a zabývá se základními pojmy pasivního domu, obnovitelných zdrojů energie, tepelných zdrojů, ekonomických ukazatelů. V praktické části je na modelovém domě provedena analýza nákladů vybraných zdrojů vytápění. Výsledkem práce je vyhodnocení variant návrhu a optimálního řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pasivní dům, tepelné zdroje, roční energetické náklady, úspora, investiční náklady, doba návratnosti, tepelné čerpadlo, fotovoltaická elektrárna

ABSTRACT

The topic of this diploma thesis is cost analysis of heating sources in passive houses. The first part of the thesis is theoretical and focuses on basic concepts of passive house, renewable energy sources, heating sources, economical indicators. In the practical part there is cost analysis of chosen heating sources of model house. Result of this thesis is evaluation of design options and optimal solution.

KEYWORDS

Passive house, heating sources, annual energy costs, savings, investment costs, the payback period, heat pump, photovoltaic powerplant

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Marek Vítek *Analýza nákladů zdrojů vytápění u pasivních domů*. Brno, 2022. 84 s., 8 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. et Ing. Martin Tuscher, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Analýza nákladů zdrojů vytápění u pasivních domů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Marek Vitek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Analýza nákladů zdrojů vytápění u pasivních domů* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Marek Vitek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu práce panu Ing. et. Ing. Martinu Tuscherovi, Ph.D, za poskytnuté rady, názory a odborné vedení, které přispělo ke zpracování této diplomové práce. Dále děkuji svým blízkým za trpělivost a podporu, kterou mi při celém studiu poskytli.

OBSAH

1 ÚVOD	11
2 TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1 Nízkoenergetické budovy	12
2.1.1 Energie v rodinném domě	12
2.1.2 Pasivní vs nízkoenergetický dům	13
2.1.3 Úspora na vytápění	14
2.1.4 Tepelná pohoda prostředí	15
2.2 Obnovitelné zdroje energie	16
2.2.1 Větrná energie	16
2.2.2 Vodní energie	16
2.2.3 Geotermální energie	17
2.2.4 Energie z biomasy	17
2.2.5 Solární energie	17
2.3 Vytápění	18
2.3.1 Regulace	19
2.4 Tepelné čerpadlo	20
2.4.1 Princip TČ	20
2.4.2 Topný faktor	21
2.4.3 Druhy TČ	23
2.4.4 TČ vzduch – voda	24
2.4.5 TČ země – voda	25
2.4.6 TČ voda – voda	27
2.5 Kotle	29
2.5.1 Kotle na tuhá paliva	31

2.5.2 Kotle na plynná paliva	31
2.5.3 Elektrokotle.....	33
2.6 Solární systémy	35
2.6.1 Solární kolektory	35
2.6.2 Fotovoltaické články.....	37
2.7 Rekuperace	39
2.8 Základní ekonomické pojmy	40
2.8.1 Časová hodnota peněz	40
2.8.2 Diskontní sazba a její stanovení	41
2.8.3 Diskontovaná doba návratnosti.....	41
3 Hodnocený objekt	43
3.1 Popis modelového domu	43
3.1.1 Tepelná ztráta objektu.....	44
3.1.2 Potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV	44
3.2 Nová Zelená Úsporám.....	47
3.3 Zdroj	49
3.3.1 Vytápění elektrickým kotlem	49
3.3.2 FVE.....	51
3.3.3 Vytápění plynovým kotlem	56
3.3.4 Vytápění TČ vzduch – voda	59
3.3.5 Vytápění TČ země – voda	62
3.3.6 Vytápění kotlem na pelety	65
3.4 Porovnání zdrojů	68
3.4.1 Počáteční investice.....	68
3.4.2 Roční provozní náklady	69
3.4.3 Doba návratnosti a úspora investice	70

3.5 Celkový přehled	71
3.6 Vyhodnocení	73
4 ZÁVĚR	74
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	75
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	79
SEZNAM OBRÁZKŮ	81
SEZNAM TABULEK	82
SEZNAM GRAFŮ	83
SEZNAM PŘÍLOH	84

1 ÚVOD

Pro zpracování této diplomové práce jsem si zvolil téma „Analýza nákladů zdrojů vytápění u pasivních domů“. Téma je velmi aktuální, neboť v legislativním prostředí v oblasti výstavby budov dochází k velkým změnám a požadavkům na využívání zdrojů obnovitelné energie a snižování celkových provozních nákladů, jak na vytápění a ohřev teplé užitkové vody, tak i na celkovou spotřebu elektrické energie spotřebičů. Na trhu je dnes velké množství technologií, určených k tomuto účelu. Těmi jsou především tepelná čerpadla, ekologické kondenzační plynové kotle, fotovoltaické elektrárny a další. Pro investora je často obtížné orientovat se v této problematice a zvolit tak pro svůj dům právě optimální řešení, které by vyhovovalo požadavkům jeho vlastním, ale i požadavkům legislativním. Zároveň dochází k velké oblibě výstavby pasivních domů, především díky jejich dobré schopnosti šetřit provozní náklady a také vyčerpatelné zdroje energie.

Diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části, která je zaměřena na teorii v oblasti vytápění a pasivních staveb, jsou vysvětleny některé důležité pojmy a různé koncepty využití obnovitelných zdrojů energie k výrobě využitelné energie. Dále jsou podrobně rozebrány možné zdroje vytápění domů s popisem principu jejich fungování. A také některá technická zařízení, bez kterých pasivní dům dnes již nelze postavit, jako jsou např. nucené větrání s rekuperací. Dále jsou zde popsány některé ekonomické pojmy, které jsou dále v této práci využity k výpočtům.

Druhá část se zaměřuje na praktický příklad stavby pasivního domu, která je však vytápěna elektrokotlem. Ten je dále zhodnocen z hlediska ročních nákladů na provoz. Následuje hledání lepší varianty zdroje pro vytápění. Posuzovanými zdroji jsou v této práci elektrokotel s fotovoltaickou elektrárnou, kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo vzduch – voda, tepelné čerpadlo země – voda a kotel na pelety. U všech zdrojů je proveden orientační výpočet spotřeby energie a od toho odvozené náklady na provoz objektu za rok. Dále je také vyhodnocena jejich efektivita v oblasti návratnosti vložených financí a celkový přehled peněžních toků porovnaných s výchozím podkladem, tedy vytápěním elektrokotlem. Z těchto údajů jsou následně provedeny vyhodnocení v oblastech investičních nákladů, doby návratnosti, ročních provozních nákladů. Následně je obsažena přehledná tabulka údajů a provedena subjektivní analýza s vyhodnocením optimální varianty.

Cílem práce je usnadnit stavebníkům rozhodovací proces při výběru tepelného zdroje, přiblížit jim klady a zápory jednotlivých zdrojů a vytvořit obraz zejména o finančním porovnání zdrojů.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Nízkoenergetické budovy

Existuje určitá spojitost prolínající se v každé zprávě o stavebním průmyslu a budovách, která konstatuje nemalý vliv budov na spotřebu energie a následný efekt na celkové životní prostředí. Podle organizace OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) zde z tohoto pohledu vstupují tři hlavní faktory, a to energetická náročnost budov ve smyslu produkce CO₂, dále kvalita vnitřního prostředí v budovách a nakládání se stavebním odpadem a odpadem z demolic. Ta udává odpovědnost provozu budov ve vyspělých zemích na úrovni přesahující 40 % spotřeby energie, což je spjato také s produkcí emisí CO₂. Důležité zde je také zamyšlení nad faktem, že většina budov disponuje velmi dlouhou životností v porovnání s produkcí v jiných odvětví průmyslu. Jakákoliv změna v systému výstavby se proto projeví v horizontu několika desetiletí, pro představu lze odhadnout, že budovy vystavěné dnes nebudou za dvacet let tvořit ani 15 % fondu budov. Zde jistě chápeme nutnost prosazovat stavby s nízkou energetickou náročností, ačkoliv se dnes ještě stále setkáváme s jejich zastánci i odpůrci, jejich vliv na snižování enviromentální zátěže a úspory energie nelze opomenout. [1]

Hlavním „lákadlem“ či předností zůstává schopnost těchto úspor dosahovat dlouhodobě. Prakticky po celou dobu životnosti, za předpokladu pravidelné údržby a výměny prvků krátkodobé životnosti k udržení jejich význačných technických vlastností. Další hlavní výhodou je fakt, že využití primární energie z obnovitelných zdrojů přímo nepodléhá vnějším vlivům jako jsou např. ceny elektřiny, zde ale také záleží na typu zdroje. Avšak problémem nadále zůstává závislost individuality každé takovéto budovy v jejím technickém řešení. Některé principy lze využít opakovaně, ale jiné vyžadují specifická řešení. Obecně je zde snaha minimalizovat tepelné ztráty a maximalizovat solární zisky, při zachování estetické kvality. [1]

2.1.1 Energie v rodinném domě

Energie, kterou za svůj život využijeme na bydlení tvoří největší část naší spotřeby. Tuto energii však vnímáme jinak, než například energii a s ní spojené náklady na provoz automobilu. Lze říct, že tato energie je pro nás životně nezbytná a vnímáme ji proto ne jako spotřebu ale nutnost. Většinu energie spotřebované při bydlení využíváme pro tři hlavní účely:

- Vytápění

- Ohřev vody
- Provoz spotřebičů (převážně osvětlení, praní, vaření, chlazení a provoz elektroniky) [2]

Spotřeba domů je různorodá. Je ovlivněna hlavně jeho konstrukcí. Mezi zásadní kritéria patří izolační schopnost obvodového pláště, nemalou roli hraje také orientace vůči světovým stranám, tvar a velikost budovy. Jako příklad nám poslouží panelový dům, u kterého dochází ke ztrátě pouze jednou či dvěma venkovními stěnami a ostatní sousedí se společnými prostory a prostory vedlejších bytů. U rodinného domu probíhá ztráta veškerou konstrukcí obvodového pláště včetně podlahy. Z toho důvodu se nám může zdát jako výhodnější provádět nízkoenergetické budovy jako stavby s větším počtem bytových jednotek. Naproti tomu dobře izolovaný rodinný dům může mít ztrátu energie až o polovinu menší, než je tomu u starších domů. [2]

2.1.2 Pasivní vs nízkoenergetický dům

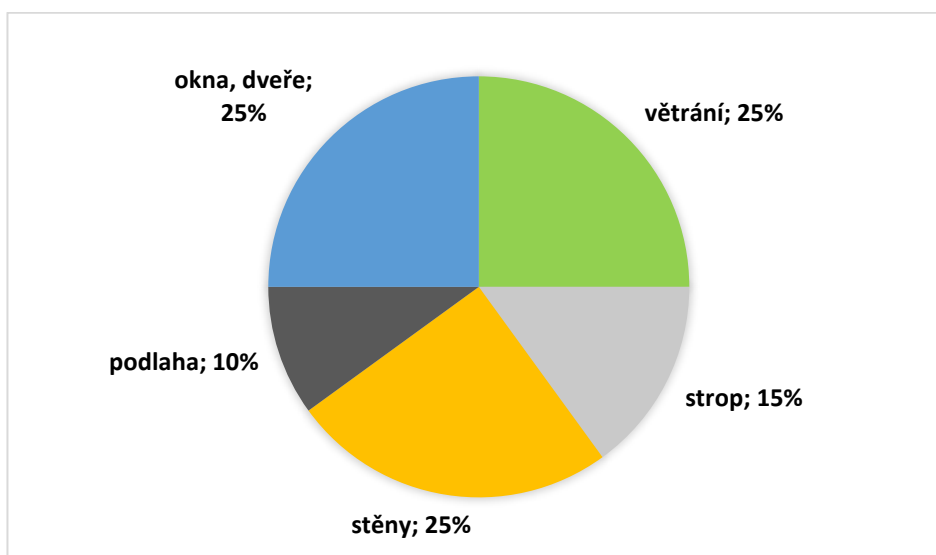
Společnou charakteristikou těchto dvou typů budov je snaha o maximální úsporu energie na vytápění a ohřev vody. Velkou roli u nich hraje konstrukční řešení, členitost ale také orientace světových stran. [1]

Nízkoenergetický dům – norma ČSN 73 0540 definuje NED jako budovu s roční plošnou měrnou spotřebou tepla na vytápění menší než $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Stavba obvykle kompaktního tvaru, čímž je značně ulehčeno dosažení požadovaných hodnot. Pro porovnání lze uvést hodnoty pro dnešní obvyklou zděnou novostavbu, které se pohybují v rozmezí 80 až $140 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Zároveň investiční náklady se oproti běžné výstavbě zvyšují o cca 10 %, ale je nutné vzít v úvahu vyšší návratnost vynaložených nákladů na vytápění vztažených k cenám energií. [3]

Pasivní dům – charakteristická budova s roční plošnou měrnou spotřebou tepla na vytápění do $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Budova ale musí splňovat další kritéria, aby ji bylo možné označit za pasivní dům. Přísný důraz je kladen na celkovou neprůvzdušnost budovy, kdy celková neprůvzdušnost budovy $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$, tzn. že za jednu hodinu se nesmí v budově vyměnit více než 60 % celkového objemu vzduchu. Dále nesmí celkové množství primární energie pro provoz budovy přesáhnout hodnotu $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Návrh tohoto typu domu je značně náročný a vyžaduje značnou souhru výše zmíněných parametrů a zásad (členitost, orientace, konstrukční návrh apod.). V praxi se často vyskytují řešení blížíící se pasivním budovám, avšak z některého z důvodů nedosahují na požadovanou hodnotu. Často se blíží hodnotám roční měrné potřeby tepla kolem 20 – $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. [1]

2.1.3 Úspora na vytápění

Domy nestavíme proto, abychom v nich topili. Teplo je ale pro celkovou pohodu nezbytné. Fyzikální zákony bohužel fungují proti naší snaze teplo ve vnitřních prostorech udržet. Je tedy na nás, zda budeme dokola topit a topit, či budeme svou snahou směřovat ke zpomalení úniku tepla a vytápět méně. [2]



Graf 1: Srovnání podílu konstrukcí na tepelné ztrátě domu. [tvorba vlastní]

Hodnoty znázorněné v grafu jsou spíše orientační, slouží pro uvědomění si jakým způsobem teplo uniká. Je zřejmé, že ztráty lze různými způsoby snížit. Současně ale platí, že sebelepší izolace nám účet za energii drasticky nesníží. Oproti tomu se zdá být redukce větrání lákavý způsob snížení tepelných ztrát objektu. Nelze však pouze „levným způsobem“ utěsnit okna. To by mělo za následek obrovský nárůst vnitřní vlhkosti, což by vedlo k poškození budovy. Nezanedbatelně negativní vliv by to také mělo na zdraví obyvatel domu. Při každém snížení tepelné ztráty je potřeba adekvátně upravit také dimenzi otopných těles a regulaci. Mohla by totiž nastat situace, ve které bude dům vytápěn nerovnoměrně či přetápěn, což ve výsledku bude mít opačný efekt, než kterého se snažíme dosáhnout. Alternativní řešení je použití paliva z levnějších zdrojů. Náklady na výměnu kotle nedosahují zdaleka nákladů na zateplení celého domu a výměnu oken. Při hledání optimálního řešení se vyplatí obě možnosti kombinovat, abychom dosáhli výsledného efektu při využití optimálního množství finančních zdrojů. [2]

2.1.4 Tepelná pohoda prostředí

Už téměř 400 let př. n. l. vznikla otázka, jak postavit dům, aby se v něm člověk cítil dobře. V tehdejší praxi se však na tuto stránku příliš nedbalo. Až do začátku průmyslové revoluce neexistovaly žádné nástroje kromě zapálení ohně k ohřátí a ovíjení vějířem k ochlazení. To se však s nástupem techniky koncem 18. století změnilo a vytápěcí technika se postupně zdokonalovala. Mechanické chlazení se začalo používat až počátkem 20. století, které umožnilo budovu, jak vytápět, tak chladit. Nejčastějším problémem však byla jeho nedokonalost a často tak docházelo k přetápění či podchlazení. Právě to dalo podnět k dalšímu zkoumání pohody prostředí. [4]

Tepelná pohoda prostředí je příjemný pocit zajišťující celkovou pohodu i optimální pracovní výkon. Pokud se nacházíme v prostředí s vyhovující tepelnou pohodu naše tělo funguje v ideálním stavu, nedochází k nadměrnému pocení, pocit chladu se nedostavuje, zkrátka v těle neprobíhají žádné termoregulační procesy. Nastává rovnováha mezi teplem vyprodukovaným tělem a teplem v jeho sdíleném okolí. [5]

Problém nastává, pokud se v místnosti sejde více lidí, protože vnímání tepla je silně individuální faktor. Zásadní roli hraje pohlaví, věk, tělesná kondice, zdravotní a duševní stav, prováděná činnost i oblečení. Proto nemůže vzniknout prostředí které by vyhovovalo všem stejně. Tepelnou pohodu neovlivňuje pouze teplota vzduchu. Důležitá je tzv. sálavá teplotní složka prostředí. Můžeme říct, že tepelnou pohodu ovlivňuje každý předmět v okolí, neboť každý vyzařuje určité radiační teplo. Studené okolní stěny ve starém domě musíme kompenzovat zvýšením teploty vzduchu, což má za následek větší spotřebu energie. Naproti tomu v dobře zateplené budově můžeme teplotu klidně o několik stupňů snížit, a přesto zůstane zachován komfort. Existuje známá poučka, že snížení vnitřní teploty o 1° C má za následek úsporu zhruba 6 %. Představme si situaci, kdy v dobře zatepleném domě snížíme průměrnou teplotu o 2 – 3° C. Ušetřili bychom tím cca 12–18 % spotřebované energie a to není vůbec zanedbatelná hodnota. Podobně náš pocit ovlivní rychlost proudění vzduchu. Čím rychleji vzduch proudí, tím menší tepelná pohoda je. Proto se v moderních pasivních domech navrhuje systémy nuceného větrání. Zajistíme tím daleko příjemnější prostředí i při zachování relativně nízké okolní teploty. Stejně jak pozitivně ovlivní zdraví člověka udržet si určitou teplotu okolí, ovlivní i konstrukce. Např. ve starším hůře zatepleném domě nelze teplotu snižovat až na hranici, při které se nám začnou na konstrukcích objevovat plísňe. [2, 5]

2.2 Obnovitelné zdroje energie

Dlouhodobý trend růstu populace je úzce spjat s rostoucí potřebou energie. Nelze však do nekonečna navyšovat obrátky výroby klasickými způsoby jako je spalování fosilních paliv. Nastal čas obrátit se veškerými možnými prostředky na využití energie ze zdroje, ve kterém o ni není nouze a udělat také správný krok k lepšímu životnímu prostředí nás, našich dětí, vnoučat a dalších generací, které přijdou stovky let po nás.

Tvrzení že státy s největší populací na světě logicky spotřebovávají nejvíce energie není zcela přesné. Např. USA spotřebovávají jednu pětinu z celkové energie, a přitom zde žije pouze dvacetina světového obyvatelstva. Naproti tomu v Indii žije téměř 20 % světové populace, a přesto poměr nároků na energii není zdaleka tak vysoký. Mezi šestici nejvíce „hladových států“ po energii se řadí mimo USA a Indii také Rusko, Čína, Německo a Japonsko. Není se čemu divit, každý z nich je technologickým gigantom. [6]

Mezi hojně využívané obnovitelné zdroje v ČR patří sluneční energie, vodní energie, větrná energie a energie z biomasy. [7]

2.2.1 Větrná energie

Už před tisíci let lidé začali využívat sílu větru pro účely pohonu. Nevýhodou je, že energetický potenciál větru je značně nestálý. Rychlost větru nelze ovládat, proto musí být moderní systémy konstruovány tak, aby maximálně využili vítr při nízké rychlosti a zároveň nedošlo k poškození ani při extrémní rychlosti. Samy využívají pouze část kinetické energie větru a zároveň jeho rychlost zpomalují. Pokud bychom chtěli využívat veškerou energii z větru, zákonitě by muselo dojít k úplnému zastavení proudu. Německý fyzik Karl Betz popsal ideální stav využití možného maxima z větru, a to zpomalením jeho původní rychlosti na třetinu. Tehdy je možné získat až 60 %. Reálně se však maximální účinnost pohybuje na hranici 50 %. [6]

2.2.2 Vodní energie

Jedním z prvních strojů využívajících energii z vody je vodní mlýn. S příchodem elektrifikace koncem 19. století vznikaly první turbíny, které poháněly generátory elektřiny. Když vezmeme v potaz, že povrch naší planety ze 71 % zabírá právě voda, může se nám tento zdroj zdát ideální pro energetická využití. Uběhlo mnoho let, ale princip využití turbíny k tvorbě energie zůstává pořád stejný. Základem je využití přirozených výškových rozdílů a množství výkonu závisí na průtočném množství a spádu vody. Existuje mnoho druhů vodních elektráren, které jsou svým principem fungování

upraveny aktuální situaci a místu, kde se nachází. Mohou být průtočné, přečerpávací, akumulační, přílivové a vlnové. [6]

2.2.3 Geotermální energie

„Energie z hlubin“ vzniká vnitru naší planety. My ji jednoduše známe jako např. vyvěrání gejzírů, horkých pramenů a par. V jádru země neustále probíhají chemické a fyzikální procesy a uvolňuje se obrovské množství energie. Získávání energie z tohoto zdroje nabízí stabilní výkon a téměř úplnou bezobslužnost. Oproti jaderným elektrárnám je tato energie bezpečná a dostupná. Nelze však hovořit o nevyčerpatelném zdroji, spíše o částečně obnovitelném. Předpokládaná životnost tepla využitelného k výrobě elektřiny je mezi 20 až 30 lety, a ještě delší pro vytápění. Princip získávání energie je založen na čerpání tepla z hlubinných vrtů. Přirozeně ohřátá voda se čerpá na povrch, kde roztáčí turbínu. Následně ochlazená voda se vrací zpět do podzemí a dochází k opakování cyklu. [8]

2.2.4 Energie z biomasy

Už od doby zapálení prvního ohně můžeme mluvit o využití energie z biomasy. Jedná se o vůbec nejstarší způsob získávání energie. Vystřídána byla až s nástupem využití fosilních paliv, avšak s ohledem na dnešní celosvětový problém týkající se udržení životního prostředí dochází k opětovnému využití tohoto zdroje, i když ne v takové míře jako kdysi. Rostliny vytváří biomasu fotosyntézou s využitím energie ze slunce. Živočichové nemohou vytvářet biomasu přímo, spíše dochází k určitému druhu přetváření už vzniklé biomasy. Nevýhodou je potřeba dostatku sluneční energie a vody, proto jsou místa k jejímu vzniku na zemi omezena. Na světě nepřetržitě vzniká biomasa s energetickým obsahem přesahujícím celosvětovou spotřebu desetinásobně. Důležité je využívání tzv. C4 – rostlin, jako jsou laskavec, proso, kukuřice, cukrová třtina a čínský rákos, které se vyznačují schopností rychlé fotosyntézy. Mimo využití dřeva mají velký potenciál také odpady ze zemědělství a lesního hospodářství. Biomasa se hojně využívá mnoha způsoby. Ve formě palivového dřeva a lisovaných pelet pro tvorbu tepla, jako bio olej a bio alkohol k tvorbě elektrické energie či ve formě bioplynu jako pohonné hmoty. [6]

2.2.5 Solární energie

Slunce je v dohledné době nevyčerpatelný zdroj energie. Každý z nás v dětství zkoušel pomocí dědečkovy lupy na čtení alespoň jednou soustředit energii právě z „všudypřítomných“ slunečních paprsků. Ať za tím stála zvědavost, jestli je možné

pomocí paprsků zapálit papír, nebo nás fascinovala malá světelná tečka, která soustředěním světla lupou vznikla.

Ve velkých elektrárnách s tisícovkami solárních kolektorů koncentrujeme paprsky slunce na trubici absorberu. Ta musí být speciálně ochráněna, aby dosahovala co největší efektivity např. obalením do vakuového pláště a opatření speciálním povlakem zabráňujícím vyzařování shromážděného tepla zpět do okolí. V současnosti elektrárny fungují na principu teplotního výměníku. Speciální olej se zahřívá v kolektoru až na 400° C, následně teplo předává parovodnímu okruhu, ve kterém se ohřívá voda a vzniklá pára pohání turbínu a ta vyrábí elektrický proud. Následně se voda ochladí a vrací se zpět do systému. To není žádná novinka, neboť na stejném principu fungují např. klasické parní i uhelné elektrárny. Kolísání výkonu mezi dnem a nocí je eliminováno buď použitím přídavných hořáků, nebo využitím tepelných zásobníků. Ty ukládají přebytečné teplo vzniklé za slunného dne a při nedostatku výkonu udržují oběh. Obdobou elektráren s kolektory jsou elektrárny věžové. Liší se v tom, že několik tisíců otočných zrcadel odráží paprsky do jednoho ohniska s přijímačem. [6]

U nás jsou nejrozšířenějším druhem elektrárny fotovoltaické. Jejich předností je skutečnost, že se koncentrací ušetří cenný materiál fotovoltaických solárních článků. [6]

Každý z uvedených zdrojů se ve své podstatě hodí k výrobě různého druhu energie. Větrné a vodní elektrárny jsou efektivnější k výrobě elektrického proudu, kdežto solární, geotermální a elektrárny na biomasu se více hodí k výrobě tepla.

2.3 Vytápění

Charakteristikou pasivního domu je minimální až nulová potřeba vytápěcího systému. Výborné izolační vlastnosti dovolují maximálně využívat teplo vydané věcmi uvnitř domu. Převážně ze samotných obyvatel, ze spotřebičů (osvětlení, pračka, chladnička atd.), a také ze slunečního záření. Takové teplo sice vzniká v každém domě, ale vzhledem k celkové spotřebě jde obvykle o velmi malý podíl. Tato koncepce možná funguje ve státech, ve kterých nejsou zimní teploty příliš nízké a slunce svítí většinu času v roce. V našich podmínkách je nezbytné navrhnout aktivní způsob vytápění pro situace, kdy v domě není dostatek uživatelů produkujících teplo, nebudou v provozu spotřebiče, anebo nebude dlouhou dobu svítit slunce. Pasivní domy nejčastěji využívají dvě koncepce vytápění. Teplovzdušné, využívající přímo vzduch jako nosič tepla a vytápění klasickými zdroji s topným médiem (např. vodou) jako jsou podlahové, stropní, stěnové vytápění, či přímotopné panely a radiátory. Při volbě otopného systému PD budeme proto zohledňovat kritéria týkající se jak komfortu topení a možnosti regulace tak pořizovacích

nákladů. Už ze skutečnosti, že se investor zajímá o výstavbu PD, můžeme předpokládat, že zde bude snaha o snížení zatížení životního prostředí. [1, 2, 9]

2.3.1 Regulace

Dobrá regulace zajišťuje dodávku potřebného množství tepla do míst, ve kterých ho zrovna potřebujeme. V pasivním domě je nezbytná, aby nedocházelo k letnímu přehřívání domu a v zimě k podchlazování. Dříve regulace nehrála až tak podstatnou roli. Ceny paliva byly výrazně nižší, často stačilo jednoduše otevřít okna a vyvětrat. To u dnešních budov přecpaných regulačními zařízeními neobstojí. Výkon otopné soustavy je často nastaven tak, aby i při teplotách – 15° C bylo v domě příjemných 20° C. Takové podmínky jsou u nás pouze několik dní v roce. Účelem regulace je omezovat či navyšovat výkon topného tělesa podle potřeby. Čím lépe bude regulace fungovat, tím méně paliva na vytápění spotřebujeme. Dobrou regulací dosáhneme úspory v rozmezí 5 až 15 %. U dnešních inteligentních soustav je nastavení regulace vcelku snadné. Většina systémů disponuje tzv. topnou křivkou, což je stoupající křivka výkonu v závislosti na teplotě vnějšího prostředí. Lze např. nastavit, aby při vnější teplotě – 10° C systém vytápěl na 22° C a při poklesu venkovní teploty o několik stupňů zvýšil vytápění domu na 23° C. [2]

Existuje několik úrovní regulací:

- Regulace kotle – nejzákladnější regulace na úrovni zdroje, která mění jeho výkon (např. přikládání, omezení přívodu vzduchu atd.)
- Regulace otopné soustavy podle času – ke zlepšení efektivity musíme definovat určitý čas, ve který má být teplo dodáváno. Použitím časového a teplotního spínače lze omezit noční teplotu v místnostech a nastavit topení v ranních hodinách pouze v koupelně a kuchyni. V dopoledních hodinách nastane útlum všech místností a před plánovaným příjezdem např. z práce se zvýší teplota v obývacím pokoji apod.
- Regulace otopné soustavy podle počasí – pro hospodárné vytápění je vhodné zachovat stabilní průtok topné vody otopnou soustavou. Problém nastává obvykle v jarních a podzimních měsících, kdy rozdíl mezi noční a denní teplotou kolísá. Tento problém řeší ekvitermická regulace, která pracuje s výše zmíněnými topnými křivkami. [2]

2.4 Tepelné čerpadlo

Základem pro vznik tepelného čerpadla byla již v roce 1852 druhá termodynamická věta Lorda Kelvina. Důležité je tvrzení, že teplo se šíří vždy ve směru od teplejšího ke studenější části. Právě tohoto principu využívá tepelné čerpadlo. Vůbec první tepelné čerpadlo vzniklo náhodou. [10]

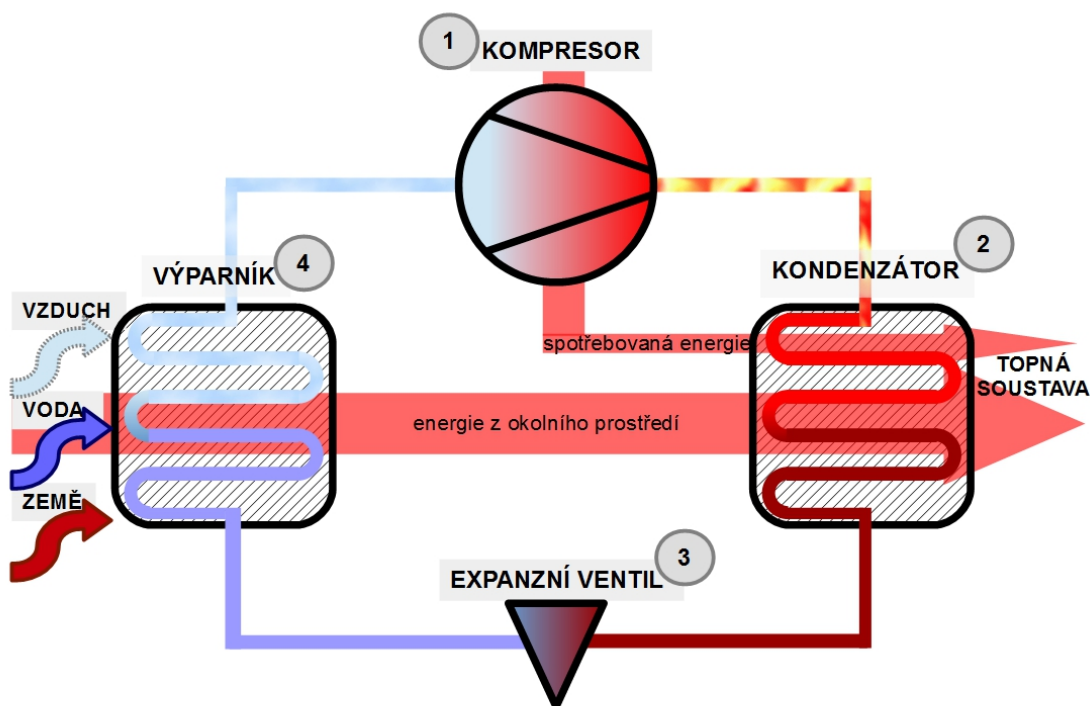
Až počátkem 20. století docházelo k postupnému rozšiřování chladicí techniky do domácností. Důležitý byl rok 1932, kdy se začalo používat chladivo s obchodním názvem freon od americké firmy Kinetic Chemicals Inc. Ke konci 40. let vynálezce Robert C. Weber, prováděl pokus s nízkými teplotami, omylem se dotknul výstupního potrubí mrazícího stroje, a to jej popálilo. Následně začal propojovat mrazák s bojlerem a začal experimentovat s vytápěním vlastního domu. V 80. letech se prokázal negativní vliv těchto plynů na ozónovou vrstvu a postupně nastal útlum jejich používání. [10, 11]

Rozkvět éry tepelných čerpadel byl zaznamenán převážně kolem roku 1980 avšak s následným prudkým propadem. V té době nebylo technické řešení tepelných čerpadel na tolik zdatné, aby zvládalo přenášet tepelnou energii z jednoho prostředí do druhého. Docházelo k častým poruchám zařízení a efektivnost nebyla dostatečná, což vedlo k nesplnění očekávání. Dalším problémem byla jejich instalace. Tepelná čerpadla se napojovala na stávající otopné soustavy, což nemohlo nahradit tehdejší klasické zdroje. V 90. letech se čerpadla netěšila velkému úspěchu, převážně to bylo dáno nízkou cenou energií a paliv. S příchodem nového tisíciletí vznikly nové programy na podporu instalace tepelných čerpadel. [11]

2.4.1 Princip TČ

Ačkoli se může zdát, že tepelné čerpadlo „vytváří teplo“, ve skutečnosti funguje na principu chladicího zařízení. Dalo by se nazvat „obrácenou ledničkou“. Teplo se získává z okolí pomocí média, které proudí trubkami pod zemí. Nejčastěji se používá nemrznoucí kapalina např. denaturovaný líh. Médium nasává teplo z okolí a proudí do zařízení. Každé TČ má v zásadě čtyři hlavní pracovní části. Jsou to výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Jako první prochází ohřáté médium výparníkem. Zde se za nízkého tlaku teplo předává chladivu kolujícímu uvnitř zařízení. Následně dojde k vypaření chladiva a nasátí vzduchu kompresorem. Zvýšením tlaku kompresorem je teplota plynné látky stlačena na vyšší pracovní tlak a tím také podle fyzikálních zákonů vzroste teplota (až na 80° C). Následně se v kondenzátoru předává teplota topnému médiu uvnitř domu – vodě. S poklesem teploty se plyn opět mění zpět do kapalné podoby. Posledním stupněm cyklu je průchod kapaliny expanzním ventilem. Zde

dojde k prudkému ochlazení a expanzi média. Celý cyklus se neustále a rychle opakuje, to má za následek přečerpávání tepla z vnějšího prostředí do domu. Pro přehlednost jsou okruhy TČ rozděleny na dva okruhy. Primární okruh, je část zakopaná v zemi (v případě tepelných čerpadel typu vzduch – voda se za primární okruh považuje přímo přívod venkovního vzduchu ventilátorem). A sekundární okruh, který pak představuje samotný topný systém. [10, 12]



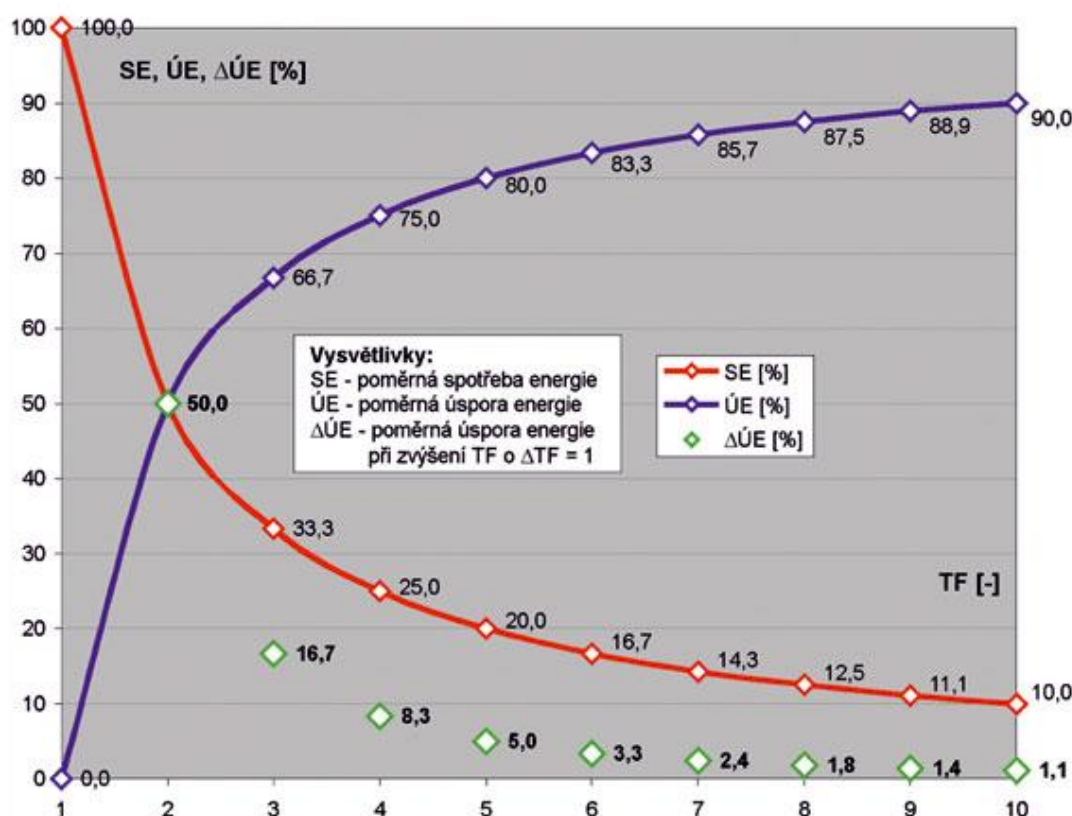
Obrázek 1: Princip fungování TČ. [14]

2.4.2 Topný faktor

U všech tepelných čerpadel existuje základní parametr – topný faktor neboli COP (Coefficient of Performance). Bezrozměrová veličina, která vypovídá o účinnosti TČ. Přesněji jde o teoretický poměr mezi vyrobeným teplem při určité spotřebě elektrické energie. Platí, že čím je toto číslo větší, tím je pro nás čerpadlo výhodnější z hlediska ceny provozu. U špičky čerpadel na trhu a za optimálních podmínek může dosahovat hodnoty až 7. V praxi se však běžně vyskytují čerpadla s topným faktorem mezi 2,5 až 5. Toto číslo však není fixně přiřazeno jednomu čerpadlu. Mění se v závislosti na podmínkách, v nichž tepelné čerpadlo pracuje, resp. na teplotě prostředí z něhož se teplo odebírá a na teplotě vody či vzduchu, která slouží k vytápění nebo pro ohřev vody. Platí, že čím nižší je teplota na vstupu (půdy, voda, vzduch) a vyšší nárok na teplotu na výstupu,

tím je snížena účinnost a klesá topný faktor. Jako příklad můžeme uvést TČ o výkonu 12kW, které spotřebuje na svůj provoz 3kW. Topný faktor v tomto případě zjistíme z jednoduché rovnice: $12/3 = 4$. [10]

V zimě potřeba topit roste a odebírat teplo z prostředí ve kterém je např. -15°C nebude příliš efektivní. Při výběru TČ je proto důležité porovnávat topný výkon čerpadel za stejných podmínek. Pokud bude mít jedno čerpadlo topný faktor 4,5 a druhé 3,3, znamená to, že slabší čerpadlo spotřebuje pro svůj provoz zhruba o 1/3 více elektrické energie. Výrobci často vyjadřují topný faktor zápisem: COP při $0^{\circ}\text{C} / 35^{\circ}\text{C}$ je 4,5. V takovém případě se jedná o čerpadlo, které má při vstupu tekutiny o teplotě 0°C z primárního okruhu, na výstupu do sekundárního okruhu tekutinu o teplotě 35°C topný faktor 4,5. Topný faktor je účinnější s nižší teplotou výstupní vody. Proto je výhodné TČ instalovat společně s podlahovým topením, které na svůj provoz nevyžaduje vysoké teploty vody. [10]



Obrázek 2: Vztah mezi energetickým efektem TČ (úsporou energie) a topným faktorem. [15]

Obvyklý předpoklad je, že úspora energie je úměrná topnému faktoru. To však není pravdou. Z grafu výše vyplívají dva vztahy:

- Poměrná spotřeba energie (SE) pro pokrytí 100% potřeby tepla TČ je:

$$SE = 100/TF (\%)$$
- Poměrná úspora energie (ÚE) je: $ÚE = 100 - 100/TF (\%)$

V grafu je také znázorněna závislost, která charakterizuje nárůst poměrné úspory energie $\Delta ÚE$ při zvyšování topného faktoru z hodnoty 1 skokově o $\Delta TF = 1$. [15]

Mnoho zájemců o TČ, kteří se seznámili s pojmem topný faktor a z jeho definice si vzali fakt, že vyšší topný faktor zaručí nižší spotřebu energie. Hledají čerpadla, s co možným nejvyšším topným faktorem což bohužel nemusí být vždy k prospěchu. K provozu TČ je většinou zajímavý pouze meziroční topný faktor. Ten bývá nižší a pohybuje se kolem hodnoty 3. Zejména pro TČ typu vzduch – voda musíme znát informaci o průměrné venkovní teplotě topného období v místě provozu TČ. Např. pro Brno, kdy je topná sezóna uváděna od září do května je průměrná teplota vzduchu 5,4° C. Teoretický topný faktor je reálný se podstatně liší z několika důvodů. [16, 17]

K provozu TČ musíme započítat i veškerou ostatní potřebnou elektrickou energii. Takovými spotřebiteli energie v systému čerpadla jsou např. motory ventilátorů, oběhová primární a sekundární čerpadla, odtávání výparníku, příkon elektroniky, výhřev oleje kompresoru, cívka pro elektricky ovládané ventily. Do reálného topného faktoru pak vstupuje spotřeba, která značně ovlivňuje udávaný topný faktor. Mějme příklad TČ o výkonu 11kW při 4,6° C/ 40° C, jehož topný faktor je počítán pouze ze spotřeby kompresoru (2,29 kW) a COP je 4,8. Pokud bychom přičetli spotřebu ventilátoru (160 W), oběhového čerpadla (35 W), elektronických ventilů (25 W), poměrovou část výhřevu a odtávání (300 W), spotřeba se zvýší o celkových 470 W a reálný COP bude 3,8. [16, 17]

2.4.3 Druhy TČ

TČ se rozděluje podle druhu zdroje z něž je nízkopotenciální teplo (nízkopotenciální proto, že se jím odebírá pouze malé množství tepla) získáváno a druhu látky, již je teplo dále předáváno. V zásadě však lze teplo získat třemi hlavními způsoby:

- Ze vzduchu – zdrojem může být jak vzduch venkovní, tak odpadní vzduch vnitřní, ten se odvádí vzduchotechnickým systémem a teplo se recykluje
- Ze země – zde mohou být zavedeny povrchové kolektory získávající teplo plošně, nebo hlubinné vrty, které získávají teplo z hornin

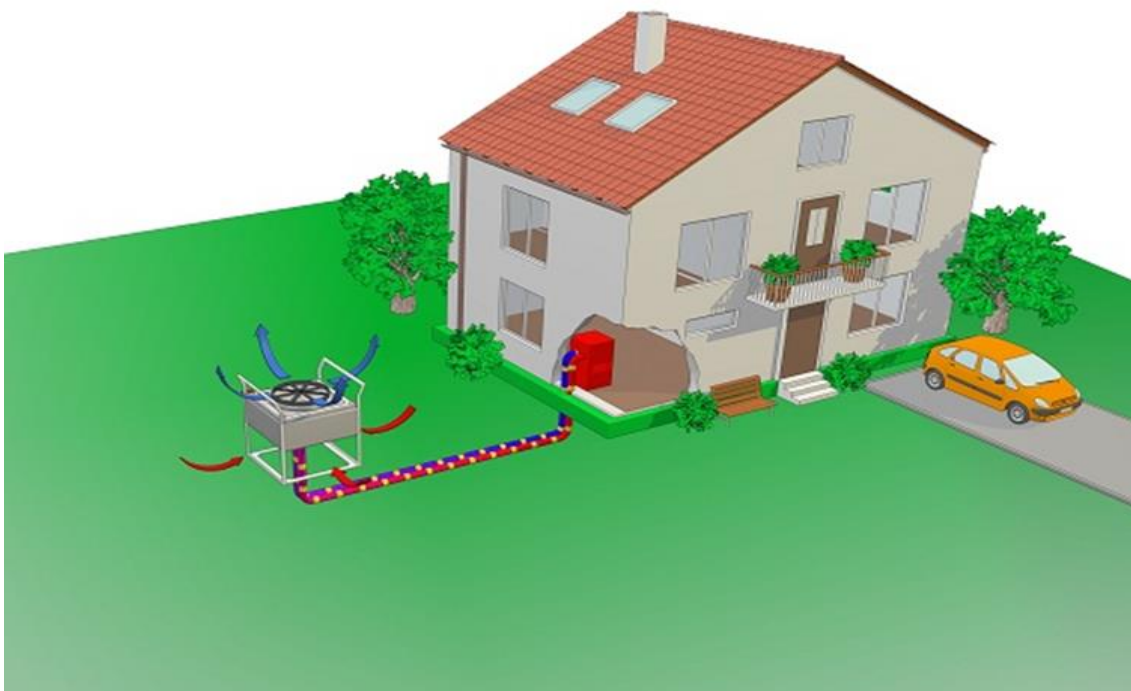
- Z vody – může být využito jak povrchových vod (rybníků, jezer), tak vod podzemních ve formě šachet a studen

TČ se označují vždy podle druhu média, přičemž první slovo značí prostředí, z něhož teplo získáváme a druhé slovo látku, které teplo předáváme např. TČ voda – voda, vzduch – voda, země – voda, voda – vzduch apod. Každé čerpadlo je proto jiné svou konstrukcí a zároveň svými vlastnostmi. [12].

2.4.4 TČ vzduch – voda

Tento systém má mnoho výhod oproti dalším dvěma. Za prvé odpadá nutnost provádět zemní práce a stavební práce. A za druhé vzduchu je všude dostatek, proto můžeme TČ vzduch – voda montovat prakticky kdekoliv. Montáž je velmi jednoduchá a rychlá, takže odpadají dodatečné vstupní náklady. Výkon čerpadla však silně závisí na venkovních podmínkách, resp. teplotě vzduchu. Když je venkovní teplota vysoká, topný výkon čerpadla je také vysoký, zároveň klesá-li teplota okolního vzduchu, výkon čerpadla prudce klesá. Obvykle se montují v tzv. bivalentním provozu, tzn. že při teplotě venkovního vzduchu kolem -3 až -5°C , se dodatečně připojuje další zdroj tepla, nejčastěji elektrokotel. Při teplotách pod bodem mrazu totiž dochází k zamrznutí výparníku vlivem vlhkosti vzduchu. [10, 12]

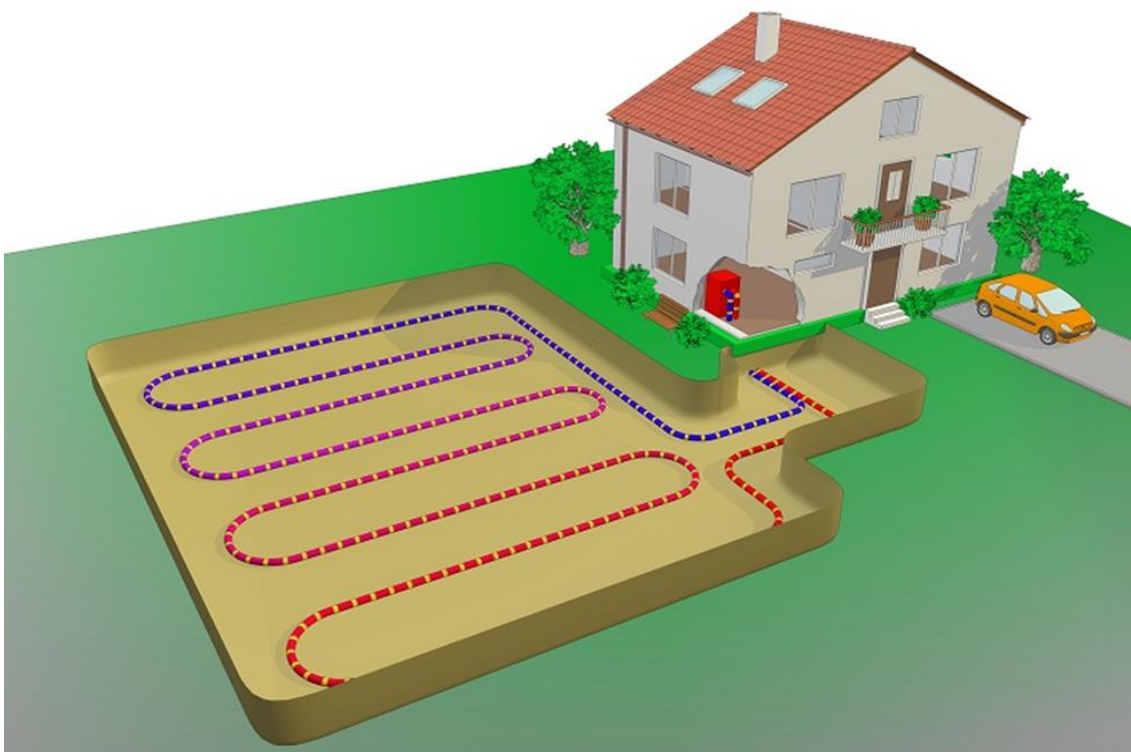
Obecně je TČ vzduch – voda schopné pracovat až do teplot -20°C . Moderní systémy kompaktního provedení se obvykle skládají z jedné jednotky, kterou můžeme umístit buď ven či dovnitř objektu. Existují ale také jednotky tzv. Split, jejichž venkovní část nasává vzduch většinou z jižní strany a vnitřní část zajišťuje ohřev teplé vody a otopného systému. Protože množství protékaného vzduchu je značné (řádově tisíce m^3/h), vzniká při chodu čerpadla hluk. Ten může být nepříjemný jak majiteli, tak sousedům. Proto musíme návrhu umístění čerpadla věnovat patřičnou pozornost. U kvalitní jednotky je hladina hluku ve vzdálenosti 5 m od venkovní jednotky udávána pod hodnotu 40 dB. [10, 12]



Obrázek 3: Tepelné čerpadlo vzduch – voda. [18]

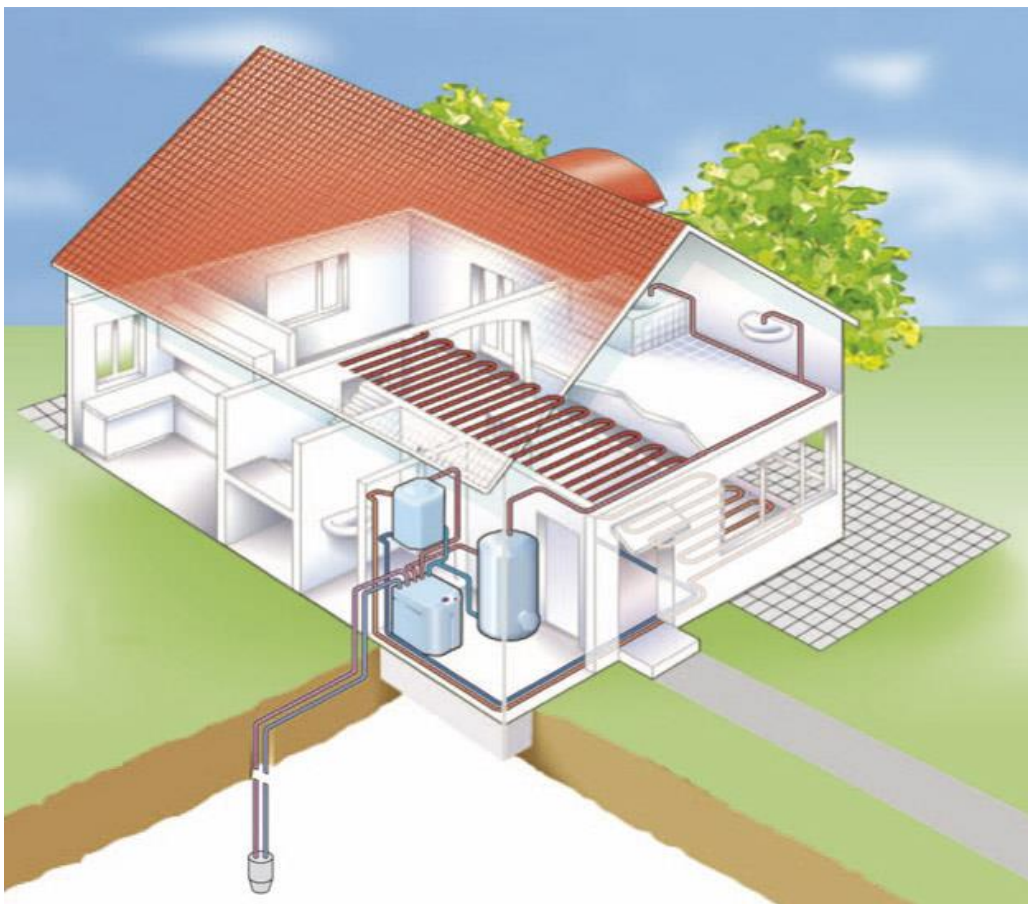
2.4.5 TČ země – voda

Výhodný a významný systém čerpadla, vzhledem ke klimatickým podmínkám je jejich provoz nejstabilnější. Velkou roli však hraje hloubka uložení plošných kolektorů. Literatura udává ideální hloubku uložení 1,5 m pod povrchem země, kde by měla být teplota během celého roku v podstatě konstantní. Země je nevyčerpatelný zdroj nízkopotenciálního tepla. Pozor je však třeba dát na křížení s kanalizací a vodovodním potrubím, ta by měla být dobře zaizolována, aby sama neodebírala teplo z okolí a nedocházelo tak k promrzání půdy. Do půdy je instalován zemní jímač (také kolektor) v podobě svazku z plastových trubek. Ty jsou nejvhodnější pro přenos tepelné energie a nejčastěji se vyrábějí z polyethylenu o průměru 20 mm. Trubky ukládáme buď po jedné do úzkého hadovitého výkopku o rozteči 0,5 – 1 m, nebo ve svazcích do rýhy. Pro dosažení tepelného výkonu 1 kW je potřeba cca 6 m dlouhý výkop. K vytápění běžného rodinného domu tímto typem TČ je potřeba výkop o délce 50 až 100 m. Dodatečné zemní práce mohou budoucího majitele často odradit od volby tohoto typu. [12]



Obrázek 4: Tepelné čerpadlo země – voda, plošný kolektor. [18]

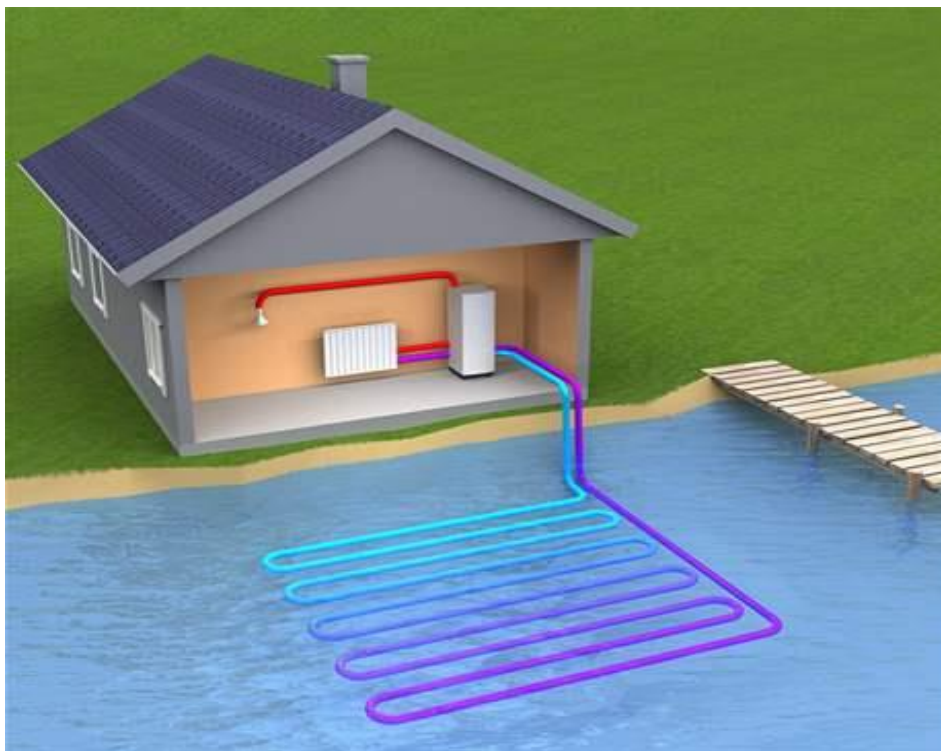
Druhý typ čerpadla země – voda využívá především hloubkových půdních vrtů. Pořizovací náklady vertikálního kolektoru značně převyšují náklady plošných kolektorů, proto se volí především v případě stísněných podmínek vlivem okolní zástavby. Také geologické poměry hrají velkou roli při volbě systému. Výhodné jsou kompaktní horniny, které nevyžadují pažení. Předností zůstává možnost odebírat teplo z velkých hloubek a čerpat ho nepřetržitě celý rok. Zde nemůžeme opominout ani zásadní výhodu tohoto systému, a to možnost využití geotermálního vrtu ke chlazení v letních měsících. Tyto TČ jsou schopny dosáhnout úspory až 70 % provozních nákladů na provoz oproti tradičním systémům. Topný faktor se obecně pohybuje ve vyšších číslech, což je dáno zmiňovanou stabilitou. Ta dále pozitivně ovlivňuje životnost. Vrtý se provádí v hloubkách od 80 do 200 m, přičemž na 1 kW tepelného výkonu spadá hloubka cca 18 m. U větších hloubek se doporučuje dělat dva menší vrtý. Tepelná čerpadla typu země – voda je obecně možné využívat kdekoliv, a to i v drsných horských oblastech kde teploty běžně klesají pod -20°C . [10, 12]



Obrázek 5: Tepelné čerpadlo země – voda, zemní vrt. [13]

2.4.6 TČ voda – voda

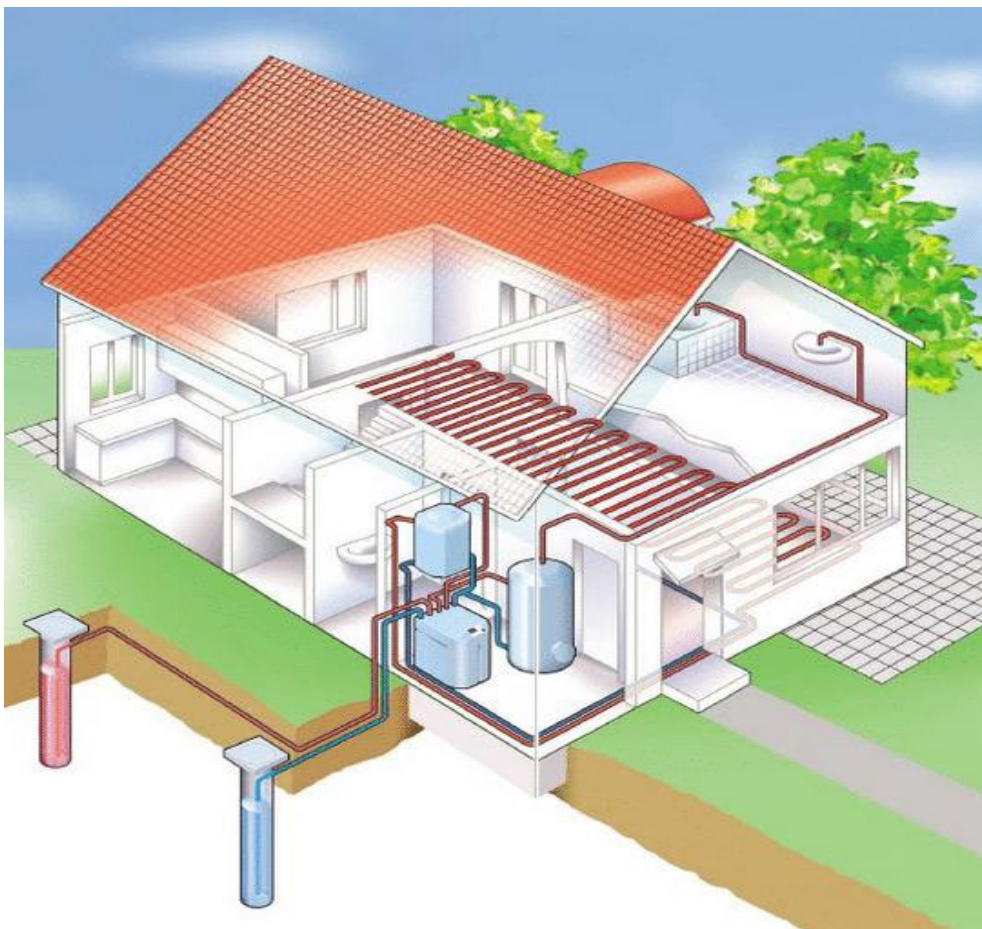
Vodu jako zdroj tepla můžeme využívat obdobně jako teplo ze země dvěma způsoby. První je z vody povrchové. K tomu můžeme využít přírodní toky, řeky, rybníky a další vodní plochy. Využití je však podmíněno umístěním budovy v těsné blízkosti takového zdroje. Instalace těchto systémů v praxi je spíše raritou. Kámen úrazu leží často v administrativě, protože je nutné získat souhlas od majitele, nebo správce toku. Dalším problémem je kolísání teploty vody v průběhu roku. V takovém případě se na dno instalují hadice podobné plošnému kolektoru země – voda, naplněné nemrznoucí směsí. Princip čerpání je v podstatě stejný jako u TČ země – voda s plošným kolektorem. [12, 19]



Obrázek 6: Tepelné čerpadlo voda – voda, povrchový kolektor. [20]

Druhým způsobem, jak efektivně využívat teplo získané z vodního zdroje je studna. Pokud to geologické dispozice a vydatnost podzemního pramene dovolí stává se toto řešení jedním z nejlepších. Podzemní voda má v běžných hloubkách pro vytápění RD celoročně stabilní teplotu zhruba 10°C , což je opakem využívání povrchových toků, kde teplota vody přes rok kolísá i o několik desítek stupňů. Pro provoz tohoto systému je potřeba mít dvě studny. Jedna slouží jako zdroj tepla tzv. topná a druhá pro vsak, a jejich vzdálenost by měla být minimálně 15 m. Dále je nutné mít k dispozici dostatek spodní vody, a to v množství alespoň 180 l/h na 1kW výkonu TČ. K tomu slouží dlouhodobé čerpací zkoušky, kdy se voda čerpá nepřetržitě 28 dní, abychom se ujistili, že objem vody je pro naši potřebu dostačující. Zároveň se testuje schopnost vsakovací studny vodu odvádět, tím předejdeme možným budoucím problémům. Vysoké nároky jsou kladeny také na čistotu vody. Voda nesmí být nadměrně znečištěná písky, kaly apod., neměla by se použít ani voda nadměrně nasycená minerály či železem. V takovém případě pak dochází k nadměrnému zanášení filtrů TČ a výměníku a může docházet k nadměrnému opotřebení až poškození systému, což by následně eliminovalo výhodnost jeho použití. Maximální hloubka studny pro běžné RD se pohybuje na hranici 25 m, ideální je však určit, do jaké hloubky je pro nás stále provoz čerpadla výhodný, protože se zvyšující se hloubkou rostou náklady na energii vynaloženou samotným čerpadlem pro čerpání vody.

Dnešní moderní systémy jsou schopné operovat i v daleko vyšších hloubkách, je zde však nutná správná dimenze potrubí, vždy je třeba zvážit ekonomické hledisko. [10]



Obrázek 7: Tepelné čerpadlo voda – voda, podzemní voda (studny). [21]

2.5 Kotle

Nejběžnějším prvkem systému vytápění je kotel. Základní koncepce funguje na principu spalování paliva a ohřevu teplotnosné látky. Svou jednoduchostí často předčí další zdroje. Volba kotle je závislá na mnoha kritériích jako např. druh paliva, možnost umístění, řešení přívodu vzduchu a odvod spalin, velikost a druh otopného systému, ohřevu teplé vody, požadavky na provoz a regulaci a v neposlední řadě požadavek na výkon. Spalujeme-li palivo předepsaným způsobem, můžeme také dosáhnout výrazně nízkých emisí. [22, 23]

Kotle můžeme dělit podle mnoha různých kritérií:

Podle druhu paliva	• Kotle na plynná paliva (zemní plyn, propan-butan) • Kotle na kapalná paliva (topné oleje) • Kotle na tuhá paliva (uhlí, koks, dřevo, biomasa) • Elektrokotle
Podle teploty nosné látky	• Vodní (teplovodní do 115° C horkovodní nad 115° C) • Parní
Podle použitého materiálu	• Ocelové • Litinové článkové • Jiné, kombinace materiálů, speciální materiály
Podle způsobu umístění a upevnění	• Stacionární (na podlaze) • Závěsné
Podle způsobu odvodu spalin	• Do komína, kouřovodu s komínovou funkcí • Na venkovní fasádu nebo nad střechu v provedení turbo
Podle možného způsobu provozu	• Klasické (teplota zpětné vody do kotle nemá poklesnout pod 60° C) • Nízkoteplotní (teploty vody na kotli nesmějí poklesnout pod 50/40° C) • Kondenzační (teploty vody na kotli mohou poklesnout pod 50/40° C)
Podle počtu výkonových stupňů hořáku	• Jednostupňové • Dvoustupňové (dva výkonové stupně, nejčastěji 50 a 100 %) • Spojité (mezi 20 až 50 % pevný výkonový stupeň, pak do 100 % spojitě)

Tabulka 1: Zjednodušené dělení kotlů jako zdrojů tepla. [22]

2.5.1 Kotle na tuhá paliva

Od začátku tisíciletí došlo k prudkému rozvoji a modernizaci technologií spalování tuhých paliv v malých teplovodních kotlích v reakci na zpřísnující se podmínky čistoty provozu a energetickou efektivitu. Klasické kotle s atmosférickým spalováním ustupují novějším generacím kotlů se vzduchovými ventilátory, které zajišťují dostatečný přívod vzduchu, a především možnost regulovat výkon. Tyto kotle umístíme většinou do místností k tomu určených, abychom zajistili dostatek větrání a eliminovali zdraví nebezpečný plyn CO, který vzniká při nedokonalém spalování. [22, 24, 25]

Dalším problémovým faktorem je vznikající prach či popel. Dnes už existují kotle s automatickým přísunem paliva, kdy problém s nepořádkem odpadá, avšak na druhou stranu se zvyšují nároky na prostor potřebný k provozu. Ani u kotlů na pevná paliva nelze jednoduše spalovat jakýkoliv druh paliva, proto je nutné si dobře rozmyslet jakým palivem chceme vytápět a podle toho vybrat konkrétní typ. Existuje velké množství typů kotlů, avšak pro účely stavby pasivního domu, při zachování ekologičnosti dané soustavy jsou vhodné především kondenzační kotle z důvodu vysoké efektivnosti využití produkovaného tepla. Často se používají také kamna pro spalování pelet. Ty můžeme doplňovat buď ručně, většinou z pytlů, ve kterých se palivo dodává. Existují také větší jednotky s automatickým zásobníkem. Pokud je u pasivního domu navrženo např. tepelné čerpadlo, jehož výkon v různém období během roku kolísá, může být doplněno v tzv. bivalentním provozu např. menší krbovou vložkou. Ta nám pak pokryje výkonové výkyvy TČ, zároveň působí příjemně. [22, 24, 25]

Obecně nejsou kotle na tuhá paliva tolik využívány pro pasivní domy z důvodu jejich často vysokých výkonů a horší regulace oproti jiným systémům, což u perfektně zaizolovaného domu může velmi rychle vést k přehřívání, stejně jako kvůli vyšším pořizovacím nákladům a nutnosti palivo skladovat. [22, 24, 25]

2.5.2 Kotle na plynná paliva

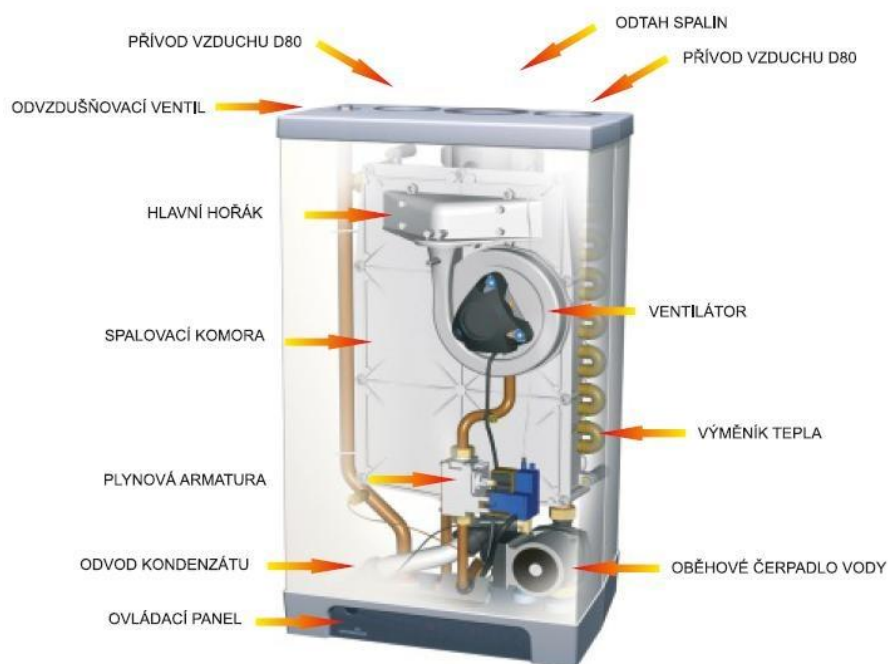
V ČR se pro účely vytápění plynem používá zemní plyn. Plynovodní přípojku má drtivá většina budov, proto většina domácností volí pro vytápění právě kotel na plynná paliva. Tomu napomáhá i obrovská variabilita výkonových variant od mnoho výrobců už od cca 5kW a zároveň příznivé ceny zemního plynu. Jako palivo je velmi komfortní a ekologický. Emise jsou prakticky nulové, využití má vysokou účinnost a odpadá také nutnost skladování paliva. Dodávka plynu je stabilní a kotel se dá dobře regulovat. Spotřebiče lze klasifikovat podle provedení do skupiny B nebo C. Spotřebič v provedení B odebírá vzduch pro spalování z okolní místnosti a spaliny jsou odváděny komínem do

venkovního ovzduší. Spotřebič v provedení C přisává vzduch a odvádí spaliny do venkovního ovzduší. Výhodou je možnost umístění i do jiné místnosti, než je kotelna, při dodržení technických požadavků, např. do chodby, koupelny, kuchyně apod. [22, 23]

Kondenzační plynový kotel

Princip takového kotle spočívá ve využití tzv. kondenzačního tepla. Spalovaný zemní plyn obsahuje vodík, který při hoření vytváří určité množství vody. Voda se při hoření ohřívá a vzniká vodní pára a oxid uhličitý, ty jsou pak odváděny v podobě spalin. Ochlazením spalin pod teplotu jejich rosného bodu dojde ke kondenzaci vodní páry a uvolnění kondenzačního tepla. To je následně převedeno na topnou vodu. Tímto způsobem lze zvýšit teoretickou účinnost kotle až o 8 %. [22, 23]

Výhřevnost však závisí primárně na použitém palivu. S ohledem na fyzikální vlastnosti lze říct, že čím větší ochlazení je, tím je účinnost kondenzačního kotle vyšší. Proto jej lze efektivně využívat např. ve spojení s podlahovým topením, ale i ve spojení s klasickými radiátory, kdy je kondenzační efekt využíván asi polovinu sezóny, lze dosáhnout úspory paliva kolem 15 %. Nevýhodou je však vysoká pořizovací cena a speciální požadavky na komín. Teplota spalin se pohybuje v rozmezí 40 až 90° C a jsou mokré. Komín musí dobře odolávat vlhkosti, působení kondenzátu a také přetlaku. Kvůli nízkým teplotám je nutné používat nucené větrání pro odvod spalin. Kotel je většinou navržen jako obousměrný výměník tepla a spaliny ochlazuje na teplotu o 5 – 10° C vyšší než teplotu vratné vody. Zajímavá je také hodnota pH spalin zemního plynu, která je rovna 5, což odpovídá běžné dešťové vodě, to značně ulehčuje odvod kondenzátu bez nutnosti neutralizace. [22, 23]



Obrázek 8: Kondenzační kotel. [26]

2.5.3 Elektrokotle

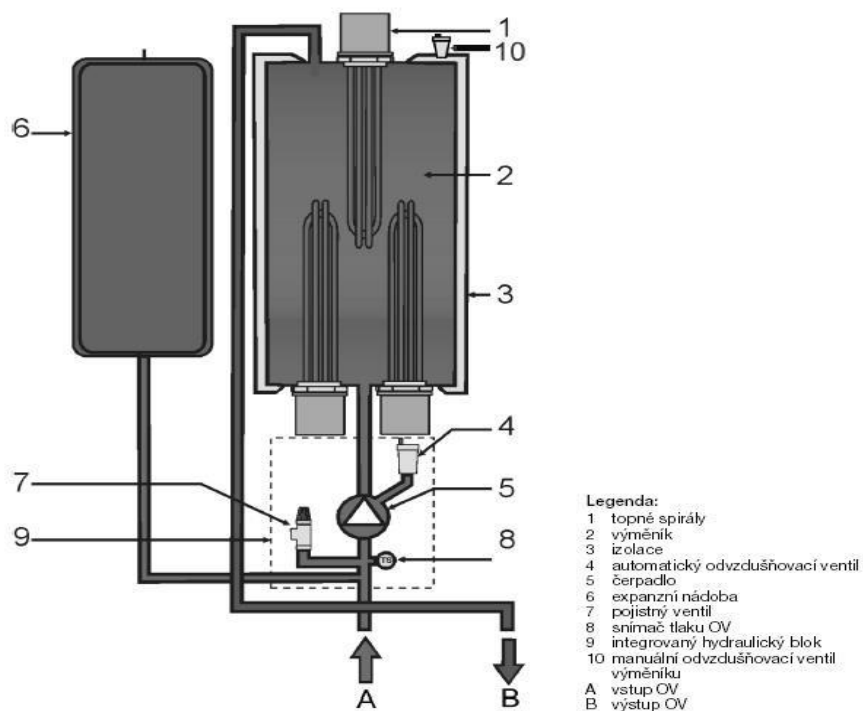
Elektrokotle jsou výhodným řešením zejména pro moderní nízkoenergetické stavby z několika důvodů: nižší pořizovací náklady samotné jednotky, šetření místa, odpadá nutnost pravidelných revizí komínů, plynových kotlů, nebo pokud je pro ně důležitý klid a pohoda při vytápění. Vytápění elektrickou energií je čisté, ekologicky nezávadné, automaticky regulovatelné, s vysokou účinností zdroje až 99 %. Odpadají dodatečné nároky, hned po pořízení a namontování jednotky můžeme kotel provozovat, v domě nemusíme instalovat komín, obsluha takového zařízení je minimální. Na druhou stranu provoz elektrokotle se jeví jako jeden z nejnákladnějších, proto je vhodné je využívat pouze u domů s nízkou tepelnou ztrátou, a ještě lépe ve dvojím provozu např. s tepelným čerpadlem, nebo pokud máme nainstalovány fotovoltaické panely, které nám mohou pokrýt alespoň část spotřeby elektrické energie na vytápění. Elektrokotel funguje na principu průtokového ohřívače. Uvnitř jsou odporové topné tyče, které ohřívají vcházející vodu na požadovanou teplotu. Součástí takového kotle je oběhové čerpadlo. Výkon elektrokotlů je vysoce variabilní, na trhu se setkáme s jednotkami o výkonech 4–60 kW. [22, 27]

V zásadě rozlišujeme dva druhy elektrokotlů:

- Přímotopné elektrokotle – ty reagují přímo úměrně na dodávku elektrické energie a následně ohřívají teplotnosnou látku, aby zajistili určitou teplotu vnitřního vzduchu. Tyto dva stavy probíhají zároveň, tedy za současného odběru elektřiny ze sítě je ohřívána voda. Proto název přímotop. S tím se však pojí různá negativa jako vyšší provozní náklady, horší odezva regulace apod. Proto se často volí spíše přímotopná tělesa umístěna v jednotlivých pokojích.
- Akumulační elektrokotle – díky existenci speciální dvoj tarifní sazby elektřiny pro elektrokotle, je hlavní myšlenkou výroba a ukládání tepla v době, kdy elektřinu nikdo jiný nechce, a když právě platí snížený tarif. Tato energie se pak ukládá většinou do akumulacních nádrží, které jsou součástí systému s elektrokotlem a využije se až v době potřeby uživatele. Za zmínku stojí i nemalá výhoda využívání elektrické energie se sníženým tarifem pro veškeré spotřebiče v domácnosti v konkrétní době, pračku nebo myčku můžeme provozovat hlavně v noci a ušetříme tak další finance. K tomu, aby elektrokotel dokázal pracovat zejména s nízkým tarifem slouží systém dálkového ovládání, který posílá signál o začátku a konci období, tzv. HDO. Provoz je tedy kompletně automatizován a není potřeba dalšího zásahu uživatele v podobě různých přednastavení či programování. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a potřebný prostor umístění akumulacní nádrže o velikosti 2 až 6 m³ pro běžný RD.

[23, 28]

Pracovní schéma kotle



Obrázek 9: Elektrokotel. [29]

2.6 Solární systémy

Po rozvoji výstavby solárních elektráren v ČR se solární panely přesunuly také na střechy našich rodinných domků. Stále častěji se i v malých obcích setkáváme s černými panely na střechách domů orientovaných na výhodnou světovou stranu. V poslední době nárustu tlaku na ekologii, soběstačnost, elektromobilitu apod. si klademe otázku, zda nás tato technologie může spasit. Co kdyby každý z nás měl doma vlastní elektrárnu, ze které by byl schopen provozovat spotřebiče v domácnosti, či denně nabíjet svůj elektromobil na cestu do práce. Nebo kolektory, které by zcela naplnily jeho potřebu na vytápění?

2.6.1 Solární kolektory

Solární soustava vyniká především minimální potřebou „cizí“ energie. Čerpá z obrovské síly slunce, která je, alespoň prozatím, zdarma. Hlavním úkolem při výrobě solárních kolektorů je snaha co nejvíce zamezit vyzařování tepla do okolí a zároveň maximalizovat jeho absorpci. Tento systém však není jednoduchou záležitostí. Skládá se z kolektorů, potrubí, výměníku, oběhového čerpadla, expanzní nádoby, pojistného a zpětného ventilu, uzavíracích, vypouštěcích, odvzdušňovacích a kontrolních armatur, regulačních prvků a teplotně solární kapaliny (v případě celoročního provozu je

soustava plněna nemrznoucí směsí na bázi glykolů). Sluneční energie je zachycována a předávána v podobě tepla nosnému médiu. V našich podmínkách je nejvýhodnější umisťovat kolektory na šikmé střechy, orientované na jih až jihozápad. Solární systém lze využívat několika způsoby, záleží pouze na volbě uživatele např. jako primární ohřev teplé vody, doplňkové přitápění, nebo ohřev bazénové vody apod. [22]

Solární systém se používá téměř bez výjimky pro bivalentní provoz, což je dáno samozřejmě proměnlivostí počasí. Pokud používáme systém pro ohřev teplé vody, můžeme počítat s roční úsporou vynaložené energie okolo 50–80 %. Běžná potřeba teplé vody na osobu je cca 80 l/den. To je schopen pokrýt jediný kolektor o ploše 1,5 m². Pro čtyřčlennou rodinu je plně dostačující plocha kolektorů 6–8 m², spolu s akumulací na 300 l. Výhodné je také využití vody v bivalentním provozu se systémem nuceného větrání. Studený vzduch prochází přes jednotku rekuperace, kterou prochází také teplá voda z kolektorů, resp. z akumulace a dohřívá vzduch na určenou teplotu. Problém může nastat v letních měsících. Aby nedocházelo k přehřátí, používá se systém tzv. Drain – Back. Ten funguje na principu záchytné nádrže. Médium je při nedostatku záření odčerpáno do „úložné nádrže“ a při sepnutí opět načerpáno do kolektorů. To funguje i pokud je tepla nadbytek. [22, 24]

Pokud se rozhodneme využívat kolektory pro podporu vytápění v domě, můžeme tak uspořit 20–50 % potřebného tepla z konvenčního zdroje. Musíme však počítat s větší potřebnou plochou kolektorového pole. Systém obsahuje akumulaci nádrž se zabudovanou solární topnou vložkou a může fungovat jak pro ohřev topné vody. V těle nádrže je pak výměník zajišťující ohřev průtokové teplé vody. [22]

Existují dva hlavní typy solárních kolektorů – ploché deskové a trubkové vakuové. Časté jsou i různé plastové výlisky, či spirály z černých plastových hadic, které běžně najdeme jako doplňky k domácím bazénům. Ploché deskové kolektory jsou konstruovány jako uzavřená skříň s dobře izolovanou zadní stranou a průhlednou přední stranou, zasklenou speciálním sklem. Absorbér je opatřen selektivní černou absorpční vrstvou pro zajištění vysoké účinnosti. Ploché a trubkové vakuové kolektory často nejsou tak dobře izolovány díky vakuu kolem hlavní absorpční části. Dosahují tak vyšší účinnosti. Obecně lepší v tomto směru jsou kolektory trubkové vakuové. Ty jsou skleněné a jsou vzduchotěsně zataveny. Uvnitř je opět absorbér. Díky vakuu jsou kolektory schopny fungovat i při velmi slabém slunečním záření. Avšak po určité době je nutné vakuum doplnit pomocí vývěvy. [24]

2.6.2 Fotovoltaické články

Kdo by si před padesáti lety pomyslel, že bude možné vytvářet svou vlastní elektřinu v pohodlí domova, bez námahy, a to pouze ze slunečního svitu. Technologie, bez které se v dnešním světě přísných regulací, nařízení apod. již brzy neobejdeme. Jak se zpřísňují nároky na energetickou náročnost budov, stále více lidí sahá po instalaci fotovoltaických článků na své střechy. Doba výstavby velkých černých polí fotovoltaických panelů je snad již za námi. Využívání této technologie nahrává i její současný rychlý rozvoj doprovázený snižováním pořizovací ceny. Hlavní podporu mají zdroje s instalovaným výkonem do 30 kWp s napojením do sítě. Většina dodavatelů elektřiny nabízí tzv. „zelený bonus“, což je v podstatě zpětný výkup čisté (vyrobené z obnovitelných zdrojů) energie od decentralizovaných dodavatelů (např. domácností). [24]

Hlavním materiálem pro výrobu fotovoltaických panelů je krystalický křemík. Rozdílnou technologií výroby vznikají tři druhy článků. Monokrystalické, polykrystalické a tenkovrstvé amorfnní. Platí, že monokrystalický panel má nejvyšší výkon na m², polykrystalický panel je sice o něco horší ve výkonnosti, ale umí lépe využívat difúzního záření tzn. že lépe využijí záření pod méně ideálním úhlem vůči slunci, zároveň poskytují nejlepší poměr cena/ výkon. Tenkovrstvé a amorfnní panely jsou oproti předchozím typům značně méně výkonné, opět jsou však lepší ve využití difúzního světla na úkor velikosti plochy. Důležitá otázka se týká především snížení výkonnosti a životnosti panelů. Jelikož panely jsou vcelku novou záležitostí, odhadovaná životnost krystalických typů je okolo 30 let, tenkovrstvých 20 let a počítá se se ztrátou výkonu o necelé 1 % rok. [24]

Fotovoltaické panely lze zapojit přímo do sítě, které nejsou schopné akumulovat elektřinu ve chvíli kdy v domě není spotřeba, ale počasí pro výrobu je příznivé, lze však zpětně prodávat energii do sítě. Hybridní systémy s akumulací do baterií a autonomní systémy.

Systémy připojené k elektrické síti (grid – on) – hlavní výhodou je fungování bez nákladných akumulátorů a zpracování veškeré vyrobené energie. Fotovoltaika napájí přednostně spotřebiče v domě, bez odběru prodává přebytek zpět do sítě. Systém funguje zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení. Napojení může být buď ve výkupním tarifu, nebo v tzv. zeleném bonusu. [24]

Samostatný (ostrovní) systém (grid – off) – využívají se v místech, kde není možné připojení k síti. Vytváří elektřinu kontinuálně a přebytek ukládají do akumulátorových

baterií s regulátorem dobíjení. Pomocí měniče na 230 V pak můžeme napájet jakékoliv spotřebiče. Problém nastává v zimě, když výroba klesá a k provozu by byl nutný obrovský systém, což by vedlo ke zvýšení nákladů a přebytkům energie v létě, proto je vhodné použít doplňkový zdroj elektřiny. [24]

Hybridní systémy s akumulací – ten je v podstatě kombinací obou výše zmíněných systémů. Využívá maximum vyrobené elektřiny, aniž by vracel příliš mnoho do distribuční sítě. Inteligentní měnič je schopen předem poslat větší množství energie do náročnějšího spotřebiče např. wallboxu pro nabíjení elektromobilu. Hlavní koncepce tohoto systému je „odpojení se od sítě“. [24]

Vždy je nutné znát konkrétní podmínky místa stavby a z nich vycházet v návrhu. Jeden systém může být vhodný tam, kde druhý bude ekonomický nesmysl. Musíme znát hodnoty intenzity slunečního záření, počet hodin slunečního svitu, orientaci vůči světovým stranám, sklon panelů a další. V ČR je průměrný počet hodin solárního svitu kolem 1460 h/rok a průměrná suma globálního záření kolem 1100 kWh/m². [24]



Obrázek 10: Integrované fotovoltaické panely. [30]

2.7 Rekuperace

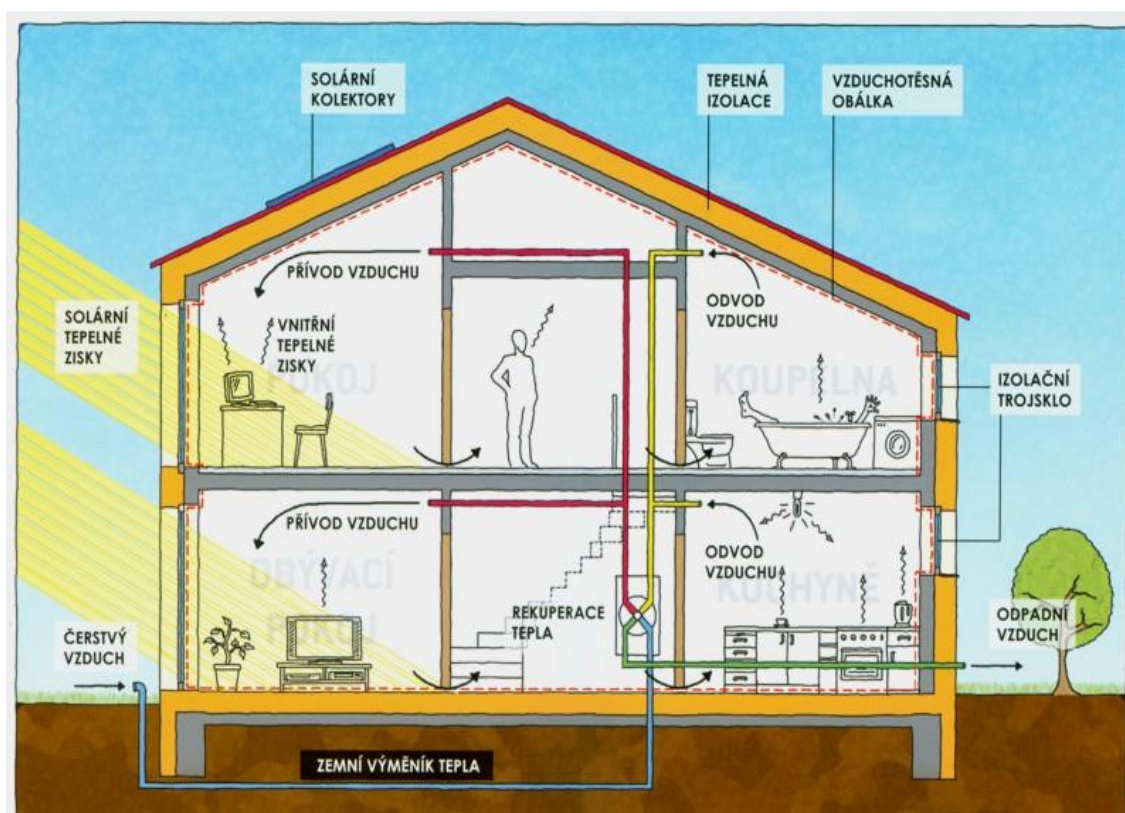
Jedním z hlavních požadavků pro splnění kritéria na pasivní dům je také dobrá vzduchotěsnost ($n_{50} = 0,60 \text{ h}^{-1}$). Nároky na kvalitu vnitřního prostředí se taktéž zvyšují, proto si s klasickým větráním okny už téměř nevystačíme, jednak kvůli v mnoha případech nepřipustné koncentraci CO_2 a dalších škodlivin, a to hlavně ve městech a také z hlediska velké ztráty tepla. Dnes jsou velmi rozšířené systémy nuceného větrání s rekuperací tepla. Nucené větrání bylo zatím doménou pouze bytových domů, kde bylo potřeba odvést velké množství vlhkosti z koupelen, nebo průmyslových budov, velkokuchyní apod. Takový provoz byl brán jako nárazový a nepočítalo se, že by jakýmkoliv způsobem přispěl k celkovému vnitřnímu prostředí domu. Výhoda spočívá v regulaci takového systému, větráme pouze kdy je to potřeba a kolik je potřeba. Úspora na energii je určitě nezanedbatelná. A to hlavně v případě, kdy spolu s větráním rekuperujeme teplo z odpadního vzduchu. Rekuperace je výhodná i v letním období, není potřeba instalovat další drahé klimatizační jednotky, ale můžeme chladit přímo větráním. [23, 24]

Základem je rekuperační jednotka s protiproudým výměníkem tepla. Z venku čerpáme studený vzduch, který je ohříván teplým odpadním vzduchem bez vzájemného smíchání. Teplo se využívá s vysokou účinností kolem 80 až 95 %. Pokud by to při velmi nízkých teplotách nestačilo, umisťuje se za výměník ohříváč, který může být klasický elektrický, nebo můžeme využít teplo z akumulační nádrže jiného systému v domě např. termodynamických panelů a ohřívát vzduch teplovodně. Dále projde přes několik filtrů vzduchotechniky, kdy je pozitivně ovlivněna jeho kvalita. Rozvody lze vést jak v podlaze, tak ve stropě. Vždy musí být perfektně tepelně izolovány od vrstev betonu v podlaze, či stropu. Vyústění pak bývá provedeno pod (nad) okny, aby byl narušen tepelný tok ztráty okny. Jako materiál pro výrobu trubek se používá převážně plast, měkký hliník a ocel. Platí, že nejkvalitnější řešení jsou trubky ocelové, díky jejich odolnosti v ohybech a možnosti jednoduchého čištění. Systém je strategicky navržen tak, aby vháněl čerstvý vzduch a zároveň tlačil odpadní vzduch do několika míst odtahu. Ty jsou obvykle v místech zvýšených pachů a vlhkostí jako jsou kuchyně, wc, chodba, koupelna. Dveře nesmí těsnit a často se nepoužívají prahy, aby byla zajištěna nepřetržitá cirkulace. [24]

Centrální systém větrání – srdcem je obvykle kompaktní jednotka, která slučuje všechny funkce do jednoho zařízení – větrání, ohřev teplé vody, rekuperaci. Samotnou rekuperaci nahradí tepelné čerpadlo. To odebírá teplo z odpadního vzduchu a současně ohřívá vzduch přiváděný, současně s vodou v akumulační nádrži. Ohřívání může být i

pomocí ohříváče napojeného na kotel, nebo jiný zdroj v domě. Obtížné je zajistit různou intenzitu větrání v místnostech, proto dům působí jako jedna velká místnost. Dokáže velmi dobře využívat solární zisky rozváděním ohřátého vzduchu z jižních místností po celém domě. Nucené větrání s rekuperací nám může ušetřit až $\frac{1}{4}$ celkové spotřeby domu. [23]

Lokální systém větrání s rekuperací – menší jednotky s rekuperací můžeme osadit pro každou místnost zvlášť. Výhodná je absence domovních rozvodů vzduchu, jednotka je pod oknem a vzduch se odvádí přímo přes obvodovou zeď. Provoz je tak velmi dobře regulovatelný a celý systém levnější. Nevýhodou je malá účinnost ohřívání doprovázena hlukem, vznikají tepelné mosty a vzduchotěsnost budovy je narušená. Proto je lepší tento typ uvažovat u menších domů. [23, 24]



Obrázek 11: Rekuperace v RD. [31]

2.8 Základní ekonomické pojmy

2.8.1 Časová hodnota peněz

Snaha zhodnotit aktiva je hlavním motivátorem proč vůbec investiční rozhodnutí dělat. Hlavní myšlenkou v oblasti investičních příležitostí je předpoklad, že každá

současná peněžní jednotka má větší hodnotu dnes než v budoucnu. Ta může být investována a přinášet tak nějaký výnos. Ten označujeme jako časovou hodnotu peněz. Pokud disponujeme finančními prostředky máme dvě možnosti. Peníze vložíme do spotřeby nebo se rozhodneme je investovat. Ekonomika investice má za úkol zhodnotit, jak vysokou investici efektivně udělat a jakou část prostředků vložit do spotřeby. [34]

2.8.2 Diskontní sazba a její stanovení

Diskontní sazba je nástroj k přepočítání budoucích peněžních toků na současnou hodnotu. Zahrnuje faktor času a rizikovosti a demonstruje požadovanou míru výnosnosti. Jedná se v podstatě o úrokovou míru z investovaného kapitálu odvozenou od nákladů na něj. Její výše se nejčastěji stanovuje pro potřeby dynamických metod hodnocení investic a při oceňování aktiv. Stanovení výše diskontní sazby ovlivňují tři hlavní faktory, těmi jsou návratnost kapitálu, riziko a inflace. Rizikovost lze zohlednit různými způsoby, buď přímo v rámci diskontní sazby, nebo úpravou CF pomocí koeficientů nebo případným vytvořením scénářů vývoje. Pro stanovení nominální diskontní sazby se použije vzorec:

$$RN = (1 + RR) * (1 + IE) - 1$$

kde:

- RN je nominální diskontní sazba
- RR je reálná diskontní sazba
- IE je inflační koeficient (roční míra inflace)

[35]

2.8.3 Diskontovaná doba návratnosti

Běžná doba návratnosti slouží k určení přijatelnosti investičního rozhodnutí v případě, že je zvolený ukazatel větší než předpokládaná doba životnosti. Diskontovaná doba návratnosti zohledňuje časovou hodnotu peněz. Princip je založen na porovnání investičních nákladů a diskontovaných peněžních toků. Jedná se o kumulaci diskontovaných peněžních toků až do bodu, kdy jsou rovny investičním nákladům. [36]

$$PO = (k - 1) + \frac{\sum_{n=1}^k \text{diskonotovaných } CF_n - IC}{\text{diskontované } CF_k}$$

Obrázek 12: Výpočet diskontované doby návratnosti. [36]

kde: k – počet let hranice intervalu, CF_n – peněžní toky v jednotlivých letech

3 HODNOCENÝ OBJEKT

V této části se budeme zabývat porovnáním nákladů různých zdrojů vytápění u modelu pasivního domu ve kterém je aktuálně instalován k vytápění a ohřevu TUV pouze elektrokotel. Pasivní dům, či celkově nízkoenergetický dům je něco, o čem v budoucnu pravděpodobně budeme slyšet daleko častěji. Současné legislativní prostředí tlačí stavebníky k výstavbě nízkoenergetických domů. Nahrává tomu i aktuální situace na trhu energií, kdy dochází k extrémním, dříve nevídaným meziročním růstům. Lidé tak budou chtít bydlet v domech na jejichž provoz, zejména v zimním období, nebude nutné vynaložit celou výplatu a budou se více a více obracet právě k výstavbě nízkoenergetických, pasivních a někteří dokonce nulových domů. Mně samému, jakož to člověku, který by rád v budoucnu bydlel v rodinném domě může tato analýza pomoci rozhodnout jaký typ vytápění nakonec zvolit. Stejně tak jako dalším stavebníkům, ať už staví svůj vysněný dům svépomocí či pomocí stavební firmy. V této práci si proto zhodnotíme, jaký jiný zdroj vytápění zvolit u již existujících staveb s obdobným vytápěním. Věřím, že takových domů se najde stále velké množství, neboť v minulosti bylo vytápění pasivních domů elektrokotli, přímotopy apod. řešeno vzhledem k nízkým pořizovacím nákladům, jednoduchosti samotné soustavy a značné bezúdržbovosti zdroje prováděno velmi často. V době, kdy se cena elektřiny pohybovala kolem 1,5 – 2 Kč za kWh to možná dávalo smysl. Při dnešních cenách však dochází k extrémním nárůstům provozních nákladů takových staveb. Při hledání varianty se také pokusím co nejvíce zachovat jednoduchost sestavy, nebudeme proto uvažovat složité komplexní systémy pojící v sobě vícero zdrojů, i když to může být také cesta. Analýza bude vztažena na období 10 let.

3.1 Popis modelového domu

Modelový dům se nachází v obci Nové Město na Moravě v okrese Žďár nad Sázavou. Jedná se o novostavbu dvoupatrového rodinného domu se sedlovou střechou a je určen jako obytná jednotka pro pěti člennou rodinu. K výstavbě došlo v roce 2019.

Stavba je obdélníkového tvaru s půdorysným rozměrem 10,9 x 8,9 m. Sedlová střecha má sklon 25° s orientací na severozápad a jihovýchod, bez využitího půdního prostoru. Svislý nosný systém je zděný z vápenopískových cihel o tloušťce 240 mm. Stejným materiálem jsou řešeny i vnitřní příčky o tloušťkách 175 a 115 mm. Zateplení obálky budovy je řešeno grafitovým polystyrénem o tloušťce 300 mm. Stropní konstrukce je keramická skládaná s betonovou zálivkou v celkové tloušťce 250 mm.

Střešní konstrukci tvoří dřevěné vazníky, které jsou zatepleny foukanou celulórou o tloušťce 450 mm. Základy tvoří železobetonové pásy se železobetonovou deskou, na které je uložena tepelná izolace EPS tloušťky 200 mm. Okna jsou dřevěná s izolačním trojsklem, a hlavní prosklení domu je orientováno na severovýchod a jihovýchod. Ze strany zahrady je také navržena stínící pergola, která má zabránit přehřívání domu v letním období. Dům je řešen jako pasivní s teplovodním podlahovým vytápěním a nuceným větráním s rekuperací, vytápění je aktuálně řešeno elektrokotlem, což je v dnešní době velmi nákladné. Zároveň lze do budoucna očekávat úplný úpadek elektrického topení. Vzhledem k tomu že elektřina je k tomuto účelu považována jako velmi neekologická, protože většina z ní je stále získávána z elektráren spalujících fosilní paliva. Je zde snaha o zvýšení podílu využívání obnovitelných zdrojů energie pro účely vytápění domů a samozřejmě snížení provozních nákladů.

3.1.1 Tepelná ztráta objektu

Objekt navržený v pasivním standardu se vyznačuje velmi nízkou hodnotou tepelné ztráty typickou pro tyto druhy staveb. U tohoto modelového domu je hodnota necelé 3,1 kW. Hodnota tepelné ztráty je stěžejní pro výběr správného vytápění, slouží k navržení správné dimenze topného systému jak projektantům TZB, tak pokud budeme zdroj poptávat přímo u prodejců či dodavatelů montážních prací. Zároveň ovlivňuje vhodnost použití různých zdrojů. Např. není velmi vhodné do domů s nízkou tepelnou ztrátou instalovat silné krbové vložky apod. Naopak zde se dobře uplatní tepelná čerpadla.

V závislosti na tuto hodnotu, velikost plochy domu, počet obyvatel apod. jsem následně poptal několik druhů topných systémů, které by se k tomuto typu domu hodily. Mezi nimi je zahrnut kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo vzduch – voda, tepelné čerpadlo země – voda, kotel na pelety a fotovoltaická elektrárna ke stávajícímu zdroji.

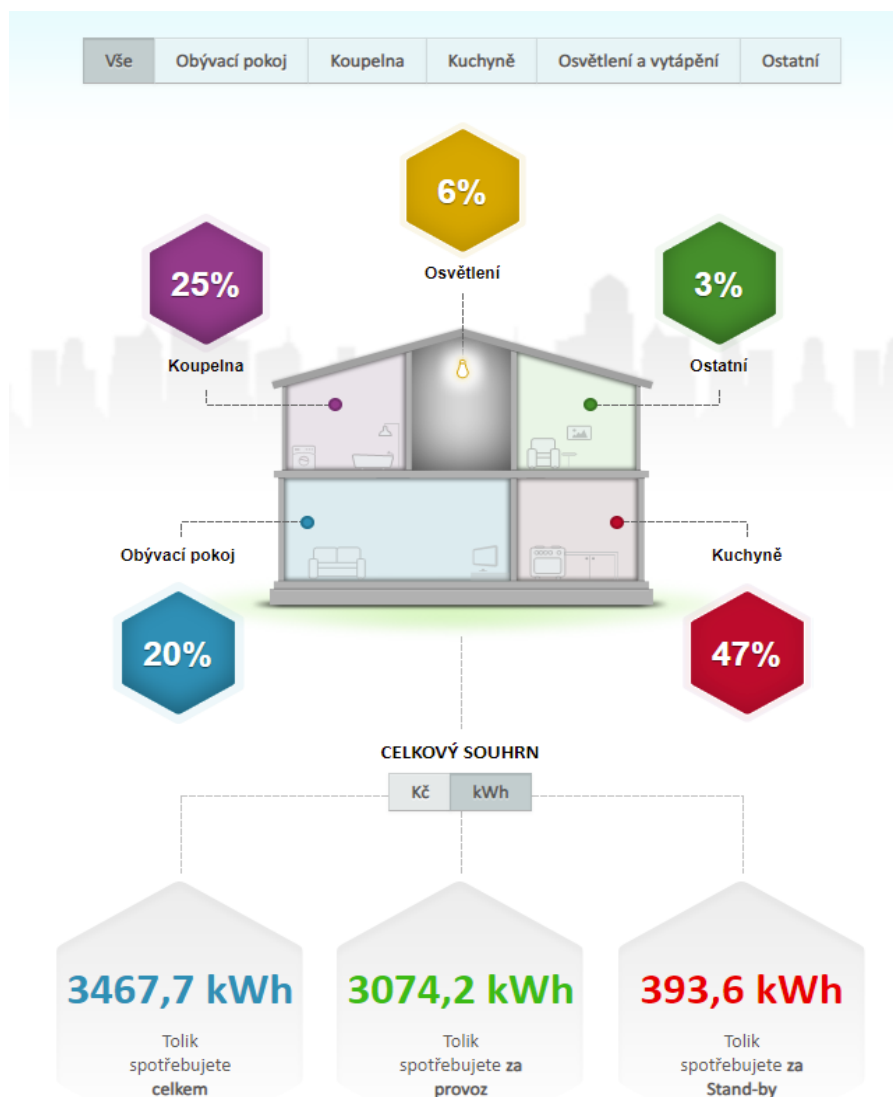
3.1.2 Potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV

Námi zvolený dům o energeticky vztažné ploše 191,7 m² má určenou hodnotu spotřeby energie na vytápění 2,856 MWh/rok. Tato hodnota je značně nízká. Při srovnání s dnes už běžně stavěnými nízkoenergetickými domy je tato hodnota zhruba 3x nižší. To znamená že náklady na samotné vytápění domu budou řádově o tisíce korun nižší. Samozřejmě záleží také na zvoleném systému vytápění, jak si ukážeme dále v této práci. Další důležitou nákladovou složkou bude spotřeba energie na ohřev teplé užitkové vody. Tuto hodnotu, stejně jako hodnoty dalších dílčích provozních spotřeb jsem získal z již navrženého protokolu, který je součástí PENB a projektové dokumentace. Hodnota spotřeby energie pro ohřev teplé vody je 3,942 MWh/rok. Teplou vodu budeme používat

v každém domě a její spotřeba je závislá především na počtu osob, které budou objekt obývat, stejně jako na hospodaření s ní. Ale můžeme ji ovlivnit volbou vhodného zdroje vytápění např. tepelným čerpadlem, které má vysokou účinnost, a tak nespotřebuje tolik energie.

Rovněž hodnota spotřeby provozu vzduchotechniky s rekuperační jednotkou je dohledatelná v průkazu energetické náročnosti budovy, v našem případě se jedná o necelých 0,29 MWh/rok. Rekuperace je zvláště výhodná v tom, že teoreticky dokáže zamezit ztrátám objektu, které by běžně vznikly při větrání. Pokud ráno vstaneme, každý si rád otevře okno, aby po dlouhé noci vypustil vydýchaný vzduch ven a pustil dovnitř životadárny kyslík. S tím však vypouští i značnou část drahocenného tepla, což má samozřejmě za následek zvýšení spotřeby pro vytápění. Pokud máme v objektu rekuperaci s účinností 85 % a vypouštíme ven vzduch o teplotě 20° C, znamená to, že dovnitř se nám vrací vzduch o teplotě zhruba 17° C. Pokud bychom jednoduše otevřeli okna a vpouštěli dovnitř vzduch např. o teplotě – 5° C znamenalo by to okamžitou ztrátu obrovského množství tepla.

Další potřebnou hodnotou pro další výpočty celkových ročních nákladů našeho domu je celková spotřeba na provoz elektrických spotřebičů. Tuto hodnotu už nebylo možné vyčíst z protokolu, a proto jsem k jejímu zjednodušenému výpočtu použil online kalkulátor na portálu elektřina.cz. Po dosazení všech teoretických spotřebičů v domě vyšla hodnota 3,467 MWh/rok. Při srovnání s reálnou spotřebou v naší vlastní domácnosti byla hodnota o něco nižší, záleží na využívání domu. V době další nekončící vlny pandemie COVID – 19, kdy členové domácnosti bydlí v domě takřka 24/7 je bohužel vysoká spotřeba očekávána.



Obrázek 13: Orientační roční spotřeba domácnosti [32]

Jedná se o velice propracovaný kalkulačtor energií, kde můžeme zvolit buď výpočet již přednastavený, případně si vybrat možnost přesnějšího výpočtu podle vlastní potřeby a oblasti, kde se dům nachází. Zvolil jsem tedy možnost druhou. Následně se ukázala tabulka s několika záložkami rozdělená podle polohy v domě např. obývací pokoj, koupelna, kuchyně apod. V každém okně vyběhl nespočet možných spotřebičů, které lze přidat jednoduchým kliknutím a následně pod hlavním výběrem tabulka s očekávanou spotřebou jednotlivých položek. Tu lze upravit podle individuálních potřeb, což jsem také učinil např. nabíječka na mobilní telefon byla zadána v hodnotě 1 W, což pro dnešní svět už téměř neplatí, běžné nabíječky telefonů dosahují hodnot od 20 až do 150 W. Potvrzením tlačítka „spočítat“ jsem získal přehledně graficky znázorněný dům

s výpočtem celkové spotřeby 3,468 MWh/rok. Tento výpočet je pouze orientační, reálná spotřeba domu by měla být vždy počítána příslušným specialistou.

3.2 Nová Zelená Úsporám

Po předchozí etapě dotačního titulu Nová zelená Úsporám nazvaným 2014+, s průběhem od roku 2014–2021, došlo ze strany MŽP k plynulému navázání na poskytnutí podpory v oblasti zlepšení udržitelnosti staveb. Nový dotační program nazvaný Nová Zelená Úsporám 2021+ je možné čerpat od konce října 2021. V programu došlo k několika změnám, především můžeme nově čerpat dotaci na kombinaci opatření s výhodou získání k běžné výši dotací také dotační bonus v řádech 10 tisíc korun podle počtu kombinací. Celkově došlo k navýšení výše dotací z jednotlivých částí. Nový program lze rozdělit celkem do 5 oblastí a každá oblast je dále rozdělena přesně podle druhu dotace, který chceme čerpat na několik podkategorií. Zároveň se zvýšením podpory došlo také ke zvýšení nároků, zejména v oblasti B na novostavby a využití neobnovitelné primární energie.

Oblast podpory A je zaměřena na zlepšení vlastností stávajících staveb jako zateplení a výměna otvorů. V této oblasti lze získat maximální dotaci ve výši až 650 tis. Kč. Oblast B se zaměřuje na novostavby v nízkoenergetickém až pasivním standartu a je rozdělena do 3 podoblastí. B.1 ve výši 200 tis. Kč na podporu výstavby nízkoenergetických staveb, B.2 na podporu výstavby pasivních staveb a B.3 na podporu pasivních staveb s důrazem na použití obnovitelných zdrojů energie. V tomto případě je nutné splnit několik kritérií, uvedených v příloze dotačního programu, zejména měrnou roční potřebu tepla, primární energii z neobnovitelných zdrojů, průvzdušnost obálky, součinitele prostupu tepla, povinnou instalaci vzduchotechniky se zpětným získáváním tepla, ale i požadavek na maximální vnitřní teplotu v letním období. Maximální výše dotace je zde 500 tis. Kč a příspěvek 35 tis. Kč na projektovou dokumentaci. Největší změna se týká využití primární energie z neobnovitelných zdrojů, kde došlo u prvních dvou oblastí ke zvýšení nároků o 20 % a u nejvyšší o 40 %.

Oblast C nazvaná Zdroje Energie, je zaměřena především na výměnu neekologických zdrojů vytápění, také známá jako kotlíková dotace. Oblast je rozdělena do 5 podkategorií. Oblast C.1 na výměnu zdrojů tepla s maximální výší dotace pro instalaci TČ připojeného na FVE až 140 tis. Kč. Tuto dotaci lze využít pouze k výměně stávajícího elektrického vytápění za TČ a současných neekologických zdrojů na tuhá paliva, nebo topné oleje za nový ekologický zdroj. Nelze čerpat např. při výměně elektrokotle za plynový kotel.

Označení podporovaných opatření	Podporovaná opatření – typy zdrojů	Jednotková výše podpory [Kč]
TČ-vytápění	Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění	80 000
TČ-vytápění+	Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody	100 000
TČ+FV	Tepelné čerpadlo pro teplovodní systém vytápění s přípravou teplé vody připojené k FV systému	140 000
TČ-vzduch	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch	60 000
Kotel-plyn	Plynový kondenzační kotel	35 000
CZT	Napojení na soustavu zásobování teplem	40 000

Obrázek 14: Dotace Nová Zelená Úsporám oblast C.1 [37]

Podoblast C.2 se vztahuje na přípravu teplé vody. Především využití solárního ohřevu nebo fotovoltaiky pro přípravu teplé vody, nelze však kombinovat s dotací C.1. Podoblast C.3 zahrnuje instalaci fotovoltaických systémů podle výkonu elektrárny a kapacity akumulací baterie se zvyšuje. Zde je maximální výše omezena na 200 tis. Kč a 5. tis. Kč na projektovou dokumentaci. C.4 je zaměřena na podporu instalace vzduchotechniky s řízeným větráním a zpětným získáváním tepla pro stávající objekty v maximální výši 100 tis. Kč. Podoblast C.5 nově podporuje využívání tepla z odpadních šedých a černých vod. Přičemž rozlišuje centrální a decentrální systém, ke kterým stanovuje podmínky výše dotace.

Instalované části systému FVE	Výše podpory [Kč]
Minimální instalace o výkonu 2 kWp	40 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s hybridním měničem <i>(dle definice v kap. 12)</i>	60 000
Minimální instalace o výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla	100 000
Za 1 kWp instalovaného výkonu nad 2 kWp	10 000
Za 1 kWh el. akumulčního systému s akumulátory na bázi lithia	10 000

Obrázek 15: Dotace Nová Zelená Úsporám oblast C.3 [37]

Předposlední oblast D se nazývá adaptační a migrační opatření a je zaměřena především na ekologii stavby. D.1 podporuje instalaci stínící techniky, D.2 podporuje výstavbu zelené střechy. Tato dotace lze kombinovat i s dotací B na novostavby. Podoblast D.3 nově integrovaná do programu Nová Zelená Úsporám, dříve známá jako Dešťovka. Podporuje využití dešťových vod podle stupně pro zálivku zahrady, zálivku zahrady a WC, ale také využití vyčištěné odpadní vody jako užitkovou. D.4 je podpora na instalaci dobíjecí stanice pro elektromobil. Posední oblast E je Projektová Podpora v návaznosti na předchozí oblasti. Pro A je to 25 tis. Kč, pro B již zmíněných 35 tis. Kč, pro C a D ve výši 5 tis. Kč. Pro nás bude dále stěžejní podpora na výstavbu FVE a instalaci TČ.

3.3 Zdroj

3.3.1 Vytápění elektrickým kotlem

Moderní elektrokotle dnes slibují kompaktnost, okamžitou možnost regulace, dnes už zcela automatickou, což úplně neplatí u teplovodního vytápění. Odpadají nám náklady spojené s budováním komínu a zároveň lze elektrokotel umístit takřka kdekoli v domě. Výrobci uvádějí na trh nejmodernější řady elektrokotlů tzv. EKO u kterých slibují ještě lepší vlastnosti oproti starším kotlům. Avšak pokud se zeptáte široké veřejnosti, jaký mají názor na vytápění elektrokotlem, odpovědi budou často hrozné. „Elektrokotel je největší žrout elektřiny“, „elektrokotel bych si nikdy nemontovat nenechal“ apod. V podstatě nejde než nesouhlasit.

U moderních domů s extrémně nízkou ztrátou tepla a malou potřebou vytápění tomu tak vždy nemusí být. Zkušenosti majitelů jsou různé. Pokud se jedná opravdu o nízkoenergetický dům o malé podlahové ploše, či rekreační dobře zateplenou chatu, kde budeme topit jen několik dnů v roce, případně o víkendu. Nebo např. dům pro starší pár, o malé podlahové ploše, který budou obývat pouze ve dvou, nemusí být elektrokotel strašák.

Další ránou pro elektrokotle je v poslední době obrovský růst cen energií, kdy se cena elektřiny za MWh pohybuje kolem 4 tisíc korun, v závislosti na tarifu. Když to srovnáme s cenou např. z roku 2015, kdy se cena elektřiny pohybovala za stejnou hodnotu okolo 1,5 tis. korun, vidíme až zářející rozdíl. Asi si každý umí představit co to udělá s účtem za elektřinu. Samozřejmě elektřinu potřebujeme k provozu domácnosti, ale je na zvážení, zda s ní i vytápět.

V průběhu roku 2020 však došlo k určitým změnám v legislativním prostředí a podmínkách týkajících se využití primární neobnovitelné energie. S touto změnou se pak pojí fakt, že po tomto roce už prakticky nebude možné stavět domy vytápěné pouze elektrokotlem, ale bude nutné v podstatě vždy kombinovat s jiným zdrojem jako např. solárními kolektory, fotovoltaickými panely, TČ apod. Jako jedno z řešení se nabízí instalace fotovoltaické elektrárny. To by znamenalo doplnit stávající objekt o panely a baterie a nemuset tak měnit celý zdroj. Zároveň se jedná o velmi moderní řešení a určitě i do budoucna bude tato varianta výhodná. Proto si elektrokotel spojíme se sestavou fotovoltaických článků s akumulací do baterií a následně zhodnotíme tento systém oproti samostatnému vytápění elektrickými kotli či přímotopy.

Z informací týkajících se spotřeby domu jsem dále vypočítal náklady na roční provoz tohoto objektu s daným systémem vytápění. Náklady jsou počítány zjednodušenou metodou. Platí, že pro přesný výpočet bychom vždy měli oslovit daného specialistu, v našem případě energetika, který zpracovává PENB a ten nám určí téměř přesnou spotřebu celého domu pomocí moderních výpočtových softwarů a simulací pro téměř jakoukoliv variantu.

Vytápění elektrokotlem - 97,5 % účinnost						
E.ON – tarif Přímotop D57d						
Odběr energie		Provoz	Spotřeba	Jednotka	Cena/jed.	Cena
Silová elektrárna	Vytápění	elektřina	2,929	MWh	3 900,0 Kč	11 424,0 Kč
	Ohřev TUV	elektřina	4,043	MWh	3 900,0 Kč	15 768,0 Kč
	Rekuperace	elektřina	0,290	MWh	3 920,7 Kč	1 137,0 Kč
	El. Spotřebiče VT	elektřina	0,578	MWh	4 024,0 Kč	2 325,9 Kč
	El. Spotřebiče NT	elektřina	2,890	MWh	3 900,0 Kč	11 271,0 Kč
Regulované platby	Stálá měsíční platba	elektřina	12	měsíc	110,0 Kč	1 320,0 Kč
	Cena za distribuci VT	elektřina	0,626	MWh	281,5 Kč	176,3 Kč
	Cena za distribuci NT	elektřina	10,104	MWh	173,2 Kč	1 750,1 Kč
	Daň z elektřiny	elektřina	10,730	MWh	34,2 Kč	367,4 Kč
	Cena za systémové služby	elektřina	10,730	MWh	112,9 Kč	1 211,3 Kč
	Měsíční platba za příkon	elektřina	12	měsíc	356,0 Kč	4 272,0 Kč
	Cena za činnost operátora trhu	elektřina	12	měsíc	4,7 Kč	56,8 Kč
	Cena na podporu elektřiny (POZE)	elektřina	12	měsíc	599,0 Kč	7 187,4 Kč
Celkové provozní náklady objektu/rok						58 267,2 Kč

Tabulka 2: Roční náklady na provoz objektu – elektrokotel. [tvorba vlastní]

Ceny elektřiny a veškeré další sazby jsou počítány z ceníku E.ON platného d 15. 11. 2021. Tarif pro vytápění D57d, který je platný pro domácnosti využívající vytápění

elektřinou platný od března 2016 (po starém D45d do března 2016). Roční platba 58 267,2 Kč znamená pro uživatele měsíční náklad cca 4860 Kč. Položky tvoří náklady na vytápění, ohřev TUV, elektrické spotřebiče v režimu nízkého - min. 20 h denně a vysokého tarifu 4 h denně (pozn. údaj z Věstníku Energetického Regulačního Úřadu). Druhou část tvoří položky regulovaných plateb jako cena za distribuci, daň z elektřiny, cena za činnost operátora trhu a další.

Z výpočtu je zřejmé že platba za elektřinu v případě vytápění elektrokotlem v pasivním domě není svou výškou daleko od plateb běžných nepasivních staveb využívajících pro vytápění např. plyn. Předpokládáme, že provozní náklady v tomto konkrétním případě budou ze všech nejvyšší, proto z nich dále bude vycházet výpočet ročního cash flow u jiných systémů. Tím budeme schopni získat i finanční návratnost jednotlivých modelů v letech.

3.3.2 FVE

Při hledání energeticky méně náročného řešení namísto samotného vytápění elektrokotlem se jako nejjednodušší řešení nabízí instalace vlastní fotovoltaické elektrárny (FVE). To by znamenalo využít stávající vytápění elektrokotlem a instalaci fotovoltaických panelů na střechu domu. Toto řešení je v dnešní době poměrně oblíbené. Instalaci FVE je řešení spousty lidí, jak odlehčit své peněženice. Zároveň dosáhnout do jisté míry jakési soběstačnosti v návaznosti na zvyšující se zatížení elektrické sítě a možnost black – outu. Oproti minulosti se dnes jedná také o velmi ekologicky přívětivé řešení. Starší panely měly mizivou životnost, stejně tak jejich účinnost nebyla tak dobrá a se zvyšujícím se stářím rapidně klesala. Na jejich výrobu se používaly těžké kovy, což z hlediska následné likvidace nebylo lehkým úkolem. A o recyklaci se zde mluvit takřka nedalo.

Dnešní moderní panely jsou vyrobeny převážně z hliníku, laminátů a skla opatřeného tenkou křemíkovou vrstvou. Udávaná recyklovatelnost těchto materiálů je až 95 %. Obrovskou výhodou je výroba prakticky čisté elektrické energie v pohodlí domova. Sluneční záření je nevyčerpatelná zásoba obrovského množství energie tak proč ji nevyužít. Výroba je bezemisní a nevypouští žádné nežádoucí nebezpečné látky. Nevzniká žádný nekomfortní efekt jako je hlučnost. Další výhodou je bezobslužnost. pokud pomíneme fakt, že pokud panely instalujeme na domě v okolí nějakého většího zdroje znečištění, musíme čas od času panely povrchově omýt, aby neztráceli účinnost. FVE si může na dům nainstalovat prakticky každý. Samotná instalace není nijak náročná, většinou se dá zvládnout v rozsah pár dní v závislosti na velikosti a podmínkách.

Využití energie slunce má také své stinné stránky. Zejména proměnlivost výroby v našich klimatických podmínkách v průběhu roku. Výroba elektřiny je nejvyšší, pokud je sluneční záření dostatečně silné a dlouhodobé. Ideálním prostředím je tak letní období, kdy elektrárna vyrábí téměř na 100 % výkonu. To však neznamená, že by v zimním období, kdy slunce téměř vůbec nesvítí a dny jsou krátké, byla elektrárna bez využití. Výrobci dnes slibují výrobu i v zimním období okolo 20 % oproti letnímu provozu. To je zaručeno schopností panelů využívat energii nejen z přímého záření, ale také ze světla rozptýleného v atmosféře. Pod tímto pojmem si můžeme představit světlo, které dopadá na povrch a odráží se různými směry rozptýleně. Bez něj by téměř nebylo možné v létě ve stínu vidět. Díky hladkému povrchu panelu v zimě odpadá nutnost odklízet ze střechy sněh. Pokud nenapadne opravdu velké množství, sníh po povrchu lehce sklouzne.

Udávaná hodnota výroby elektrické energie se pohybuje v rozmezí 950–1050 kWh z výkonu panelu 1 kWp (kilowatt – peak). Opět to přímo závisí na vnějších podmínkách. Panely se instalují přednostně na střechy otočené na jih, jihovýchod, nebo jihozápad, kde je předpoklad nejlepší možné účinnosti. Důležitý je také sklon střechy. ideální instalace je pod úhlem 30°. U šikmých střech je většinou sklon zachován z důvodu estetičnosti a jednodušší instalace. Na ploché střechy se využívá sklonu okolo 15°, ten lze docílit nastavením hliníkového držáku panelu.

Při výběru FVE musíme myslet na několik věcí. Hlavním je výkon, který je nutné uzpůsobit samotné spotřebě domácnosti. Musíme brát v potaz také velikost využitelné plochy střechy. Obecně udávaná hodnota je potřeba asi 10 m² pro výkon elektrárny 1kWp. Samotný výkon by pak neměl přesáhnout hodnotu 10 kWp, protože v tomto případě by bylo nutné opatřit se licenci na výrobu takového množství elektřiny. Další je volba akumulace energie. Můžeme využít jednoduché řešení s okamžitou spotřebou a přebytkem posílaným zpět do sítě, to ale tak troch postrádá smysl, jelikož výkon bude největší, kdy většina obyvatel bude v práci či škole. Nebo můžeme zvolit řešení s akumulací přebytečné energie do akumulární nádrže na teplou vodu. Nejlepší řešení je dle mého názoru akumulace do baterií. Elektřina se tak ukládá pro období větší spotřeby, obvykle večer a ráno. Neznamená to však úplnou soběstačnost, výroba z FVE pokryje spotřebu domácnosti a sníží distribuci elektřiny ze sítě k vytápění a ohřevu vody. V době největšího výkonu, tedy v létě, však vytápění není využito, ale teplá voda je potřeba vždy. Naopak v zimě není výkon FVE vysoký, pokryje pouze část spotřeby domácnosti, ale k vytápění už budeme muset využívat elektřinu ze sítě.

Vzhledem k velikosti střechy a spotřeby domácnosti se jako nejvhodnější řešení jeví instalace FVE o výkonu 5,4 kWp s akumulací do baterie o velikosti 7,1 kWh. Toto

řešení nabízí společnost BC engineering s.r.o. Uvedená cena takové sestavy je 360 000 Kč s DPH. Ovšem můžeme využít dotačního programu Nová zelená Úsporám z oblasti C.3. Ten slibuje dotaci ve výši 165 000 Kč na nákup a instalaci elektrárny v naší konfiguraci. Cena pořízení by po odečtu dotace byla 195 000 Kč s DPH, viz. příloha 1. Při srovnání s pořizovacími náklady na např. TČ vzduch – voda, je tato částka o několik desítek tisíc vyšší. Dále se podíváme, jak budou vypadat roční náklady na provoz objektu.

Vytápění elektrokotlem - 97,5 % účinnost + FVE 5,4 kWp s baterií						
E.ON – tarif Přímotop D57d						
	Odběr energie	Provoz	Spotřeba	Jednotka	Cena/jed.	Cena
Silová elektřina	Vytápění	elektřina	2,929	MWh	3 900,0 Kč	11 424,0 Kč
	Ohřev TUV	elektřina	4,043	MWh	3 900,0 Kč	15 768,0 Kč
	Rekuperace	elektřina	0,290	MWh	3 920,7 Kč	1 137,0 Kč
	El. Spotřebiče VT	elektřina	0,578	MWh	4 024,0 Kč	2 325,9 Kč
	El. Spotřebiče NT	elektřina	2,890	MWh	3 900,0 Kč	11 271,0 Kč
Regulované platby	Stálá měsíční platba	elektřina	12	měsíc	110,0 Kč	1 320,0 Kč
	Cena za distribuci VT	elektřina	0,626	MWh	281,5 Kč	176,3 Kč
	Cena za distribuci NT	elektřina	4,704	MWh	173,2 Kč	814,8 Kč
	Daň z elektřiny	elektřina	5,330	MWh	34,2 Kč	182,5 Kč
	Cena za systémové služby	elektřina	5,330	MWh	112,9 Kč	601,7 Kč
	Měsíční platba za příkon	elektřina	12	měsíc	356,0 Kč	4 272,0 Kč
	Cena za činnost operátora trhu	elektřina	12	měsíc	4,7 Kč	56,8 Kč
	Cena na podporu elektřiny (POZE)	elektřina	12	měsíc	599,0 Kč	7 187,4 Kč
FVE	Výroba elektřiny FVE	elektřina	5,400	MWh	3 920,7 Kč	-21 171,6 Kč
Celkové provozní náklady objektu/rok						35 365,8 Kč

Tabulka 3: Roční náklady na provoz objektu – elektrokotel + FVE. [tvorba vlastní]

Z výpočtu je zřejmé, že fotovoltaické panely nám oproti samotnému elektrokotli ušetří až 40 % nákladů na energie. Při započítání ceny energií s využitím tarifu D57d budou celkové náklady na provoz objekt za rok 35 365,8 Kč. A celkově tak výroba asi 5,4 MWh z FVE ušetří zhruba 21 200 Kč za rok. Velmi zajímavá hodnota s uvažováním investičních nákladů 195 tis. Kč. Měsíčně nás v takovém případě vyjde provoz na cca 2950 Kč. To je hodnota srovnatelná s domy, které k vytápění a ohřevu využívají TČ. Do budoucna můžeme také uvažovat s pořízením elektromobilu a instalací dobíjecí stanice. Zdrojem může být fotovoltaika a prakticky budeme nabíjet zadarmo. Což je jednou z dalších výhod vlastní FVE. U domů s větší plochou pro instalaci nebude v budoucnu problém výkon rozšířit a ušetřit tak další tisíce korun. Obecně se tato volba jeví jako velmi

ekologická a ekonomická. Jak to bude ale s návratností s přihlédnutím na další faktory jako je časová hodnota peněz a průběžné zdražování elektřiny?

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny s každoročním růstem o 5 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 7,65 %	DCF (Kč)	Kumulované CF (Kč)
0	195 000 Kč					-195 000 Kč
1		35 366 Kč	22 901 Kč	0,9289	21 274 Kč	-173 726 Kč
2		37 134 Kč	24 046 Kč	0,8629	20 750 Kč	-152 976 Kč
3		38 991 Kč	25 249 Kč	0,8016	20 239 Kč	-132 736 Kč
4		40 940 Kč	26 511 Kč	0,7446	19 741 Kč	-112 995 Kč
5		42 987 Kč	27 837 Kč	0,6917	19 255 Kč	-93 740 Kč
6		45 137 Kč	29 229 Kč	0,6426	18 781 Kč	-74 959 Kč
7		47 394 Kč	30 690 Kč	0,5969	18 319 Kč	-56 640 Kč
8		49 763 Kč	32 225 Kč	0,5545	17 868 Kč	-38 772 Kč
9		52 251 Kč	33 836 Kč	0,5151	17 428 Kč	-21 344 Kč
10		54 864 Kč	35 528 Kč	0,4785	16 999 Kč	-4 345 Kč

Tabulka 4: CF investice – EK + FVE, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]

K určení výhodnosti investice a doby návratnosti je potřeba vypočítat diskontované peněžní toky úspory investice v porovnání s náklady na provoz samotného elektrokotle. Aby byl odhad co nejpřesnější ve výpočtech je započítán růst elektřiny každý rok. Procento, se kterým výpočet provádět však nebylo jednoduché získat. Při nahlédnutí do statistik evropského statistického úřadu Eurostat a přihlédnutím k růstu cen elektřiny za posledních 5 let (2016–2020) vychází meziroční průměrný růst asi 5,8 %. To je však hodnota, která nezohledňuje okolnosti roku 2021. Doufejme však, že se jednalo pouze o jednorázový růst. Zvolil jsem proto optimističtější pohled a hodnotu meziročního růstu o 5 %. Základ pro výpočet ceny elektřiny vychází z předchozí tab. 3 a je součtem všech plateb.

Diskontní sazba byla vypočítán pomocí vzorce:

$$RN = (1 + RR) * (1 + IE) - 1$$

Po dosazení tedy: $RN = (1+0,0175) * (1+0,058) - 1 = 7,65 \%$

Column

Time [12/12]

12 values displayed

Geopolitical entity (reporting) [46/46]

46 values displayed

Energy indicator [2/2]

Medium size households

Page

Row

Time frequency: Annual

Products: Electrical energy

Currency: Euro

Unit of measure: Kilowatt-hour

Electricity prices by type of user

Source of data: Eurostat

Table

Line

Bar

Map

Settings: Default presentation

Drag and drop here for breakdown

Drag and drop here for breakdown

TIME	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
GEO											
European Union - 27 countries (from 2020)	0.1725	0.1858	0.1916	0.2042	0.2058	0.2083	0.2051	0.2086	0.2099	0.2170	0.2134
European Union - 28 countries (2013-2020)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Euro area (EA11-1999, EA12-2001, EA13-2007, EA15-2013)	0.1761	0.1893	0.1972	0.2112	0.2161	0.2199	0.2162	0.2208	0.2220	0.2295	0.2263
Euro area - 19 countries (from 2015)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Belgium	0.1959	0.2136	0.2327	0.2173	0.2097	0.2126	0.2544	0.2857	0.2824	0.2839	0.2792
Bulgaria	0.0813	0.0826	0.0846	0.0924	0.0832	0.0942	0.0956	0.0955	0.0979	0.0997	0.0997
Czechia	0.1496	0.1659	0.1664	0.1681	0.1388	0.1385	0.1420	0.1438	0.1573	0.1748	0.1841
Denmark	0.2670	0.2908	0.2997	0.3000	0.3042	0.3068	0.3088	0.3049	0.3126	0.2984	0.2833
Germany (until 1990 former territory of the FRG)	0.2375	0.2528	0.2595	0.2919	0.2981	0.2951	0.2969	0.3048	0.2987	0.3088	0.3043
Estonia	0.0970	0.0973	0.1096	0.1351	0.1307	0.1302	0.1208	0.1207	0.1348	0.1357	0.1236
Ireland	0.1804	0.1901	0.2155	0.2295	0.2407	0.2426	0.2320	0.2305	0.2369	0.2423	0.2413
Greece	0.1181	0.1250	0.1391	0.1563	0.1767	0.1767	0.1716	0.1711	0.1672	0.1595	0.1674
Spain	0.1728	0.1981	0.2190	0.2228	0.2165	0.2309	0.2185	0.2296	0.2383	0.2403	0.2239
France	0.1283	0.1383	0.1392	0.1524	0.1585	0.1676	0.1685	0.1704	0.1748	0.1778	0.1893
Croatia	0.1151	0.1137	0.1208	0.1372	0.1312	0.1317	0.1311	0.1196	0.1311	0.1321	0.1301
Italy	0.1066	0.1007	0.1129	0.1009	0.1046	0.1060	0.1049	0.1067	0.1067	0.1061	0.1066

Obrázek 16: Statistika ceny elektřiny podle let. [33]

Z tabulky můžeme vidět, že i s přihlédnutím na okolnosti vývoje ceny elektřiny a diskontnímu faktoru, který snižuje hodnotu peněz v čase, vytvoří tato investice kladné peněžní toky po přesažení 10. roku od pořízení. K návratnosti dojde za dobu 10,3 let. Uvažovaná životnost FVE je 25 let. Výpočet peněžních toků je vztažen na dobu 10 let z důvodu postupného snižování účinnosti, resp. schopnosti panelů vyrábět elektřinu. Výrobce však udává zachování i 80 % výkonu po mnoha letech. Dlouhodobější výpočty by pak znamenaly značné zkreslení hodnot. Elektrárna však může sloužit dlouhé desítky let. Pokud bychom v budoucnu nebyli s spokojením s výkonem, lze jednoduše vyměnit samotné panely, bez nutnosti výměny instalací a akumulčních baterií. Taková investice už nebude ani zdaleka tak náročná jako prvotní instalace. S přihlédnutím na dobu životnosti a dobu návratnosti, lze předpokládat, že investice po svém návratu začne vytvářet případnou rezervu na výměnu panelů dalších cca 5 let. Zbylých 10 let budeme provozovat objekt již s obrovskou úsporou nákladů. Můžeme konstatovat, že investice do FVE se za svou dobu životnosti vrátí až 2x.

3.3.3 Vytápění plynovým kotlem

Dalším zdrojem, kterým v domě můžeme vytápět jsou plynové kotle, v našem případě zejména plynové kondenzační kotle (někdy též nazývány jako nízkoteplotní). Hlavní výhodou těchto kotlů je jejich vysoká deklarovaná účinnost. Dnes už prakticky všichni výrobci plynových kotlů, a že jich na trhu najdeme opravdu obrovské množství, jak domácích, tak zahraničních, uvádí účinnost od 98 až do 110 %. To může v počátku znít jako báječné perpetuum mobile, tedy stroj bez jakékoliv vnější potřeby zdroje ke své práci. Pokud zabádáme hlouběji zjistíme, že vysoká účinnost je dána schopností kondenzačních kotlů využívat zbytkovou energii spalín. To znamená že na vytvoření určitého množství energie je kotel schopen spotřebovat menší množství energie přijaté. Hlavní výhody leží v jejich kompaktnosti, účinnosti a rychlosti regulace, kotle dnes mají ekvitermní regulaci, která snímá venkovní teplotu a uzpůsobuje tomu výkon. Oproti starším kotlům jsou dnes moderní kotle daleko více ekologické, co se týče emisí CO.

Ovšem využívání plynu jako paliva pro topení sebou nese i určitá negativa. Oproti elektrickým kotlům jsou pořizovací náklady vyšší, někdy i dvojnásobné. Zároveň montáž veškerých vybavení spojených s provozem jako např. odtah spalín, plynová přípojka v domě a také častější a nákladnější revize. Užívání plynu může být zároveň nebezpečné. Všichni jistě vnímáme, kolik každý rok kvůli nesprávnému používání plynových kotlů a spotřebičů obecně zemře lidí. Před nedávnem došlo k výbuchu plynového potrubí, které bylo poškozeno při opravě. Tehdy zde zahynuli dva lidé z hasičského sboru. Tím nechci nikoho odradit, ale je to také faktor, který je dobré při výběru zvážit. Poptávka po

plynových kotlech v posledních dnech stoupá, a to hlavně kvůli drastickému zdražování elektřiny. Dlouhodobě se zemní plyn nepotýká s tak výrazným kolísáním ceny. Pokud nahlédneme do grafu vývoje ceny plynu za posledních 10 let (1. 1. 2010 – 1. 12. 2020) vidíme, že nákupní cena zemního plynu na světové burze klesla o 44,26 %. Z dlouhodobějšího hlediska lze očekávat menšími výkyvy ceny, což může být opět jednou z výhod.

Do našeho modelového domu se mi podařilo získat tři cenové nabídky z celkových devíti poptávaných firem. Od společností Thermona, Viessmann a Protherm. Nabídky společnosti Thermona a Protherm byly cenově na podobné úrovni, ale kotel Viessmann byl o několik desítek tisíc dražší. Nejvýhodnější nabídku uvedla společnost Thermona, zároveň jejich zákaznický servis a rychlá komunikace byla nejlepší, proto jsem zvolil právě ji. Kotel nové ekologické řady s pořizovací cenou 27 636 Kč bez DPH. Montážní práce a další materiál a příslušenství pro bezproblémový chod kotle vč. revizí a regulace byly naceněny na 41 720 Kč bez DPH. Celkové pořizovací náklady tak činí 79 759 Kč se započtením DPH, viz. příloha 2. Následně jsem vypočítal celkové roční náklady na provoz domu s tímto systémem.

Vytápění kondenzačním plynovým kotlem - 107 % účinnost						
E.ON – tarif Klasik D02d, výhřevnost zemního plynu - 33,48MJ/m ³						
Odběr energie		Provoz	Spotřeba	Jednotka	Cena/jed.	Cena
Silová elektřina a plyn	Vytápění	plyn	2,669	MWh	2 129,2 Kč	5 683,0 Kč
	Ohřev TUV	plyn	3,684	MWh	2 129,2 Kč	7 844,0 Kč
	Rekuperace	elektřina	0,290	MWh	3 689,0 Kč	1 069,8 Kč
	El. Spotřebiče VT	elektřina	3,718	MWh	3 689,0 Kč	13 715,7 Kč
Regulované platby	Stálá měsíční platba	plyn	12	měsíc	297,5 Kč	3 570,4 Kč
	Stálá měsíční platba	elektřina	12	měsíc	110,0 Kč	1 320,0 Kč
	Cena za distribuci VT	elektřina	4,008	MWh	2 195,9 Kč	8 801,0 Kč
	Daň z elektřiny	elektřina	4,008	MWh	34,2 Kč	137,2 Kč
	Cena za systémové služby	elektřina	4,008	MWh	112,9 Kč	452,5 Kč
	Měsíční platba za příkon	elektřina	12	měsíc	126,0 Kč	1 512,0 Kč
	Cena za činnost operátora trhu	elektřina	12	měsíc	4,7 Kč	56,8 Kč
	Cena na podporu elektřiny (POZE)	elektřina	12	měsíc	599,0 Kč	7 187,4 Kč
Celkové provozní náklady objektu/rok						51 349,8 Kč

Tabulka 5: Roční náklady na provoz objektu – plynový kondenzační kotel. [tvorba vlastní]

Veškeré ceny jsou počítány z aktuálních ceníků dodavatele pro elektřinu i plyn E.ON platné k 15. 11. 2021. Jelikož vytápění a ohřev vody bude zajišťovat výhradně

plynový kotel, máme u dodavatele nárok na jednosazbový tarif D02d. Budeme odebírat proud v režimu vysokého tarifu po dobu 24 h. Náklady na vytápění plynem budou 5 683 Kč a pro ohřev TUV 7 844 Kč. S odběrem dále souvisí tarifní měsíční platba, stejně jako při odběru elektřiny. V tomto případě tvoří nejvyšší položky samotná spotřeba elektřiny pro běžné spotřebiče domácnosti, samotná úspora oproti vytápění a ohřevu vody elektrokotlem se pohybuje okolo 50 %. Při ročních nákladech 51 349,8 Kč pak vychází měsíční platba uživatele na přibližně 4 280 Kč. Celkově jsme teoreticky uspořili cca 580 Kč měsíčně. Volba plynového kotle v pasivním domě však nemá mnoho zastánců. Vysoký výkon plynového kotle a nízká tepelná ztráta pasivního domu vede k situaci častého spínání kotle a fungování v režimu nízký výkon. Dlouhodobě tak dochází k negativnímu vlivu na životnost některých jeho částí. Avšak moderní kotle disponují velkým rozdílem regulací výkonu od hodnoty 3kW, zbytek případné energie se uloží do akumulární nádrže, kde teplo vydrží teoreticky i 24 h.

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny s každoročním růstem o 5 %	Cena plynu s každoročním růstem o 2 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 7,65 %	DCF (Kč)	Kumulované CF (Kč)
0	79 759 Kč						-79 759 Kč
1		34 252 Kč	17 097 Kč	6 917 Kč	0,9289	6 426 Kč	-73 334 Kč
2		35 965 Kč	17 439 Kč	7 776 Kč	0,8629	6 710 Kč	-66 623 Kč
3		37 763 Kč	17 788 Kč	8 688 Kč	0,8016	6 964 Kč	-59 659 Kč
4		39 651 Kč	18 144 Kč	9 656 Kč	0,7446	7 190 Kč	-52 469 Kč
5		41 634 Kč	18 507 Kč	10 683 Kč	0,6917	7 390 Kč	-45 079 Kč
6		43 716 Kč	18 877 Kč	11 773 Kč	0,6426	7 565 Kč	-37 514 Kč
7		45 902 Kč	19 254 Kč	12 928 Kč	0,5969	7 716 Kč	-29 798 Kč
8		48 197 Kč	19 640 Kč	14 152 Kč	0,5545	7 847 Kč	-21 951 Kč
9		50 606 Kč	20 032 Kč	15 448 Kč	0,5151	7 957 Kč	-13 994 Kč
10		53 137 Kč	20 433 Kč	16 822 Kč	0,4785	8 049 Kč	-5 945 Kč

Tabulka 6: CF investice – plynový kondenzační kotel, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]

Obdobný postup jako u výpočtu zdražování elektřiny byl proveden při výpočtu procentního růstu ceny plynu. Zde procentní růst kolísá v cyklicky okolo hodnoty +/- 2 %. Dá se však předpokládat, že kvůli zdražení elektřiny dojde k nárustu počtu uživatelů plynu, což zvýší celkovou poptávku a cena plynu bude mírně stoupat. Proto byla zvolena sazba 2 %. Jedná se však pouze o teoretický odhad na základě historických údajů. Hodnota peněžních toků (CF) je rozdíl ročních nákladů na provoz domu s EK vs s PKK, přičemž růst energií byl uplatněn i zde. Úspora oproti vytápění elektřinou není natolik zásadní. Uvažovat o instalaci plynového kotle bychom měli pouze v případě, že nechceme investovat vysoké částky do pořízení drahých technologií, jakými jsou tepelná

čerpadla, či fotovoltaické panely. K návratnosti v tomto případě dojde v době 10,7 let od pořízení.

3.3.4 Vytápění TČ vzduch – voda

V poslední době zaznamenáváme celosvětový boom v oblasti vytápění budov, jak nízkoenergetických, tak starších pomocí tepelných čerpadel. Největší oblibě u nás a celkově v Evropě se těší čerpadla typu vzduch – voda. Nutno podotknout, že tepelná čerpadla nejsou v zásadě žádnou novinkou. Ve skandinávských zemích se rozmohly už ke konci 20. století. Odsud také pochází většina předních světových výrobců. Drsné podmínky zemí blízko polárního kruhu, které nechtějí kvůli své tepelné pohodě kácet tisíce hektarů starobylých stromů a kde dodávka plynu a elektřiny často není samozřejmostí položily základní kámen ve vývoji nových zdrojů získávání tepla pro naše domovy. Výhodnost složení půdy v těchto oblastech pomohla rozvoji tepelných čerpadel získávajících teplo ze země a nízké teploty po celý rok donutily výrobce k vývoji efektivnějšího získávání tepla také ze vzduchu, tedy pomocí čerpadel využívající teplo ze vzduchu. Dnes už jsou tyto technologie dobře známé a výrobců na trhu jsou stovky.

Se stále častějším montováním tepelných čerpadel vznikl také zcela nový segment trhu. Výrobci se předhánějí všemi možnými vlastnostmi, udávají rozhodující hodnoty o desetiny čísel větší než konkurence, jen aby svůj výrobek prosadily. Jednou jsem slyšel zajímavý příklad, kdy výrobce udával určitou hodnotu výkonu tepelného čerpadla a v té době došlo k drobné změně legislativy v udávání technických parametrů. Z noci na den se u mnoha výrobců změnila výkonová parametry o několik procent, bez jakýchkoliv technických úprav či provádění nových zkoušek. Zde vidíme, jak je trh s TČ přehříván. Jakmile došlo k záplavě trhu čerpadly od výrobců z Číny, začaly se také objevovat provozní problémy. Problém je v tom, že i spousta renomovaných výrobců byla tlačena k tomu, aby nabízela čerpadla spousty výkonnostních kategorií, a tak začaly do svých výrobních řad zařazovat čerpadla od levných dodavatelů a vydávat je za svůj výrobek. Často pak docházelo k situacím, kdy zdroj přestal správně fungovat a při kontrole servisním technikem se zjistilo, že daný díl není vůbec vyjímatelný, nebo nelze samostatně objednat. Prodejci to řešili způsobem montáže kompletně nové jednotky, za lehce zvýhodněnou cenu, na úkor koncového zákazníka. Dovedeme si představit pozici investora, který v dobré víře namontuje tepelné čerpadlo v rádech sta tisíců korun a po pár měsících zjistí, že může čerpadlo rovnou vyměnit.

Proto je výhodné si raději připlatit za kvalitní produkt, než s úsměvem na tváři ušetřit pár desítek tisíc a v zápětí zjistit, že nás investice čeká znovu. Při výběru bych se

já osobně zaměřil na nezávislé uživatelské recenze, historii firmy, spolupráci při výběru apod. Já jsem pro náš modelový dům zvolil tepelné čerpadlo vzduch – voda od společnosti AC Heating. Firma je na trhu od roku 2006, což je samo o sobě známkou stability a funkčnosti. Vypracovaná cenová nabídka sice mírně přerůstala další dvě od menších montážních firem, které se mi podařilo získat, ale ve srovnání s nimi, lze předpokládat kvalitní jednotku s dlouhodobou funkčností a životností. Samotná soustava tepelného čerpadla (tedy vnější a vnitřní jednotka), byla naceněna na 154 900 Kč bez DPH, montáž včetně veškerého příslušenství pak na 79 214 Kč bez DPH, viz. příloha 3. Oproti předešlým druhům vytápění je TČ značně náročnější na pořízení. Vyšší pořizovací cenu však v zápětí dožene svou vysokou efektivností. Navíc můžeme v našem případě využít dotaci 100 tis. Kč na výměnu EK, v takovém případě bude cena 169 231 Kč se započtením DPH. Níže v tabulce je znázorněn zjednodušený výpočet ročních nákladů pasivního domu s vytápěním a ohřevem TUV pomocí tepelného čerpadla.

Vytápění TČ vzduch – voda – COP 3,70						
E.ON – tarif Přímotop D57d						
Odběr energie		Provoz	Spotřeba	Jednotka	Cena/jed.	Cena
Silová elektřina	Vytápění	elektřina	0,772	MWh	3 900,0 Kč	3 010,4 Kč
	Ohřev TUV	elektřina	1,065	MWh	3 900,0 Kč	4 155,1 Kč
	Rekuperace	elektřina	0,290	MWh	3 920,7 Kč	1 137,0 Kč
	El. Spotřebiče VT	elektřina	0,578	MWh	4 024,0 Kč	2 325,9 Kč
	El. Spotřebiče NT	elektřina	2,890	MWh	3 900,0 Kč	11 271,0 Kč
Regulované platby	Stálá měsíční platba	elektřina	12	měsíc	110,0 Kč	1 320,0 Kč
	Cena za distribuci VT	elektřina	0,626	MWh	281,5 Kč	176,3 Kč
	Cena za distribuci NT	elektřina	4,969	MWh	173,2 Kč	860,7 Kč
	Daň z elektřiny	elektřina	5,595	MWh	34,2 Kč	191,6 Kč
	Cena za systémové služby	elektřina	5,595	MWh	112,9 Kč	631,7 Kč
	Měsíční platba za příkon	elektřina	12	měsíc	356,0 Kč	4 272,0 Kč
	Cena za činnost operátora trhu	elektřina	12	měsíc	4,7 Kč	56,8 Kč
	Cena na podporu elektřiny (POZE)	elektřina	12	měsíc	599,0 Kč	7 187,4 Kč
Celkové provozní náklady objektu/rok						36 595,7 Kč

Tabulka 7: Roční náklady na provoz objektu – TČ vzduch – voda. [tvorba vlastní]

Samotné náklady na topení a ohřev vody jsou cca 7 tis. Kč, v případě zvýhodněného tarifu elektřiny D57d, kdy je doba použití nízkého tarifu 20 hod. denně. To je náklad téměř v poloviční výši oproti vytápění plynem a až 4x nižší než v případě vytápění elektrokotlem. Zvýhodněná sazba pro domácnosti topící elektrickým proudem ukrojí také z běžných plateb za spotřebu. Celkově se tak roční náklady na provoz

vyšplhají na 36 596 Kč. To znamená asi 3050 Kč za měsíc. Tato hodnota se jeví jako velmi lákavá z pohledu investice do TČ. Pouze asi 20 % našich provozních nákladů tvoří spotřeba pro zásobení teplem. Důležité ale je se na věc podívat také ze stránky návratnosti a roční úspory peněz z dlouhodobějšího hlediska. Následující tabulka má za úkol zhodnotit peněžní toky v průběhu investice.

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny s každoročním růstem o 5 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 7,65 %	DCF (Kč)	Kumulované CF (Kč)
0	169 231 Kč					-169 231 Kč
1		36 596 Kč	21 671 Kč	0,9289	20 131 Kč	-149 099 Kč
2		38 425 Kč	22 755 Kč	0,8629	19 636 Kč	-129 463 Kč
3		40 347 Kč	23 893 Kč	0,8016	19 152 Kč	-110 311 Kč
4		42 364 Kč	25 087 Kč	0,7446	18 681 Kč	-91 630 Kč
5		44 482 Kč	26 342 Kč	0,6917	18 221 Kč	-73 409 Kč
6		46 706 Kč	27 659 Kč	0,6426	17 773 Kč	-55 636 Kč
7		49 042 Kč	29 042 Kč	0,5969	17 335 Kč	-38 301 Kč
8		51 494 Kč	30 494 Kč	0,5545	16 908 Kč	-21 393 Kč
9		54 069 Kč	32 019 Kč	0,5151	16 492 Kč	-4 901 Kč
10		56 772 Kč	33 620 Kč	0,4785	16 086 Kč	11 185 Kč

Tabulka 8: CF investice – TČ vzduch – voda, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]

Pro naše hodnocené období 10 let investice vytvoří kladné kumulované CF. Návratnost nastává v době 9,3 let od pořízení s využitím dotace z oblasti C.1. Hodnocení na 10 let je dostatečné pro vytvoření obrázku o průběhu peněžních toků. Zároveň je za tuto délku období obvykle nutné investovat další finance z důvodu poruch některých částí zařízení apod. Proto není nutné vytvářet předpoklad pro dlouhodobý časový horizont, který by byl téměř jistě zkreslený. S přihlédnutím na předpokládaný průběh zvyšování cen elektřiny a s porovnáním tohoto zdroje oproti provozně nejhoršímu – elektrickému kotli, můžeme vidět finanční úsporu v rozmezí 20 až 16 tisíc Kč. Investice do tepelného čerpadla cca 170 tisíc s návratností cca 10 let je v porovnání s životností zdroje, obecně udávaných 20 let poloviční. To znamená značnou úsporu za dalších 10 let provozu. Za tuto dobu můžeme teoreticky naspořit značnou část na pořízení nové jednotky, kterou nakoupíme po skončení životnosti stávající jednotky. To však neznamená, že TČ nemůže fungovat i déle. Pokud budeme mít kvalitní jednotku s pravidelným servisem a kontrolou, může čerpadlo fungovat další desítky let. Ovšem za tu dobu budou jistě tepelná čerpadla daleko rozvinutější, účinnější a možná i levnější.

3.3.5 Vytápění TČ země – voda

Samotná volba tepelného čerpadla typu země – voda přivádí investora hned z počátku k dalšímu rozcestí. Jaký kolektor totiž vybrat. V zásadě se čerpadla pojí s dvěma druhy zemních kolektorů. Prvním z nich je kolektor plošný, tedy soustava trubek s médiem, rozprostřených po určité ploše pozemku. Univerzální často zobrazované řešení je umístit kolektor přímo pod budovu a tím ušetřit nejen místo, ale i další náklady spojené s dodatečnými výkopovými pracemi. V tom případě musíme vědět s dostatečným předstihem, že chceme využívat právě plošného získávání tepla. Trubky jednoduše uložíme už na začátku realizace pod základy. Takové řešení však nese obrovské riziko, a to co se stane, pokud dojde např. k netěsnosti trubky, nebo k poškození. Přece jen každý materiál časem podléhá jisté degradaci. Nedokážu si představit, jak bychom potom výměnu řešili.

Proto lidé volí umístění do volné plochy pozemku. K tomu je opět potřeba samotná dostatečná plocha, o kterou je v dnešní době nouze. V městských oblastech lidé staví velké domy se zastavěnou plochou i 300 m², na pozemcích o velikostech např. 500 m². Stejně tak samotná výměna staršího systému za nový, kdy máme již krásně upravenou zahradu, vysázené stromy a začneme pěkně rozkopávat celý dvůr. Běžná potřeba prostoru pro kolektor v nízkoenergetickém domě je okolo 300 m². Poddimenzovat se nevyplatí, protože čerpadlo by v takovém případě nefungovalo dostatečně efektivně a docházelo by k častému spínání bivalentního zdroje. Ve finále bychom pak v době největší potřeby vytápěli „elektrokotlem“. Další problém může nastat, pokud je terén svažité. Zde se náklady mohou vyšplhat stejně vysoko jako v případě zemního vrtu, ne-li výše. Kolektor musíme také přizpůsobit stávajícím inženýrským sítím a přívodům. Vzhledem k tomu že teplota v něm může klesat i pod bod mrazu, je vhodné umístění od vodovodního potrubí v co největší vzdálenosti.

Ideální dle mého názoru je zvolit získávání tepla ze zemního vrtu. Těch může být i více a nemusí zasahovat do závratné hloubky. Na 1 kW energie je potřeba asi 12 m hloubky. Přitom nejde o obrovské díry do země. Vrty mají v průměru šířku okolo 15 cm v závislosti na dimenzi a dokáže je vyvrtat i obyčejná souprava pro studny. Důležité je provést průzkum podloží. Vrt je svou kompaktností vhodný i ve stísněných podmínkách. Na pozemku v blízkosti domu se osadí typový rozdělovač, který následně rozvádí médium do jednotky uvnitř domu. Někdy může však dojít k vyčerpání vrtu. To je dáno provozem a s tím spojeným odebíráním tepla ze země. V takovém případě je potřeba nechat vrt např. měsíc odpočívat a využívat pouze bivalentní zdroj. Pokud však nezanedbáváme servis a kontrolu, nemělo by k takové situaci z prva vůbec dojít.

Obecně lze TČ země – voda označit za vůbec nejschopnější v získávání tepla. Tomu napovídají i topné faktory v hodnotách okolo 5. Znamená to, že 1 kW dodané energie je schopné přeměnit až v 5 kW využitelného tepla. Oproti typu vzduch – voda bude také daleko méně náchylné na extrémně nízké teploty. Už zhruba 1,5 m pod povrchem, což je běžná hloubka instalace plošných kolektorů, je teplota dostatečně stabilní na to, aby čerpadlo dokázalo pokrýt veškeré ztráty objektu v zimním období. Při teplotě – 20° C už prakticky vzduchové čerpadlo nebude fungovat a pojede v módu bivalence. Oproti tomu zemní čerpadlo bude stále velmi dobře využitelné. S tím se pojí i počet spínání kompresoru. Stabilita zajistí trvalý provoz a počet cyklování bude minimální. To pozitivně ovlivní životnost jednotky. Toto jsou časté důvody proč lidé volí TČ země – voda oproti konvenčním TČ vzduch – voda i za cenu vyšších pořizovacích nákladů cca 100 tis. Kč. Zároveň je tento systém schopen vcelku efektivně vytápět i staré nebo nezateplené domy s obrovskou potřebou tepla, s minimálními náklady.

Na našem trhu je znatelný rozdíl v počtu výrobců nabízejících řešení zemních a vzduchových čerpadel. To vypovídá i o tom jaká čerpadla u nás zatím převládají. Oproti tomu u našich zahraničních sousedů Německa a Rakouska je situace spíše obrácená ve prospěch tepelných čerpadel země – voda. I já jsem pro náš modelový dům zvolil získávání tepla ze zemního vrtu. Ačkoliv se mi podařilo získat cenovou nabídku na oba typy, s rozdílem nákladů pouhých asi 40 tis. Kč. Společnost Alpha Innotec dodává kvalitní jednotky od německého výrobce a zabývá se také kompletním poradenstvím a vypracováním celkového návrh pro danou situaci. Na webu také představují reálné instalace a hodnoty úspor ověřené praxí. Jako jedna z mála firem disponuj také showrooomem produktů, kdy mi nabídli možnost osobní prezentace, ukázky a vysvětlení. Zde je vidět, že opravdu rozumí tomu, co dělají, což dnes často není samozřejmostí. V našem případě, nebyla možná prohlídka přímo v místě instalace, proto mi společnost navrhla jednotku v ceně 209 900 Kč bez DPH, viz. příloha 4, za jednotku a odhadla cenu příslušenství a montáže na cca 100 tis. Kč bez DPH. Celková cena by se tak po započítání DPH vyšplhala na 356 385 Kč. Opět můžeme využít dotaci z oblasti C.1. Výsledná cena tak činí 256 385 Kč s DPH. S touto cenovkou se jedná o nejdražší systém, jaký můžeme pro vytápění zvolit. Teoreticky by však měl díky své účinnosti být nejlevnější na provoz.

Vytápění TČ země – voda – COP 4,86						
E.ON – tarif Přímotop D57d						
Odběr energie		Provoz	Spotřeba	Jednotka	Cena/jed.	Cena
Silová elektřina	Vytápění	elektřina	0,588	MWh	3 900,0 Kč	2 291,9 Kč
	Ohřev TUV	elektřina	0,811	MWh	3 900,0 Kč	3 163,3 Kč
	Rekuperace	elektřina	0,290	MWh	3 920,7 Kč	1 137,0 Kč
	El. Spotřebiče VT	elektřina	0,578	MWh	4 024,0 Kč	2 325,9 Kč
	El. Spotřebiče NT	elektřina	2,890	MWh	3 900,0 Kč	11 271,0 Kč
Regulované platby	Stálá měsíční platba	elektřina	12	měsíc	110,0 Kč	1 320,0 Kč
	Cena za distribuci VT	elektřina	0,626	MWh	281,5 Kč	176,3 Kč
	Cena za distribuci NT	elektřina	4,530	MWh	173,2 Kč	784,7 Kč
	Daň z elektřiny	elektřina	5,157	MWh	34,2 Kč	176,6 Kč
	Cena za systémové služby	elektřina	5,157	MWh	112,9 Kč	582,1 Kč
	Měsíční platba za příkon	elektřina	12	měsíc	356,0 Kč	4 272,0 Kč
	Cena za činnost operátora trhu	elektřina	12	měsíc	4,7 Kč	56,8 Kč
	Cena na podporu elektřiny (POZE)	elektřina	12	měsíc	599,0 Kč	7 187,4 Kč
Celkové provozní náklady objektu/rok						34 744,9 Kč

Tabulka 9: Roční náklady na provoz objektu – TČ země – voda. [tvorba vlastní]

Jak už víme, můžeme na vytápění elektřinou – v našem případě tepleným čerpadlem získat zvýhodněný dvojsazbový tarif D57d. Rozdíl v nákladech na vytápění a ohřev TUV oproti čerpadlu vzduch – voda je zhruba 2 tis. Kč. V reálném provozu může být ještě znatelnější, a to díky zmiňované konzistenci teploty ve vrtu. Bude tak docházet k minimálnímu spínání bivalentního zdroje, a tedy i další úspore. Celkové roční náklady na provoz budovy jsou v tomto případě 34 744,9 Kč. Výše měsíční platby pak představuje cca 2 900 Kč. Opět tedy platí, že čím vyšší je investiční náklad, tím větší bude úspora v průběhu roku. Energie potřebná k vytápění a ohřevu vody je pouze 1,4 MWh. Při aktuální sazbě 3900 Kč/MWh to znamená 5460 Kč/rok. Pro představu je to pouze asi 450 Kč za měsíc. V porovnání, pokud každý den dojíždíme do práce většina z nás nejspíš tankuje alespoň 2x za měsíc v částce řekněme 4 tis. Kč. V porovnání s tím je náklad na teplo až směšný, a to i v době vysoké ceny elektřiny. Zároveň se velmi blížíme nákladům v porovnání s vytápění elektrokotlem s FVE ovšem nebudeme na tolik soběstační. Dále se podíváme, jak je to s návratností a finančními toky.

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny s každoročním růstem o 5 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 7,65 %	DCF (Kč)	Kumulované CF (Kč)
0	256 385 Kč					-256 385 Kč
1		34 745 Kč	23 522 Kč	0,9289	21 851 Kč	-234 534 Kč
2		36 482 Kč	24 698 Kč	0,8629	21 313 Kč	-213 222 Kč
3		38 306 Kč	25 933 Kč	0,8016	20 788 Kč	-192 433 Kč
4		40 222 Kč	27 230 Kč	0,7446	20 276 Kč	-172 157 Kč
5		42 233 Kč	28 591 Kč	0,6917	19 777 Kč	-152 380 Kč
6		44 344 Kč	30 021 Kč	0,6426	19 290 Kč	-133 089 Kč
7		46 562 Kč	31 522 Kč	0,5969	18 816 Kč	-114 274 Kč
8		48 890 Kč	33 098 Kč	0,5545	18 352 Kč	-95 922 Kč
9		51 334 Kč	34 753 Kč	0,5151	17 901 Kč	-78 021 Kč
10		53 901 Kč	36 491 Kč	0,4785	17 460 Kč	-60 561 Kč

Tabulka 10: CF investice – TČ země – voda, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]

V hodnoceném období 10 let investice nevytvoří kladné kumulované CF. Doba návratnosti zde nastává za 13,7 let od pořízení investice. Což je v porovnání s předpokládanou životností 20 let znamená tvorbu úspor ještě dalších 6 let. TČ země – voda bude při správném a pravidelném servisu sloužit klidně další desítky let. Při reinvestici do některých dílů podléhajících běžnému opotřebení, může být životnost bez problému dvojnásobná. V 10. roce, s přihlédnutím na předpokládaný růst energií a diskontní sazbu dosahuje úspora oproti domu s elektrokotlem téměř 17,5 tisíc Kč. Investice je zde vysoká, ale to s sebou přináší další faktory. Např. díky opravdu malé spotřebě bude daleko méně náchylný na případné zdražování ceny elektřiny. Takže v dlouhodobém horizontu může přinášet daleko vyšší úsporu oproti ostatním systémům.

3.3.6 Vytápění kotlem na pelety

Nedávno ještě bylo vytápění kotli na tuhá paliva na ústupu. Dnes je však velmi aktuální téma – návrat k těmto zdrojům. Zejména pak kotlům na dřevo a pelety. Některé zdroje uvádí nárůst poptávky až o 70 %. Lidé v době, kdy byli zavření ve svých domovech spotřebovali několikanásobné množství energií, než bývalo běžné, proto si každý nejspíš položil otázku, jak vytápet co nejlevněji. Odpovědí může být právě kotel na pelety. Na trhu dnes ještě stále najdeme dostatek výrobců nabízejících už nové moderní kotle s nízkými emisemi. V podstatě jediné, co dnes na trh můžeme získat je kotel s emisní třídou V. To znamená maximum vypuštěného CO do ovzduší menší než 500 mg/m³. Což ve srovnání se starými kotli, které dosahovaly hodnot až 5000, je hodnota 10x menší. Není proto třeba se bát, že nám na dveře zaklepe kontrolní orgán a bude se domáhat pokuty. Nevýhodou oproti dalším druhům vytápění je především náročnost na prostor.

Při návrhu domu je důležité dopředu počítat s návrhem kotelny a upravit tomu i dispozici. To spoustu investorů odradí, neboť výstavba každého m² je v dnešních cenových podmínkách několik desítek tisíc navíc. Dále je nutné instalovat odkouření podobně jako u plynového kondenzačního kotle. U kotlů na pevná paliva vzrůstá také nárok na instalaci daleko větší akumulční nádrže o velikostech od 500 do 1000 i více litrů. To zajistí lepší tepelnou pohodu a nebudeme klást přílišné nároky na provoz kotle. Ten bude topit pouze několik hodin denně a teplo uloží do zásobníku, ze kterého potom bude teplá voda využita k topení, sprchování apod. V případě kotle na pelety je možnost přikládání automaticky, odpadá tak nutnost ručním zásobením dřevem spolu s několika víkendy strávenými štípáním a ukládáním. V kotelně bývá také instalován zásobník, do kterého jedou ročně přivezeme pelety a pomocí hadice přečerpáme pelety do zásobníku, případně objednáme pytlované pelety a budeme několikrát týdně dosýpat. Pak jen nastavíme teplotu a systém udělá vše za nás. Obecně se jedná o technicky náročný systém. Další nevýhodou je však dodatečná spotřeba elektrické energie spojené s provozem všech mechanismů. Ta se pohybuje v řádu desetin MWh v závislosti na typu zdroje a režimu provozu.

Ze tří poptávaných společností se mi podařilo získat pouze jednu cenovou nabídku. Ostatní mi nabídly kalkulaci až po předchozí prohlídce, což v našem případě bohužel nešlo, jelikož se jedná o modelový dům jiného skutečného majitele. Nabídka je od společnosti ATMOS, která byla založena již roku 1935 a má dlouholeté zkušenosti s výrobou a montáží kotlů na tuhá paliva. Ta podle poskytnutých údajů o tepelné ztrátě domu apod. navrhla kompaktní kotel na pelety vhodný do malých prostor v ceně 81 500 Kč bez DPH, viz. příloha 5. Náklady na montáž však technik pouze odhadnul, jelikož opět trval na fyzické prohlídce objektu, po další komunikaci stanovil předběžné náklady na 37 000 Kč bez DPH. Celková cena realizace by se tak po započítání DPH vyšplhala na 136 275 Kč. Následně jsem vypočítal provozní náklady takového objektu za rok.

Vytápění kotlem na pelety - 91,6 % účinnost						
E.ON – tarif Klasik D02d, výhřevnost pelet - 17,2 MJ/kg						
Odběr energie		Provoz	Spotřeba	Jednotka	Cena/jed.	Cena
Silová elektřina a pelety	Vytápění	pelety	0,653	tuna	6 190,0 Kč	4 042,1 Kč
	Ohřev TUV	pelety	0,901	tuna	6 190,0 Kč	5 577,2 Kč
	Rekuperace	elektřina	0,290	MWh	3 689,0 Kč	1 069,8 Kč
	El. Spotřebiče VT	elektřina	3,768	MWh	3 689,0 Kč	13 900,2 Kč
Regulované platby	Stálá měsíční platba	elektřina	12	měsíc	110,0 Kč	1 320,0 Kč
	Cena za distribuci VT	elektřina	4,058	MWh	2 195,9 Kč	8 910,8 Kč
	Daň z elektřiny	elektřina	4,058	MWh	34,2 Kč	138,9 Kč
	Cena za systémové služby	elektřina	4,058	MWh	112,9 Kč	458,1 Kč

	Měsíční platba za příkon	elektřina	12	měsíc	126,0 Kč	1 512,0 Kč
	Cena za činnost operátora trhu	elektřina	12	měsíc	4,7 Kč	56,8 Kč
	Cena na podporu elektřiny (POZE)	elektřina	12	měsíc	599,0 Kč	7 187,4 Kč
Celkové provozní náklady objektu/rok						44 173,3 Kč

Tabulka 11: Roční náklady na provoz objektu – kotel na pelety. [tvorba vlastní]

Přepočtem z MWh na MJ a s hodnotou výhřevností pelet jsem získal potřebu pelet pro náš modelový dům 1,554 tun. Aktuální ceny za tuny pelet se pohybují v rozmezí 6 – 6,5 tis. Kč. Zvolil jsem proto dodavatele s cenou 6 190 Kč/t, který slibuje dopravu pelet v ceně nákupu, ovšem investor bude muset pelety dosýpat do zásobníku asi 1x za 2 až 3 dny. Cena vytápění a ohřevu TUV za rok vychází asi 9 600 Kč. Zde je úspora proti vytápění plynovým kondenzačním kotlem ve výši necelých 4 tis. Kč. Protože v domě nebude instalován elektrický topný spotřebič, můžeme získat sazbu elektřiny D02d, ve které je elektřina dodávána v jedné tarifní sazbě. Celkové roční náklady na provoz objektu jsou v tomto případě 44 173,3 Kč. To znamená měsíční platbu ve výši zhruba 3 680 Kč. Dalo by se říct, že jde v porovnání s předchozími modely o jakýsi pomyslný střed. Otázkou je také doba návratnosti investice.

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny s každoročním růstem o 5 %	Cena pelet s každoročním růstem o 3 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 7,65 %	DCF (Kč)	Kumulované CF (Kč)
0	136 275 Kč						-136 275 Kč
1		34 554 Kč	9 619 Kč	14 094 Kč	0,9289	13 092 Kč	-123 183 Kč
2		36 282 Kč	9 908 Kč	14 991 Kč	0,8629	12 936 Kč	-110 247 Kč
3		38 096 Kč	10 205 Kč	15 939 Kč	0,8016	12 776 Kč	-97 470 Kč
4		40 001 Kč	10 511 Kč	16 940 Kč	0,7446	12 614 Kč	-84 856 Kč
5		42 001 Kč	10 827 Kč	17 997 Kč	0,6917	12 449 Kč	-72 407 Kč
6		44 101 Kč	11 151 Kč	19 113 Kč	0,6426	12 282 Kč	-60 126 Kč
7		46 306 Kč	11 486 Kč	20 292 Kč	0,5969	12 112 Kč	-48 014 Kč
8		48 621 Kč	11 830 Kč	21 536 Kč	0,5545	11 942 Kč	-36 072 Kč
9		51 052 Kč	12 185 Kč	22 850 Kč	0,5151	11 769 Kč	-24 303 Kč
10		53 605 Kč	12 551 Kč	24 236 Kč	0,4785	11 596 Kč	-12 706 Kč

Tabulka 12: CF investice – kotel na pelety, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]

Pro výpočet peněžních toků a doby návratnosti je potřeba určit předpokládaný růst ceny pelet. Ten v posledních letech osciloval mezi hodnotou 5 a 6 tis. Kč a je stále jedním z cenově nejstabilnějších zdrojů energie. Na začátku roku došlo k propadu kvůli snížení objednávek ze strany hotelů atd. Dnes naopak zájmu přibývá kvůli přechodu uživatelů na pelety, dá se tak předpokládat ustálení ceny a mírné zdražování. Propad byl způsobem i

přebytkem dřeva kvůli epidemii kůrovce. Proto jsem si dovolil odhadnout předpokládaný růst v následujících letech meziročně o 3 %. K době návratnosti investice dojde za 11,1 let. V návaznosti na předpokládanou životnost 25 let je to méně než polovina cyklu. V dalším období už investice začne vytvářet úsporu oproti vytápění elektrokotlem. Vytápění kotlem na pelety je však během cyklu náročnější na pravidelnou obsluhu, servis a revize.

3.4 Porovnání zdrojů

3.4.1 Počáteční investice

Nejdůležitějším kritériem pro každého investora je bezpochyby výše pořizovacích nákladů. Dostupnost finančních prostředků, které může na pořízení vynaložit je pro rozhodování, jaký zdroj vybrat jedním ze stěžejních parametrů. Ne každý si může dovolit investovat částku čtvrt milionu do TČ. Cena se pohybuje v rozmezí zhruba 80 až 260 tis. Kč s DPH. Kč. V následující tabulce porovnány pořizovací ceny nových zdrojů.

Č.	Zdroj	Počáteční investice
1	Fotovoltaická elektrárna	195 000 Kč
2	Plynový kondenzační kotel	79 759 Kč
3	TČ vzduch – voda	169 231 Kč
4	TČ země – voda	256 385 Kč
5	Kotel na pelety	136 275 Kč

Tabulka 13: Počáteční investice zdroje. [tvorba vlastní]

Cena nejlevnějšího zdroje, kterým je plynový kondenzační kotel je až 3,2x nižší než cena pořízení TČ země – voda, a to i s přihlédnutím na podporu státní dotace. Pořizovací cena kotle na pelety a TČ vzduch – voda je velmi blízká a jak už víme z hodnocení nákladů na provoz, roční náklady se neliší ani o 10 tis.



Graf 2: Srovnání investičních nákladů zdrojů. [tvorba vlastní]

V grafu vidíme přehledné srovnání vstupní investice do instalace nového zdroje vytápění. Jednoznačným vítězem z tohoto hlediska je plynový kondenzační kotel s pořizovací cenou necelých 80 tis. Kč. Na druhém místě je kotel na pelety. Další příčku obsadilo tepelné čerpadlo typu vzduch – voda, fotovoltaická elektrárna je předposlední a nejhůře resp. s nejvyšší pořizovací cenou je tepelné čerpadlo typu země – voda. Neznamená to však, že by TČ bylo nejméně výhodnou investicí. K úplnému vyhodnocení je potřeba zohlednit další parametry jako dobu návratnosti, výši provozních nákladů, životnost a výši servisních nákladů.

3.4.2 Roční provozní náklady

Druhým nejdůležitějším kritériem je pro investora kolik ho provoz daného zdroje bude stát ročně. Samozřejmě nižší hodnota pro nás bude vždy lákavější, zejména pak pokud se jedná o rozdíl v hodnotách deseti tisíc korun. Problém s rozhodováním však může nastat, pokud v této kategorii vyvstanou zároveň tři lídři, jako v našem případě.

Č.	Zdroj	Roční provozní náklady
1	Fotovoltaická elektrárna	35 366 Kč
2	Plynový kondenzační kotel	51 350 Kč
3	TČ vzduch – voda	36 596 Kč
4	TČ země – voda	34 745 Kč
5	Kotel na pelety	44 173 Kč

Tabulka 14: Roční provozní náklady objektu. [tvorba vlastní]

Podle tohoto kritéria nelze jednoznačně určit vítěz. Jako velmi výhodné se jeví zejména tři zdroje, FVE, TČ země – voda a vzduch – voda. Z hlediska provozních

nákladů, lze konstatovat, že každá úspora v řádu tisíce korun je výhodná. Ušetřené peníze můžeme využít na nákup či další investici. Alarmující je hodnota plynového kondenzačního kotle, která ostatní nejlepší převyšuje až o 15 tis. Kč. Zároveň kotel na pelety, není nijak zásadně výhodný v porovnání s ostatními. Navíc si bude vyžadovat daleko větší prostorové nároky než čerpadla či fotovoltaika. Jako nejvýhodnější řešení se v tomto případě jeví tepelné čerpadlo země – voda, následováno FVE a tepelným čerpadlem vzduch – voda. S přihlédnutím na porovnání pořizovacích nákladů zatím vychází jako nejlepší TČ vzduch – voda a fotovoltaická elektrárna.

3.4.3 Doba návratnosti a úspora investice

Doba návratnosti určuje, za jak dlouho se nám daná investice vrátí. Je v ní zohledněno možné zdražování energií, stejně jako časová hodnota peněz v podobě diskontní sazby. Nejhorší dobu návratnosti předpokládáme u TČ země – voda. To je zapříčiněno zejména vysokou pořizovací cenou, a ne o tolik lepší úsporou na roční provoz objektu oproti dalším výhodným zdrojům. V kontextu životnosti zdroje se stále jedná o velmi dobrou hodnotu, neboť očekávaná životnost je 20 let. Tzn. že zdroj bude vytvářet úsporu minimálně dalších 6 let provozu.

Č.	Zdroj	Doba návratnosti
1	Fotovoltaická elektrárna	10,3
2	Plynový kondenzační kotel	10,7
3	TČ vzduch – voda	9,3
4	TČ země – voda	13,7
5	Kotel na pelety	11,1

Tabulka 15: Doba návratnosti zdroje. [tvorba vlastní]

Úspora investice má za úkol zhodnotit, jakou částku ušetříme v případě instalace daného zdroje oproti původnímu, velmi neekonomickému elektrokotli v případě hodnoceného období 10 let. Hodnoty jsou součtem diskontované úspory v jednotlivých letech pro dané období. A jsou přímo spjaty s dobou návratnosti.

Č.	Zdroj	Úspora za 10 let
1	Fotovoltaická elektrárna	190 655 Kč
2	Plynový kondenzační kotel	73 814 Kč
3	TČ vzduch – voda	180 416 Kč
4	TČ země – voda	195 824 Kč
5	Kotel na pelety	123 569 Kč

Tabulka 16: Úspora investice za hodnocené období 10 let. [tvorba vlastní]

3.5 Celkový přehled

Z předešlých jednotlivých kritérií není zcela jasné, jaký zdroj je ideální pro záměnu elektrokotle. Proto si dále vytvoříme přehlednou tabulku informací a vytvoříme multikritériální hodnocení.

Č.	Zdroj	PC	Dotace	IN	Roční náklady	Roční úspora	Revize	Životnost
1	Fotovoltaická elektrárna	360 000 Kč	165 000 Kč	195 000 Kč	35 366 Kč	21 274 Kč	3 000 Kč	25 let
2	Plynový kondenzační kotel	79 759 Kč	0 Kč	79 759 Kč	51 350 Kč	6 426 Kč	1 000 Kč	20 let
3	TČ vzduch – voda	269 231 Kč	100 000 Kč	169 231 Kč	36 596 Kč	20 131 Kč	2 000 Kč	20 let
4	TČ země – voda	356 385 Kč	100 000 Kč	256 385 Kč	34 745 Kč	21 851 Kč	2 000 Kč	20 let
5	Kotel na pelety	136 275 Kč	0 Kč	136 275 Kč	44 173 Kč	13 092 Kč	1 300 Kč	25 let

Tabulka 17: Přehled zdrojů. [tvorba vlastní]

Hodnocení vícero kritérií nám pomůže vybrat při rozhodování, který zdroj se jeví nejlépe. Hodnocení je čistě subjektivní, při hodnocení vždy záleží na konkrétních požadavcích investora. I přes to můžeme v našem případě vyhodnotit, jaký zdroj bude z celkového hlediska nejvhodnější. Platí, že nižší hodnota je lepší tzn. 1 – nejlepší, 5 – nejhorší.

	Investice	Roční náklady	Doba návratnosti	Nároky na prostor	Životnost	Náročnost realizace	Ekologie	Náročnost obsluhy	Údržba a servis	Riziko poruchy	Celkem
Fotovoltaická elektrárna	4	1	2	2	1	1	1	1	2	2	17
Plynový kondenzační kotel	1	3	2	1	2	2	3	1	1	1	18
TČ vzduch – voda	3	1	1	2	2	1	1	1	2	2	16
TČ země – voda	5	1	3	1	2	3	1	1	2	3	22
Kotel na pelety	2	2	2	3	1	3	4	3	3	2	25

Tabulka 18: Subjektivní ohodnocení zdrojů. [tvorba vlastní]

Z hlediska investice jsou zdroje seřazeny od nejméně nákladného po nejvíce nákladné. Nejlépe vychází samozřejmě plynový kondenzační kotel, následován TČ vzduch – voda a kotlem na pelety. Obdobné jsou roční náklady, zde máme hned 3 kandidáty. Doba návratnosti je velmi podobná u všech zdrojů, avšak některé jsou na tom lépe než druhé. Životnost se dá považovat za velmi příznivou u všech zdrojů. Oproti ostatní zdrojům ji o 5 let přesahuje pouze FVE a kotel na pelety. Tyto kritéria hodnotíme již z předchozího srovnání, další navazující jsou vybrány, jako nezanedbatelné faktory při výběru.

Nároky na prostor hodnotí potřebu místa na instalaci samotné soustavy. Nejhuře dopadl kotel na pelety, který musí být doplněn větší akumulací nádrží než ostatní zdroje, zároveň, bude doplněn o menší zásobník a automatický dopravník. Oproti tomu plynový kotel a zemní čerpadlo se skládá z kompaktních jednotek, které lze umístit i jinde než do technické místnosti, existuje spousta designových provedení vhodných i do běžných prostor.

Náročnost realizace hodnotí, jak náročná bude realizace v případě výměny elektrokotle za některý ze zdrojů. U kotlů bude nutné instalovat odkouření, u kotle na pelety dojde k osazení a seřízení několika přístrojů ke správnému spolu fungování. Fotovoltaická elektrárna bude nejjednodušší, z hlediska montáže nejsou potřeba žádné úpravy, dojde k nainstalování panelů, hybridního střídače a baterií. Pro zemní čerpadlo bude nutné zhotovit hlubinný vrt a u vzduchového bude montáž obdobná jako u klimatizační jednotky, tedy velmi jednoduchá.

Ekologie má za úkol hodnocení provozu v delším horizontu. Kotel na pelety je hodnocen velmi negativně z důvodu možného budoucího zákazu vytápění tuhými palivy, resp. zpříšňování emisí. Navíc je nutné palivo dopravit od výrobce či prodejce, což s sebou nese další negativní dopady na prostředí v rámci dopravy a výroby. Navíc je zde patrný dopad na využití dřeva z lesů, kterých na planetě rapidně ubývá. Obdobný osud se dá předpokládat u plyn, již v dnešní době se objevují názory na úplný zákaz vytápění plynem v rodinných domech.

Náročnost obsluhy zohledňuje hlavně jak často musíme daný zdroj obsloužit, aby správně fungoval. V případě prvních čtyř lze počítat pouze s občasnou kontrolou a případnou regulací. U kotle na pelety je nutnost pelety objednat, uskladnit a pravidelně dosypat.

Údržba a servis je přímo spjata s rizikovostí poruchy. Platí, že čím složitější daná technologie je, tím je větší riziko kazivosti nějakého dílu. Zároveň vzrůstají náklady na

pravidelný servis a údržbu. Nejjednodušší servis bude u TČ vzduch – voda, zde stačí pouze kontrola, případně doplnění teplotnosného média. U TČ země – voda je vysoká rizikovost zejména kvůli zemnímu vrtu, kdy může dojít k jeho poškození a oprava pak bude značně nákladná. Poruchy kondenzačních kotlů bývají z větší části v řídicí jednotce, zde pak většinou stačí servis na úrovni programování.

3.6 Vyhodnocení

Je třeba říct, že největší váhu u zadaných hodnotících kritérií budou mít právě ta finanční. V návaznosti na hodnocená kritéria se však jeví jako nejvýhodnější investice do tepelného čerpadla vzduch – voda. Není tak divu, že se v poslední době těší u uživatelů velké oblibě. Pořizovací cena není díky možnosti získání dotace natolik závratná. Provoz je ekonomicky výhodný, vyznačuje se výborným ekologickým dopadem a není potřeba žádné složité obsluhy. Druhým nejlepším zdrojem je pak instalace FVE. Vyrábět elektřinu v pohodí domova, v podstatě bez jakýchkoliv nákladů na provoz může být pro investora velmi lákavé. Výhodou je také možnost získání relativně vysoké částky dotace. V ideální případě by bylo vhodné zkombinovat tato dvě opatření a ušetřit tak obrovskou částku na provozních nákladech domu, s relativně přívětivou výší investice.

Plynový kotel je skvělý svou nízkou pořizovací cenou a samotnou jednoduchostí, což významně ovlivnilo jeho umístění v našem hodnocení. Úspora nákladů však není natolik závratná, zároveň lze do budoucna očekávat určitá omezení, proto bych o jeho pořízení v tomto případě neuvažoval. Stejně tak kotel na pelety. Zde je sice úspora oproti elektrokotli větší, s tím jsou ale spojeny také vyšší pořizovací náklady, téměř stejné jako u TČ vzduch – voda. Hodí se pro uživatele, kteří mají dostatek místa pro jeho montáž a nevádí jim větší nároky na obsluhu a z nějakého důvodu nechtějí instalovat tepelné čerpadlo.

TČ země – voda je zejména pro svou vyšší pořizovací cenu a celkovou složitost na realizaci méně oblíbené než TČ vzduch – voda. Tento zdroj je však velmi účinný a spolehlivý i při teplotách daleko přesahujících bod mrazu. Hodí se proto do oblastí, kde jsou zimy delší, jako tomu je ve skandinávských zemích, kde se těší velké oblibě. Zároveň je tento zdroj vhodný, pokud máme dostatek financí a nechceme v zimě téměř vůbec přitápět bivalentním zdroje, jak tomu bude u TČ vzduch – voda. Obecně jsou tepelná čerpadla velmi dobrou volbou. Konkrétní volba zdroje bude vždy záviset na investorovi samotném. Někdo chce efektivní TČ a nevádí mu vyšší pořizovací náklady, někdo bude raději vytápět peletami, jiný si bude chtít vyrábět svou vlastní elektřinu. Volba tak zůstává velmi subjektivní záležitostí.

4 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo přiblížit investorům možnosti volby některých tepelných zdrojů zejména z hlediska financí, jejich životnosti a návratnosti. V první části jsem se zabýval vysvětlením některých pojmů spojených s tímto tématem, vysvětlením principu pasivních a obecně nízkoenergetických budov a nastínění možností využívání obnovitelných zdrojů energie. Dále jsou podrobně rozebrány tepelné zdroje z hlediska jejich fungování a vysvětleny některé ekonomické pojmy, dále použité v této práci.

V části praktické jsem zvolil modelový dům pasivního domu vytápěného elektrokotlem. Situace na trhu energií v roce 2021 se jeví jako velmi nepříznivá. Dochází ke skokovému zdražování cen energií, a proto jsem v této práci hledal variantu nahrazení stávajícího zdroje jiným, který by nejen šetřil náklady na provoz majiteli, ale i životní prostředí. Byly porovnány zdroje, které jsou dnes na trhu dle mého odhadu nejoblíbenější, jako jsou tepelná čerpadla, plynové kondenzační kotle, kotle na pelety a fotovoltaické elektrárny. Porovnání bylo vztaženo především na hledisko výše pořizovacích nákladů, doby návratnosti a nákladů na provoz objektu za rok. Následně byly veškeré zdroje přehledně porovnány z hlediska zmíněných kritérií. Dále jsem z dostupných údajů provedl subjektivní ohodnocení tepelných zdrojů a pokusil se vybrat optimální řešení pro tento modelový dům. V práci jsou zahrnuty především sestavy podobné svou jednoduchostí původnímu zdroji – elektrokotli. Existuje mnoho kombinací námi zkoumaných zdrojů, jejichž složení ovlivňuje především požadavek investora. Někdo preferuje tepelné čerpadlo s občasným zatopením v krbu. My jsme se však zaměřili na samostatné jednotlivé tepelné zdroje.

Doufám, že tato diplomová práce pomůže současným i budoucím stavebníkům svých vysněných domů k jednoduššímu rozhodnutí jaký tepelný zdroj zvolit. Mě samotného zpracování posunulo v této oblasti zase o krok dále. Získal jsem mnoho nových poznatků a vědomostí v oblasti pasivních domů a využití energií, které mi doposud byly cizí a které mě dále obohatili pro výkon stavební praxe.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. ISBN 80-247-1101-X.
- [2] SRDEČNÝ, Karel – MACHOLDA, František. *Úspory energie v domě*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0523-0
- [3] Nízkoenergetické domy [online]. [cit. 2021 – 06 – 03, 12:04]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/14.html>
- [4] Tepelná pohoda a nepohoda [online]. [cit. 2021 – 06 – 04, 11:45]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [5] Vytápění a tepelná pohoda [online]. [cit. 2021 – 06 – 04, 12: 23]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne_znani/plakaty/VYTAPENI_A_TEPELNA_POHODA_verze_pro_web_SZU.pdf
- [6] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3250-3
- [7] Co jsou to obnovitelné zdroje energie? [online]. [cit. 2021 – 06 – 07, 16:04]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/zelena-elektrina/co-jsou-to-obnovitelne-zdroje-energie/>
- [8] Co je geotermální energie [online]. [cit. 2021 – 06 – 08, 16:16]. Dostupné z: <http://www.entergeo.com/co-je-geotermalni-energie.html>
- [9] Vytápění pasivního domu [online]. [cit. 2021 – 06 – 09, 10:41]. Dostupné z: https://www.muždum.cz/rubriky/stavba/vytapeni-pasivniho-domu_277.html
- [10] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2720-2
- [11] Tepelné čerpadlo a geotermální energie [online]. [cit. 2021 – 06 – 11, 11:25]. Dostupné z: <https://moodle.sspbrno.cz/course/view.php?id=114>
- [12] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění netradičními zdroji tepla*. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura. 2003. ISBN 80-7300-079-2

- [13] Tepelná čerpadla země – voda [online]. [cit. 2021 – 06 – 25, 10:18]. Dostupné z: <https://kvb-uspora-energie.cz/domacnosti/tepelna-cerpadla/zeme-voda/>
- [14] Tepelné čerpadlo: Jak funguje? [online]. [cit. 2021 – 06 – 15, 12:00]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3184.tepelne-cerpadlo-jak-funguje>
- [15] Tepelná čerpadla nejsou jedinou možností (2) [online]. [cit. 2021 – 06 – 17, 12:07]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/energie/tepelna-cerpadla-nejsou-jedinou-moznosti-2>
- [16] Topný faktor tepelného čerpadla (1) [online]. [cit. 2021 – 06 – 23, 12:22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>
- [17] Jak je to s výkonem a účinností TČ? [online]. [cit. 2021 – 06 – 23, 12:32]. Dostupné z: <http://www.4u-therm.cz/zakladni-informace-jak-je-to-s-vykonem-TC.php?str=6>
- [18] Vybíráme tepelné čerpadlo [online]. [cit. 2021 – 06 – 24, 16:12]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8295-vybirame-tepelne-cerpadlo>
- [19] Tepelné čerpadlo voda/voda princip [online]. [cit 2021 – 06 – 30, 9:56]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda>
- [20] Tepelné čerpadla šetří energii, investice je ale stále vysoká [online]. [cit 2021 – 06 – 30, 10:47]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/hobby/domov/tepelna-cerpadla-setri-energie-investice-je-ale-stale-vysoka.A081112_173115_hobby-domov_bma
- [21] Tepelná čerpadla voda-voda [online]. [cit 2021 – 09 – 01, 16:56]. Dostupné z: <https://www.m-klima.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-voda-voda/>
- [22] POČINKOVÁ, Marcela – TREUOVÁ, Lea. *Vytápění*. 4. aktualizované vydání. Brno: ERA group spol. s r.o., 2008. ISBN 978-80-7366-116-8
- [23] SRDEČNÝ, Karel – MACHOLDA, František. *Úspory energie v domě*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0523-0
- [24] HUDEC, Mojmir – JOHANISOVÁ, Blanka – MANSBART, Tomáš. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-4243-4

- [25] Typy teplovodních kotlů na tuhá paliva [online]. [cit. 2021 – 09 – 03, 15:50]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/19079-typy-teplovodnich-kotlu-na-pevna-paliva>
- [26] Kondenzační kotle [online]. [cit. 2021 – 09 – 03, 17:55]. Dostupné z: <http://quantumascz.hebe.one.cz/kondenzacni-kotle/>
- [27] Elektrokotle jako ideální řešení pro vytápění nízkoenergetických domů a novostaveb [online]. [cit. 2021 – 09 – 06, 11:50]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/19018-elektrokotle-jako-idealni-reseni-pro-vytapani-nizkoenergetickych-domu-a-novostaveb>
- [28] Varianty elektrického vytápění [online]. [cit. 2021 – 09 – 06, 13:26]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/304-varianty-elektrickeho-vytapani>
- [29] Protherm RAY 28 K Elektrokotel [online]. [cit. 2021 – 09 – 06, 13:43]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-ray-28-k-p42887/#gallery>
- [30] Integrované fotovoltaické systémy v budovách [online]. [cit. 2021 – 09 – 09, 16:05]. Dostupné z: <http://www.solarniliga.cz/stresni-stavebni-integrované-fotovoltaicke-systemy-na-budovach/>
- [31] Pasivní domy [online]. [cit. 2021 – 09 – 10, 13:11]. Dostupné z: <https://www.agiles.cz/pasivni-domy.html>
- [32] Za co utrácíte [online]. [cit. 2021 – 11 – 01, 17:03]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/za-co-utracite#/vysledek#top-steps>
- [33] Electricity prices by type of user [online]. [cit. 2021 – 12 – 01, 18:12]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00117/default/table?lang=en>
- [34] KORYTÁROVÁ, Jana. *Ekonomika investic – revidované vydání. Elektronická studijní opora*. FAST VUT v Brně. 2020
- [35] Diskontní sazba (Discount rate) [online]. [cit. 2021 – 12 – 02, 15:06]. Dostupné z: <http://www.finance-management.cz/080vypisPojmu.php?IdPojPass=116>
- [36] KORYTÁROVÁ, Jana. *CV 05 Investování, Modul M01. Elektronická studijní opora*. FAST VUT v Brně. 2009

[37] Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory programu Nová Zelená Úsporám v rámci národního plánu obnovy, Rodinné domy [online]. [cit. 2021 – 11 – 28, 11:10]. Dostupné z:
https://novazelenausporam.cz/files/documents/storage/2021/10/05/1633434577_NZ%C3%9A%20RD%20-%20Z%C3%A1vazn%C3%A9%20pokyny%20pro%20%C5%BEadatele.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

NED – Nízkoenergetický dům

Tzn. – to znamená

Atd. – a tak dále

Apod. – a podobně

Cca - circa

Tzv. - takzvaně

TČ – tepelné čerpadlo

PD – pasivní dům

Resp. – respektive

RD – rodinný dům

ČR – Česká republika

Resp. - respektive

TÚV – teplá užitková voda

tis. - tisíc

IN – investiční náklad

FVE – fotovoltaická elektrárna

CF – cash flow

DCF – diskontovaný cash flow

EK – elektrokotel

PKK – plynový kondenzační kotel

kWh – kilowat hodina

MWh – megawatt hodina

kWp – kilowatt - peak

MŽP – ministerstvo životního prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Princip fungování TČ. [14]	21
Obrázek 2: Vztah mezi energetickým efektem TČ (úsporou energie) a topným faktorem. [15]	22
Obrázek 3: Tepelné čerpadlo vzduch - voda. [18].....	25
Obrázek 4: Tepelné čerpadlo země - voda, plošný kolektor. [18].....	26
Obrázek 5: Tepelné čerpadlo země - voda, zemní vrt. [13]	27
Obrázek 6: Tepelné čerpadlo voda - voda, povrchový kolektor. [20]	28
Obrázek 7: Tepelné čerpadlo voda - voda, podzemní voda (studny). [21].....	29
Obrázek 8: Kondenzační kotel. [26].....	33
Obrázek 9: Elektrokotel. [29]	35
Obrázek 10: Integrované fotovoltaické panely. [30]	38
Obrázek 11: Rekuperace v RD. [31]	40
Obrázek 12: Výpočet diskontované doby návratnosti. [36]	42
Obrázek 13: Orientační roční spotřeba domácnosti [32].....	46
Obrázek 14: Dotace Nová Zelená Úsporám oblast C.1 [37]	48
Obrázek 15: Dotace Nová Zelená Úsporám oblast C.3 [37]	48
Obrázek 16: Statistika ceny elektřiny podle let. [33]	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Zjednodušené dělení kotlů jako zdrojů tepla. [22]	30
Tabulka 2: Roční náklady na provoz objektu - elektrokotel. [tvorba vlastní]	50
Tabulka 3: Roční náklady na provoz objektu - elektrokotel + FVE. [tvorba vlastní]	53
Tabulka 4: CF investice - EK + FVE, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]	54
Tabulka 5: Roční náklady na provoz objektu - plynový kondenzační kotel. [tvorba vlastní] ...	57
Tabulka 6: CF investice - plynový kondenzační kotel, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]	58
Tabulka 7: Roční náklady na provoz objektu - TČ vzduch - voda. [tvorba vlastní]	60
Tabulka 8: CF investice - TČ vzduch – voda, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]	61
Tabulka 9: Roční náklady na provoz objektu - TČ země - voda. [tvorba vlastní]	64
Tabulka 10: CF investice - TČ země – voda, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]	65
Tabulka 11: Roční náklady na provoz objektu - kotel na pelety. [tvorba vlastní]	67
Tabulka 12: CF investice - kotel na pelety, d.s. 7,65 %. [tvorba vlastní]	67
Tabulka 13: Počáteční investice zdroje. [tvorba vlastní]	68
Tabulka 14: Roční provozní náklady objektu. [tvorba vlastní]	69
Tabulka 15: Doba návratnosti zdroje. [tvorba vlastní]	70
Tabulka 16: Úspora investice za hodnocené období 10 let. [tvorba vlastní]	70
Tabulka 17: Přehled zdrojů. [tvorba vlastní]	71
Tabulka 18: Subjektivní ohodnocení zdrojů. [tvorba vlastní]	71

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Srovnání podílu konstrukcí na tepelné ztrátě domu. [tvorba vlastní]	14
Graf 2: Srovnání investičních nákladů zdrojů. [tvorba vlastní]	69

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Cena FVE

Příloha č.2: CN Thermona

Příloha č.3: CN AC-heating

Příloha č.4: Cena Alpha Innotec

Příloha č.5: Cena ATMOS

Příloha č.6: Půdorys 1.NP

Příloha č.7: Půdorys 2.NP

Příloha č.8: Řez objektu

Příloha č.1: Cena FVE

ELEKTRÁRNA O VÝKONU 5,400 kWp akumulace energie do baterií

Vaše cena

195 000 Kč vč. DPH cena po odečtení dotace

165 000 Kč dotace

360 000 Kč vč. DPH bez dotace

C.3.7 program Nová zelená úsporám

Technická specifikace

12 ks panelů

Výkon FVE 5,400 kWp

FVE panely MÜNCHEN SOLAR 450 W

Střídač **GoodWe GW10K-ET Series** – funkce **backup** (funguje při výpadku proudu z distribuční soustavy)

Baterie PylonTech 7,1 kWh

Záruky

25 let na výkon FVE panelů

15 let na mechanické části FVE panelů

5 let na střídač

10 let na baterie

Příloha č.2: CN Thermona



Rozpočet na montáž kotle



Dodavatel: **Thermona spol.s r.o.,**
664 84 Zastávka u Brna, Stará osada 258
IČO:13692861 DIČ:CZ13692861

Investor: Marek Vitek

Skl.číslo	Kotel- hlavní technologie	Ks	Cena za ks bez DPH	Celkem bez DPH			Celkem
	Therm 14KDN	1	32 900,00	32 900,00	16	5 264,00	27 636,00
	Předělání plyn, hadice nerezová	1	650,00	650,00	0	0,00	650,00
	Odvod kondenzátu na odpad hadice	1	320,00	320,00	0	0,00	320,00
	KK voda + propoj 3/4"	1	540,00	540,00	0	0,00	540,00
	Armatury, dopoj topení	1	680,00	680,00	0	0,00	680,00
	Kalnik/spiroventil	1	2 750,00	2 750,00	0	0,00	2 750,00
	Režijní práce, materiál, objímky	1	200,00	200,00	0	0,00	200,00
	Součet			38 040,00		5 264,00	32 776,00

Skl.číslo	Příslušenství	Ks	Cena za ks bez DPH	Celkem bez DPH			Celkem
	Připojení potrubí topení trubka CU22	2	175,00	350,00		0,00	350,00
	Součet			350,00		0,00	350,00

Skl.číslo	Odtah spalin+zásobník vody Therm 100l	Ks	Cena za ks bez DPH	Celkem bez DPH			Celkem
	Odtah spalin dopoj 80/80	1	890,00	890,00	0	0,00	890,00
	Zásobník vody Therm125l+2,2kw+příslušenství	1	12 900,00	12 900,00	0	0,00	12 900,00
	Kominová vložka 80mm,ukončení komínu	1	11 900,00	11 900,00	0	0,00	11 900,00
	Revizní zpráva	1	2 000,00	2 000,00	0	0,00	2 000,00
	Součet			890,00		0,00	27 690,00

Skl.číslo	Přípomoc	Ks		Celkem bez DPH			Celkem
	Montážní práce	1	4 500,00	4 500,00	0	0,00	4 500,00
	Pokojový termostat	1	2 590,00	2 590,00	0	0,00	2 590,00
	Uvedení do provozu	1	1 450,00	1 450,00	0	0,00	1 450,00
	Součet			8 540,00		0,00	8 540,00

Součet celkem			9 780,00		0,00	69 356,00
----------------------	--	--	-----------------	--	-------------	------------------

Thermona spol. s r.o.
Stará Osada 258
664 84 Zastávka u Brna
www.thermona.cz

Základ daně	69 356,00
Celkem bez daně	69 356,00
DPH 15%	10 403,40
Celkem s DPH 15%	79 759,40

Příloha č.3: CN AC-heating

Položka č.	Popis položky	Množství (mj)	Cena/mj Kč bez DPH	Cena Kč bez DPH
1	TČ vzduch-voda Convert AW9	1	154 900,00	154 900,00
2	Regulace xCC Family	1	24 900,00	24 900,00
3	Konzole pod venkovní jednotku - standard	1	2 480,00	2 480,00
4	Montážní sada AW6-19	1	1 680,00	1 680,00
5	Propojovací vedení AW6-19 (bude účtováno dle skutečnosti)	4	760,00	3 040,00
6	Montáž AW6-19 (venkovní jednotka, konzole, propojovací vedení, regulace, zprovoznění, test systému, zaškolení v den montáže, podklady pro instalaci...)	1	16 900,00	16 900,00
7	Vyrovnávací nádoba - ACH 120 ANU, top.těleso 6 kW, stacionární/závěsná, 120 l	1	15 400,00	15 400,00
8	Zásobník TUV - ACH 250 TUV, kombinovaný, stacionární, smalt, top. těleso 2,5 kW	1	20 940,00	20 940,00
9	Trojcestný ventil přepínací - TUV/chlazení/bazén, DN 25, servopohon	1	3 890,00	3 890,00
10	Dopravné	590	12,50	7 375,00
Mimořádná sleva pro Vás vč. DPH				20 000,00
Celková cena bez DPH				234 113,70
Celková cena vč. 15 % DPH				269 230,75

Příloha č.4: Cena Alpha Innotec

Sestava	Tepelný výkon* min/max	Topný faktor*	Energetická třída sestavy	Akční cena** bez pasivního chlazení	Akční cena** s pasivním chlazením
WZSV 62H(K)3M	1,25 / 5,95 kW	4,86	A ⁺⁺	209 900 Kč	253 900 Kč
WZSV 92H(K)3M	1,77 / 8,65 kW	4,86	A ⁺⁺	249 900 Kč	292 900 Kč
WZSV 122H(K)3M	2,48 / 13,56 kW	4,87	A ⁺⁺	260 900 Kč	313 900 Kč

*údaje při B0/W35 podle EN 14511, **cena neobsahuje instalační materiál, práci a příslušenství.

Příloha č.5: Cena ATMOS

Kotle na pelety ATMOS D10PX, D15PX, D20PX, D25PX

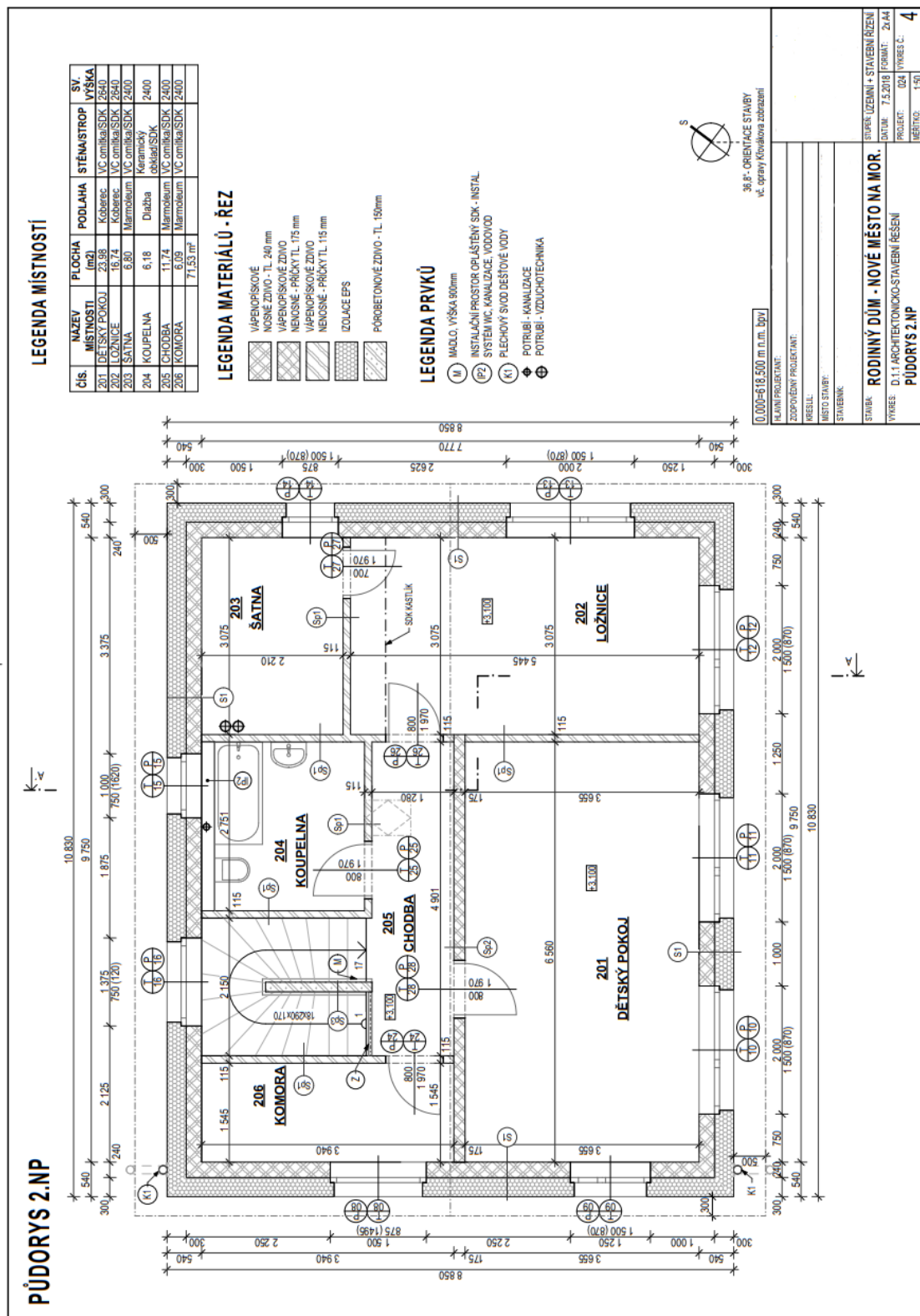
	rozsah výkonu na pelety	třída	cena kotle bez DPH cena kotle s hořákem
D 10 PX	3 - 10 kW	5 	81.500,-
D 15 PX	4,5 - 15 kW	5 	88.400,-
D 20 PX	4,5 - 20 kW	5 	89.800,-
D 25 PX	4,5 - 24 kW	5 	96.900,-

Kotle D10PX, D15PX, D20PX a D25PX jsou **DODÁVÁNY JAKO KOMPLETNÍ ZAŘÍZENÍ** s hořákem ATMOS A25, dopravníkem a zásobníkem na pelety o objemu 65 l (D10PX) / 175 l (D15PX, D20PX) / 215 l (D25PX).

Kotle jsou dodávány se všemi potřebnými čidly, včetně dvou čidel KTF20 - 5 m (TV a TS).



D10PX, D15PX,
D20PX a D25PX



Příloha č.8: Řez objektu

