



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 RODINNÝCH DOMŮ

HOUSEHOLD COST ANALYSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Denisa Havránková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV VÝSKALA, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T038 Management stavebnictví
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Denisa Havránková
Název	Analýza nákladů rodinných domů
Vedoucí práce	Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

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

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Pejchal, J., Když chci stavět dům, Computer PRESS 2007, ISBN 978-90-251-1482-7.
2. Příslušné legislativní a technické požadavky na výstavbu domů pro individuální bydlení (Stavební zákon, Obecné požadavky na výstavbu, příslušné ČSN).

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je provést analýzu v oblasti vybraných konstrukcí a analyzovat vliv výběru materiálů na celkovou cenu stavby.

Předpokládaná osnova práce:

1. Definice vybraných konstrukcí,
2. Základy oceňování stavebních prací a dodávek,
3. Ocenění jednotlivých konstrukčních variant,
4. Analýza a vyhodnocení alternativ.

Předpokládaným výstupem je porovnání vybraných konstrukcí z relevantních hledisek.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá analýzou nákladů rodinného domu v oblasti obvodových konstrukcí a vlivem zateplení na spotřebu energie na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. V teoretické části jsou obecně definovány obnovitelné zdroje energie, zdroje tepla, tepelné prostupy a ztráty konstrukcemi, základy oceňování stavebních prací a dodávek a přehled státních dotací. V praktické části jsou navrhnuté skladby obvodových konstrukcí, výpočet součinitele prostupu tepla všech navrhnutých obvodových konstrukcí a jejich následné ocenění. Dále je zde vyčíslená orientační roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé užitkové vody a roční spotřeba elektrické energie v domácnosti. V závěru je následný návrh vhodných zdrojů energie a výpočet doby návratnosti investic do těchto zdrojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obvodové konstrukce, zateplení, spotřeba energie, rozpočet, zdroje tepla, obnovitelné zdroje energie, investice, dotace.

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the analysis of the cost of a house in the area of peripheral constructions and the effect of thermal insulation on energy consumption for heating and hot water. The theoretical part generally defines renewable energy sources, heat sources, thermal transmissions and structural losses, basics of valuation of construction works and supplies and overview of state subsidies. In the practical part are proposed composition of peripheral constructions, calculation of heat transfer coefficient of all designed perimeter structures and their subsequent evaluation. Furthermore, there is an estimated annual energy demand for heating and hot water and annual electricity consumption in the household. At the end of diploma thesis is a proposal of suitable energy sources and calculation of the return on investment in these sources.

KEYWORDS

Peripheral construction, insulation, energy consumption, budget, heat sources, renewable energy sources, investments, subsidies.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Denisa Havránková *Analýza nákladů rodinných domů*. Brno, 2019. 98 s., 66 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 09. 01. 2020

Bc. Denisa Havránková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 09. 01. 2020

Bc. Denisa Havránková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Miloslavu Výskalovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a odborné vedení práce.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	ZDROJE ENERGIE.....	13
2.1	Energie v rodinném domě	13
2.2	Vytápění	14
2.3	Regulace	14
2.4	Vlivy energetiky na životní prostředí.....	15
2.5	Cena energie.....	16
2.6	Obnovitelné zdroje energie	16
2.6.1	Sluneční energie	17
2.6.2	Geotermální energie	18
2.6.3	Větrná energie	20
2.6.4	Vodní energie	21
2.6.5	Energie z biomasy	21
3	ZDROJE TEPLA	23
3.1	Kotle.....	23
3.1.1	Kotle na tuhá paliva	25
3.1.1.1	Kotle na spalování dřeva.....	27
3.1.1.2	Kotle na spalování uhlí.....	27
3.1.2	Kotle na plynná paliva	28
3.1.2.1	Kondenzační plynový kotel.....	29
3.1.3	Kotle na kapalná paliva.....	30
3.1.4	Elektrokotle	31
3.1.4.1	Kotle přímotopné	31
3.1.4.2	Kotle akumulární	31
3.2	Tepelná čerpadla	32
3.2.1	Tepelné čerpadlo „vzduch/voda“	33
3.2.2	Tepelné čerpadlo „vzduch-vzduch“	34

3.2.3	Tepelné čerpadlo „země-voda“	35
3.2.4	Tepelné čerpadlo „voda-voda“	36
3.3	Solární kolektory	39
3.4	Fotovoltaické elektrárny	41
3.5	Ohřev vody	42
3.5.1	Centrální ohřev vody	42
3.5.2	Lokální ohřev vody	42
3.5.3	Solární ohřev vody	43
3.6	Provoz spotřebičů	43
4	ZATEPLENÍ	45
4.1	Obálka budovy	45
4.2	Součinitel prostupu tepla U	46
4.3	Prostup tepla obálkou budovy	48
4.4	Energetický štítek obálky budovy a průkaz energetické náročnosti budovy ..	49
4.5	Způsoby zateplení	50
4.5.1	Tepelné izolace	51
5	ZPŮSOBY OCENOVÁNÍ	53
5.1	Nákladově orientovaná tvorba ceny	53
5.2	Kalkulace ve stavebnictví	54
5.3	Rozpočet	54
5.3.1	Položkový rozpočet	54
5.4	Dotační program Nová zelená úsporám	55
5.5	Metody hodnocení investic	56
5.5.1	Prostá doba návratnosti	56
5.5.2	Čistá současná hodnota	57
6	PRAKTICKÁ ČÁST	58
6.1	Popis objektu	58

6.2	Návrh obvodové stěny RD	59
6.2.1	Jednovrstvé zdivo – obvodové zdivo bez nutnosti zateplení	60
6.2.2	Vnější obvodové zdivo doplněné o kontaktní systém ETICS.....	60
6.3	Volba ostatních hlavních konstrukcí RD	67
6.4	Roční potřeba energie na vytápění.....	69
6.5	Dotační program Nová Zelená úsporám	75
6.6	Výběr vhodného zdroje energií.....	75
6.7	Analýza a zhodnocení alternativ	86
7	ZÁVĚR	87
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	88
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
10	SEZNAM TABULEK.....	94
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	96
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	98

1 ÚVOD

Do centra zájmu široké veřejnosti konečně dospěla energetická a klimatická problematika. Už delší dobu se lidé postupně začínají zajímat o zdroje energie, které jim proudí do jejich domácností. Samozřejmě to není jen z hlediska finančního, ale právě také už i z hlediska ekonomického – to znamená, že si lidé konečně začínají uvědomovat fakt, že přírodu máme jen jednu a že je potřeba naše životní prostředí více šetřit.

Řešení je přitom jednoduché – regenerativní neboli obnovitelné zdroje energie. Díky trvale udržitelnými a klimaticky šetrnými zdroji bychom mohli snížit, nebo dokonce ukončit naši závislost na stále dražších energetických surovinách jako je například ropa, zemní plyn, uran, černé uhlí, hnědé uhlí nebo rašelina. Přitom ještě v 18. století pokrývaly většinu světové spotřeby energie hlavně energie větru, energie vody, palivové dřevo nebo pracovní síla od zvířat.

Obnovitelné zdroje nejsou na světě žádnou novinkou – jde jen o to, že jsou z dlouhodobého hlediska jedinou alternativou spolehlivého získávání energií, které jsou zároveň šetrné k životnímu prostředí a dokáží nám ušetřit i nějaké peníze.

Abychom dosáhli co nejmenší spotřeby energie a s tím i co nejmenší náklady na energie, musíme zvolit odpovídající zdroj tepla, případnou správnou regulaci tepla a kvalitní skladby konstrukcí s vysokým tepelným odporem. S tím nejvíce souvisí správný způsob zateplení rodinného domu. Není to ale jen o zateplení obvodových stěn, podlahových konstrukcí, stropních konstrukcí a plném zateplení střech, ale i o volbě výplní otvorů s dobrou izolační schopností a také o dokonalém snížení tepelných mostů při prostupu tepla konstrukcemi.

Cílem diplomové práce je provést analýzu nákladů rodinného domu v oblasti obvodových konstrukcí a vliv zateplení na spotřebu energie na vytápění a ohřev vody. Navrhnou různé varianty skladeb obvodových konstrukcí a vyberu z relevantních hledisek variantu nejvhodnější. Poté zvolím vhodný typ zdroje energií do domu.

Teoretická část bude rozdělena do tří částí. V první části definuji energii v rodinném domě, její vliv na životní prostředí a stručně popíši obnovitelné zdroje energií. V druhé části se budu věnovat zdrojům tepla, tepelným prostupem konstrukcí a tepelnou ztrátou, zateplováním a úsporou v domácnosti. Ve třetí části pak uvedu základní způsoby a postupy v oblasti investic, doby návratnosti investice a přehled možných státních dotací v rámci Zelená úsporám.

Praktická část bude tvořena z návrhu variant skladeb obvodové konstrukce objektu a jejich následných ocenění, z výběru nejvhodnější varianty skladby z hlediska součinitele prostupu tepla a její ceny za m^2 , z orientačního výpočtu tepelných ztrát objektu, roční potřeby energie na vytápění a ohřev vody v objektu, zařazení objektu dle energetické náročnosti budovy, z výpočtu investičních nákladů do pořízení solárních panelů, zdroje vytápění a ohřevu TUV a případného návrhu investice do rekuperace. Dále bude obsahovat posouzení doby návratnosti investice a následné vyhodnocení z relevantních hledisek pořízení těchto variant na ušetření energií rodinného domu.

2 ZDROJE ENERGIE

2.1 Energie v rodinném domě

Bydlením spotřebujeme za celý život velkou, ne-li největší část energie. Peníze za tuto energii si možná ani tak neuvědomujeme jako například u peněz za benzín pro auto, protože ji bereme spíš jako cenu za bydlení než na spotřebovanou energii. [2]

Hlavní účely, pro které tuto energii při bydlení spotřebováváme jsou:

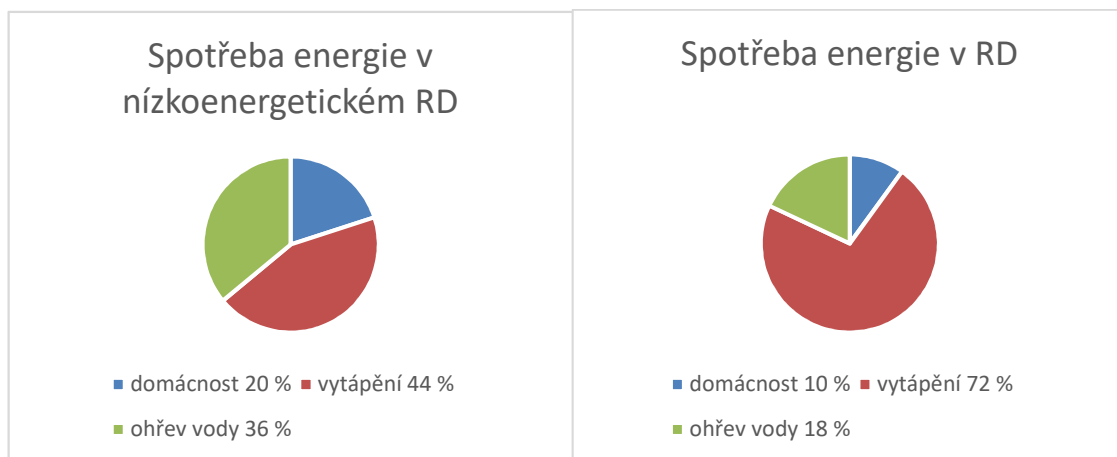
- vytápění,
 - ohřev vody,
 - provoz spotřebičů v domácnosti (osvětlení, vaření, praní, chlazení, žehlení a provoz elektroniky).
- [2]

Dle konstrukce má každý dům spotřebu energie na vytápění jinou. Velmi záleží na velikosti a tvaru budovy, na izolačních schopnostech obvodového pláště a také na tom, jestli je dům samostatně stojící nebo je to dům řadový. U samostatně stojícího rodinného domu dochází ke ztrátám tepla všemi vnějšími stěnami, podlahou přilehlou k zemině, nebo podlahou situovanou mezi vytápěným a nevytápěným prostorem, jako je sklep nebo střešní konstrukce. U řadového rodinného domu je ztráta tepla jen těmi částmi, které nejsou spojené s dalším domem – tzn. vnější stěna z ulice nebo zahrady, podlahy a střešní konstrukce. Dům s velmi dobře izolovaným obvodovým pláštěm, kterým uniká v porovnání se stejně velkým rodinným domem i méně než polovina energie, se nazývá nízkoenergetický dům. [2]

Následující grafy jsou samozřejmě jen orientační, protože spotřeba každého domu je o něco jiná, i kdybychom měli například dva úplně stejné rodinné domy ležící na pozemcích vedle sebe ve stejné lokalitě a tepelném pásmu. Rozdíl ve spotřebě energie mezi těmito stejnými domy může být klidně i 10 %. Záleží totiž také na tom, kdo v domech bydlí. Jestli je to 4člená rodinka, která potřebuje konstantně vytápět ve všech místnostech a

velmi často vaří nebo jsou to dva starší lidé, kteří vytápí hlavně v místnostech, kde se zdržují nejvíce a nevaří tak často. Je to část ceny za tzv. zvýšení standartu bydlení.

Obrázek 1 - Grafické znázornění spotřeby energie u nízkoenergetického RD a u klasického RD [2]



Co se týče ohřevu užitkové vody, tak tady kromě zdroje tepla záleží také na celkovém uspořádání rozvodů. To znamená, že ztráty tepla jsou vyšší, čím vzdálenější je zdroj od výtokového místa. [2]

2.2 Vytápění

Bez vytápěcího systému se obejdou pouze speciálně konstruované a nejlépe izolované domy, kterým se říká pasivní. K vytápění využívají teplo, které ze sebe vydávají spotřebiče (lednice, osvětlení apod.), teplo produkované slunečním zářením procházejícím přes okna a prosklení, a také teplo, které ze sebe vydává člověk (dospělý člověk ze sebe vydá teplo o hodnotě 100 W ztrátového tepelného výkonu podobně jako 100W žárovka). [2]

2.3 Regulace

Aby bylo teplo přesně tam, kde ho chceme mít a nebylo ho ani moc ani málo, využíváme tzv. regulaci. Je to svým způsobem nejlevnější cesta k úsporám energie a nákladů na ně.

Regulace funguje tak, že omezuje výkon topení na nutné minimum, aby se v domě nepřetápělo. Čím lépe bude regulace fungovat, tím méně paliva při stejném nebo lepším komfortu bydlení spotřebujeme. Protože pokud nejsme v tepelné pohodě a máme pocit, že je v domě přetopeno, automaticky otevíráme okna a teplý vzduch větráme pryč z budovy. Tím nám vznikají tepelné ztráty, které se potom v nákladech na energii objevují. Pomocí kvalitní regulace v domě, se můžou úspory pohybovat i okolo 5–15 %.

[2]

Regulace na úrovni zdroje (kotle) je regulace nejzákladnější a přidáním regulace podle času, navyšujeme komfort a snižujeme náklady na spotřebu energie do vytápění. U moderních kotlů se množstvím paliva (četností přikládání) plynule upravuje výkon v rozsahu 30-100 %. Například v nočních a dopoledních hodinách, kdy nepotřebuje moc topit, můžeme teplotu v místnostech snížit. To stejné platí i o víkendech, kdy je dům neobývaný. U chytřejších systémů můžeme dokonce ovládat vytápění na dálku. Tzn. že když se v neděli večer vracíme domů, můžeme si „zavolat svému zdroji vytápění“ a on začne vytápět byt na požadovanou teplotu. My tak přijedeme už do vyhřátého a jsme v tepelné pohodě. [2]

Ovlivňovat teplotu otopné soustavy můžeme také aktuálním počasím. Tato regulace se nazývá ekvitermní a funguje s tzv. topnými křivkami, podle nichž kombinuje topnou vodu tak, aby při nižších venkovních teplotách byla teplota v otopné soustavě větší a při vyšších venkovních teplotách zase teplota v topení nižší. Na stejném principu funguje i pomocné vytápění díky slunečním paprskům procházejícím okny do místnosti. [2]

2.4 Vlivy energetiky na životní prostředí

Nejvýznamnějším spotřebitelem neobnovitelných surovinových zdrojů a zároveň také nejvýznamnějším znečišťovatelem životního prostředí je právě energetika. Do ovzduší se spalováním fosilních zdrojů uvolňují znečišťující plyny jako oxid siřičitý SO_2 uvolňovaný z uhlí, oxid dusíku NO_x a oxid uhličitý CO_2 , které se uvolňují ze všech zdrojů a další. Vlivem SO_2 a NO_x se negativně projevuje například okyselování půd a díky tomu vymírají lesy v důsledku kyselých dešťů. Energetika se společně s automobilovým

průmyslem podílí na vzniku přízemního smogu a znečišťování přízemní vrstvy atmosféry. Na zvyšujícím se globálním oteplování a souvisejících změnách klimatu se nejvýrazněji podílí plyn CO₂, tzv. skleníkový plyn. [3] [4]

Zajímavostí je že:

- ve srovnání s předchozím stoletým obdobím je přírůstek teploty za posledních 50 let dvojnásobný,
- od roku 1993 se vlivem oteplování zvyšuje hladina moří průměrně o 3,1 mm ročně, kdy jde cca 15 % o tání arktického ledu a cca 25 % způsobuje tání vysokohorských ledovců,
- ... a mnoho dalších.

[3]

2.5 Cena energie

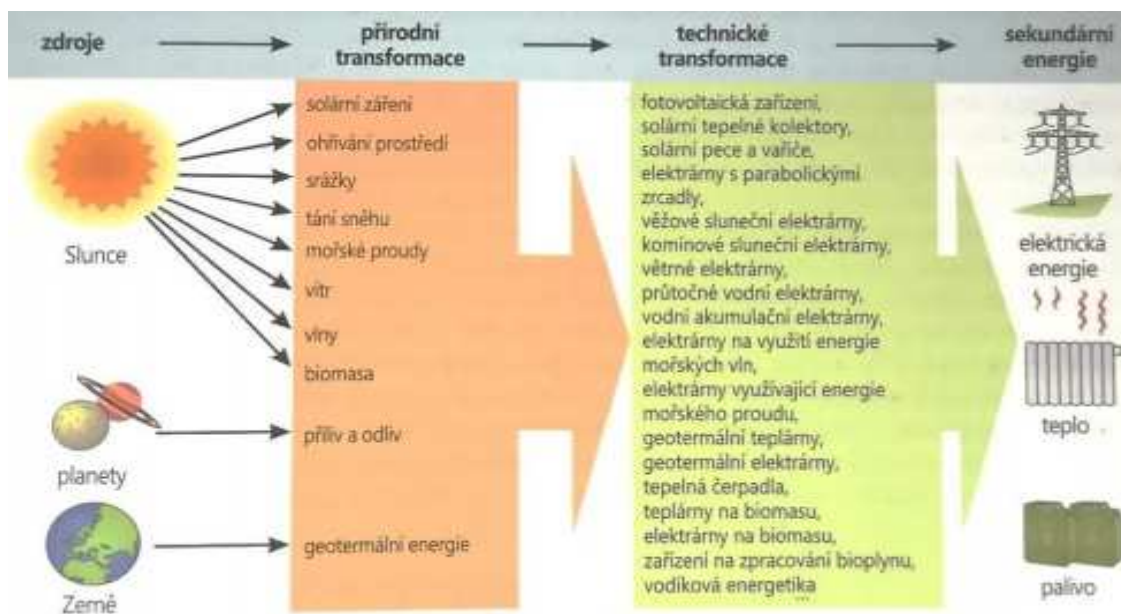
S rostoucí poptávkou po fosilních palivech neustále roste cena ropy a zemního plynu. Nejde samozřejmě jen o ropu a zemní plyn. Patrný nárůst cen je u všech výrobků a zboží související s hospodářským nárůstem (uranová ruda, černé uhlí, železná ruda, strategické kovy). [4]

2.6 Obnovitelné zdroje energie

Naplnění potřeb přítomných generací, aniž by se ohrozila schopnost naplňovat potřeby generací budoucích, to je myšlenka trvale udržitelného rozvoje. Zahrnuje požadavek nevyhnutelného souladu energetiky se souvisejícím rozvojem ekonomiky, hospodářským a společenským rozvojem a plnohodnotným zachováním životního prostředí. Z této myšlenky vychází několik zásadních pravidel. Čerpání obnovitelných zdrojů by mělo být maximálně takovou rychlostí, kterou se stačí obnovovat. Naopak u vyčerpatelných zdrojů by se mělo čerpat takovou rychlostí, kterou budou budovány jejich náhrady, na které bude možné plynule přejít. Z toho vyplývá, že právě snaha o co největší využití obnovitelných zdrojů, je jedním ze základních předpokladů trvale udržitelného rozvoje v energetice. [4]

Obnovitelné zdroje energie jsou nefosilní přírodní zdroje energie, do kterých patří sluneční energie, geotermální energie, větrná energie, energie vody, energie vzduchu, energie půdy a energie biomasy. [1]

Obrázek 2 - Zdroje a možnosti využívání obnovitelných energií [13]



2.6.1 Sluneční energie

Ze slunečního záření můžeme využívat energii pro ohřev vody nebo vytápění dvojím způsobem:

- pasivně – jedná se o přirozený skleníkový jev, to znamená, že v nejjednodušší variantě nevyžaduje žádná zvláštní zařízení,
- aktivně – použití různých technických zařízení (solární kolektory, parabolické reflektory, fotovoltaické panely) – sestavu prvků, která slouží k přeměně sluneční energie na teplo nazýváme solární systém, přeměna sluneční energie na elektřinu je pomocí fotovoltaického systému. [6]

Pasivní využití sluneční energie známe všichni z domácnosti – okny do bytu procházejí sluneční paprsky, které jsou pohlcovány předměty v místnosti a tím pádem teplota v této

místnosti stoupá. To je už výše zmiňovaný tzv. skleníkový jev. Znamená to, že se náš byt vyhřívá zcela zadarmo pomocí slunečních paprsků, které procházejí okny směrem do bytu. V létě se tomuto vytápění spíše bráníme pomocí žaluzií a jiných stínících prvků, naopak v zimě máme po tomto bezplatném vytápění deficit. Touto problematikou pasivního využití sluneční energie se zabývá obor s názvem solární architektura. Ta využívá pravidla, že největší přísun slunečních paprsků je z jižní strany, a proto taky navrhuje tzv. sluneční domy s prosklenou jižní fasádou budovy, kde se zachycené teplo akumuluje do stěn a stropů. U většiny slunečních domů funguje kombinace vytápění slunečními paprsky spolu s využitím sluneční energie i pro ohřev vody, a to pomocí solárních kolektorů, případně fotovoltaických panelů. Díky tomu se zřetelně zvýší působivost celého solárního systému. [5] [6]

Když si vezmeme vodní elektrárnu vybudovanou na říčním toku, tak ta využívá síly vodního proudu této řeky. Logicky, dokud nepřestane téct voda, tak nepřestane ani elektrárna odebírat energii z řeky. Jedině, když by sluneční svit vypařil z řeky vodu. To ale nestihne, protože vypařená voda do sebe nakumuluje sluneční energii a ta se po srážkách znovu uloží do říčního toku. Tím můžeme sluneční energii oproti fosilním energiím zařadit jako nejvhodnější zdroj energie, jelikož slunce nám bude na naši planetu vysílat energii přinejmenším další 3 miliardy let. [3]

2.6.2 Geotermální energie

Před 4 miliardami let vznikla naše planeta Země, která se svou strukturou a formou podstatně lišila od současného stavu. Tehdy byla Země žhavá a roztavená. Před 3 miliardami let teplota zemského povrchu klesla na 100 °C a tím pádem mohla na povrchu vzniknout zemská kůra, která postupně tuhla do větší hloubky. V nitru země se teplota pohybuje okolo 1000 °C. Na zemském povrchu potom občas vidíme výbuch s rozžhavenou lávou z hlubin Země. Díky různým technikám můžeme „čerpat“ teplo ze zemského nitra a můžeme tím i pokrýt část naší potřeby energií. Geotermální energie je produktem pochodů v zemské kůře. Na teplo suchých hornin nebo na geotermální vody (GTV) je GE vázaná a její zásoby jsou zkoumány pomocí vrtů. [1] [3]

Dle tepla dělíme GE na:

- vysokoteplotní (nad 200 °C),
 - středně teplotní (150–200 °C),
 - nízkoteplotní (pod 150 °C).
- [12]

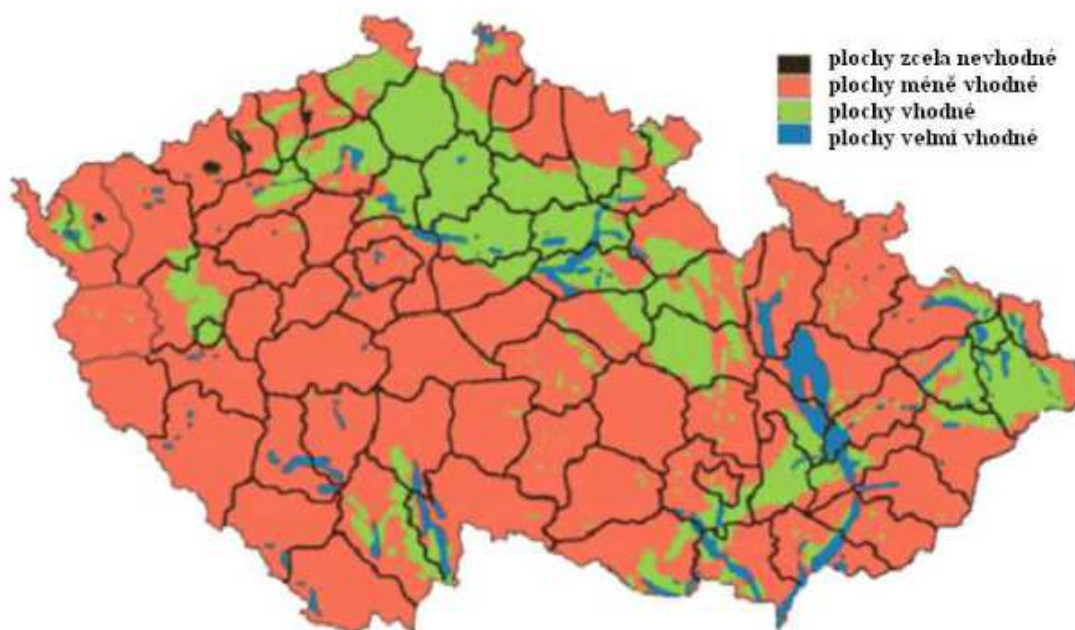
Vysokoteplotní zdroje jsou využívány na přímou výrobu elektřiny. Středně teplotní energie jsou použitelné pro přímé vytápění nebo pro výrobu elektřiny a nejhojnější jsou nízkoteplotní zdroje, které využíváme na vytápění budov, skleníků, pro tepelná čerpadla a řadu průmyslových procesů. [3]

Při odkrývání zdrojů geotermální energie rozlišujeme:

- zásoby horké páry,
 - zásoby termální horké vody,
 - teplo ze suchých hornin (HDR – Hot Dry Rock).
- [3]

Díky geotermálním teplárnám, elektrárnám a HDR elektrárnám můžeme přímo využít zásoby termální vody nebo zásoby horké páry k vytápění, ohřevu a výrobě energetické energie. Tento typ energie je nejvíce využíván na Islandu nebo Sicílii, kde je mnoho geotermických oblastí. Ve střední Evropě musíme proniknout do větší hloubky, abychom mohli na podobné teploty narazit. Na následujícím obrázku, který zpracovalo v rámci studií a vývoje Ministerstvo životního prostředí, můžeme vidět mapu tepelného toku ČR s použitím více než 3500 vrtů hlubších než 100 m. [3]

Obrázek 3 - Potenciál ploch pro využití geotermální energie v ČR [12]



2.6.3 Větrná energie

Už tisíce let používá lidstvo větrnou energii například jako pohon pro plachetnice, větrné mlýny a vodní čerpadla. Výroba novodobých větrných elektráren začala koncem 80.let minulého století. Využitím proudění větru pomocí větrných elektráren neboli turbín se z větrné energie vytváří elektrická energie. K obrovské vrtuli (rotorový list) větrné elektrárny je připojen elektrický generátor, který využívá působení aerodynamické síly větru k roztočení vrtule pro přeměnu kinetické energie na energii elektrickou. [7] [8]

Při využití energie větru se rozlišují dva principy:

- princip odporový,
- princip vztlakový.

Možnosti využití větrné energie ovlivňují zejména přírodní a geografické podmínky, které má každý stát jiné. Země, co mohou využít mořské pobřeží pro stavbu větrných

elektráren, jsou na tom nejlépe. Česká republika má potenciál větrné energie ve srovnání s některými dalšími státy EU nízký. Jako pozitivum větrné elektrárny je rozhodně obnovitelnost tohoto zdroje energie, šetrnost vůči životnímu prostředí z hlediska neprodukování žádných tuhých ani plyných emisí ani odpadního tepla, nezatěžuje okolí odpady a nepotřebuje ani ke svému provozu vodu. Bohužel má i negativní stránku, a to v podobě slabého a nestabilního výkonu, hluku a zásahu do krajiny v rámci plochy staveniště. [7] [8]

2.6.4 Vodní energie

Ze zemského povrchu se vlivem sluneční energie odpaří 980 l vody z 1 m³, která se v podobě srážek vrátí zpět na zemský povrch. Vodní energie je technicky využitelná kinetická a potencionální energie. Tepelná energie veškeré vody na Zemi a ve vodních elektrárnách se přeměňuje na elektřinu. [3]

Odběr výkonu vodním tokům závisí hlavně na dvou parametrech, a to na:

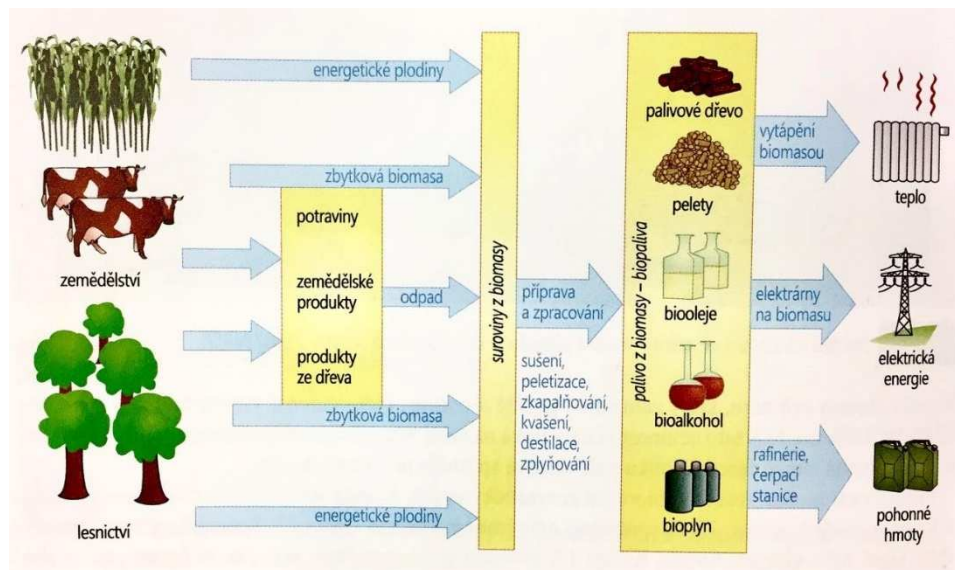
- průtočném množství,
- spádu vody. [3]

Pomocí různých technických prostředků využívá přírodních výškových rozdílů většina hydroelektráren. Využívání vodní energie je mezi obnovitelnými zdroji energií nejpokročilejší a díky poměrně rovnoměrnému výkonu energie předčí solární či větrnou energii. [3]

2.6.5 Energie z biomasy

Biomasa je hmota z organického materiálu jako jsou živé organizmy, odumřelé organizmy a organické produkty látkové výměny. Ve formě uhlovodíků je biomasa vytvářena rostlinami pomocí fotosyntézy. Od slunce dostávají potřebnou energii. Jednoduše řečeno – zdroj a původ biomasy na Zemi je ve Slunci, protože bez rostlin by nebyli živočichové, kteří také vytvářejí biomasu. Na Zemi jsou nerovnoměrně a velmi různě rozmístěny zdroje biomasy. Voda a slunce je pro biomasu zásadní energie. [3]

Obrázek 4 - Možnosti využívání biomasy [3]



Do budoucna může biomasa nahradit přímé fosilní energie. Je klíčovým OZE s nejvyšším potenciálem v ČR. Představuje až 80 % podíl z OZE v rámci ČR. Elektrárny na biomasu mohou nahradit kolísající výkon fotovoltaických a větrných elektráren. Závisí to na postupu vývoje moderních filtračních zařízení, aby se eliminovaly škodlivé látky, prach a popílek při spalování biomasy. [3] [4]

3 ZDROJE TEPLA

Když vybíráme vhodný zdroj tepla, měli bychom se zaměřit hlavně na dostupnost paliva a velikost domu, ve kterém budeme chtít vytápět. U budov, kde je zaveden zemní plyn, se doporučuje zdroj tepla právě na zemní plyn. Z ekologického hlediska můžeme zařadit ke vhodným zdrojům tepla kotle na dřevo, solární kolektory nebo tepelná čerpadla. Výkon zdroje tepla závisí na obytné ploše domu, celkové tepelné ztrátě tepla objektu, věku budovy, způsobu zateplení budovy a také na celkovém součtu objemu vytápěných místností. [9]

3.1 Kotle

Ke správnému výkonu tepelného zdroje slouží projektový výpočet, kde je na míru spočítáno, jaké tepelné ztráty daný dům má. Pokud takový výpočet ale nemáme, můžeme využít například tabulek na předběžný výběr kotle dle plochy a celkového objemu vytápěného prostoru. [10]

Tabulka 1 - Orientační výkon kotle dle obytné plochy [10]

Obytná plocha	Nová budova s dobrou izolací a moderním topným systémem	Nová budova s dobrou izolací a moderním topným systémem	Nezateplená budova z 80. – 90. let a starším top. systémem	Nezateplená budova z 80. let s moderním top. systémem	Budova ze 70. let s dobrým zateplením a starším top. systémem	Budova ze 70. let, nezateplená se starým top. systémem
Do 60 m ²	4 kW	5 kW	8 kW	7 kW	6 kW	9 kW
Do 70 m ²	5 kW	6 kW	9 kW	8 kW	8 kW	11 kW
Do 80 m ²	6 kW	7 kW	10 kW	10 kW	9 kW	14 kW
Do 90 m ²	6 kW	8 kW	12 kW	10 kW	9 kW	14 kW
Do 100 m ²	7 kW	9 kW	13 kW	11 kW	10 kW	15 kW
Do 120 m ²	8 kW	10 kW	16 kW	13 kW	12 kW	18 kW
Do 140 m ²	10 kW	12 kW	18 kW	15 kW	14 kW	21 kW
Do 160 m ²	11 kW	14 kW	21 kW	18 kW	16 kW	24 kW
Do 180 m ²	13 kW	15 kW	23 kW	20 kW	18 kW	27 kW

Výběr kotle ovlivňuje druh použitého paliva, řešení přívodu vzduchu, velikost a druh otopného systému, možnost jeho umístění, řešení ohřevu teplé vody v objektu, požadavky na provoz a regulace. Pokud je kotel zdrojem tepla budovy, musí pokrýt tepelnou ztrátu dané budovy. [16]

Tabulka 2 - Zjednodušené dělení kotlů jako zdrojů tepla [16] [17]

Podle druhu paliva	- kotle na plynná paliva (zemní plyn, propan-butan) - kotle na kapalná paliva (topné oleje) - kotle na tuhá paliva (černé uhlí, hnědé uhlí, koks, dřevo a dřevní hmoty, 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 či soklíku) - závěsné (nástěnné – na zdi)
Podle způsobu odvodu spalin	- do komína, kouřovodu s funkcí komína - 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 nesmí poklesnout pod 50/40 °C) - kondenzační (teploty vody na kotli mohou poklesnout pod 50/40 °C)
Podle počtu výkonných stupňů hořáku	- jednostupňové - dvoustupňové - spojitě
Podle vodního obsahu kotle	- s velkým obsahem - s malým obsahem - rychloohřívací kotle
Podle předávání tepla	- konvencí - radiací

Podle způsobu přívodu vzduchu	- otevřené (přívod vzduchu do kotle je z prostoru kotelny) - uzavřené (přívod vzduchu do kotle je průduchem přes konstrukci z exteriéru) - přirozený/nucený v obou předchozích případech
Podle tlaku ve spalovací komoře	- podtlakové - přetlakové - atmosférické

3.1.1 Kotle na tuhá paliva

Výhody:

- nižší cena za palivo (oproti elektřině nebo plynu),
- možnost využití kotle v případě, že k dané budově není dostupná plynová přípojka,
- u kotlů na biomasu je výhodou nízká produkce škodlivin.

Nevýhody:

- vysoké emise, především u starších kotlů spalujících uhlí,
- u některých kotlů pravidelné přikládání paliva a vymetání popela,
- nutnost mít k dispozici prostor pro skladování paliva. [17]

Umísťujeme je do suché, samostatné a neobývané místnosti – kotelny. Nejdůležitější vlastnost kotle je zpravidla schopnost řízení spalovacího procesu. Je to tzv. kontrola nad přísunem spalovacího vzduchu a paliva do ohniště. Kotel má vyšší předpoklad pro kvalitnější spalování, čím více je schopen optimálně řídit proces bez zásahu obsluhy. [11]

Z hlediska přísunu spalovacího vzduchu rozdělujeme kotle na:

- kotle s přirozeným přísunem vzduchu,
- kotle s nuceným přísunem vzduchu. [11]

U přirozeného přísunu vzduchu jde o závislost na tahu komína, který v ohništi vytváří podtlak, a tím je vzduch do ohniště nasáván pomocí speciálních termostaticky regulovatelných otvorů. U nuceného přísunu vzduchu je podtlak v ohništi vytvářen a regulován odtahovým ventilátorem nebo je spalovací vzduch nasáván ventilátorem a vháněn přímo do ohniště. Je potřeba vyšší kontroly nad spalovacím vzduchem.

Z hlediska přísunu paliva rozlišujeme kotle na:

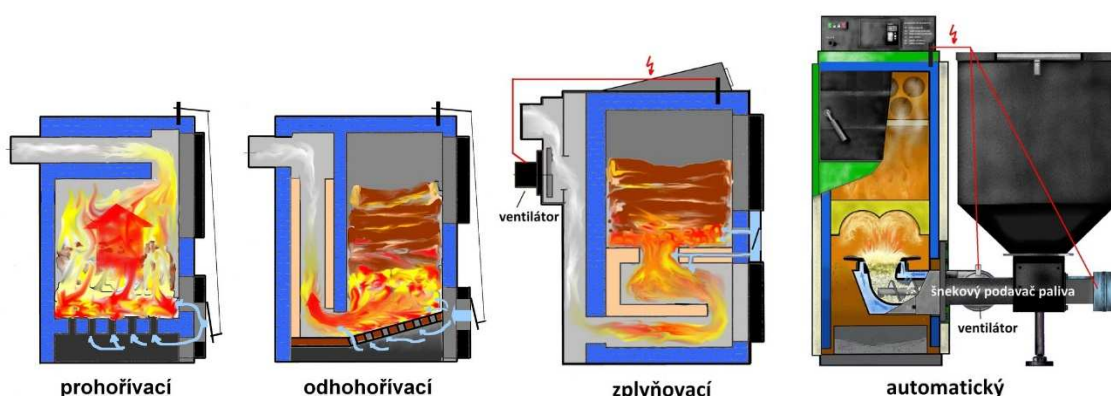
- kotle s ruční dodávkou paliva,
- kotle se samočinnou dodávkou paliva. [11]

Kotel s ruční dodávkou paliva je závislý na intervalech ručního dodávání podle rychlosti hoření nebo tepelného výkonu. U kotle se samočinnou dodávkou paliva záleží na tepelném výkonu a podle toho je samočinně palivo do kotle dodáváno.

Dle technologie spalování se kotle rozdělují na:

- prohořivací kotel,
- odmořovací kotel,
- zplyňovací kotel,
- automatický kotel. [11]

Obrázek 5 - Typy kotlů dle technologie spalování [11]



Tabulka 3 - Tabulka účinnosti dle technologie spalování kotlů [11]

Účinnost v %				
	Hnědé uhlí	Dřevní palety	Nedřevní palety	Kusové dřevo
Automatický	75-85	80-90	75-85	-
Zplyňovací	70-80	-	-	75-85
Ohřívací	60-75	-	-	60-75
Prohořivací	40-60	-	-	55-65

3.1.1.1 Kotle na spalování dřeva

Kotlů na uhlí se vyrábí více než na dříví, ale z hlediska ekologie a hospodárnosti je jednoznačně výhodnější kotel na dřevní hmotu. Uhlí má výrazně vyšší cenu než dřevo. Každý, kdo chce udělat něco pro zlepšení životního prostředí, používá kotle na dříví. Tyto kotle mohou být doplněny o elektrické topné těleso, které může v případě potřeby ohřívat vodu místo dřeva, a pokud by se stalo, že by dřevo chybělo, může kotel pracovat jen na elektrickou energii. Regulovat kotel v oblasti výkonu 40-100 % můžeme pomocí elektronického regulátoru. Podle různých výrobců má kotel plný výkon cca 8–12 hodin a vybírání popela je v intervalu 3–5 dnů. V těchto kotlích můžeme spálit dřevěná polena, dřevěné štěpky, větve či dřevěné brikety. [9] [15]

U akumulčních kotlen na dřevo můžeme využít tepla z kotle, které je ukládáno do zásobníku tepla při provozu na určitý výkon, nebo může být zdroj tepla mírně předimenzován a zásobník pokryje špičkový odběr tepla. Zásobník tím pádem snižuje nároky na obsluhu a zajišťuje vysokou účinnost kotle na dřevo. V akumulčním teplovodním zásobníku může být připravovaná i TUV. Zásobníky je také možno připojit k solárním kolektorů, abychom využili i sluneční energii pro letní přípravu TUV a pro vytápění v přechodném období. Objem pro akumulční nádrže je buď 550 nebo 700 l. [15]

3.1.1.2 Kotle na spalování uhlí

Kotle mohou spalovat méně kalorické uhlí, uhelný odpad, černé uhlí, antracit nebo koks. Kotle, spalující méně kalorické uhlí nebo uhelný odpad, jsou navrženy pro spalování

odhoříváním v malé vrstvě. Naopak u spalování černého uhlí, antracitu nebo koksu jde o spalování odhoříváním s přepnutím klapky na spalování prohoříváním. [15]

V posledních letech se rozšířily do RD kotle na palety, ale cena za palety a kotel je vyšší, než je tomu u uhlí nebo dřeva i přesto, že se palety vyrábí z dřevní hmoty. Ke kotlům na tuhá paliva patří z hlediska hospodárnosti a spolehlivosti kotel, který může spalovat hnědé uhlí, černé uhlí i paletky a je plně automatizován a má dlouhou životnost díky použitým materiálům, které odolávají vysokým teplotám. [9]

3.1.2 Kotle na plynná paliva

Výhody:

- bezobslužný provoz,
- snadná regulace výkonu,
- vysoká účinnost kondenzačních kotlů,
- velký výběr kombinovaných kotlů umožňujících přípravu TV.

Nevýhody:

- potřeba plynové přípojky,
- poměrně vysoké pořizovací náklady. [17]

Plynové spotřebiče se zařazují do některé ze tří skupin spotřebičů (typ A, B, C). Stejně tak to platí i u plynových kotlů. Plynové kotle se zařazují do skupin typu B a C. Kotle typu B mají otevřenou spalovací komorou a kotle typu C mají uzavřenou spalovací komoru. Odvod spalin je stejný. [9]

Tabulka 4 - Rozdělení plynových spotřebičů do skupin [9]

Typ spotřebiče	Přívod spalovacího vzduchu	Odvod spalin
A	z místnosti	do místnosti
B	z místnosti	ven
C	z venku	ven

Aby byl splněn bezpečný provoz spotřebičů typu B, musí být splněno:

- dostatek vzduchu v místnosti, kde je umístěn kotel – dokonalé spalování plynu,
- kotel o příkonu např. 10 kW může být umístěn v místnosti o objemu min. 10 m³,
- ke kotli o příkonu např. 10 kW musí být každou hodinu přivedeno min. 16 m³ vzduchu.

[9]

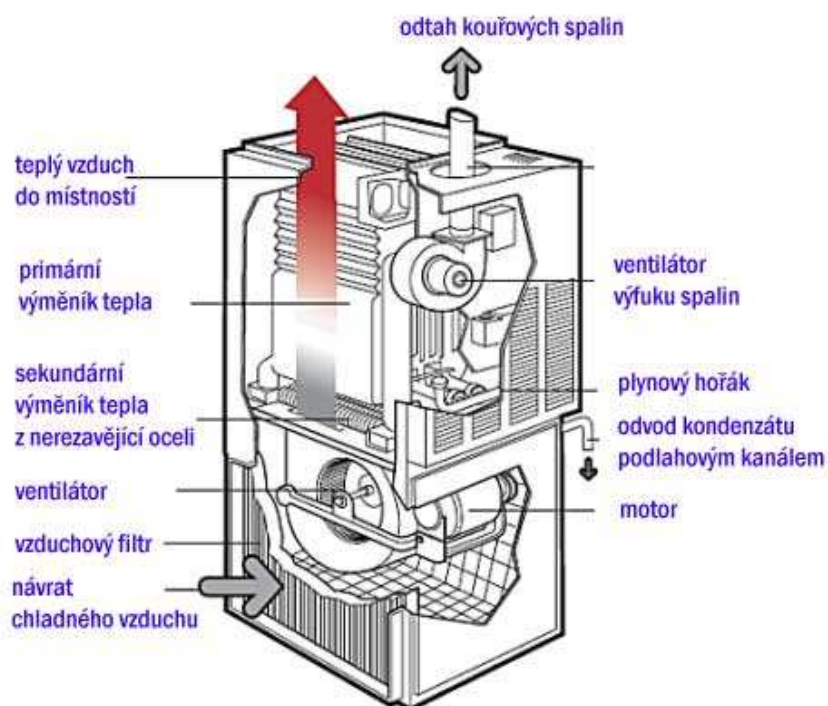
3.1.2.1 Kondenzační plynový kotel

Podle největší účinnosti, menší spotřeby paliva, hospodárnosti a ekologického provozu na tom jsou z plynových kotlů nejlépe právě kondenzační. Mohou být jak nástěnné, tak stacionární. Tyto kotle fungují na využití energie při hoření plynu a na odebírání tepla spalínám, které odcházejí komínem ven. V kotlích vzniká hořením vodík, který obsahuje vodní páry a tyto páry se uvnitř kotle v kondenzátoru ochladí a zkondenzují na vodu, kterou nazýváme kondenzát. Při tomto procesu vnika množství skupenského tepla, které závisí na používaném palivu. Při spálení 1 m³ zemního plynu vznikne cca 1,5 litru kondenzátu. Podílem spalného tepla s výhřevností kotle získáme procentuální množství energie získané při kondenzaci. Zemní plyn má procentuální zisk okolo 11 %, propan kolem 9 % a topné oleje cca 6 %. Kondenzační kotle využívají pravidla, že čím lépe se využije teplo spalin, tím více se sníží jejich teplota. Jelikož je spalné teplo vyšší než výhřevnost, dosahují někdy i přes 100 % účinnosti. Čím nižší teploty ve vytápěcím systému máme, tím více nám roste účinnost kotle. Tzn. že kondenzační kotel pracuje nejúčinněji ve spojení s podlahovým vytápěním anebo jiným nízkoteplotním systémem. Cena za kondenzační kotle je sice vyšší (někdy i dvojnásobná), ale vždy je to výhodná investice z hlediska úspory, jelikož tímto kotlem můžeme ušetřit i 10-15 % paliva. Díky nízké teplotě odcházejících spalin (okolo 40–90 °C) si klidně vystačíme s plastovou trubicí v komíně, místo klasického vyzdívaného komínu. [2] [9]

Dalšími plynovými kotli jsou tzv. TURBO kotle, což jsou nástěnné rychloohřívací kotle uzavřené kombinované s nuceným odtahem, kotle stojaté otevřené s přirozeným odtahem spalin, kotle s přetlakovým hořákem, kotle s atmosférickým hořákem aj. [15]

Obrázek 6 - Popis kondenzačního plynového kotle [14]

Popis kondenzačního plynového kotle



3.1.3 Kotle na kapalná paliva

Využijeme je především tam, kde nejsou inženýrské sítě. Palivem je nafta nebo lehké topné oleje. Nejvhodnější použití je tam, kde palivo do těchto kotlů využijeme i pro jiné účely (vysokohorské chaty, polární stanice, aj.) [17]

3.1.4 Elektrokotle

Výhody:

- nižší pořizovací náklady,
- snadná obsluha a regulace,
- nepotřebuje komín.

Nevýhody:

- nejdražší způsob vytápění – cena elektřiny.

Elektrokotle pro vytápění využívají elektřinu. Průtoková voda ohřívá topnou soustavu pomocí odporových topných tyčí a oběhové čerpadlo prohání topnou soustavou horkou vodu. Je to čistý, bezpečný a ekologický způsob vytápění s účinností až 99 %. [16] [17]

3.1.4.1 Kotle přímotopné

Ve většině případů se dodávají jako celek, kdy součástí tohoto celku je čerpadlo, vlastní elektrokotel, pojistný ventil, tlaková expanzní nádoba, odvzdušňovací ventil, termostat a regulační zařízení. Přímotopné kotle, jak už název naznačuje, mají funkci okamžitého ohřevu vody, mají malý vodní objem a vysokou účinnost (i 99 %). Nevýhodou těchto kotlů je ale poměrně drahý provoz i s využitím levných sazeb elektřiny. [17]

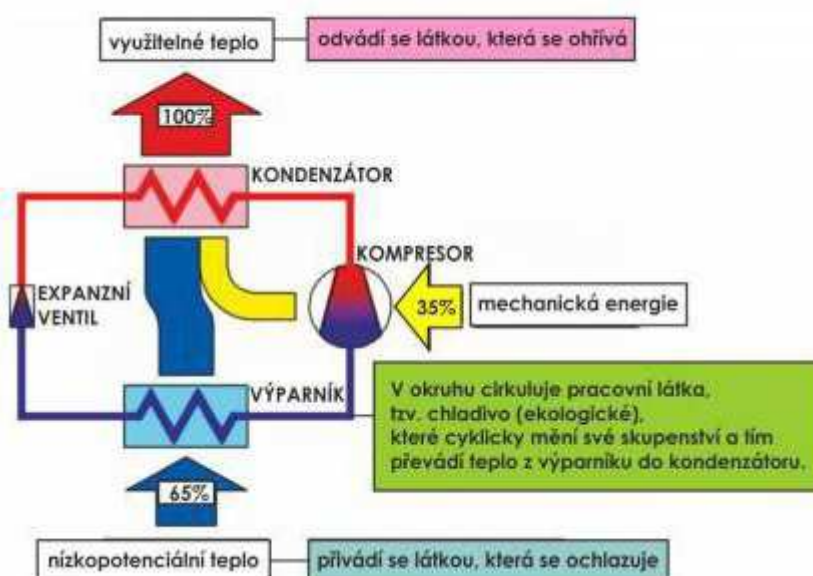
3.1.4.2 Kotle akumulární

V akumulárním bloku se naakumuluje teplo, které je pak využíváno s určitým časovým odstupem. Do vody v nádržích o obsahu 500–1000 litrů se předá teplo vytvořené z elektrické energie. Výhodou je, že díky akumulaci je ohřev vody rozložen do času nízkého tarifu, ale nevýhodou je velký zastavěný prostor a velké náklady na izolaci akumulárního bloku. [17]

3.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie a nabízí nejekonomičtější provoz z tepelných zdrojů využívající elektrickou energii. Čerpadlo totiž převádí přírodní, tzv. nízko potencionální teplo (obnovitelný ekologický zdroj ze země, podzemí, povrchové vody nebo okolního vzduchu) na teplo vhodné pro vytápění, přehřev či ohřev TV nebo větrání rodinného domu. Funguje i jako chladicí zařízení pomocí kompresoru poháněného elektromotorem. [16] [17]

Obrázek 7 - Princip tepelného čerpadla [18]



Tepelná čerpadla rozdělujeme dle zdroje nízko potencionálního tepla a druhu topného média na:

- vzduch/voda,
- vzduch/vzduch,
- země/voda,
- voda/voda.

3.2.1 Tepelné čerpadlo „vzduch/voda“

Výhody:

- venkovní vzduch je neomezený a nejsnáze přístupný zdroj nízko potencionálního tepla,
- snadná instalace a univerzálnost,
- nižší pořizovací náklady (TČ lze namontovat na jakoukoliv stavbu bez řešení zemních prací).

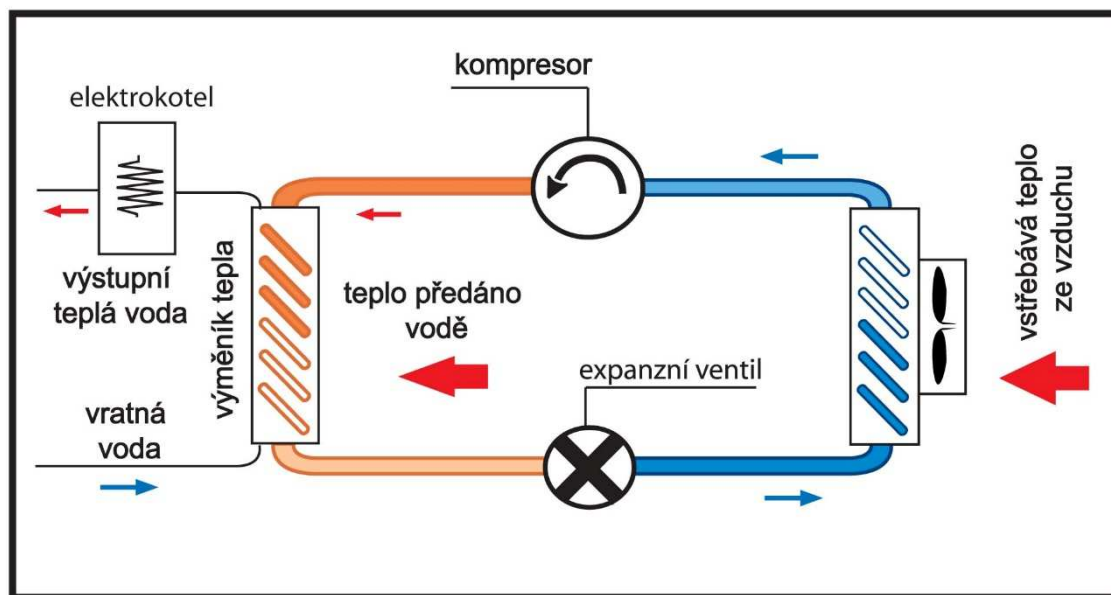
Nevýhody:

- proměnlivost teploty venkovního vzduchu v letním a zimním období, a tudíž vliv na výkon čerpadla,
- nutnost řešení odtávání námrazy na výparníku (v dnešní době jsou čerpadla už chytře nastavena na automatické odtávání námrazy).

Provoz TČ zajišťuje elektrická energie. Tepelné čerpadlo se skládá buď ze 2 jednotek (venkovní a vnitřní), anebo z kompaktního provedení, kdy celé TČ může být venku, nebo uvnitř objektu. Funguje na principu odebírání energii ze vzduchu a předávání ji vodě (u teplovodních vnitřních vytápění). Pokud venkovní teplota vzduchu roste, roste s ní i výkon tepelného čerpadla, pokud teplota vzduchu klesá, klesá s ní i výkon. Nejvhodnější je nainstalovat venkovní část TČ na jižní stranu domu.

Nízko potencionální teplo je odebíráno ze vzduchu pomocí výparníku. Přes výparník proteče pomocí ventilátoru asi 6000 m³ za hodinu. Při teplotách pod 7 °C kondenzuje při ochlazování vzduchu vzdušná vlhkost a ta na výparníku zamrzá. Je tedy potřeba zajistit, aby odtáté části pod výparníkem nezpůsobovaly nějaké nepříjemnosti. Průtok topného média tepelného čerpadla musí být konstantní do teploty 55 °C. Doporučená minimální teplota pro práci vzduchového čerpadla je -15 °C. Tuto teplotu nám ale udává každý výrobce zvlášť v technických listech TČ. [16] [17]

Obrázek 8 - Princip tepelného čerpadla „vzduch/voda“ [19]



3.2.2 Tepelné čerpadlo „vzduch-vzduch“

Využívá se pro větrání rodinných domů, menších provozů nebo společenských prostor. Snižuje energetickou náročnost budovy. U tohoto typu se nuceným přívodem čerstvého vzduchu a odvodem znečištěného vzduchu pomocí ventilátorů nahrazuje přirozená infiltrace objektu. Tam, kde se kříží cesta čerstvého vzduchu se znečištěným, je rekuperátor neboli deskový výměník tepla. Hned za ním je v cestě pro odváděný vzduch výparník a v cestě přiváděného vzduchu je kondenzátor. Odváděným vzduchem se předehtřívá vzduch přiváděný a při poklesu teploty přiváděného vzduchu pod nastavenou hodnotu začne tepelné čerpadlo pracovat. Zároveň ochlazuje znehodnocený vzduch a teplem, získaným při ochlazování a zvětšeným o příkon kompresoru dohřívá vzduch přiváděný. Při obráceném chodu stroje lze upravené jednotky použít i pro chlazení v letním období. [16]

3.2.3 Tepelné čerpadlo „země-voda“

Výhody:

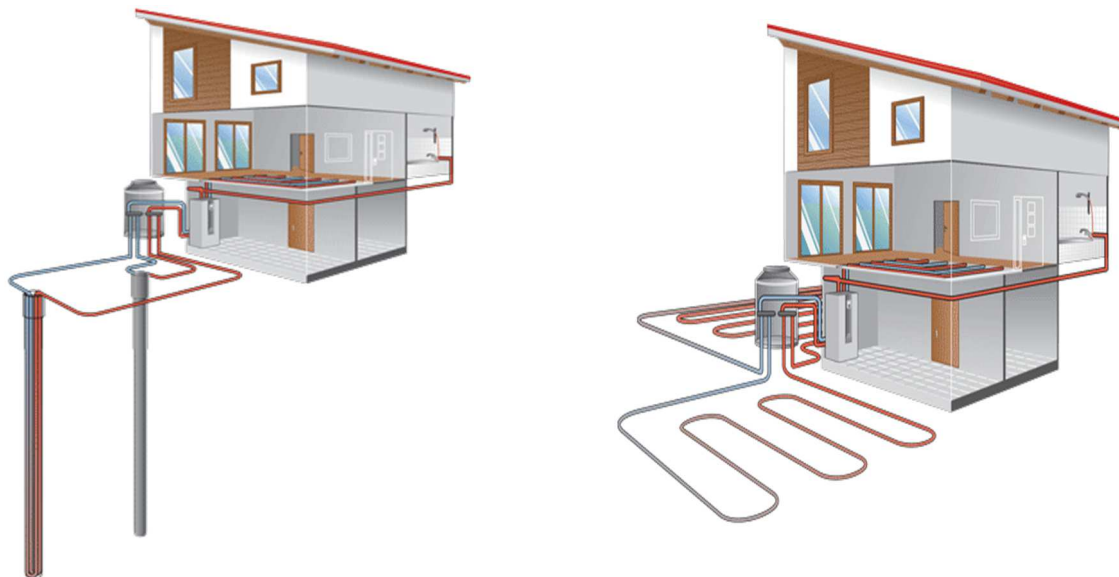
- nejstabilnější, konstantní úroveň odebíraného tepla během celého roku,
- nejekonomičtější vytápění,
- velmi tichý.

Nevýhody:

- vysoký na počáteční náklady z hlediska zemních prací,
- potřeba velkého prostoru pro instalaci tohoto typu tepelného čerpadla,
- nad zavedenými plošnými kolektory se do budoucna nemůže nic vystavět (vysázení stromů, terasa, bazén, příjezdová cesta aj.). [16]

Funguje na principu odebrání tepla z půdy (geotermální). Teplo ze země se odebrá pomocí kolektoru, což je svazek trubek (polyetylenových nebo měděných) umístěných v nezámrzné hloubce. Kolektor je prováděn jako horizontální nebo vertikální. U horizontálního kolektoru se pokládá do hloubky 1,2 až 2 m trubkový had. Provedou se jednotlivé úzké výkopy (rýhy) do šířky 1 m nebo plošné výkopy. U trubek s roztečí 0,5-1 m a hloubce 1,2-1,5 m se měrné výkony jímání pohybují mezi 10-40 W.m⁻² – záleží na typu půdy. U suchých nesoudržných půd jsou hodnoty výkonu nižší, a naopak nejvyšší jsou u půd s podzemní vodou. Zemina v době provozu TČ okolo horizontálních kolektorů chladne a promrzá, a tak se doporučuje pokládat do vzdálenosti min. 2 m od základů domu a 1,5 m od trubního vedení kanalizace a vody. U vertikálního uložení kolektorů vychází hloubka vrtu z délky kolektoru a typu podloží. Měrné výkony se, u zemní sondy a zeminy se suchými usazeninami, pohybují okolo 30 W/m. U zemní sondy u zeminy s velkým výskytem spodní vody se měrné výkony pohybují až okolo 100 W/m. Nevýhodou u vertikálních kolektorů je povinnost vyřídit si stavební povolení s geologickým průzkumem. Naopak výhodou je, že nezabírají skoro žádné místo a nezabraňují dalšímu využití zahrady. TČ na 1 kW svého výkonu potřebuje cca 35 m² plochy půdy. [16] [17]

Obrázek 9 - Schéma uložení kolektorů -1. vertikální – trubkový had, 2. horizontální – hloubkové vrty dle délky kolektoru [20]



3.2.4 Tepelné čerpadlo „voda-voda“

Výhody:

- ekologický zdroj tepla,
- nízké provozní náklady.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady.

Princip provozu je v odebrání tepla podzemní nebo povrchové vodě. Rozlišuje se voda stojatá (ve studních) a voda tekoucí (v řece, potoce). Podzemní voda ve studních má po celý rok stejnou teplotu okolo 10 °C. Pro provoz tepelného čerpadla s vodou se častěji využívá podzemní (studniční) vody. Využívají se dvě studny – odběrová a vsakovací. Aby se odběrová studna rychle nevychladila a nezneškodila se jako odběr nízko potenciálního zdroje tepla, nesmí se voda, která se tepelným čerpadlem ochladí, vracet

zpět do studny odběrové. Z ekologického hlediska je nevhodné, aby se vychlazená voda odváděla do vodoteče nebo kanalizace. Vsakovací studna by měla být od odběrové studny dostatečně vzdálená a situovaná tak, aby proudění podzemní vody bylo směřováno zpět ke studni odběrové. Díky průtoku v zemi se voda opět ohřeje a nedochází ke ztrátám podzemní vody. Na topný výkon 1 kW je potřeba 18 m hluboký vrt. Nejčastěji se využívají hlavně hlubinné vrty i 180 m hluboké se vzdáleností 10-15 m od sebe. [9] [16]

Dle pracovních způsobů vytápění s tepelným čerpadlem rozdělujeme provoz na:

- Monovalentní provoz
 - TČ jako jediný zdroj tepla,
 - nízkoteplotní soustava s teplotou topné vody do 60 °C.
- Monoenergetický provoz
 - TČ pracuje běžným způsobem až do určité venkovní teploty, pak se sepne přídatný elektrický ohřev,
 - pro nízkoteplotní otopnou soustavu.
- Alternativně bivalentní provoz
 - TČ pokrývá potřebu tepla do předem stanovené teploty, poté se vypne a produkci tepla přenechává druhému zdroji tepla,
 - použití u systémů pracujících s teplotou vody do 90 °C.
- Paralelně bivalentní provoz
 - TČ samostatným zdrojem tepla do určité venkovní teploty (oproti alternativně bivalentnímu provozu je podíl TČ na celoroční produkci tepla vyšší),
 - vhodný pro nízkoteplotní vytápění do 60 °C.
- Částečně paralelně bivalentní provoz
 - opět je TČ do určité venkovní teploty samostatným zdrojem tepla, než venkovní teplota klesne, poté se k TČ přidá další tepelný zdroj v souběžném provozu,
 - vhodný pro nízkoteplotní vytápění do 60 °C,

- v době, kdy je potřeba vyšší teplota vody, než je TČ schopno produkovat, se TČ vypne a je nahrazeným druhým zdrojem,
- vhodné pro soustavy s teplotou topné vody nad 60 °C.

Efektivitu TČ posuzujeme podle účinnosti, tzv. topným faktorem **COP**, což je poměr přivedené energie z paliva a získané energie (teplo na vytápění).

$$\text{COP} = \Delta Q / \Delta W$$

Q . . . topný výkon TČ [W]

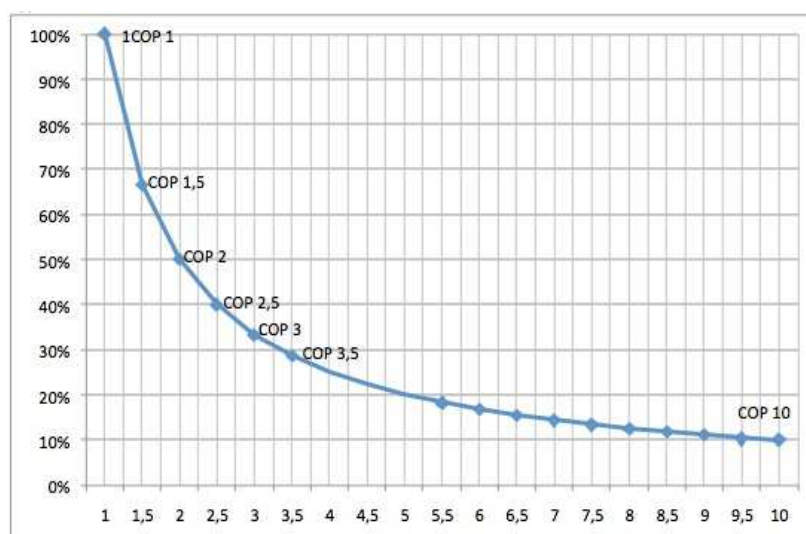
E . . . elektrický příkon TČ [W]

Pohybuje se mezi 2-5, z toho vyplývá čím větší COP, tím lepší TČ. COP ale neříká nic o množství spotřeby energie tepelného čerpadla na provoz.

Všechna tepelná čerpadla se řídí stejnými pravidly a to:

- čím vyšší teplota zdroje je, tím vyšší je topný faktor a tím nižší jsou provozní náklady,
- čím nižší je teplota vody v otopné soustavě, tím vyšší je topný faktor a tím nižší jsou provozní náklady.

Obrázek 10 - Graf úspory energie TČ [21]



3.3 Solární kolektory

Sluneční energie je jedním z obnovitelných zdrojů energie, a i v ČR jsou pro její využití poměrně dobré podmínky. Solární energie je energie ze Slunce a jeho slunečních paprsků které dopadají na Zemi ve formě slunečního (globálního) záření. Solární kolektory toto záření přeměňují na tepelnou energii a tu potom využíváme například pro ohřev a přípravu teplé vody. [16] [22]

Solární kolektor převádí přeměněné sluneční záření na teplo do teplotnosného média (do vody, vzduchu, aj.) aby pak bylo převedeno k místu spotřeby. Musí být vytvořen z velmi kvalitních materiálů odolných vůči všem povětrnostním vlivům a UV zářením. Instaluje se na jižní nezastíněné střechy nebo jiná osluněná místa, aby mohl přijímat co nejvíce slunečního záření. Měl by splňovat nejen tepelně-technické požadavky, ale i estetické podmínky, jelikož je viditelný z okolí objektu. [22]

Celkové globální záření je složeno z:

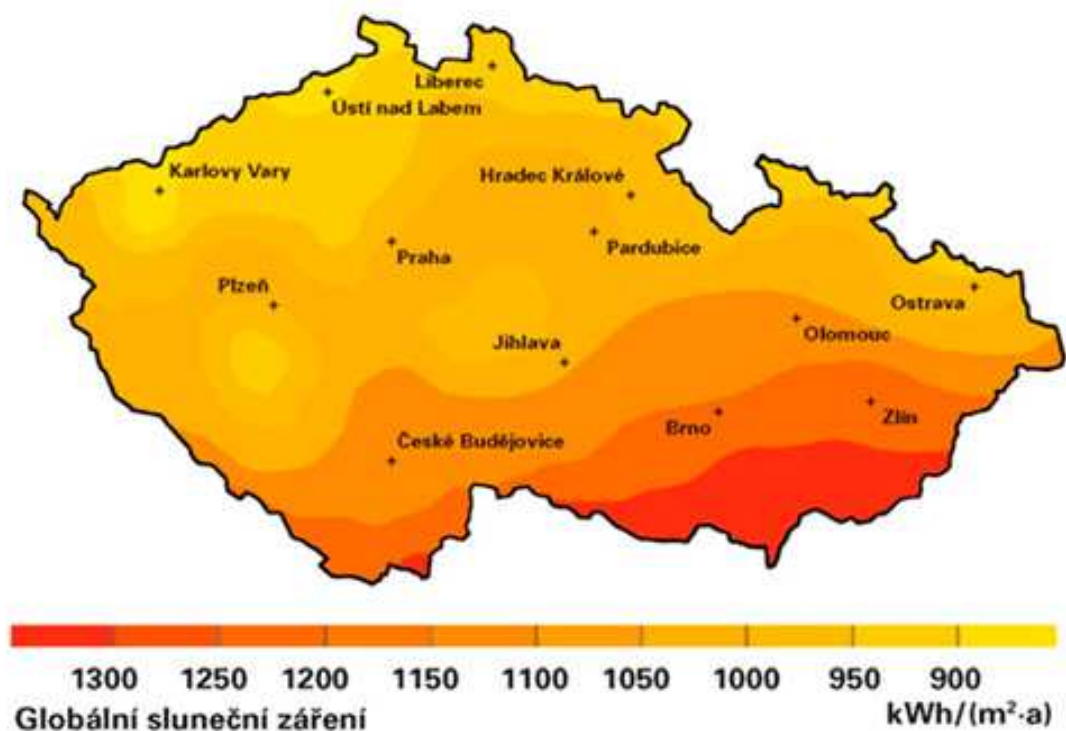
- záření přímé (toto záření dopadá na zemský povrch bez rozptylu),
- záření difuzní (vzniká v atmosféře rozptylem o molekuly plynů, částičky prachu a mraky a také i z části přímého záření, které se odráží od okolních ploch – tvoří klidně i 50 % z celkového množství slunečního záření).

Globální záření je tvořeno v našich zeměpisných podmínkách:

- za jasné oblohy 800-1000 W/m²,
- za lehce zamračené oblohy 400-700 W/m²,
- za silně zamračené oblohy 100-300 W/m².

Ročně pak dopadá na 1 m² plochy 800-1300 kWh solární energie, s tím že z tohoto množství je 75 % v období od dubna do října. [16]

Obrázek 11 - Solární mapa ČR [23]



Efektivně lze solární energii využívat v místech, kde je nejintenzivnější sluneční záření. V ČR je nejvhodnější lokalitou jižní Morava. [24]

Solární kolektory jsou nejvhodnější zdrojem tepla pro podlahové vytápění, jelikož teplota topné vody se pohybuje kolem 40 °C. Solární energii využíváme na vytápění nejvíce na jaře a na podzim. Bohužel v zimním období, kdy je teplota pod bodem mrazu se musí solárnímu zařízení pomoci v ohřevu vody jiným zdrojem tepla. [24]

Solární soustavy mohou být buď typu celoročního provozu nebo sezonního. U celoročního provozu je soustava plněna nemrznoucí směsí na bázi glykolů (Solaren). [16]

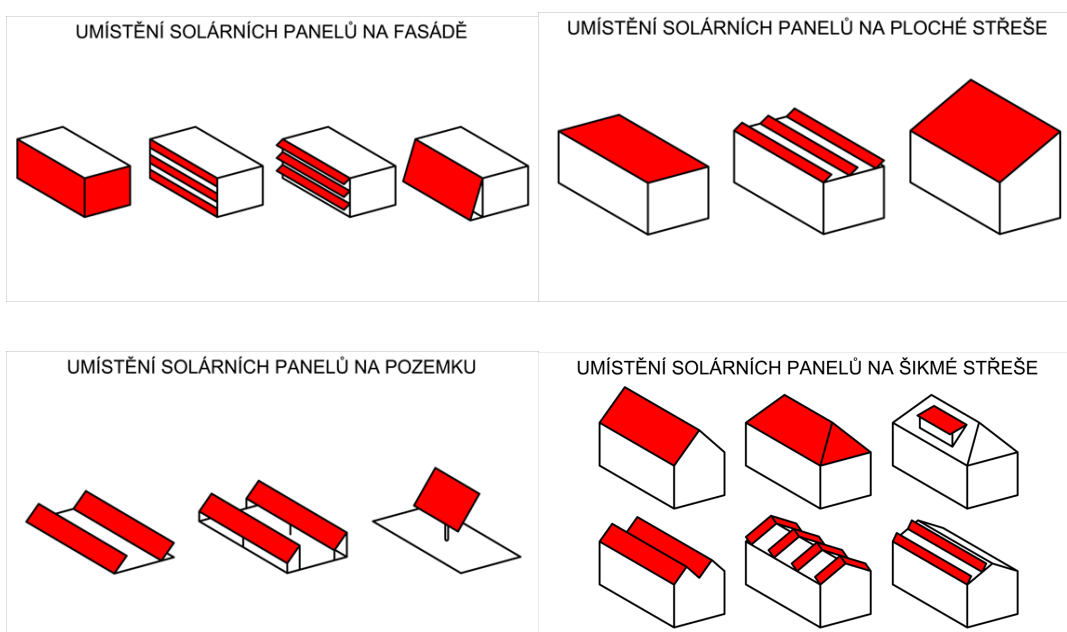
Solární kolektory rozdělujeme na:

- kapalinové,
- vakuové.

Obě varianty mohou být ještě ve variantách trubicových nebo plochých kolektorů. [16]

U kapalinových kolektorů zachycují sluneční energii trubice nebo plocha kolektoru, kterou ji potom přemění na tepelnou energii. Tuto energii pohlcuje absorbér se selektivním povlakem a předává ji teponosné kapalině. U trubkových kapalinových kolektorů je sice ztráta tepla vyzařováním menší, ale u nás jsou zatím nejrozšířenější kolektory ploché. U kolektorů vakuových je vykazována velmi malá ztráta do okolního prostředí. Vakuové trubicové kolektory fungují na principu fázové přeměny kapaliny na plyn. [16]

Obrázek 12 - Způsoby montáže solárních kolektorů [25]



3.4 Fotovoltaické elektrárny

Pro výrobu elektřiny ze slunečního záření nám zajišťují fotovoltaické solární panely. Princip spočívá ve vzájemném působení slunečního záření a polovodiče (křemíku). Velmi jednoduše řečeno vniká fyzikální jev pohlcováním fotonů a uvolňováním elektronů. Tím vznikne elektřina. Fotovoltaická elektrárna je složena ze solárních křemíkových panelů, měniče/střídače (DC/AC), volitelné akumulátory (baterie), rozvaděče a poté přenosných kabelů pro spotřebu elektřiny spotřebiči.

3.5 Ohřev vody

Zhruba 20-35 % z celkové spotřeby energie je využíváno na přípravu teplé vody. Příprava závisí na zvoleném vytápěcím systému. Obyvatelé domu však mohou tuto spotřebu energie ovlivnit více než samotné vytápění. Teplou vodu spotřebujeme v domácnosti hlavně v koupelně pro naši hygienu, na vytápění, praní anebo v kuchyni na mytí nádobí. Zaleží už na každém domu zvlášť, pro co dalšího je ohřev vody potřeba. Spotřebu vody lze snižovat pomocí speciálních výtokových armatur jako jsou perlátory, pákové baterie nebo termostatické baterie. [2]

3.5.1 Centrální ohřev vody

Voda je ohřívána v centrálním boileru, která se pak rozvede k výtokovým místům jako je koupelna, kuchyně, WC, prádelna aj.). Čím kratší rozvody pro vodu jsou, tím lepší je komfort pro nás, jelikož na teplou vodu nemusíme dlouho čekat a také se nám nezvyšují náklady na teplo i vodu. Centrální boiler můžeme ohřívat přímo kotlem nebo ho lze napojit na topnou vodu z ústředního vytápění. To je dobré pro celoroční provoz ohřevu vody – zejména u plynových kotlů. Pokud bychom chtěli ušetřit na výdeji energie pro ohřev vody, tak můžeme mimo topnou sezónu ohřívat vodu v boileru pomocí solárních systémů nebo elektřiny. [2]

Velmi důležité je kvalitní izolace boileru, jeho rozvodů, uzavírací ventily a další armatury, aby byla ztráta tepla při rozvodu teplé vody maximálně 1 kWh na 100 l objemu za den. [2]

3.5.2 Lokální ohřev vody

Využíváme tehdy, pokud jsou výtoková místa příliš vzdálená od boileru. Nejčastěji využívané jsou elektrické průtokové ohřívače, které bývají kvůli komfortu někdy vybavené i zásobníkem o objemu do 10 l. Na jeden takový ohřívač může být napojeno i více blízko situovaných výtokových míst (např. koupelna a WC). Negativní stránka tohoto ohřívače je v ceně za odběr elektřiny, jelikož je odebírána v přímotopné sazbě nebo

v sazbě pro domácnosti. Instalaci více boilerů nebo jednoho většího centrálního bychom měli zvažovat tam, kde je větší spotřeba teplé vody, jelikož by se provozovali se sazbou pro akumulární spotřebič. [2]

3.5.3 Solární ohřev vody

Kvalitním solárním systémem můžeme pokrýt i $\frac{3}{4}$ roční spotřeby teplé vody. Solární systém se skládá ze solárních kolektorů, boileru, potrubí, oběhového čerpadla a řídicí jednotky (podrobněji popsáno v kapitole 3.3. Solární kolektory). Optimální volba typu a počtu kolektorů závisí na odborném návrhu. Obecně ale platí, že pro čtyři osoby stačí 6 až 10 m² plochy kolektorů. Boiler pro solární kolektory by měl být tak velký, aby pokryl alespoň dvoudenní spotřebu teplé vody. Platí pravidlo, že čím je boiler větší, tím lépe využijeme sluneční energii, jelikož přebytky ze slunného dne využijeme ve dnech zatažených. Dalším pravidlem je vertikální poloha boileru pro rozložení teplot. Boiler je vždy vybaven i elektrickou topnou spirálou pro případ delší doby bez slunečního záření. Také je vhodné, aby měl topnou vložku napojenou na ústřední topení. [2]

Je dáno že:

- že čím více teplé vody spotřebujeme, tím více se solární systém vyplatí,
 - čím dražší palivo nahrazujeme sluncem, tím je efektivita solárního systému lepší.
- [2]

3.6 Provoz spotřebičů

Řada spotřebičů je dnes v prodejnách povinně označena tzv. energetickým štítkem, který udává, jak je výrobek úsporný ve srovnání s ostatními. Náklady na provoz spotřebičů je dán jasnou přímou úměrou – čím více elektřiny u spotřebiče spotřebujeme, tím více za jeho provoz zaplatíme. Na energetických štítkách najdeme odhad spotřeby energie pro jednotlivý spotřebič (samozřejmě můžeme spotřebu energie upravovat jejím nižším používáním). Díky uvedené roční spotřebě si můžeme propočítat provozní náklady

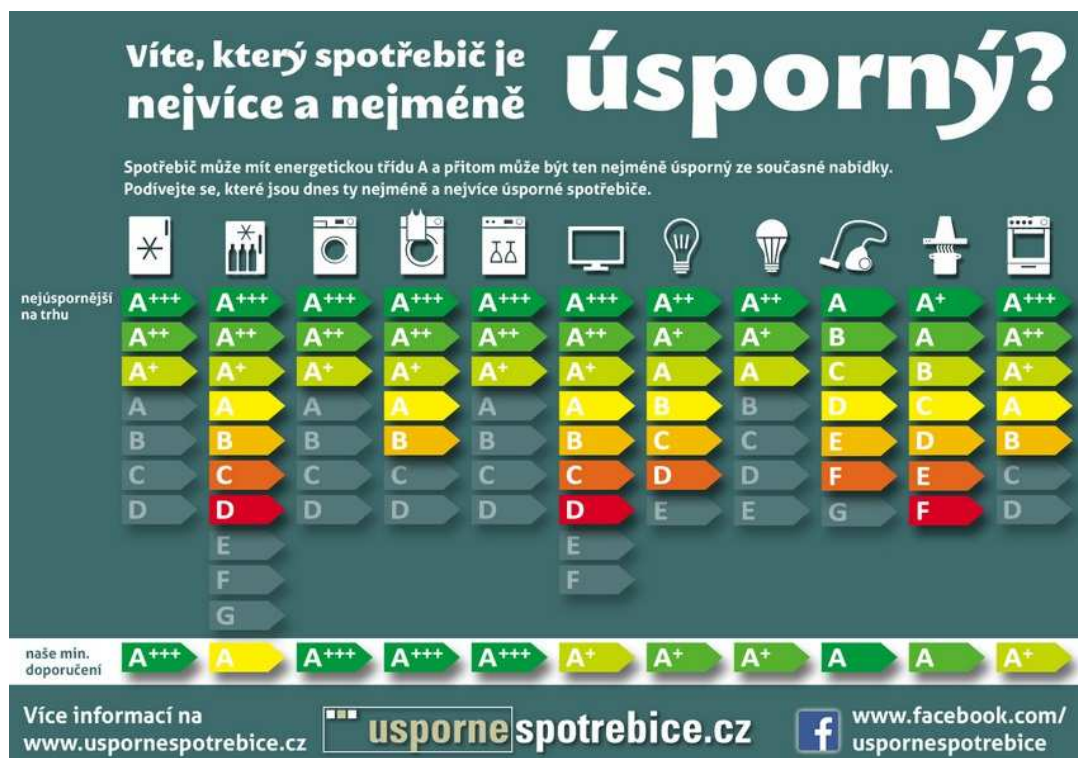
daného spotřebiče v průběhu dalších let a porovnat jej s jeho konkurenty. Každý spotřebič má svůj vlastní energetický štítek, na kterém se udává co nejvíce informací. [2] [26]

Spotřebiče, co musí mít povinně energetický štítek:

- chladničky, mrazničky a jejich kombinace,
- pračky, sušičky a jejich kombinace,
- myčky nádobí,
- vinotéky,
- televizory, vysavače
- světelní zdroje (žárovky, zářivky, aj.),
- digestoře,
- elektrické pečicí trouby,
- kotle, kamna,
- klimatizační a větrací jednotky,
- elektrické zásobníkové ohřívače vody (boilery).

[2]

Obrázek 13 - Příklad energetických štítků spotřebičů [26]



4 ZATEPLENÍ

Pojem zateplení obvykle znamená vyšší počáteční investici, která se nám ale potom v průběhu let docela brzo vrátí zpět v úsporách energie na vytápění a tím pádem i v úsporách finančních.

Tepelně – technické vlastnosti materiálů použité v obvodovém plášti budovy jsou velmi významným faktorem z hlediska vlivu na celkovou energetickou náročnost stavby. Z celkové spotřeby energie budovy z hlediska finančních i ekologických je právě spotřeba energie na vytápění tou největší položkou. Proto je potřeba se touto problematikou zabývat a rozumět ji tak, abychom mohli vymyslet a navrhnout efektivní řešení. Touto problematikou se podrobně zabývá norma ČSN 73 0540. [28]

4.1 Obálka budovy

Je to soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, které jsou vystaveny venkovnímu prostředí. Obálku budovy tvoří zjednodušeně základy, obvodová zeď a střešní konstrukce, tedy konstrukce vymezující vnitřní prostředí od venkovního prostředí (zemina, venkovní vzduch, nevytápěné prostory, sousední budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu).

Hlavní požadavky u energetických vlastností budovy jsou:

- snížení až zamezení prostupu tepla,
- omezení nebo zamezení kondenzace vodních par v jednotlivých konstrukcích,
- omezení tepelných mostů v místech napojení jednotlivých konstrukcí mezi sebou,
- zamezení proudění vzduchu skrz konstrukce a netěsnostmi mezi nimi. [28]

4.2 Součinitel prostupu tepla U

Je to veličina, která představuje nejdůležitější část tepelné techniky. Vyhodnocuje vlastnosti jednotlivých stavebních konstrukcí a jejich tepelně izolační schopnosti. Pomocí této veličiny můžeme navrhnout stavební konstrukce s požadovanými a doporučenými vlastnostmi, které můžou splňovat i požadavky na nízkoenergetické nebo pasivní domy. [1] [28]

Platí podmínka že:

$$U \leq U_N$$

U součinitel prostupu tepla [W/m².K]

U_N požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m².K] [28]

Výpočet prostupu tepla ochlazované konstrukce se stanovuje pomocí vzorečku:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T}$$

R_T odpor konstrukce při prostupu tepla [m².K/W]

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [m².K/W]

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m².K/W]

R tepelný odpor konstrukce stanovený podle vztahu:

$$R = \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i}$$

d_i tloušťka i-té vrstvy

λ součinitel tepelné vodivosti [W. m⁻¹.K⁻¹] [28]

Celková hodnota tepelného odporu konstrukce vychází ze součtu tepelných odporů jednotlivých vrstev, které musí být ochráněny před vlhkostí. U střech jsou to všechny

vrstvy pod hydroizolací, u podlah všechny vrstvy nad hydroizolací. Veličina, která určuje, jak rychle se šíří teplo danou látkou z teplejší (vnitřní) strany ke chladnější (vnější) straně se nazývá součinitel tepelné vodivosti. Čím je součinitel tepelné vodivosti u dané konstrukce nižší, tím lépe dokáže izolovat a odolávat tepelnému přestupu.

Tabulka 5 - Tabulka požadovaných a doporučených součinitelů prostupu tepla pro budovy s převládající vnitřní teplotou v intervalu 18 °C až 20 °C včetně [30]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m ² .K]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,7	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrou $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , průsvitné výplně otvoru plochou kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	0,3 + 1,4 · f_w	0,2 + f_w
	$f_w > 0,5$	0,7 + 0,6 · f_w	0,15 + 0,85 · f_w
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1
Nekovový rám výplně otvoru	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Tabulka 6 - Tepelné odpory při přestupu tepla u jednotlivých konstrukcí [33]

Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce / povrch	Tepelný odpor při přestupu tepla R_{se} a R_{si} [$m^2 \cdot K/W$]
vnější	souč.prostupu tepla, povrchové teploty	jednoplášťová	0,04
		dvouplášťová	stejně jako R_{si}
zemina		styk se zeminou	0
vnitřní	souč.prostupu tepla, tepelné toky	stěna (horizont. tep. tok)	0,13
		střecha (tep. tok vzhůru)	0,1
		podlaha (tep. tok dolů)	0,17

4.3 Prostup tepla obálkou budovy

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} se stanovuje z hlediska celkových energetických vlastností budovy podle vztahu:

$$U_{em} \leq U_{em, N} \quad U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

H_T měrná ztráta prostupem tepla stanovená ze součinitelů prostupu tepla všech tepломěrných konstrukcí tvořících obálku budovy [$W \cdot K^{-1}$]

A plocha obálky budovy

$U_{em, N}$ požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla z hlediska celkových energetických vlastností budovy [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] [28]

Tabulka 7 - Doporučené součinitele prostupu tepla U obvodových konstrukcí vhodných pro nízkoenergetické domy [34]

Konstrukce	U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] dle ČSN 73 0540:2
Stěna	$\leq 0,25$
Střecha	$\leq 0,16$
Podlaha na terénu	$\leq 0,30$
Okna	$\leq 1,2$

4.4 Energetický štítek obálky budovy a průkaz energetické náročnosti budovy

Dle ČSN 73 0540-2 jde o dokument, který graficky znázorňuje energetické vlastnosti budovy. Jednoduchou formou by měl prokázat, jak je budova energeticky náročná nebo úsporná. Je na něm znázorněná třída úspornosti domu na vytápění. Je hodně podobný, jako energetické štítky spotřebičů. Součástí je protokol PENB, který komplexně zahrnuje veškeré energie, které lze ovlivnit architektonickým a stavebním návrhem domu (příprava TV, chlazení, větrání, vytápění, umělé osvětlení, úprava vlhkosti). Je to základní podklad pro přehled a zjištění, kolik v domě za rok spotřebujeme energie a v jaké míře to ovlivňuje životní prostředí. [29] [31]

Dle ČSN 73 0540-2:2011 se provádí zařazení budovy do konkrétní klasifikační třídy porovnáním vypočítaného průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy U_{em} [$W/(m^2 \cdot K^{-1})$] s požadovanou normovou hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em, N}$ [$W/(m^2 \cdot K^{-1})$]. Pokud je výsledek zařazení alespoň třída C, znamená to splnění normě vyhovující tepelně technické vlastnosti budovy. [32]

Obrázek 14 - Energetický štítek obálky budovy a PENB [32]

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY		PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY		DOPORUČENÁ OPATŘENÍ		PODÍL ENERGOHOSNITELŮ NA DODANÉ ENERGI	
Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha A_{p0} = _____ m ² Cí: Ve velmi úsporné 0,5 A 0,75 B 1,0 C 1,5 D 2,0 E 2,5 F G Mimořádně neúsporná		Hodnocení obálky budovy Stávající doplnění Úroveň, číslo: Plocha obálky budovy: _____ m ² Objemový faktor tvaru A/V : _____ m ³ /m ² Celková energeticky vztáhná plocha: _____ m ²		Opatření pro Vnější stěny: ☒ Okna a dveře: ☒ Střešní: ☒ Podlahy: ☒ Vytápění: ☒ Chlazení/ventilace: ☒ Větrání: ☒ Příprava teple vody: ☒ Osvětlení: ☒ Jiné: ☐		Podíl ENERGOHOSNITELŮ NA DODANÉ ENERGI Hodnoty pro celou budovu Měrná 	
KLASIFIKACE Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ ($U_{em} = H_{em}/A_{p0}$) Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$ Klasifikační ukazatel Cí a jím odpovídající hodnoty U_{em} Cí 0,50 0,75 1,00 1,50 2,00 2,50 U_{em} Platnost štítku do: Datum Jméno a příjmení		ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy) Měrná hodnoty kWh/m ² ·rok Množství dodané energie A Dop. A Vnější izolace B XXX B Vnější izolace C XXX C Vnější izolace D XXX D Vnější izolace E XXX E Vnější izolace F XXX F Vnější izolace G XXX G Hodnoty pro celou budovu Měrná: XXX XXX		UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY Odkaz budovy Vytápění Chlazení Větrání Sprava ohřevu Teplo voda Osvětlení Měrná hodnoty kWh/m ² ·rok Odkaz budovy Vytápění Chlazení Větrání Sprava ohřevu Teplo voda Osvětlení Měrná hodnoty kWh/m ² ·rok Hodnoty pro celou budovu Měrná: XXX XXX XXX XXX XXX XXX Zpracoval: Ověřování: E Kontaktní: Vypracování: E Podpis:			

4.5 Způsoby zateplení

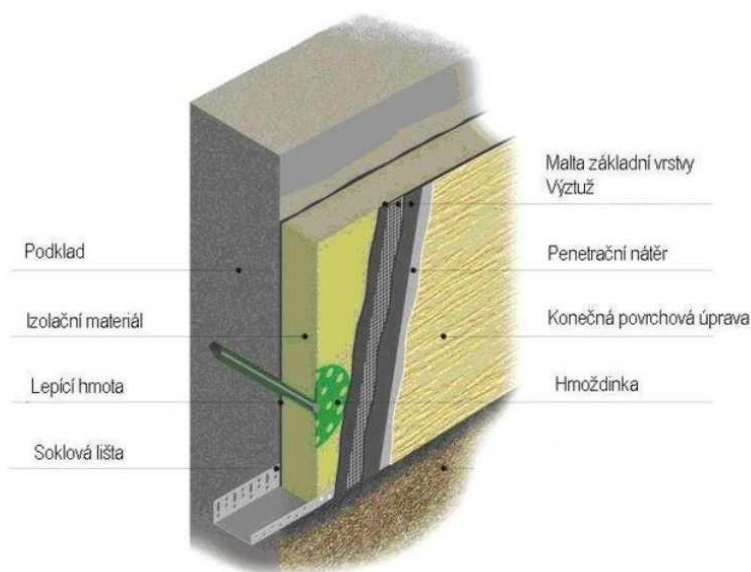
Zateplování domu je v dnešní době velmi aktuální. Díky rostoucím cenám energií se hodně lidí snaží najít možnost, jak ušetřit za vytápění. Obvodové zdivo tvoří největší část obálky budovy, a tudíž je potřeba, aby stěnami unikalo co nejméně tepla – tzn. aby konstrukce obvodové stěny měly co nejmenší součinitel prostupu tepla U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1})$]. Pokud tedy chceme nějak výrazněji snížit náklady na vytápění, začít u kvalitního zateplení celé obálky budovy je to nejlepší řešení.

Zateplení rozdělujeme na:

- zateplení fasády,
- zateplení střechy,
- zateplení podlahy,
- zateplení stropu a podhledu,
- zateplení soklu a spodní stavby.

U zateplení fasády je nejpoužívanější zateplovací systém ETICS (External Thermal Insulation Composite System) dle ČSN 73 2901, což je vnější kontaktní systémové zateplení fasády.

Obrázek 15 - Skladba zateplovacího systému ETICS [40]



Podmínky pro provádění ETICS jsou vždy dány výrobcem a měly by být nedílnou součástí stavební dokumentace. Je to technologický postup montáže podle ETICS. Obsahuje části, které byly výrobcem systému speciálně vybrány, pro jím určené použití ETICS:

- v systému specifikovanou lepicí hmotu,
 - v systému specifikované mechanické kotvící prvky,
 - v systému specifikovaný tepelně izolační materiál,
 - v systému specifikovanou základní vrstvu z jedné nebo více vrstev, kdy nejméně jedna vrstva obsahuje výztuž,
 - v systému specifikovanou výztuž,
 - v systému specifikovanou konečnou povrchovou úpravu, která může zahrnovat dekorativní vrstvu.
- [27]

4.5.1 Tepelné izolace

Nejpoužívanějšími tepelnými izolacemi je minerální vlna, pěnový polystyren (EPS) nebo extrudovaný polystyren (XPS). Mezi další typy tepelné izolace patří celulóza, reflexní tepelná izolace, vakuová izolace, pěnové sklo, pěnový polyuretan (PUR) nebo polyizokyanurát (PIR), perlit, keramzit, desky z dřevité vlny a cementu, korek, ale i přírodní materiály jako je sláma, seno, nebo ovčí vlna.

Nejdůležitější vlastnost, kterou u používaných tepelných izolací musíme sledovat je součinitel tepelné vodivosti λ (lambda), uváděný v jednotkách [W/(m.K)]. Čím je hodnota lambdy menší, tím vyšší je účinnost tepelné izolace. Další důležitou hodnotou je difuzní faktor μ , který uvádí propustnost materiálu vodní párou. [31]

MINERÁLNÍ VLNA

Je to jeden u nás z nejrozšířenějších tepelně izolačních materiálů. Je to izolace vyrobená tavením hornin na slabá vlákna a poté lisováním na příslušné výrobky. Využívá se k tepelné, protipožární i zvukové odolnosti. Může být buď jako čedičová (kamenná) vlna

nebo skelná vlna. Mají nízký difuzní odpor, lehkou tvarovatelnost a odolnost proti vysokým teplotám. Vyrábí se ve formě desek s podélným nebo příčným vláknem. [31]

PĚNOVÝ POLYSTYREN (EPS)

Další z nejrozšířenějších tepelně izolačních materiálů, který je cenově dostupnější než minerální vlna. Je vyráběn dvěma způsoby, a to vypěňováním do forem nebo řezaný z vypěněných bloků (kvádrů). Vypěňovaný je velmi málo nasákavý díky větší uzavřené buněčné struktuře a je pevnější než řezaný. Řezaný má smršťovací vlastnost při určité teplotě, tzn. že není vhodný pro zateplování velmi tmavých fasád orientovaných ke slunečnímu záření, nebo atiky a parapetů. [31]

EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN (XPS)

Je o něco dražší než pěnový polystyren, ale má lepší mechanické vlastnosti jako je nenasákavost. Od pěnového polystyrenu ho rozeznáme tak, že má stejnorodou strukturu při rozlomení. Nedrolí se na jednotlivé kuličky. [31]

5 ZPŮSOBY OCEŇOVÁNÍ

V této teoretické části uvádím stručný přehled základních postupů a způsobů oceňování stavebních prací a dodávek. Dle zaměření mé diplomové práce se jedná o rozpočet a kalkulaci obvodových stěn a jejich zateplení.

5.1 Nákladově orientovaná tvorba ceny

Základem pro tvorbu cen ve stavebnictví je kalkulace nákladů. U této metody musíme věnovat pozornost především evidenci nákladů. Ceny jsou složeny ze součtu nákladů a zisků a jsou odvozeny z ocenění určitého předpokládaného rozsahu odbytu, který ale na ceně závisí. Hlavním nedostatkem nákladově orientované tvorby ceny je především nerespektování měnících se podmínek na trhu. [37]

Z hlediska struktury rozeznáváme kalkulace cenové (rozpočet, fakturovaná cena, nabídková cena) a nákladové (výrobní kalkulace a faktura). [37]

Abychom vypočítali náklady stavebního objektu nebo stavební části, je nutné mít informaci alespoň ze dvou zdrojů. Prvním zdrojem je informace o výměrách stavebního objektu nebo stavební části, které vyčteme z výkazu výměr vypracovaného na základě projektové dokumentace objektu. Jako druhý zdroj jsou informace cenové. Náklady na stavební objekt nebo stavební část stanovíme jako součet součinů výměr v měrných fyzických jednotkách (m^2 , m^3) a cen spojených s příslušnou měrnou jednotkou ($Kč/m^2$, $Kč/m^3$). [37]

Kalkulační vzorec je tvořen jednotlivými složkami nákladů, které vyčíslujeme v kalkulačních položkách. Tento vzorec je používán ve většině podniků v ČR.

Kalkulační vzorec se skládá ze dvou základních skupin nákladů:

- náklady přímé (přímý materiál, mzdy, ostatní přímé náklady),
- náklady nepřímé (režie výrobní, režie správní a zisk).

[38]

5.2 Kalkulace ve stavebnictví

V TSKP od ÚRS a.s. Praha jsou sestavené databáze stavebních prací pro cenové účely. Druh stavebních prací je určen pomocí identifikačního kódu. Pro statistické účely jsou identifikační kódy sestaveny podle SKP vydávané Českým statistickým úřadem. [38]

Množství pracovního času výrobní lidské síly, výrobního zařízení a spotřeby materiálu na provedení m.j. stavební práce určujeme tzv. normou spotřeby. Ta v m.j. vyjadřuje spotřeb m.j. stavební práce (m^3/m^2). V Nh na m.j. vyjadřujeme pracovní čas lidské síly a Sh na m.j. je vyjadřován výkon stroje. [38]

Specifikace označuje náklad na přímý materiál, který není v ceně kalkulován. Je totiž součástí dodávek a kvalitativních podmínek stavební práce. Je kalkulován samostatně ve vazbě na stavební práci a množství specifikace se stanoví pomocí normativů včetně ztratiného a ocení se cenou pořizovací. [38]

Ztratiné je množství výrobního materiálu. Je to materiál znehodnocený technologickými postupy, manipulací a skladováním. [38]

5.3 Rozpočet

Je to jeden z nejdůležitějších dokumentů stavby a je nepostradatelný při tvorbě nabídkové ceny stavebního díla. Tvorba rozpočtu pro stanovení jednotkové ceny je ovlivněna technickými normami, projektovou dokumentací, zákony a oceňovacími podklady.

5.3.1 Položkový rozpočet

Detailně popisuje jednotlivé položky stavby. Vyjadřuje jednotlivé stavební a montážní práce. V položkovém rozpočtu najdeme číselný kód, popis položky, jednotkovou cenu a množství položky. Položkový rozpočet obsahuje položky, a to výkaz výměr, montážní položky, specifikace, přesun hmot a ztratiné. Všechny tyto položky obsahují kód dle TSKP, název položky, měrné jednotky, množství, jednotkovou cenu, celkovou cenu za položku, jednotkovou hmotnost a celkovou hmotnost za položku. [39]

5.4 Dotační program Nová zelená úsporám

Program Nová zelená úsporám je vytvořený Ministerstvem životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR, který je zaměřený na úspory energií v rodinných a bytových domech. Tento program podporuje jak rekonstrukce v podobě dodatečného zateplení, výměny oken a dveří, výměny zdroje vytápění nebo zdroje energie na vytápění, tak i výstavbu nového rodinného domu s velmi nízkou energetickou náročností za použití obnovitelných zdrojů energie a dalších.

Oblasti podpory jsou v programu Nová zelená úsporám rozděleny na:

- A – Snižování energetické náročnosti stávajících domů (zařazení do jedné z oblastí A.0, A.1, A.2, A.3, A.4 + dotační bonus za kombinaci opatření z programu Nová zelená úsporám a kotlíkové dotace – 2.kolo (67. výzva OPŽP od 2017))
- B – Výstavba RD s velmi nízkou energetickou náročností (zařazení do jedné z oblastí B.0, B.1, B.2, B.3, B.4 + podpora na výstavbu zelených střech + podpora na využití tepla z odpadní vody)
- C – Efektivní využití energie (zařazení do jedné z oblastí C.1, C.2, C.3, C.4, C.5, C.6, C.7)

Dotace v oblastech podpory A, C se mohou kombinovat dohromady, kromě oblasti C.2, oblast B je samostatná část a nelze ji kombinovat ani s jednou z dalších oblastí A, C.

V Programu Nová zelená úsporám můžeme získat dotaci dle základních podmínek platných od 15.10.2018:

- žadatel je prvním vlastníkem domu a musí jím zůstat po celou dobu administrace žádosti
- instalace zdrojů využívající OZE provedeny pouze dodavatelem, který má příslušné oprávnění
- velikost RD max. 350 m²

- max. výše dotace pro jednoho žadatele max 5 mil. Kč, která je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů, výjimkou jsou dotační bonusy (např. kotlíková dotace) u kterých je možnost výslovně uvedena
- pro stanovení způsobilosti je rozhodné datum stanoveno ve výši max. 24 měsíců před datem evidence žádosti
- dokončení opatření všech dotovaných částí staveb do 36 měsíců ode dne akceptování žádosti. [35]

5.5 Metody hodnocení investic

Abychom vyhodnotili ekonomickou efektivnost a finanční proveditelnost určitého projektu, je potřeba vyčíslit hodnotu ukazatelů ekonomické efektivnosti. Ty nám měří finanční výnosnost investice do vybraného projektu.

5.5.1 Prostá doba návratnosti

Dobou návratnosti rozumíme počet let, za která projekt vytvoří výnosy R ve výši investovaných nákladů projektu. Dobu návratnosti lze stanovit jednoduchým podílem investičních nákladů a ročního výnosu. Tato metoda se může použít jen v případě, že jsou výnosy v jednotlivých letech konstantní.

$$DN = IC/R$$

DN . . . doba návratnosti investice v letech

IC . . . investiční náklady [Kč]

R . . . výnosy v jednotlivých letech [Kč]

Jelikož se ale hodnota peněžních prostředků mění v čase, není možné toky budoucích výnosů v jednotlivých letech prostě sčítat. Musíme je převést na jejich současnou hodnotu. [43]

5.5.2 Čistá současná hodnota

Představuje přírůstek zdrojů vyvolaný investováním. Funguje na principu, že efektivně investované peněžní prostředky jsou pouze v případě, jeli výnos z investice roven nebo vyšší, než byl počáteční investiční náklad. Umožňuje nám tím zhodnotit ekonomickou efektivnost projektu v delším časovém úseku.

$$PV = \sum_{i=1}^n \frac{R}{(1+r)^i}$$

PV . . . současná hodnota [Kč]

R . . výnosy v jednotlivých letech [Kč]

i . . počet let od 1 do n

r . . diskontní sazba v %/100 (alternativní náklad kapitálu)

Tento zlomek skrývá vzorec pro diskontní faktor $1/(1+r)^i$ [43]

Čistou současnou hodnotu pak spočítáme vzorcem:

$$NPV = PV - IC$$

NPV . . čistá současná hodnota [Kč]

IC . . investiční náklad [Kč]

PV . . současná hodnota [Kč]

Uznáváme všechny investice s nulovou nebo kladnou čistou současnou hodnotou a neuznáváme všechny investice, které mají čistou současnou hodnotu zápornou. [43]

6 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části se zaměřím na konstrukci obvodových stěn a systémové zateplení. Dle zjištěné orientační spotřeby energie na vytápění a na ohřev vody pak zvolím vhodný zdroj energie na vytápění a ohřev TUV. Výsledkem bude návrh finančně i energeticky úsporné skladby obvodového pláště, vhodné navržení ekologického způsobu vytápění a ohřevu teplé vody a propočet doby návratnosti investice do pořízení zdroje tepla i elektřiny.

6.1 Popis objektu

Objekt, který je v mé diplomové práci použit, je navržená novostavba rodinného domu, která bude umístěna na nezastavěné parcele v katastrálním území Brno-město o celkové výměře 659,54 m². Jedná se o návrh dvoupodlažního rodinného domu s vazníkovou střechou, který je nepodsklepený a bude plně zateplený. Způsoby řešení zateplení budou podrobně popsány a navrženy na následujících stranách praktické části diplomové práce.

Obvodová stěna celého domu se skládá ze systémových keramických tvárnic Porotherm a z fasádního zateplovacího systému ISOVER tak, aby splňovala požadavky dle normy ČSN 73 0540. Dům je navržen jako nízkoenergetický.

Podlaha na terénu je odizolovaná tepelnou izolací ISOVER. Strop je navržen systémem MIAKO složený z keramických stropních vložek a keramobetonovými stropními nosníky vyztuženými svařovanou výztuží, která je zalita betonovou mazaninou. Tloušťka stropu v obou podlaží je 250 mm. V 1.NP je na této stropní konstrukci položena podlahová krytina tl.150 mm. U stropu v 2.NP, který rozděluje vytápěnou obytnou část s nevytápěnou střešní částí, je položena parozábrana a na ni je nepochozí tepelná izolace tl.200 mm, kterou je zateplená celá půda. Zateplení je navrženo i mezi krokve a pod krokve vazníkové konstrukce, jelikož je potřeba snížit tepelnou ztrátu objektu na co nejnížší možnou hodnotu.

Stavba je navržena jako nízkoenergetický rodinný dům, určený pro trvalé bydlení čtyřčlenné rodiny. Stavba je vícepodlažní s 2.NP, nepodsklepená, tvořena jednou bytovou

jednotkou. V 1.NP se nachází technická místnost s kuchyňským koutem, obývací pokoj, WC, zádveří, chodba a schodišťový prostor. V 2.NP se nachází koupelna, WC, schodišťový prostor, ložnice a 2 pokoje.

6.2 Návrh obvodové stěny RD

V první třetině praktické části mé diplomové práce se zaměřím na způsob zateplení fasády rodinného domu. Dle podmínek pro provádění vnějšího kontaktního zateplení fasád ETICS podle ČSN 32901 se zaměřím pouze na dvě vrstvy – a to podkladní vrstvu pro zateplení (obvodové zdivo) a na izolační vrstvu (tepelná izolace). Ostatní vrstvy navrhnu u všech hodnocených skladeb stejné. Vnější omítka u zdiva bez systémového zateplení ETICS se bude skládat z tepelně-izolační omítky Baumit termo omítky ThermoPutz tl.30 mm, Baumit stěrkové malty se síťovinou tl.3 mm a pastózní (přibarvené) omítky Baumit Granopor Putz tl.2 mm. Vnitřní omítka bude Baumit sádrová štuková v tl.10 mm a na ní bude vytvořen ještě bílý nátěr.

Pro vrstvu obvodového zdiva jsem využila výrobky značky Wienerberger. Tato firma nabízí produktové řady cihelných broušených bloků vhodných pro výstavbu vnějšího zdiva Porotherm T Profi, Porotherm EKO+ Profi a Porotherm Profi. Potřebné informace jsem sepsala do následující tabulky dle technických listů výrobků a ceníku Porotherm.

Ceny jsou vypsané dle ceníku firmy Wienerberger platný od 1.1.2020

Tabulka 8 - Katalogové parametry značky Porotherm vhodné pro jednovrstvé obvodového zdivo [technické listy Porotherm]

Typ cihly Porotherm	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Tepelný odpor R [m ² .K.W ⁻¹]	Prostup tepla zdivem U [W/m ² .K]	Cena za 1 m ² [Kč] ^[1]
50 T Profi Dryfix	500	0,067	8,16	0,12	3 040,-
44 T Profi Dryfix	440	0,067	7,20	0,14	2 738,-
38 T Profi Dryfix	380	0,068	6,25	0,16	2 370,-

30 T Profi Dryfix	300	0,067	5,15	0,19	1 900,-
50 EKO+ Profi Dryfix	500	0,085	6,43	0,15	2 304,-
44 EKO+ Profi Dryfix	440	0,091	5,34	0,18	2 031,-
44 Profi Dryfix ^[2]	440	0,117	4,14	0,23	1 592,-
38 Profi Dryfix ^[2]	380	0,111	3,90	0,25	1 384,-
30 Profi Dryfix ^[2]	300	0,19	1,76	0,50	1 098,-
24 Profi Dryfix ^[2]	240	0,30	0,90	0,85	907,-

^[1] Ceníková cena bez DPH broušených cihel plněné minerální vatou včetně průměrné spotřeby pěny Porotherm Dryfix

^[2] Broušená cihla s třídou pevnosti v tlaku P10 dle katalogu

6.2.1 Jednovrstvé zdivo – obvodové zdivo bez nutnosti zateplení

Nejdříve jsem se zaměřila na návrh jednovrstvého obvodového zdiva, tzn. pouze zdivo tvořené z pálených keramických tvárnic bez využití doplňkové vrstvy tepelné izolace z vnější strany, které ale musí splňovat doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro nízkoenergetické domy (dále jen „NED“) dle ČSN 73 0540 $U_n \leq 0,25 \text{ W/(m.K)}$

Z tab.7 můžeme vidět, že doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro NED dle ČSN splňují všechny typy cihel kromě broušených cihel typu Porotherm 30 Profi Dryfix a Porotherm 24 Profi Dryfix. Tyto dva typy musím z možných variant pro jednovrstvé obvodové zdivo vyřadit, jelikož nesplňují doporučenou hodnotu $U \leq 0,25 \text{ W/(m.K)}$ pro NED. Nicméně je využiji pro výpočet prostupu tepla u návrhu kombinací kontaktního zateplovacího systému typu ETICS na obvodové zdivo.

6.2.2 Vnější obvodové zdivo doplněné o kontaktní systém ETICS

U systémového zateplení fasád podle ETICS jsem se zaměřila na nejpoužívanější způsoby, a to kontaktní zateplení fasády pomocí minerálních vln nebo pěnového polystyrénu. Co se týče materiálu tepelné izolace, tak jsem se zaměřila pouze na jednu firmu, od které jsem vypsala všechny její nejčastější a pro můj projekt nejvhodnější

produkty. Vybraná firma se jmenuje ISOVER. Téměř veškerý sortiment této firmy je podporován programem „Nová zelená úsporám“

Všechny typy tepelných izolací jsem vybrala v jednotné tloušťce 160 mm, jelikož jsem sestavila zateplení fasád na tloušťku stěny 300 a 240 mm, z již předchozí tabulky firmy Porotherm, které nevyhověly požadavkům na jednovrstvé zdivo NED. Použila jsem broušené cihly Porotherm 30 Profi Dryfix a Porotherm 24 Profi Dryfix.

Tabulka 9 - Tepelné izolace z minerální čedičové vlny značky ISOVER pro kontaktní zateplení fasády [technické listy Isover]

Typ izolace	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Tepelný odpor R [m².K.W⁻¹]	Cena za 1 m² [Kč] ^[1]
Isover TF PROFI	160	0,036	4,40	784,-
Isover NF 333	160	0,041	3,90	784,-
Isover TF	160	0,038	4,20	864,-
Isover TF THERMO	160	0,035	4,55	768,-
Isover TOP V	160	0,040	4,00	1 344,-

^[1] Ceníkové ceny bez DPH firmy ISOVER

Typy tepelné izolace z minerální čedičové vlny vypsané v předešlé tabulce jsou dle katalogu značky ISOVER vhodné pro kontaktní zateplení fasády. Nabídka produktů od firmy ISOVER je samozřejmě o něco větší, ale co se týče vhodnosti, vybrala jsem pouze ty typy izolace, které jsou vhodné a doporučené právě pro použití do kontaktního zateplení budov. Jiné typy se hodí spíše pro provětrávané fasády nebo fasády dřevostaveb, které v mém projektu navržené nejsou.

Tabulka 10 - Tepelné izolace z pěnového expandovaného polystyrenu značky ISOVER pro kontaktní zateplení fasády [technické listy Isover]

Typ izolace	Tloušťka [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Tepelný odpor R [m².K.W⁻¹]	Cena za 1 m² [Kč] ^[1]
Isover EPS GreyWall SP	160	0,031	5,20	588,40,-
Isover EPS 70F	160	0,039	4,10	334,4,-
Isover EPS 100F	160	0,037	4,30	392,-
Isover EPS GrayWall	160	0,032	5,00	398,4,-
Isover EPS GrayWall Plus	160	0,031	5,15	432,-

Stejně jako u tabulky s tepelnou izolací z minerální čedičové vlny i v této tabulce s tepelnou izolací z pěnového expandovaného polystyrenu jsem vypsal pouze izolace, které jsou dle doporučení firmy ISOVER nejvhodnější pro kontaktní zateplení fasády.

Po vyhledání a vypsaní všech druhů broušených cihel a tepelné izolace, jsem sestavila kombinaci skladeb pro kontaktní zateplení fasády, které jsem v dalším kroku posoudila v programu TEPLO 2017 EDU. V tomto programu jsem zjistila potřebné údaje součinitelů prostupu tepla pro všechny mnou navržené skladby kontaktního zateplení.

Tabulka 11 - Jednotlivé hodnoty U dle programu Teplo 2017 EDU [autor]

Typ konstrukce vnější stěny	Součinitel prostupu tepla konstrukce U [W/m².K]
Skladba 1 (Obv. zdivo Porotherm 50 T Profi Dryfix)	0,143
Skladba 2 (Obv. zdivo Porotherm 44 T Profi Dryfix)	0,161
Skladba 3 (Obv. zdivo Porotherm 38 T Profi Dryfix)	0,184
Skladba 4 (Obv. zdivo Porotherm 30 T Profi Dryfix)	0,223

Skladba 5 (Obv. zdivo Porotherm 50 EKO+ Profi Dryfix)	0,182
Skladba 6 (Obv. zdivo Porotherm 44 EKO+ Profi Dryfix)	0,206
Skladba 7 (Obv. zdivo Porotherm 44 Profi Dryfix)	0,242
Skladba 8 (Obv. zdivo Porotherm 38 Profi Dryfix)	0,247
Skladba 9 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TF Profi)	0,159
Skladba 10 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TF Profi)	0,183
Skladba 11 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover NF 333)	0,174
Skladba 12 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover NF 333)	0,203
Skladba 13 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TF)	0,171
Skladba 14 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TF)	0,199
Skladba 15 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TF THERMO)	0,155
Skladba 16 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TF THERMO)	0,179
Skladba 17 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TOP V)	0,171
Skladba 18 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TOP V)	0,199
Skladba 19 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS GreyWall SP)	0,142
Skladba 20 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS GreyWall SP)	0,162
Skladba 21 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS 70F)	0,168
Skladba 22 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS 70F)	0,195
Skladba 23 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS 100F)	0,162
Skladba 24 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS 100F)	0,187
Skladba 25 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS GreyWall)	0,146
Skladba 26 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS GreyWall)	0,166
Skladba 27 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS GreyWall Plus)	0,142
Skladba 28 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS GreyWall Plus)	0,162

Skladby od č.1 po č.8 jsou vytvořeny pouze z broušených pálených tvárnic značky Porotherm, které jsou (jak uvádí výrobce v technických listech) vhodné pro tvorbu

jednovrstvých obvodových zdí – tzn. obvodové zdi bez potřeby dodatečného kontaktního zateplení. Od skladby č.9 až po poslední skladbu č.28 jsou navrženy kombinace tvárnic s kontaktním zateplením. Použity jsou nepoužívanější a nejvhodnější tepelné izolace

firmy Isover, která tyto izolace doporučuje k sestavení kontaktního zateplovacího systému dle ETICS.

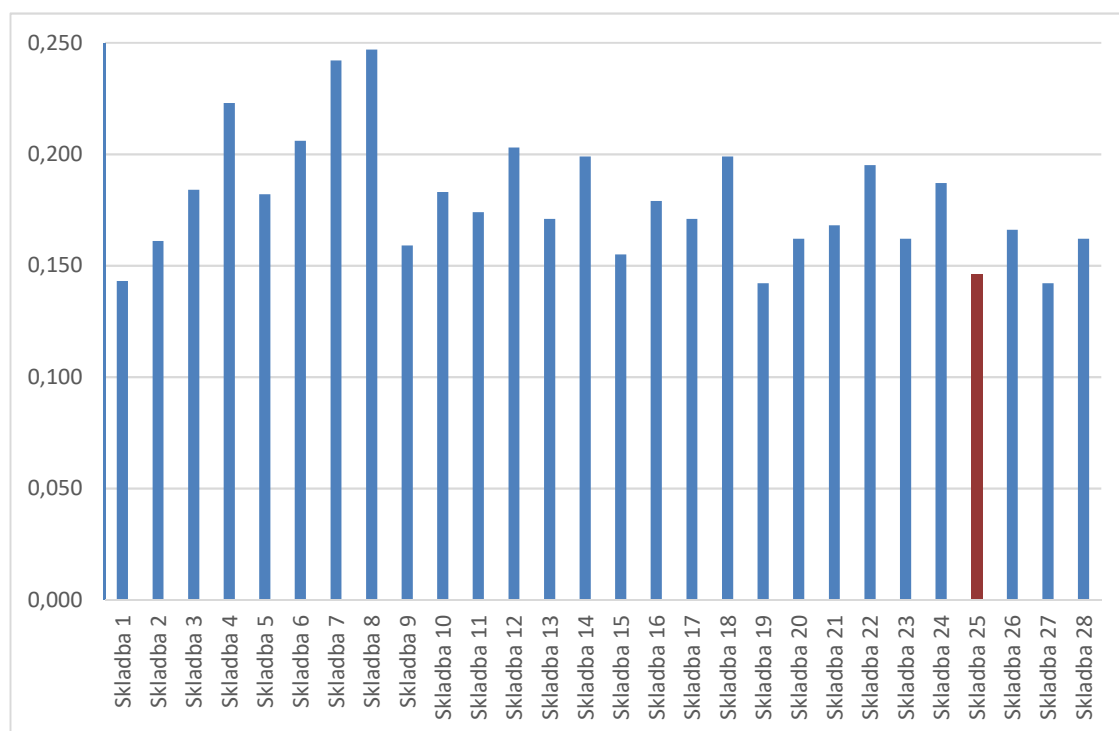
Tabulka 12 – Ceny jednotlivých konstrukcí obvodového zdiva oceněné v rozpočtářském programu Kros 4 [autor]

Typ konstrukce vnější stěny	Cena [Kč/m²]
Skladba 1 (Obv. zdivo Porotherm 50 T Profi Dryfix)	3 874,13
Skladba 2 (Obv. zdivo Porotherm 44 T Profi Dryfix)	3 244,09
Skladba 3 (Obv. zdivo Porotherm 38 T Profi Dryfix)	2 996,87
Skladba 4 (Obv. zdivo Porotherm 30 T Profi Dryfix)	2 637,97
Skladba 5 (Obv. zdivo Porotherm 50 EKO+ Profi Dryfix)	2 991,46
Skladba 6 (Obv. zdivo Porotherm 44 EKO+ Profi Dryfix)	2 802,76
Skladba 7 (Obv. zdivo Porotherm 44 Profi Dryfix)	2 585,67
Skladba 8 (Obv. zdivo Porotherm 38 Profi Dryfix)	2 348,76
Skladba 9 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TF Profi)	2 973,89
Skladba 10 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TF Profi)	2 809,17
Skladba 11 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover NF 333)	3 038,89
Skladba 12 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover NF 333)	2 860,71
Skladba 13 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TF)	3 012,89
Skladba 14 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TF)	2 834,71
Skladba 15 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TF THERMO)	3 068,89
Skladba 16 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TF THERMO)	2 890,71
Skladba 17 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover TOP V)	3 717,37
Skladba 18 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover TOP V)	3 539,19
Skladba 19 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS GreyWall SP)	2 686,93
Skladba 20 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS GreyWall SP)	2 508,51
Skladba 21 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS 70F)	2 329,15
Skladba 22 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS 70F)	2 150,73
Skladba 23 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS 100F)	2 363,29

Skladba 24 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS 100F)	2 184,87
Skladba 25 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS GreyWall)	2 400,01
Skladba 26 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS GreyWall)	2 221,59
Skladba 27 (Obv. zdivo tl.30 cm + TI Isover EPS GreyWall Plus)	2 421,85
Skladba 28 (Obv. zdivo tl.24 cm + TI Isover EPS GreyWall Plus)	2 243,43

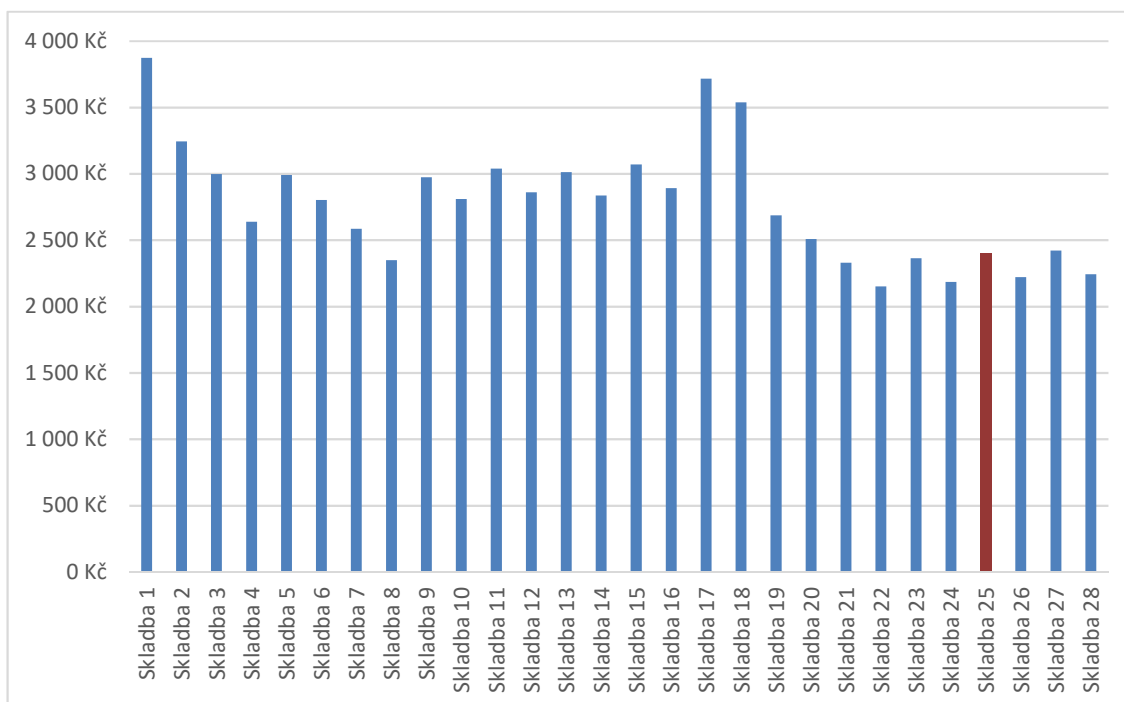
V tabulce je přehled cen jednotlivých navržených obvodových konstrukcí, které jsem nacenila v rozpočtářském programu Kros 4. Ceny jsou uvedené v Kč/m² bez DPH. V programu jsem využívala směrné ceny z databáze ÚRS Praha 2018.

Obrázek 16 – Výsledné součinitele prostupu tepla navržených skladeb obvodového zdiva [autor]



Obrázek 16 představuje graf výsledných součinitelů prostupu tepla navržených skladeb obvodového zdiva. Můžeme zde přehledně vidět rozdíly hodnot U pro jednotlivé konstrukce.

Obrázek 17 - Graf výsledných cen navržených skladeb obvod. zdiva [autor]



Dle součinitele prostupu tepla U , což je pro mě hlavní hledisko ve výběru skladby obvodového zdiva, jsem se zaměřila na prvních 5 skladeb s nejmenší hodnotou U . Jako první mi vyšla skladba 19, druhá skladba 27, třetí skladba 1, čtvrtá skladba 25 a pátá skladba 15. Poté jsem se zaměřila na cenu jednotlivých skladeb. Nejdražší z těchto pěti skladeb vyšla skladba 1, což je nezateplené zdivo tl.50 cm z Porotherm tvárnic 50 T Profi Dryfix s vyplněními mezerami v tvárnici minerální vatou. Kvůli ceně jsem ale tuto skladbu vyřadila z možných variant skladeb obvodového zdiva. Jelikož zbývající vybrané čtyři skladby jsou se zateplením, vyplývá z toho, že zateplení bude z hlediska snižování prostupu tepla konstrukcemi vhodnější varianta.

V dalším kroku porovnání skladeb jsem se už zaměřila pouze na hodnotu prostupu tepla, kdy nejlépe vycházely skladby 19 a 27, které měly shodnou hodnotu prostupu tepla a to **0,142 [W/m².K]**. Z nich jsem si poté vybrala levnější variantu, a tudíž mi pro tvorbu obvodového zdiva vyšla nejlépe ze všech skladeb skladba 27, která se skládá z vnitřních a vnějších omítek, obvodového zdiva Porotherm 30 Profi Dryfix tl.300 mm a kontaktního zateplení z tepelné izolace Isover EPS GreyWall Plus tl.160 mm. Cena této skladby je

2422 Kč/m² bez DPH a celková tloušťka stěny je 475 mm i s omítkami. Na obou grafech je vybraná skladba zvýrazněna červenou barvou.

6.3 Volba ostatních hlavních konstrukcí RD

Po pečlivém porovnání a vybrání skladby obvodového zdiva jsem si zvolila skladbu podlahy, stropu a střechy k následnému výpočtu celkové potřeby energie a tepelných ztrát domu.

PODLAHA

Při návrhu podlahy jsem se zaměřila na nejpoužívanější způsob pokládky, a to na těžkou plovoucí podlahu v kombinaci s podlahovým vytápěním. Tato podlaha je od nosného podkladu a ostatních vertikálních prvků podlahy oddělena izolací, takže tzv. „plave“. Cíleně jsem navrhla podlahu s teplovodním podlahovým vytápěním, jelikož je velmi vhodné pro vytápění domu v kombinaci s tepelným čerpadlem i solárními kolektory, které chci na RD v mé diplomové práci použít.

Teplovodní podlahové topení totiž využívá vodu o teplotě kolem 38/35 °C, tudíž je spotřeba energie na toto vytápění podstatně nižší než u klasických otopných těles (např. radiátorů). Díky akumulární vrstvě, ve které jsou rozvody podlahového topení zality, je úspornost tohoto vytápění ještě větší. Další výhodnou vlastností podlahového vytápění je i možnost chlazení v letních dnech.

Skladba podlahy na terénu z těžké plovoucí podlahy s roznášecí vrstvou z lité anhydritové mazaniny a podlahovým vytápěním:

- vinylová podlaha 5.0 Grey oak 1210 x 169 x 5 mm,
- litý anhydritový potěr ANHYMENT FE 20 tl.50 mm,
- podlahové topení (potrubí RAUTITAN Flex 16 x 2,2 mm, fixace pomocí systémové izolační desky na izolaci) součást lité podlahy, od izolace po horní kraj trubky tl.53 mm,
- PE krycí fólie podlahového vytápění REHAU tl.1 mm,

- tepelná izolace z podlahového polystyrenu Isover EPS 100 (1x80mm, 1x 60 mm) tl.140 mm,
- hydroizolace z asfaltových pásů natažených v jedné vrstvě na penetrovaný podklad tl.5 mm,
- podkladní beton vyztužen KARI sítí tl.150 mm,
- hutněný štěrkopískový podsyp tl.250 mm,
- rostlý terén.

Skladba podlahy na stropě nad 1.NP z těžké plovoucí podlahy s roznášecí vrstvou z lité anhydritové mazaniny a podlahovým vytápěním:

- vinylová podlaha 5.0 Grey oak 1210 x 169 x 5 mm,
- litý anhydritový potěr ANHYMENT FE 20 tl.50 mm,
- podlahové topení (potrubí RAUTITAN Flex 16 x 2,2 mm, fixace pomocí systémové izolační desky na izolaci) součást lité podlahy, od izolace po horní kraj trubky tl.53 mm,
- PE krycí fólie podlahového vytápění REHAU tl.1 mm,
- tepelná izolace z čedičové minerální vlny Isover T-N tl.40 mm,
- nosná konstrukce stropu z keramických vložek Miako tl.150 mm.

Důvodem využití anhydritové mazaniny v podlahách jsou kladné vlastnosti této podlahy v kombinaci s podlahovým vytápěním. Díky absenci pórů je totiž schopna dokonale vyplnit prostory mezi kabely či trubkami podlahového topení a tím dochází k lepšímu a rychlejšímu průchodu tepla konstrukcí a ke snížení nákladů na vytápění. Je to nejvhodnější druh mazaniny z hlediska využití pro podlahového vytápění.

Hlavními důvody a výhodami výběru teplovodního podlahového vytápění byla estetická a prostorová stránka, jelikož není potřeba instalovat v pokojích radiátory, dále technická stránka, protože podlahové topení zajišťuje rovnoměrné vytápění po celé ploše podlahy, tepelná pohoda z hlediska příjemnějšího doteku chodidel s podlahou, nízké provozní náklady na vytápění a jak už jsme zmiňovala i vhodnost kombinace s tepelným čerpadlem které vodu ohřívá a v letních měsících je schopno vodu chladit.

STROP A STŘECHA

Strop oddělující 2.NP s půdní nevytápěnou částí je navržen ze stropních vložek MIAKO v tl.250 mm. Na něm je položena parozábrana a tepelná izolace Isover UNI v tl.180 mm.

Střecha je dřevěná vazníková konstrukce s krytinou ze střešních tašek Brněnka 14 od firmy Tondach. Mezi krokve je vložena tepelná izolace Isover UNIROL PROFI v tl.160 mm a nad krokve je využita ještě izolace Isover UNI v tl.60 mm. Na krokve a izolaci je připevněna parobrzdá Isover Vario XtraSafe. Součinitel prostupu tepla izolací Isover UNIROL PROFI celkové tloušťky 220 mm je $U = 0,16 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$.

Základem pro snížení energetické náročnosti budovy je kvalitní a dostatečná tepelná izolace ve všech konstrukcích domu (obvodové zdivo, podlaha na terénu, strop mezi vytápěnou a nevytápěnou konstrukcí, střecha), aby vznikaly co nejmenší tepelné ztráty prostupem tepla těchto konstrukcí.

6.4 Roční potřeba energie na vytápění

RD je pro mou diplomovou práci navržený jako nízkoenergetický dům, tzn. že musí splňovat podmínku roční potřeby energie na vytápění dle ČSN 73 0540 $\leq 50 \text{ kWh/m}^2$. Orientační výpočet jsem si usnadnila dosazením hodnot do „On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám – Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy“ na internetových stránkách tzb-info.cz

Díky této kalkulačce jsem si mohla ověřit, zda RD splňuje požadavky normy na potřebu energie na vytápění a jaké jsou celkové teplené ztráty objektu. Je to velmi dobrá pomůcka pro orientační výpočet tepelných ztrát objektu, roční potřeby energie objektu i pro zjištění, do které energetické skupiny se dům, dle zadaných hodnot, zařazuje.

Do kalkulačky jsem zadala všechny důležité parametry pro co nejpodrobnější výpočet. Začala jsem zadáním lokality, kdy se mi poté automaticky vyplnily hodnoty pro venkovní návrhovou teplotu v zimním období θ_e , délka otopného období d a průměrná venkovní teplota v otopné období θ_{em} .

Pak jsem se přesunula na charakteristiku objektu, kde jsem vyplnila převažující vnitřní teplotu v otopném období Θ_{im} , kdy obvyklá teplota bývá uvažována 20 °C, spočítala jsem si dle mého projektu objem budovy (což je vnější objem vytápěné zóny budovy, která nezahrnuje nevytápěné podkroví ani základy). Další položkou byla celková podlahová plocha A_c (podlahová plocha 1.NP i 2.NP, která je vymezená vnitřním lícem obvodových stěn, ale bez podlahy nevytápěných prostor). Trvalý tepelný zisk H_+ zahrnuje teplo od spotřebičů (cca 100 W/byt) a teplo od lidí (70 W/os.). Můj dům je navržen pro 4člennou rodinu. Solární tepelné zisky H_{s+} byly vypočítány automaticky pomocí velice přibližného výpočtu dle vyhlášky č. 291/2001 Sb. Celková plocha A , která je podle zadaných hodnot konstrukcí podle součinitele prostupu tepla, plochy konstrukce, činitele teplotní redukce a měrné ztráty prostupem tepla, se vyplnila automaticky jako součet všech zadaných ploch do tabulky ochlazovaných konstrukcí. Činitel teplotní redukce byl pro jednotlivé typy konstrukcí již předvyplněný. Intenzita větrání byla také už předvyplněná.

Součinitele prostupu tepla stěny, podlahy na terénu, stropu pod půdou a střechy jsem vyplnila podle výpočtu U z programu TEPLO 2017 EDU.

Účinnost rekuperace jsem zvolila 70 %. Toto je minimální účinnost v mém RD pro splnění požadavku doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro nízkoenergetické domy $U \leq 50 \text{ kWh/m}^2$. Abych mohla využít dotace z programu Nová zelená úsporám, je právě jednou z podmínek instalace rekuperace.

Při zadání vyššího % účinnosti rekuperace se hodnota roční potřeby energie RD zvýší na:

Tabulka 13 - Hodnota roční potřeby energie na vytápění z hlediska účinnosti rekuperace [autor]

Účinnost	Roční potřeba energie
80 %	43,3 kWh/m ²
90 %	39,3 kWh/m ²

Obrázek 18 - On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám z tzb-info.cz

[tzb-info.cz + autor]

On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám*

Zjednodušený výpočet potřeby tepla na vytápění a tepelných ztrát obálkou budovy

*Výpočet energetických úspor a výše dotací je nastaven na původní program Zelená úsporám 2009. Výpočet je nadále vhodný pro hrubý odhad energetických úspor při zateplení obálky budovy.

LOKALITA / UMÍSTĚNÍ OBJEKTU

Město / obec / lokalita	Brno ▼ ?
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-15 °C
Délka otopného období d	222 dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období θ_{am}	3.6 °C

CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{in} obvyklá teplota v interiéru se uvažuje 20 °C	20 °C
Objem budovy V vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje nevytápěné podkrovní, garáže, sklepy, lodžie, římsy, atiky a základy	724 m ³
Celková plocha A součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy (automaticky, z níže zadaných konstrukcí)	568.290 m ²
Celková podlahová plocha A_c podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřním lícem obvodových stěn (bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor)	194,4 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0.78 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H_+ Obvyklý tepelný zisk zahrnuje teplo od spotřebičů (cca 100 W/byt), teplo od lidí (70 W/os.) apod.	380 W
Solární tepelné zisky H_{s+} ☒ Použít velice přibližný výpočet dle vyhlášky č. 291/2001 Sb ☐ Zadat vlastní hodnotu vypočtenou ve specializovaném programu	1955 kWh / rok

POCHLAZOVANÉ KONSTRUKCE OBJEKTU / ZATEPLENÍ, VÝMĚNA OKEN

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm] ? / nová okna U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-] ?		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1	0,142	mm	204,4175	1.00	1.00	29	29
Stěna 2		mm		1.00	1.00	0	0
Podlaha na terénu	0,187	mm	99,44	0.40	0.40	7.4	7.4
Podlaha nad sklepem (sklep je celý pod terénem)		mm		0.45	0.45	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep částečně nad terénem)		mm		0.65	0.65	0	0
Střecha	0,16	mm	131,9055	1.00	1.00	21.1	21.1
Strop pod půdou	0,191	mm	99,44	0.80	0.95	15.2	18
Okna - typ 1	0,95		27,8375	1.00	1.00	26.4	26.4
Okna - typ 2				1.00	1.00	0	0
Vstupní dveře	1,1		5,25	1.00	1.00	5.8	5.8
Jiná konstrukce - typ 1		?		1.00	1.00	0	0
Jiná konstrukce - typ 2		?		1.00	1.00	0	0

LINEÁRNÍ TEPELNÉ MOSTY

Před úpravami	$\Delta U = 0.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ - konstrukce téměř bez tepelných mostů (optimalizované řešení) ▼
Po úpravách	$\Delta U = 0.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ - konstrukce téměř bez tepelných mostů (optimalizované řešení) ▼

VĚTRÁNÍ

Intenzita větrání s původními okny n_1 obvyklá intenzita větrání u těsných staveb (novostaveb) je 0.4 h^{-1} , u netěsných staveb může být 1 i více	? 0.4 h ⁻¹
Intenzita větrání s novými okny n_2 obvyklá intenzita větrání u těsných staveb (novostaveb) je 0.4 h^{-1} , u netěsných staveb může být 1 i více	? 0.4 h ⁻¹
Účinnost nově zabudovaného systému rekuperace tepla η_{rek} zadejte deklarovanou účinnost (ve výpočtu bude snížena o 10 %)	70 % ▼

ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	70.2 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	47.3 kWh/m ²

ZELENÁ ÚSPORÁM - VÝŠE PODPORY PRO

RODINNÉ DOMY ▼

Úspora: 33%

Máte nárok na dotaci v rámci části programu A.1 - celkové zateplení.

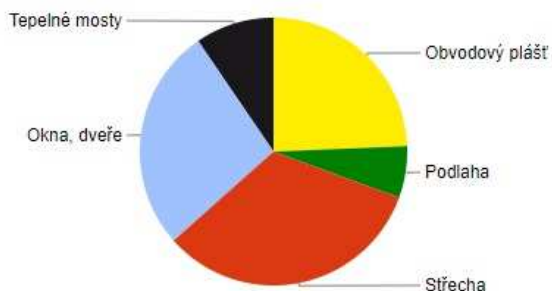
Dotace ve vašem případě činí 1550 Kč/m² podlahové plochy, to je 301320 Kč.

Pro získání vyšší dotace musíte dosáhnout minimální potřeby tepla na vytápění 40 kWh/m².

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY



Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi - po zateplení



Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	1 016
Podlaha	260
Střeška	1 370
Okna, dveře	1 128
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	398
Větrání	1 464
--- Celkem ---	5 636

Výpočet výše podpory pro RD v rámci programu Zelená úsporám v této on-line kalkulačce ale není pro můj RD využitelný, jelikož je počítáný pro dotace v části programu A – Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů. V mé práci je hodnocena novostavba nízkoenergetického domu, tudíž se zařazuje do oblasti B, C. Využitelnou výslednou položkou z tohoto výpočtu je hodnota roční měrné potřeby energie na vytápění 47,3 kWh/m². Po vynásobení podlahovou plochou činí roční spotřeba **9,195 MWh**. Další použitelný údaj je graf s tabulkou pro tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi RD, které činí **5,636 kW** za rok.

Obrázek 19 - Potřeba tepla pro ohřev vody [tzb-info.cz + autor]

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Výpočet potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody počítá celkovou roční potřebu energie na vytápění a ohřev vody GJ/rok i MWh/rok dle lokality, venkovní výpočtové teploty, délky otopného období a dalších okrajových podmínek.

Lokalita (Tabulka) t_{em} = 12 °C ☒ t_{em} = 13 °C ☐ t_{em} = 15 °C ???

Město Délka topného období d = [dny]

Venkovní výpočtová teplota t_e = °C Prům. teplota během otopného období t_{es} = °C

☐ Vytápění

Tepelná ztráta objektu Q_c = kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} = °C ???

Vytápěcí denostupně
D = d · (t_{is} - t_{es}) = 3641 K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

e_i = ??? η_o = ???

e_t = ??? η_r = ???

e_d = ???

Opravný součinitel ε ???

ε = e_i · e_t · e_d = 0.765

ε =

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

Q_{VYT,r} = (GJ/rok)

Q_{VYT,r} = (MWh/rok)

☒ Ohřev teplé vody

t₁ = °C ??? ρ = kg/m³ ???

t₂ = °C ??? c = J/kgK ???

V_{2p} = m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému z = ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě t_{svl} = °C

Teplota studené vody v zimě t_{svz} = °C

Počet pracovních dní soustavy v roce N = [dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

Q_{TUV,r} = (GJ/rok)

Q_{TUV,r} = (MWh/rok)

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = (GJ/rok)

8.1 MWh/rok

Abych mohla vybrat správný zdroj pro vytápění a ohřev užitkové vody, využila jsem další online kalkulačku na portále tzb-info.cz. V kalkulačce si mohu pomocí hodnoty tepelných ztrát budovy orientačně vypočítat potřebu tepla jak na ohřev vody, tak i na vytápění. Roční potřebu na vytápění už jsem si spočítala, takže jsem využila výpočet pouze pro ohřev teplé vody. Hodnota roční potřeby tepla na ohřev vody mi vyšel **8,1 MWh**.

6.5 Dotační program Nová Zelená úsporám

Dle těchto oblastí se můj hodnocený RD zařazuje buď jen do oblasti B.0 – Výstavba RD s nízkou energetickou náročností (měrná roční potřeba tepla na vytápění je pod 50 kWh/m² ale více než 20 kWh/m²), anebo do oblasti C.3.8 Instalace FV systému efektivně spolupracujícího se systémem vytápění a přípravy teplé vody s tepelným čerpadlem + C.4 Instalace centrálního systému větrání se zpětným získáváním tepla.

Výše dotace z oblasti B.0 je dle tabulek Nová zelená úsporám ve výši 150 000 Kč, výše dotace z oblasti C.3.8 + C.4.1 je 250 000 Kč (150 000 + 100 000). Výsledná suma dotací může být vyšší o dotaci na zpracování odborného posudku a zjištění měření průvzdušnosti obálky budovy, ale to jsem do svého propočtu nároků na dotaci nezapočítávala.

Jelikož nemůžu oblast B, C sloučit dohromady, zaměřila jsem se na vyšší dotaci, což je z oblasti C – Efektivní využití energie (dotace na instalaci fotovoltaických panelů v kombinaci s tepelným čerpadlem a na instalaci rekuperace s účinnosti až 95 %).

6.6 Výběr vhodného zdroje energií

TEPELNÉ ČERPADLO

Jako hlavní zdroj energie pro vytápění a pro ohřev užitkové vody jsem si vybrala tepelné čerpadlo vzduch-voda, které je napojené na teplovodní podlahové vytápění. Jak už jsem popisovala v teoretické části, tepelné čerpadlo (dále „TČ“) je schopno pracovat samostatně do určité venkovní teploty. Minimální hodnota teploty vzduchu pro samostatný výkon čerpadla se vyčte z technických parametrů od výrobce. Pokud teplota vzduchu klesne pod určenou hodnotu výrobce, zapne se záložní (bivalentní) zdroj – elektrina.

Tím jsem navázala na vybraný zdroj elektřiny. Použila jsem fotovoltaickou elektrárnu (dále „FVE“), která je v kombinaci s TČ. Tyto panely snižují roční spotřebu elektrické energie v domácnosti odebírané z distribuční sítě na potřebu elektřiny pro domácí

spotřebiče a osvětlení a v případě nízkých teplot podporují chod TČ. Podrobně pospaný výběr FVE ale později.

Díky On-line kalkulačce úspor a dotací Zelená úsporám z portálu tzb-info.cz jsem si zjistila orientační tepelné ztráty hodnoceného RD. Podle těchto ztrát jsem si zvolila vhodné tepelné čerpadlo vzduch-voda. Tepelným čerpadlem chci zajistit ohřev vody pro teplovodní podlahové vytápění a užitkovou vodu a v letních měsících naopak případné chlazení vody pro podlahové vytápění. Moje spočítaná orientační hodnota ročních tepelných ztrát je **5,278 kW** a obytná plocha RD je 105,83 m².

Z těchto hodnot mi vyšlo jako nejvhodnější tepelné čerpadlo Convert AW9 od české společnosti AC Heating. Zvolila jsem si ho podle standartního užití, podle tepelné ztráty hodnoceného RD a obytné plochy. Pokud bych měla již stávající dům a chtěla vyměnit kotel, který nesplňuje emisní podmínky, za tepelné čerpadlo, mohla bych využít kotlíkové dotace programu Nová zelená úsporám, který tento typ čerpadla podporuje. Jelikož mám novostavbu, tato dotace se na koupi TČ nevztahuje.

U výběru TČ je důležité ho nepředimenzovat a ani nepoddimenzovat. Kdyby byl jeho výkon větší, než je RD schopno spotřebovat a neměli bychom akumulární jednotku pro ukládání nespotřebované energie, čerpadlo by se akorát ničilo. Pokud by výkon čerpadla nestačil na výrobu potřebného tepla pro RD, musel by se častěji spouštět bivalentní zdroj (elektřina) a tím pádem bychom vlastně skoro nic neušetřili a investice by byla neefektivní.

Obrázek 20 - Popis tepelného čerpadla použitého do RD [36]

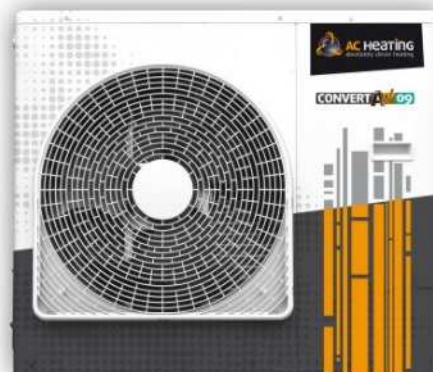
Charakteristika

A+++

Topný výkon TČ:	10,5 kW (A2W35)
Cena:	od 159 800 Kč (cena je bez DPH, vč. základní regulace)
Standardní využití:	V nízkoenergetických domech a novostavbách s tepelnou ztrátou 6,0 až 7,5 kW, k vytápění a ohřevu užitkové vody (k ohřevu bazénu).
Obytná plocha:	90 - 120 m ²



Zařízení je certifikováno v dotačních titulech Nová zelená úsporám (NZÚ) a kotlíková dotace pod SVT kódem 3635.



Tabulka 14 - Technické parametry TČ Convert AW9 [36]

Maximální topný výkon	10,5 kW
Minimální topný výkon	2,9 kW
Nominální topný výkon	10,1 kW
COP (A7W35)	4,73
*COP (A2W35)	3,70
SCOP	4,59
Energetická třída	A+++
**T _{bivalent} u teploty topné vody 35 °C	-10 °C
***P _{design} u teploty topné vody 35 °C	6,0 kW
****T _{design} u teploty topné vody 35 °C	- 10 °C
Cena včetně DPH (21%)	193 358 Kč

* COP účinnost tepelného čerpadla (teoretický poměr mezi výrobou a spotřebou energie)

** venkovní teplota spínání bivalentního zdroje

*** tepelná ztráta objektu

**** venkovní teplota příslušná hodnotě P_{design}

pozn.: označení (A2W35) znamená Air 2 °C, Water 35 °C – teplota přiváděného vzduchu 2 °C a rozvod ohřívání vody do podlahového topení 35 °C

Pro velmi zjednodušený orientační výpočet úspory energie tepelného čerpadla oproti elektrokotli, jsem si vytvořila následující tabulku.

Tabulka 15 - Úspora energie na vytápění a ohřev TUV tepelného čerpadla [autor]

Vstupní informace	
Potřeba energie na vytápění a ohřev TUV	47,3 + 8,1 kWh/m ²
Podlahová plocha RD	194,4 m ²
Průměrná cena elektřiny	4,83 Kč/kWh
Celková roční spotřeba energie	
Elektrokotel	10 769,76 kWh
Tepelné čerpadlo při úspoře energie 70 %	3 230,93 kWh
Úspora energie tepelným čerpadlem oproti elektrokotli	7 538,83 kWh

Při výpočtu byla použita průměrná cena elektřiny za kWh. Nebyla zde započítána skutečná cena dle distribuční sazby (distribuční sazba pro elektrokotel je D45d a pro tepelné čerpadlo je D57d dle podmínek E.ON).

Tabulka 16 - Doba návratu investice do tepelného čerpadla s d.s. 10 % [autor]

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny každoročně navýšená o 3 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 10 %	Diskontované roční CF (Kč)	Roční CF (Kč)
0	193 358			1		-193 358
1		4,83	36 413	0,9091	33 102	-160 256
2		4,97	37 505	0,8264	30 996	-129 260
3		5,12	38 630	0,7513	29 023	-100 237
4		5,28	39 789	0,6830	27 176	-73 060
5		5,44	40 983	0,6209	25 447	-47 613
6		5,60	42 212	0,5645	23 828	-23 785
7		5,77	43 478	0,5132	22 311	-1 474
8		5,94	44 783	0,4665	20 892	+19 417

Tabulka 17 - Doba návratu investice do tepelného čerpadla s d.s. 5 % [autor]

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny každoročně navýšená o 3 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 5 %	Diskontované roční CF (Kč)	Roční CF (Kč)
0	193 358			1		-193 358
1		4,83	36 413	0,9524	34 679	-158 679
2		4,97	37 505	0,9070	34 018	-124 661
3		5,12	38 630	0,8638	33 370	-91 291
4		5,28	39 789	0,8227	32 734	-58 557
5		5,44	40 983	0,7835	32 111	-26 446
6		5,60	42 212	0,7462	31 499	+5 054

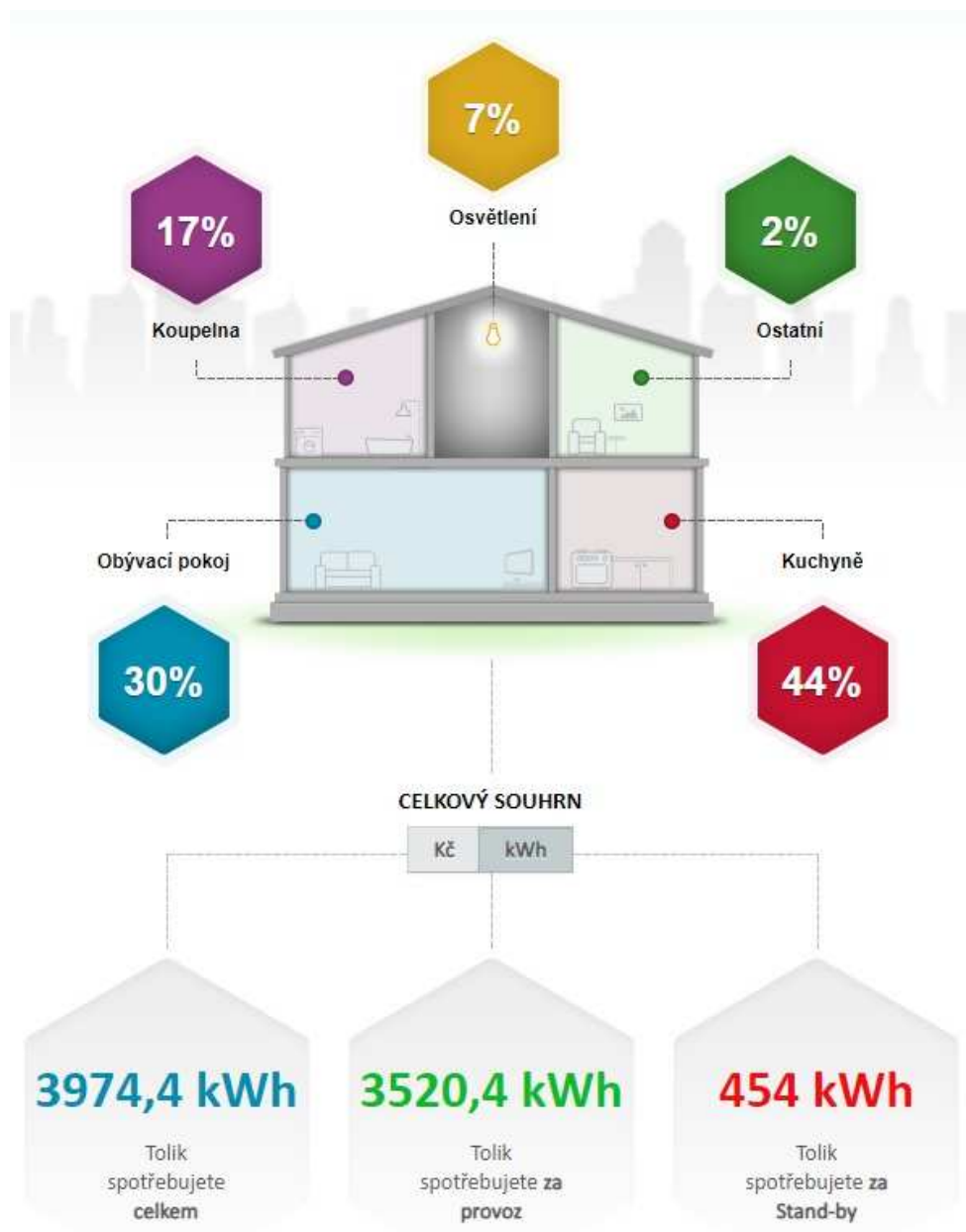
Abych spočítala správnou dobu návratnosti investice dle aktuální průměrné ceny elektřiny v Kč/kWh, musela jsem si spočítat i průměrnou cenu s každoročním nárůstem o 3 % a kumulované roční cashflow upravit o diskontní faktor. První tabulka je spočítaná s diskontní sazbou 10 %. Investiční náklad (IN) je pořizovací cena 193 358 Kč s DPH. V tab.15 můžeme vidět, že v přelomu 7. a 8. roku od pořízení se nám investice do tepelného čerpadla začíná vracet (předpokládaná průměrná cena za elektřinu se nám zvedla od roku 2020 o 1,11 Kč/kWh). To znamená, že doba návratu investice je v 8 roce.

Pro přehled jsem vypočítala dobu návratnosti s variantou diskontní sazby 5 %. Tady je doba návratnosti investice do TČ už v 6. roce od pořízení.

FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA

Pro výběr vhodných fotovoltaických panelů jsem si na portálu elektřina.cz spočítala orientační roční spotřebu elektřiny pro můj hodnocený rodinný dům. U způsobu výpočtu jsem si zvolila lokalitu a přesnou metodu, kdy jsem si jednotlivé spotřebiče přidávala do výpočtu sama.

Obrázek 21 - Orientační přehled roční spotřeby elektrické energie domácnosti [42]



Orientační celková spotřeba energie mi vyšla **3 974,4 kWh/rok** a orientační cena mi vyšla 19 196,35 Kč/rok (aktuální průměrná cena za elektřinu v roce 2020 je 4,83 Kč/kWh).

Výkon fotovoltaické elektrárny se udává v jednotkách kWp (kilowatt-peak). V podmínkách České republiky znamená 1 kWp přibližně 980 kWh vyrobené elektrické

energie ze solárních panelů. Abych zvolila správnou fotovoltaiku dle výkonu, přepočítala jsem si spotřebu energie na výkon FVE a vyšlo mi **4,055 kWp** (poměr roční spotřeby energie v kWh /980 kWh)

Jelikož chci využívat vyrobenou elektřinu ze sluneční energie i při případném výpadku elektřiny a také abych snížila množství odebírané elektřiny z distribučních sítí, zvolila jsem fotovoltaickou elektrárnu s bateriovým systémem, který nespotřebovanou energii akumuluje do baterie a používá ji v době, kdy nemá k dispozici tolik přímé energie ze slunce k přímé spotřebě elektřiny spotřebičů. Baterie je velká asi jako lednička a nepotřebuje odvětrávat, tudíž ji můžu uskladnit v technické místnosti.

Princip je takový, že ráno a večer, kdy je spotřeba elektřiny vysoká, ale slunce nesvítí, FVE nestíhá vyrábět dostatečnou energii, a tak je využívána z bateriového systému, který naakumuloval energii z předešlého dne, kdy slunce svítilo, ale energie nebyla skoro vůbec potřeba (zpravidla přes den doma nikdo není, ale elektrárna jede při slunečném dni naplno).

Další možností je mít jen klasickou FVE bez baterie a prodávat nespotřebovanou energii distribučním sítím. V takovém případě je podmínkou, že finanční příjem z tohoto prodeje nesmí přesáhnout 30 000 Kč ročně. Pokud přesáhne, je příjem považován za příjem ze samostatné činnosti a vztahuje se na něj daň z příjmu podle §10 Zákona o dani z příjmu.

Jako zdroj elektřiny jsem si vybrala hybridní solární elektrárnu o výkonu 3,58 kWp s baterií 4,8kWh od firmy Solární Experti. Je to jednofázová hybridní fotovoltaická elektrárna s nabíjením do baterií, která vyrábí elektrickou energii primárně spotřebovávanou v RD a tepelným čerpadlem. Hybridní měnič můžu umístit do technické místnosti společně s baterií. Pokud tedy dojde k výpadku proudu, dům může pohodlně stále fungovat dál, jelikož se odběr energie z baterie zapne po cca 10 m/s, od výpadku. Pokud baterie ani panely nezvládají dodat potřebnou elektřinu, pokryje ji elektřina z distribuční sítě.

Moje využitelná plocha střechy orientovaná na jižní stranu je 66 m².

Tato elektrárna upřednostňuje vždy energii z FV panelů a baterie před energií z distribuční sítě. Díky nastavení může, ale i nemusí dodávat nespotřebovanou energii do sítě. V případě potřeby je možnost rozšíření kapacity baterie o další dva moduly kapacity 2,4 kWh za cenu 28 600 Kč bez DPH.

Výrobci na svých internetových stránkách píší, že garantují vyřízení a získání dotace a v případě nezískání dotace zaplacení částky dotace z jejich vlastních financí.

Tabulka 18 - Vybraná solární elektrárna s nabíjením baterie [41]

Základní technické údaje	
Připojení do sítě	Jednofázově
Fotovoltaické panely	13x Jinko Solar JKM 275 Wp
Hybridní měnič napětí	1x GW3648-EM 48 V/3600 W
Baterie	1x PYLONTECH US2000B Plus, 2 moduly, kapacita 2x 2,4 kWh
Montážní systém	KRAJICzech
Přepěťové ochrany	Dehn
Plocha solárních panelů	21,6 m ²
Váha solárních panelů na střeše	Max. 400 kg
Vyrobená energie za rok (980kWh/kWp)	3508 kWh
Úspory energie za rok (95 % výroby FVE)	3332 kWh
Záruky a životnost	
Základní výrobková záruka na sol. panely	10 let
Záruka na výkon panelů	Lineární, 80 % výkonu po 25 letech
Základní výrobková záruka na měnič napětí	5 let
Záruka na provedené práce	5 let
Záruka na baterii	6 let
Životnost baterie	6000 cyklů (při 80 % nabití) 16 let
Výrobková záruka ostatních komponentů FVE	2 roky
Životnost solární technologie	30 let

Výrobce na internetových stránkách uvádí i výpočet výnosů za první rok používání a prostou návratnosti investice. Pro výpočet ale využil cenu za energii odebranou z distribuční sítě 4 Kč/kWh, což není aktuální. Aktuální cena (r.2020) je 4,83 Kč/kWh.

Jelikož výrobce udává úsporu energie v kWh/rok při 95 % účinnosti FVE, mohu orientačně propočítat, kdy se mi investice začne vracet.

Tabulka 19 - Výpočet doby návratnosti investice do FVE d.s. 10 % [autor]

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny každoročně navýšená o 3 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 10 %	Diskontované roční CF (Kč)	Roční CF (Kč)
0	85 000			1		-85 000
1		4,83	16 094	0,9091	14 631	-70 369
2		4,97	16 576	0,8264	13 699	-56 670
3		5,12	17 074	0,7513	12 828	-43 842
4		5,28	17 586	0,6830	12 011	-31 831
5		5,44	18 113	0,6209	11 247	-20 584
6		5,60	18 657	0,5645	10 531	-10 053
7		5,77	19 217	0,5132	9 861	-191
8		5,94	19 793	0,4665	9 234	+9 042

Abych spočítala správnou dobu návratnosti investice dle aktuální průměrné ceny elektřiny v Kč/kWh, musela jsem si spočítat i průměrnou cenu s každoročním nárůstem o 3 % a kumulované roční cashflow upravit o diskontní faktor. První tabulka je spočítaná s diskontní sazbou 10 %. Investiční náklad (IN) je pořizovací cena 235 000 Kč s DPH snižená o částku dotace Nová zelená úsporám, která činí 150 000 Kč.

V tabulce můžeme vidět, že v přelomu 7. a 8. roku od pořízení se nám investice do fotovoltaické elektrárny začíná vracet (předpokládaná průměrná cena za elektřinu se nám zvedla od roku 2020 o 1,11 Kč/kWh). To znamená, že doba návratu investice je v 8 roce.

Tabulka 20 - Výpočet doby návratnosti investice do FVE d.s. 5 % [autor]

Rok	IN (Kč)	Cena elektřiny každoročně navýšená o 3 %	CF (Kč)	Diskontní faktor 5 %	Diskontované roční CF (Kč)	Roční CF (Kč)
0	85 000			1		-85 000
1		4,83	16 094	0,9524	15 327	-69 673
2		4,97	16 576	0,9070	15 035	-54 638
3		5,12	17 074	0,8638	14 749	-39 889
4		5,28	17 586	0,8227	14 468	-25 421
5		5,44	18 113	0,7835	14 192	-11 228
6		5,60	18 657	0,7462	13 922	+2 694

Pro přehled jsem opět vypočítala dobu návratnosti s variantou diskontní sazby 5 %. Tady je doba návratnosti investice do FVE už v 6. roce od pořízení.

Z předešlých tabulek jasně vyplývá, že investice do technologie využívající obnovitelné zdroje energie je nejen z hlediska ekologického, ale i z hlediska finančního velmi výhodná. V současné době za to může hlavně státní dotace z programu Nová zelená úsporám, která ale netrvá věčně. Plánované ukončení tohoto programu je k 31.12.2021 nebo do vyčerpání finanční podpory od Ministerstva životního prostředí. Nehledě na to, že EU nařídila dle evropské směrnice povinnost stavby nových budov (včetně RD), postavené na území EU, od roku 2020 energeticky téměř nulových.

REKUPERACE

Kdybych řešila dotace na stávající dům, který jsem dodatečně zateplila, musím instalovat větrání s rekuperací. Je to podmínka programu Nová zelená úsporám, pro získání dotace v maximální výši 50 % nákladů na snížení energetické náročnosti domu.

Můj hodnocený dům je novostavba, ale z hlediska úspory a zajištění kvalitnějšího mikroklima v místnostech, bych doporučila instalaci rekuperační jednotky. Myslím si, že

je to určitě nedílná součást nízkoenergetických a pasivních domů, aby splňovaly doporučené hodnoty roční spotřeby tepla na vytápění.

Pro představu, jak výkonnou rekuperační jednotku bych měla zvolit, jsem si spočítala minimální kubaturu vzduchu, který je potřeba v domě vyměnit, aniž bychom museli otevírat okna a ztrácet tak teplo vytvořené vytápěním.

Tabulka 21 - Výpočet minimálního objemu vzduchu k výměně rekuperací [autor]

	Dle obsazenosti místnosti		Dle osob 25 m ³ /hod/os [m ³ /hod]	Dle typu místnosti [m ³ /hod]
	Neobsazená n _{min} =0,1/h [m ³ /hod]	Obsazená n _{min} =0,5/h [m ³ /hod]		
Obestavěný prostor 724 m ³	72,4	362		
4 osoby			100	
Kuchyně				72
Koupelna				110
WC				50
Celkem	72,4	362	100	232

Hodnota je spočítaná pro 4 osoby bydlící v domě a dosažené hodnoty do tabulky jsou dle ČSN EN 15251. Výsledná hodnota je z hledisek dle obsazenosti místnosti, dle počtu osob a dle typu místnosti vybrána ta nejvyšší.

Minimální kubatura vzduchu vyměněného v domě je 362 m³/h. Dle této hodnoty je poté možná volba vhodné rekuperační jednotky.

Orientační ceny rekuperace jsou pro běžný rodinný dvoupodlažní dům mezi 100 000 – 200 000 Kč. Záleží na objemu vzduchu, který jsou schopny vyměnit za hodinu. Výše dotace na rekuperaci je 100 000 Kč.

Výši provozních nákladů rekuperace lze stanovit pouze orientačně. Při celoročním provozu se mohou náklady pohybovat okolo 1 200 – 4 500 Kč. Z hlediska úspory za

vytápění je to určitě výhodná investice, jelikož přiváděný vzduch z venku se ohřívá teplotou odváděného vzduchu, takže laicky řečeno nemusíme skoro otevírat okna v zimě a tím pádem nám neuniká (kromě klasických tepelných ztrát prostupem tepla konstrukcemi) téměř žádné teplo navíc.

Orientační úspora vytápění, při pořízení rekuperace v nízkoenergetických domech, se pohybuje okolo 50 %.

6.7 Analýza a zhodnocení alternativ

Z výše uvedených grafů, tabulek a komentářů vyplývá, že druh použitého materiálu konstrukce obvodových stěn, podlah, stropů a celkové obálky budovy, typ vytápění, typ zdroje energie na vytápění a zdroje elektřiny na provoz spotřebičů, výrazně ovlivňuje náklady na RD a na jeho provoz. Z hlediska typu budovy pak řešíme, jak moc se nám investované náklady vrátí.

V grafu z hlediska výsledných součinitelů prostupu tepla navržených skladeb obvodového zdiva a v grafu výsledných ceny navržených skladeb obvodového zdiva můžeme vidět, že počáteční náklad na kvalitní zateplení není tak velký v poměru ušetřené energie na vytápění. Je zde vidět, že volba kvalitní skladby konstrukce, a ještě kvalitnějšího typu materiálu pro zateplení, není vůbec položkou mezi nejdražšími navrženými skladbami.

Kvalitní použité materiály na výstavbu domu dále ovlivňují, jak moc bude pořízení zdrojů energie na vytápění, ohřev vody a zdrojů elektřiny na chod domácnosti, efektivní.

Jelikož se cena za energie každoročně zvyšuje, je volba využití obnovitelných zdrojů tou nejlepší variantou. Díky dnešní technologii jsme schopni být v určitých případech i zcela nezávislí na dodávce energií z distribučních sítí.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu v oblasti skladby obvodových konstrukcí, porovnat jednotlivé navržené skladby zdiva a zateplení a vybrat nejvhodnější variantu, která dále ovlivňovala celkovou stavbu z hlediska úspory energie na vytápění, a tudíž i finanční úspory. Pro představu a orientační zjištění energetické náročnosti hodnoceného domu, jsem zjistila roční měrnou spotřebu energie na vytápění, ohřev vody a provoz spotřebičů. Dále jsem navrhla vhodné tepelné čerpadlo, fotovoltaickou elektrárnu a doporučila i instalaci rekuperace. Vše jsem navrhla tak, abych mohla využít co nejvyšší dotace z programu Nová zelená úsporám a abych splňovala podmínky pro výstavbu nízkoenergetického domu.

Závěrem bych chtěla říct, že obavy z toho, že je od začátku roku 2020 povinná výstavba nových rodinných domů pouze v nízkoenergetické, pasivní až nulové hranici, nejsou nutné. V dnešní době existuje mnoho firem, které jsou zaměřené na materiály izolace pro zateplení, na výrobu a dodávku kvalitních oken s okenní výplní dvojsklem nebo trojsklem, na dodávku tepelných čerpadel, fotovoltaických elektráren a rekuperačních systémů, že je určitě možné, vybrat si zlatou střední cestu z kvalitních a nepředražených výrobků, které nám parametry tohoto typu výstavby jistě splní. Nehledě na to, že když si spočítáme, kolik se nám díky těmto opatřením ušetří peněz, je to v konečném důsledku ta nejlepší cesta k úspěchu. Nejen z hlediska úspory našich financí, ale také z důležitého ekologického hlediska, jelikož přírodu máme opravdu jenom jednu a je potřeba se k ní patřičně chovat. A pokud se k ní budeme chovat šetrně, vrátí nám to na kvalitnějším životním prostředí, ve kterém žijeme.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. Vytápění. ISBN 80-8076-020-9.
- [2] SRDEČNÝ, Karel a František MACHOLDA. *Úspory energie v domě*. Praha: Grada, 2004. Profi & hobby. ISBN 80-247-0523-0.
- [3] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [4] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [5] EON. Rádce, *Co je solární energie a jak ji doma využít?* [online]. [cit. 2019-11-09]. <https://www.eon.cz/radce/chytra-domacnost/jak-vyuzivat-solarni-energii/co-je-solarni-energie-a-jak-ji-doma-vyuzit>
- [6] SOLÁRNÍ KOLEKTORY, *Topení ze Slunce* [online]. [cit. 2019-11-08]. <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm>
- [7] NAZELENO.cz, *Větrná energie a její využití v České republice* [online]. [cit. 2019-11-09]. <https://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/vetrna-energie-a-jeji-vyuziti-v-ceske-republice.aspx>
- [8] TZB-info, *Větrné podmínky pro malé větrné elektrárny* [online]. [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/8358-vetrne-podminky-pro-male-vetrne-elektrarny>
- [9] DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2019-7.

- [10] PRŮMYSLOVÁ EKOLOGIE.cz, *Jaký výkon kotle zvolit?* [online]. [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/jaky-vykon-kotle-zvolit->
- [11] TZB-info, *Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1)* [online]. [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://vytapieni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- [12] TEPELNÁ ČERPADLA, GEOTERMÁLNÍ ENERGIE, *Geotermální energie* [online]. [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/93/03.html>
- [13] MÁDLE, Kamil. *Obnovitelné zdroje a příklad jejich využití*. Praha, 2018. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Katedra elektrotechniky.
- [14] EKOMPLEX, *Kotle plynové kondenzační – ekologie a vysoká účinnost topení* [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove/kondenzacni.php>
- [15] LÁZŇOVSKÝ, Miroslav, Milan KUBÍN a Petr FISCHER. *Vytápění rodinných domků*. Praha: T. Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3.
- [16] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 4., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008. Stavíme. ISBN 978-80-7366-116-8.
- [17] VYORALOVÁ, Zuzana. *Technická zařízení budov a infrastruktura sídel I*. V Praze: České vysoké učení technické, 2017. ISBN 978-80-01-06095-7.
- [18] ECOWATT-EU a.s., *Články o tepelných čerpadlech, zdroje pro tepelná čerpadla, princip a výhody tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://www.tepelne-cerpadlo-noumea.cz/login-10>
- [19] REVEL PEX, *Princip tepelného čerpadla* [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://www.revel-pex.com/princip-tepelneho-cerpadla.html>

- [20] TOPENÍ-CHLAZENÍ.CZ, *Tepelná čerpadla země/voda* [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <http://www.topeni-chlazení.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda/>
- [21] TEPELNÁ ČERPADLA 4U THERM, *Jak je to s výkonem a účinností TČ* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://www.4u-therm.cz/zakladni-informace-jak-je-to-s-vykonem-TC.php?str=6>
- [22] LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. *Solární zařízení*. Praha: Grada, 2003. Stavitel. ISBN 80-247-0362-9.
- [23] REGAM, *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://www.regam.cz/fotovoltaika.php?lang=cz>
- [24] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. 2., zcela přepracované vydání Praha: Grada, 2004. Profi & hobby. ISBN 80-247-0642-3.
- [25] SOLÁRNÍ EXPERTI, *Jak umístit na váš dům solární panely* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/jak-umistit-na-dum-solarni-panely/>
- [26] STAŠA, Michal, *Jak vybrat energeticky úsporný domácí spotřebič* [online]. [cit. 2019-11-11]. Dostupné z: <http://www.uspornespotrebice.cz/private/article/jak-vybrat-energeticky-usporny-domaci-spotrebic>
- [27] LINHART, Ladislav. *Zateplování budov*. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3361-6.
- [28] POZEMNÍ STAVITELSTVÍ III., *Tepelně technické požadavky na obvodové pláště* [online]. [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/1.html>

- [29] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4559-6.
- [30] TZB-info, *Normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky* [online]. [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [31] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. Praha: BEN-technická literatura, 2005. Stavitelství. ISBN 80-7300-159-4.
- [32] TZB-info, *Energetický štítek obálky budovy* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/110906-energeticky-stitek-obalky-budovy>
- [33] TZB-info, *Odpor při přestupu tepla* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla>
- [34] ČSN 73 0540:2 Tepelná ochrana budov Část 2: Požadavky, ČSN 2002
- [35] NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM, *Dotace pro vaše lepší bydlení* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/>
- [36] AC-HEATING, *Tepelné čerpadlo Convert AW9* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://www.ac-heating.cz/produkty/tepelne-cerpadlo-convert-aw9/>
- [37] TICHÁ, Alena, Radim VYSLOUŽIL a Jan TICHÝ. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě*. Díl I, část A, Příklady k řešení. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2639-X.
- [38] MARKOVÁ, Leonora a Jaroslav CHOVANEC. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2639-X

- [39] TICHÁ, Alena a Ondřej ŠIMÁČEK. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2639-X.
- [40] TEX-COLOR, *Kompletní zateplovací systémy – polystyren/minerální vata* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <http://www.tex-color.cz/cb/sluzby-zakaznikum>
- [41] SOLÁRNÍ EXPERTI, *Hybridní solární elektrárna 3,58 kWp s baterií* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/hybridni-solarni-elektrarna-s-bateriemi-li-ion-354-kwp-na-klic/>
- [42] ELEKTRINA.CZ, *Za co utrácíte* [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/za-co-utrachte#/vysledek#top-steps>
- [43] KORYTÁROVÁ, Jana, Bohumil PUCHÝŘ a Jaroslav FRIDRICH. *Ekonomika investic*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2089-8

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Grafické znázornění spotřeby energie u nízkoenergetického RD a u klasického RD	14
Obrázek 2 - Zdroje a možnosti využívání obnovitelných energií.....	17
Obrázek 3 - Potenciál ploch pro využití geotermální energie v ČR	20
Obrázek 4 - Možnosti využívání biomasy	22
Obrázek 5 - Typy kotlů dle technologie spalování	26
Obrázek 6 - Popis kondenzačního plynového kotle.....	30
Obrázek 7 - Princip tepelného čerpadla	32
Obrázek 8 - Princip tepelného čerpadla „vzduch/voda“	34
Obrázek 9 - Schéma uložení kolektorů -1. vertikální – trubkový had, 2. horizontální – hloubkové vrty dle délky kolektoru	36
Obrázek 10 - Graf úspory energie TČ.....	38
Obrázek 11 - Solární mapa ČR	40
Obrázek 12 - Způsoby montáže solárních kolektorů	41
Obrázek 13 - Příklad energetických štítků spotřebičů	44
Obrázek 14 - Energetický štítek obálky budovy a PENB	49
Obrázek 15 - Skladba zateplovacího systému ETICS.....	50
Obrázek 16 – Výsledné součinitele prostupu tepla navržených skladeb obvodového. zdiva	65

Obrázek 17 - Graf výsledných cen navržených skladeb obvod. zdiva	66
Obrázek 18 - On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám z tzb-info.cz	71
Obrázek 19 - Potřeba tepla pro ohřev vody	74
Obrázek 20 - Popis tepelného čerpadla použitého do RD.....	77
Obrázek 21 - Orientační přehled roční spotřeby elektrické energie domácnosti	80

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Orientační výkon kotle dle obytné plochy	23
Tabulka 2 - Zjednodušené dělení kotlů jako zdrojů tepla	24
Tabulka 3 - Tabulka účinnosti dle technologie spalování kotlů	27
Tabulka 4 - Rozdělení plynových spotřebičů do skupin	28
Tabulka 5 - Tabulka požadovaných a doporučených součinitelů prostupu tepla pro budovy s převažující vnitřní teplotou v intervalu 18 °C až 20 °C včetně	47
Tabulka 6 - Tepelné odpory při přestupu tepla u jednotlivých konstrukcí	48
Tabulka 7 - Doporučené součinitele prostupu tepla U obvodových konstrukcí vhodných pro nízkoenergetické domy	48
Tabulka 8 - Katalogové parametry značky Porotherm vhodné pro jednovrstvé obvodového zdivo	59
Tabulka 9 - Tepelné izolace z minerální čedičové vlny značky ISOVER pro kontaktní zateplení fasády	61
Tabulka 10 - Tepelné izolace z pěnového expandovaného polystyrenu značky ISOVER pro kontaktní zateplení fasády	62

Tabulka 11 - Jednotlivé hodnoty U dle programu Teplo 2017 EDU	62
Tabulka 12 – Ceny jednotlivých konstrukcí obvodového zdiva oceněné v rozpočtářském programu Kros 4	64
Tabulka 13 - Hodnota roční potřeby energie na vytápění z hlediska účinnosti rekuperace	70
Tabulka 14 - Technické parametry TČ Convert AW9	77
Tabulka 15 - Úspora energie na vytápění a ohřev TUV tepelného čerpadla	78
Tabulka 16 - Doba návratu investice do tepelného čerpadla s d.s. 10 %	78
Tabulka 17 - Doba návratu investice do tepelného čerpadla s d.s. 5 %	79
Tabulka 18 - Vybraná solární elektrárna s nabíjením baterie	82
Tabulka 19 - Výpočet doby návratnosti investice do FVE d.s. 10 %	83
Tabulka 20 - Výpočet doby návratnosti investice do FVE d.s. 5 %	84
Tabulka 21 - Výpočet minimálního objemu vzduchu k výměně rekuperací	85

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

m	metr
m ²	metr čtvereční
m ³	metr krychlový
mm	milimetr
tl.	tloušťka
tř.	třída
Nh	normohodina
Sh	strojhodina
m.j.	měrná jednotka
SKP	standartní klasifikace produkce
DPH	daň z přidané hodnoty
HSV	hlavní výrobní produkt
PSV	přidružený výrobní produkt
Kč	koruna česká
1.NP	první nadzemní podlaží
2.NP	druhé nadzemní podlaží
apod.	a podobně
např.	například
tzv.	takzvané
kce	konstrukce
Mpa	megapaskal

tzn.	to znamená
min.	minimálně
max.	maximálně
TČ	tepelné čerpadlo
NED	nízkoenergetický dům
aj.	a jiné
W	watt
kW	kilowatt
K	kelvin
°C	stupně celsia
OZE	obnovitelné zdroje energie
kWh	kilowatthodina
kWp	kilowattpeak

12 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – PŮDORYSY RD

A.1 PŮDORYS 1.NP

A.2 PŮDORYS 2.NP

PŘÍLOHA B – SKLADBY OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ

B.1 SKLADBA 1-7

B.2 SKLADBA 8-13

B.3 SKLADBA 14-19

B.4 SKLADBA 20-25

B.5 SKLADBA 26-28

PŘÍLOHA C – VÝPOČTY HODNOT SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA V PROGRAMU TEPLO 2017 EDU

PŘÍLOHA D – ROZPOČTY SKLADEB OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ V PROGRAMU KROS 4