



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

POSOUZENÍ VHODNOSTI INSTALACE SOLÁRNÍHO OHŘEVU TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY

ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF THE INSTALLATION OF SOLAR DOMESTIC HOT WATER
HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Novosád

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	Dominik Novosád
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Energetika, procesy a životní prostředí
Vedoucí práce:	doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Posouzení vhodnosti instalace solárního ohřevu teplé užitkové vody

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jednou ze základních lidských potřeb je tepelný komfort v prostředí, kde se člověk pohybuje. Hledání vhodného systému vytápění a přípravy TUV pro domácnosti tak, aby splňoval požadavky ekonomické, ekologické, komfortní a další je velmi problematické. Náplní práce bude popis technologie solárního ohřevu TUV a její porovnání s dalšími technologiemi.

Cíle bakalářské práce:

- rešerše systémů pro ohřev teplé užitkové vody v domácnostech,
- výpočet tepelných ztrát domu,
- výpočet roční potřeby tepla k vytápění a ohřevu TUV,
- návrh vybraných systémů vytápění a přípravy TUV pro konkrétní dům,
- ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-214-5769-7.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o ekonomickém zhodnocení rekonstrukce systému na dodávku tepla. V rešeršní části se autor věnuje obecným pojmům jako energie a jak energii využíváme. Další část pojednává o složení atmosféry. Dále pak rozděluje paliva a typy solárních kolektorů. V praktické části je popsán výpočet tepelných ztrát a následné ekonomické zhodnocení uvažovaných variant.

Klíčová slova

Solární kolektory, tepelné ztráty, návratnost investice

ABSTRACT

This bachelor thesis is about economic evaluation system reconstruction to heat supply system. The author devotes oneself to the general terms such as energy and its use in the research part. The next part deals with the composition of the atmosphere. It continues with fuel distribution and types of solar collectors. The practical part describes the calculation of heat losses and subsequent economic evaluation of the options considered.

Key words

Solar collector, heat loss, assessment of investment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVOSÁD, Dominik. *Posouzení vhodnosti instalace solárního ohřevu teplé užitkové vody* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zavprace/detail/132734>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Marek Baláš.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Posouzení vhodnosti instalace solárního ohřevu teplé užitkové vody“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Datum

Dominik Novosád

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych velice poděkovat panu doc. Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při řešení bakalářské práce. Velké díky patří mé přítelkyni Lence a rodině za morální a psychickou podporu po dobu mého studia a zpracování bakalářské práce.

1 Úvod.....	11
2 Energie	12
2.1 Energie ve vesmíru a na Zemi.....	12
2.2 Uvolňování klidové energie	12
2.3 Energie na zemi	13
3 Sluneční záření a jeho energie.....	16
3.1 Intenzita slunečního záření.....	16
3.1.1. Parametry určující velikost intenzity slunečního záření.....	16
3.2 Možnosti ohřevu teplé užitkové vody	17
4 Paliva.....	18
4.1 Obnovitelné zdroje energie	18
4.2 Neobnovitelné zdroje energie.....	18
4.3 Plyná paliva	18
4.4 Kapalná paliva.....	18
4.5 Solární systémy	19
4.5.1. Pasivní sluneční vytápění budov	19
4.5.2. Aktivní solární systémy.....	19
4.5.3. Solární kolektory	20
4.5.4. Druhy solárních kolektorů.....	20
4.5.5. Plochy nekrytý kolektor	20
4.5.6. Plochy neselektivní a selektivní kolektor.....	21
4.5.7. Plochy vakuový kolektor.....	22
5 Výpočet tepelné ztráty budovy.....	23
5.1 Klimatické údaje	24
5.2 Parametry objektu	24
5.3 Informace o materiálech.....	25
5.3.1. Tepelná vodivost	25
5.4 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěné budovy.....	28
5.4.1. Návrhová tepelná ztráta prostupem.....	28
5.4.2. Tepelná ztráta větráním budovy (build) / zóny (z) / místnosti (i)	32
5.4.3. Tepelný zátopový výkon	33
5.4.4. Návrhový tepelný výkon	33
5.4.5. Roční spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV	34
5.4.6. Náklady na vytápění.....	35
6 Posouzení vhodnosti rekonstrukce	36
6.1.1. Před rekonstrukcí.....	36
6.1.2. Po rekonstrukci.....	36

6.1.3. Nákladnější investice.....	37
7 Závěr.....	39
8 Seznam použitých zdrojů	40
Příloha 1	42

1 Úvod

V současné době, je ze strany firem kladen velký důraz na výsledky a ekonomický zisk. Z toho důvodu se firmy snaží prosadit na trhu ještě razantněji a doporučit zákazníkům jejich produkt a vydávat jej za ten nejlepší. Vhodnost investice a ekonomická návratnost by měla být z pravidla provedena před realizací rekonstrukce. V tomto případě byla zvolena inverzní cesta.

Je dobré myslet na to, že ne každá investice je správná. Pokud již nějakou investici provedeme není od věci se zamyslet a případně vypočítat, zdali jsme udělali správné rozhodnutí.

Tato bakalářská práce pojednává o posouzení vhodnosti investice solárního ohřevu teplé užitkové vody a případné další řešení.

2 Energie

Slovo energie pochází z řeckého slova $\epsilon\nu\rho\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$. Mohli bychom toto slovo rozložit na $\epsilon\nu - \nu$, $\epsilon\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$ – konat práci. Ve volnějším překladu znamená schopnost konat práci. Energie je všude kolem nás a je jen na nás, jak velkou mírou si budeme všudy přítomné energie všimnout [1].

2.1 Energie ve vesmíru a na Zemi

Výše byl uveden význam slova energie z jazykového hlediska, ale dále je na pojem pohlíženo i z jiného pohledu. Jakákoliv změna ve vesmíru je doprovázena změnou energie. Změnou energie je myšlena transformace formy energie z jedné na jinou, což dokládá první zákon termodynamiky. Při hlubším zamyšlení se nad podstavou prvního zákona termodynamiky, což je zákon zachování energie, je možné z definice zjistit celou historii transformací energií od poslední formy až po počáteční [1]. Tato cesta transformací vyjadřuje pouze teoretickou hodnotu s velkými chybami, protože zákon zachování energie pracuje s ideální a stoprocentní přeměnou, kdežto v reálné praxi se vše děje se ztrátami a pokud tyto procesy nejsou detailně měřeny, byla by ona zmíněná cesta jen hrubým odhadem od skutečné historie přeměn [1].

Ze zkušenosti víme, že teplo přechází z teplejšího tělesa na studené a není tomu naopak. Z hlediska zákona zachování energie by bylo vše v pořádku, nicméně z hlediska fyzikálních zákonů je to nereálné. To že teplo nepřechází ze studeného tělesa na teplé, definuje druhý zákon termodynamiky a s ním spojená entropie [2]. Entropie se obecně nazývá „šipkou času“ a neplatí pro ni zákon zachování. Změny probíhají v čase určitým směrem a entropie jim právě udává směr. Puknutí vajíčka, které spadlo ze stolu, můžeme spojit s chodem času dopředu a nárůstem entropie. Opačný děj, při kterém by se vajíčko samovolně vzneslo na stůl a zůstalo tam nerozbité a zároveň by klesala entropie rozhodně samovolně nenastane. Zákon o vzrůstu entropie neboli druhý zákon termodynamiky je jeden z nejdůležitějších zákonů fyziky, protože udává směr přeměnám ve vesmíru [2].

Podle obecné teorie relativity přísluší každému tělesu energie. Každé těleso má energii klidovou a kinetickou. Tato energie je na Zemi využívána například u vodních nebo větrných elektráren. Pokud budeme uvažovat energii klidovou, tak ta se dá uvolnit čtyřmi způsoby [1].

2.2 Uvolňování klidové energie

- Jaderné síly

Síly v jádrech atomů, jimiž se přitahují protony a neutrony obsahují velké množství energie. Působí ale na velmi malé vzdálenosti (v řádu 10^{-15} m). Cíl energetiků je napodobit termojaderné reakce, které se dějí ve Slunci a ostatních hvězdách, kde z jader vodíku se vytvářejí ostatní prvky. Tento typ reakcí se nazývá nukleogeneze a je to tvoření prvků z vodíku za uvolnění energie [1].

- Elektromagnetické síly

Mezi nabitými částicemi, které jsou podstatou chemických reakcí jsou elektromagnetické síly. Hořením například dřeva, uhlí, nafty, zemního plynu je uvolňováno určité množství energie, které dokážeme využít. Uvolňuje se také velmi malá část klidové energie (zhruba 10^{-8} %) paliva. Člověk zatím tento, z pohledu, kolik klidové energie by se dalo využít, způsob získávání energie užívá, protože zatím nezvládá dosahovat lepších výsledků z důvodu technologické vyspělosti [1].

- Gravitační síly

Síla gravitační může být při uvolňování energie z hmoty mnohem účinnější než síly například jaderné. V některých vesmírných procesích, též zvané jako gravitační kolaps, může být uvolněno až 60% klidové energie. Výbuchy supernov patří k jedním z nejvíce energetickým procesům, protože se uvolní velké množství energie z potenciální gravitační energie [1].

- Anihilace hmoty s antihmotou

Řadí se k neúčinnějšímu procesu uvolňování energie ve vesmíru vůbec. Jeho teoretická účinnost je 100 %. Vyskytuje se menší měrou například při termonukleárních reakcích ve hvězdách. Člověk tento proces dokáže zrealizovat v laboratořích [1].

2.3 Energie na zemi

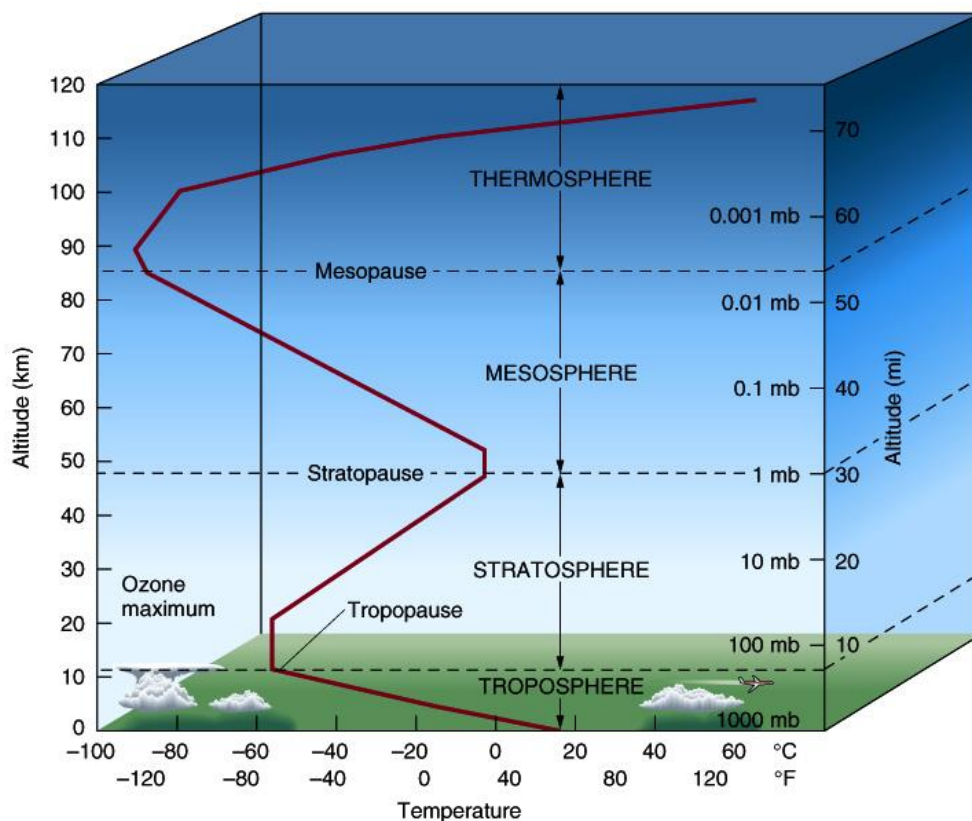
Naše Země při svém zrodu dostala energii v různých formách. Především je to energie kinetická. Ta se projevuje rotací Země kolem své osy a translačním pohybem Země kolem Slunce. Mimo energii kinetickou můžeme v jádru najít zdroje jaderné energie. Radioaktivní prvky, které se samovolně rozpadají a uvolňují energii vnímáme nejčastěji při erupcích sopek, kdy tektonické desky se pohnou a nahromaděná energie vyvěrá na povrch nebo v podobě geotermální energie. Tyto radioaktivní prvky mají za následek, že čím blíže jsme nitru teplota stoupá [1]. Zmíněný teplotní gradient zapříčiňuje tok tepla směrem k povrchu, asi $4 \cdot 10^{-2}$ J m^{-2} s^{-1} . Kromě využívání horké páry pod zemským povrchem je další možnost hlubinný vrt do hloubky přes deset kilometrů, kde teplo hornin dosahuje několika set stupňů. Díky termonukleární fúzi se ze Slunce na planetu Zem dopadá energie, převážně jako světlo a díky ní, téměř většina procesů probíhá. Zahřívá Zemskou kůru, mění se v kinetickou energii moří a větrů. Bez slunečního svitu by neprobíhala fotosyntéza. Ať jsou přeměny slunečního záření jakékoliv, vždy tato energie skončí jako teplo [1].

Světlo, než dopadne na zem urazí vzdálenost v rozmezí od 152 100 000 km – 147 100 000 km. Je to dáno oběžnou dráhou Země kolem slunce. Jelikož Země kolem Slunce neobíhá po kružnici ale po elipse, se vzdálenosti těchto dvou planet liší. Dříve než sluneční energie dopadne na zem je nucena projít atmosférou. Atmosférou se rozumí plynný obal Země a sahá až do výšky 30 – 40 km od zemského povrchu. Jedny z hlavních příčin, proč může na Zemi existovat život je atmosféra a gravitace, díky které se plyny potřebné pro živé organismy drží při povrchu a nerozptýlí se volně do vesmíru [3]. Atmosféra se dělí na několik částí a první je Troposféra. Zde se soustřeďuje až 75% hmotnosti atmosféry. Obsahuje téměř všechnu vzdušnou vlhkost a je pro člověka významná z hlediska počasí. V této části se odehrává proudění vzduchu a od vyšší vrstvy ji odděluje tropopauza. Troposféra sahá do výšky zhruba 10 – 12 km. Po troposféře následuje stratosféra, která je definovaná do výšky pohybující se kolem 50 km nad zemským povrchem [3]. Ve stratosféře vlivem pohlcování ultrafialového záření ozónem vzrůstá teplota. Vodní páry jsou zde v minimálním množství, přesto jsou zde možné spatřit tzv. perleťová oblaka.



Obrázek 1 – Zobrazuje perleťová oblaka [19].

Následující vrstva je mezoféra ale přední ní se nachází Stratopauza [3]. Mezi mezoférou sahá od stratopauzy do výšky 85 km. Teplota se zde pohybuje od 0 °C do -90 °C. Zajímavým úkazem se zde mohou spatřit tzv. noční svítící oblaka (taktéž známá pod názvem stříbřitá oblaka), která jsou tvořena vulkanickým a kosmickým prachem s příměsí ledových krystalů. Mezoféru od termosféry odděluje mezopauza [3]. Termosféra je předposlední částí atmosféry a sahá od 85 km do výšky 450 km. Je typická výrazným nárůstem teploty. Například ve výšce kolem 200 km dosahuje teplot až 500 °C. Termosféra končí přechodnou vrstvou termopauzou. Za ní je již pouze exosféra, která je poslední částí atmosféry, která se nachází ve výškách 30 – 40 tisíc km a na ní plynuje navazuje kosmický prostor. Vše popisuje následující obrázek [3].



Obrázek 3 – Zobrazuje jednotlivé části zemské atmosféry [20]

3 Sluneční záření a jeho energie

Světlo dorazí ze Slunce na Zemi přibližně za 8 minut. Čas doletu se mění v závislosti na aktuální poloze Země vůči Slunci. (Jak bylo zmíněno Země se pohybuje po trajektorii elipsy.) Na hranici atmosféry je intenzita slunečního záření v průměru $1,360 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Paprsky ze Slunečního světla mají vlnovou délku 10^{-10} – 10^{-3} m. Z toho jsou pro přenos energie významné paprsky o vlnové délce $0,2\cdot 10^{-6}$ až $3\cdot 10^{-6}$ m. Na své cestě nejsou ničím pohlcovány, až do doby, kdy začnou procházet zemskou atmosférou [4]. Průchodem se intenzita slunečního záření snižuje, protože dochází k rozptylu paprsků o vodní páru a prach obsažený v atmosféře a také pohlcení více atomovými plyny, které jsou například voda nebo oxid uhličitý a ozón. Jak moc se snížila intenzita slunečního záření můžeme kvantifikovat pomocí součinitele znečištění (zakalení) atmosféry Z , který závisí na atmosférickém tlaku a na obsahu příměsí ve vzduchu. Součinitel je definován Linkeho vztahem

$$Z = \frac{\ln I_0 - \ln I_N}{\ln I_0 - \ln I_{\check{c}}}$$

kde I_0 je sluneční konstanta,

I_N intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší,

$I_{\check{c}}$ intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší.

Konkrétní hodnota součinitele znečištění závisí na poloze oblasti, pro kterou je určován. Například hodnota se bude lišit pro průmyslovou oblast a pro horskou. Také je závislý na konkrétním měsíci v roce. Orientační hodnoty dokládá následující tabulka [4].

Tabulka 3.1 Závislost orientačního součinitele znečištění Z na poloze oblasti

Oblast	Součinitel znečištění Z
Venkov bez průmyslových exhalací	3,0
Města s průmyslovými exhalacemi	4,0
Místa nad 1000 m. n. m.	2,5
Místa nad 2000 m. n. m.	2,0

3.1 Intenzita slunečního záření

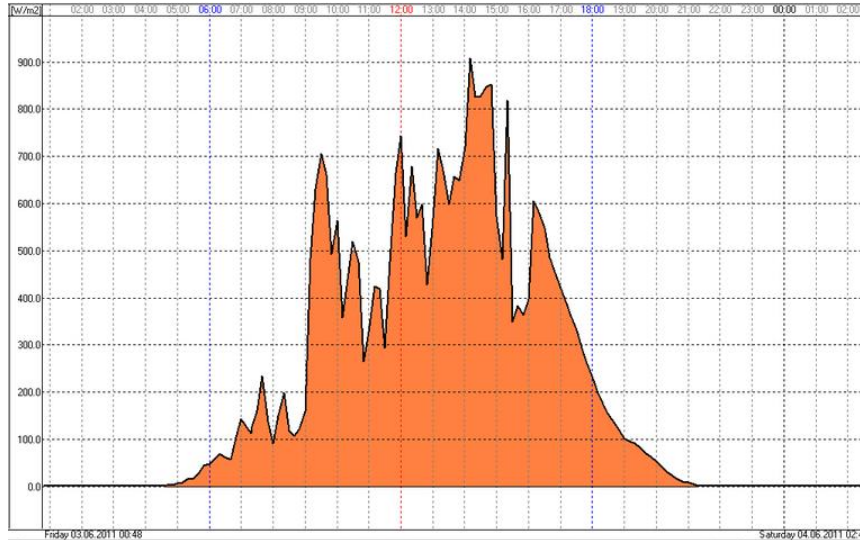
Jedna z nezbytných veličin při výpočtech se solárními kolektory je intenzita slunečního záření dopadajícího na povrch země. Jak již bylo řečeno intenzita slunečních paprsků dopadajících kolmo na zemský povrch se snižuje postupem vrstvami atmosféry. Hodnota je závislá na velikosti součinitele znečištění atmosféry a také na jak velkou vrstvu vzduchu musí paprsky překonat [4].

3.1.1. Parametry určující velikost intenzity slunečního záření

V průběhu roku se hodnota intenzity slunečního záření mění a závisí na příklad na poloze slunce nad obzorem. Zda-li je záření přímé nebo difúzní. Záření přímé znamená, že při průchodu atmosférou nedochází k rozptylu paprsků. Naopak u záření difúzního se paprsky rozptylují o částičky v atmosféře nebo plyny. Nicméně se vlnová délka u difúzního záření nemění, takže je stejná, jako u záření přímého. Celková intenzita slunečního záření je dána algebraickým součtem difúzního a přímého slunečního záření [4].

$$I = I_P + I_D \text{ (} W \cdot m^{-2} \text{)}$$

Pro detailní měření pro konkrétní lokalitu se používá zařízení pyranometr, který dokáže měřit intenzitu slunečního záření. Pro názornost je zde uveden graf z měření pyranometrem.



Obr. 4 – Měření provedené pyranometrem v konkrétním dni [21].

Nicméně pro výpočty se používají tabelové hodnoty v tabulkách, vždy pro daná měsíce v roce a orientaci na světovou stranu.

3.2 Možnosti ohřevu teplé užitkové vody

Při pohledu do historie se pro ohřev vody začali používat kotle na tuhá paliva a později přibyly kotle na plynná paliva v průmyslové energetice se navíc používají kotle fluidní neboli práškové. Pokud požadujeme teplo je potřeba energie. Toho u kotlů docílíme spálením paliva neboli hořením. Spalování je oksylichování paliva až na konečné produkty. Reakce, u níž se uvolňuje teplo se nazývá exotermická, což spalování je. Spalovací proces je složen ze tří látek pracovních pochodů. První je palivo, což je jakákoliv hořlavá látka, která má dostatečnou výhřevnost a dokáže reagovat s oksylichovadlem [5]. Druhá je právě zmíněné oksylichovadlo. V praxi je nejběžnější vzduch. Palivo a oksylichovadlo, jsou označovány jako vstupní látky. Produktem procesu je vzniklé teplo uvolněné z paliva a plynné spaliny. K produktům taktéž patří tuhý nebo kapalný zbytek [5].

Hoření může začít samovolně nebo s pomocí impulsu. Vždy je nutné na začátku dodat dostatečné množství energie, aby řetězová reakce, kterou hoření je, mohla probíhat. Reakce bude probíhat tak dlouho dokud není omezen přístup vstupních látek na tak nízkou hodnotu, že by nedocházelo k řetězové reakci [5].

4 Paliva

4.1 Obnovitelné zdroje energie

Na rozdíl od fosilních zdrojů o nich hovoříme jako nevyčerpatelné nebo jak zní název kapitoly obnovitelné. Obnovitelné z toho důvodu, že se dokážou samy buď úplně nebo částečně obnovovat. Další důvod je doba, po kterou slunce bude schopné vyzařovat energii do vesmíru. Délka života slunce je asi ještě 4 miliardy let, než se spotřebuje všechno vodík potřebný k termonukleární reakci, která na této hvězdě probíhá [6]. Opět je to ale dáno přeměnou energií ze Slunce. V přirozeném koloběhu vody slunce předá energii vodě, která je ve formě páry v mracích a ta následně roztáčí vodní turbínu a předává svou potenciální energii, která se mění na elektrickou. Další obnovitelné zdroje jsou například biomasa, termální energie, větrná a sluneční [6].

4.2 Neobnovitelné zdroje energie

Jsou takové druhy paliv, které se rychleji vyčerpávají, než obnovují. Řadí se mezi ně ropa, zemní plyn, uhlí a rašelina. Sluneční energie se do těchto zdrojů uchovála a přechází zde do doby, než je opět využita člověkem. Z chemického hlediska jsou to energetické zdroje z organických sloučenin [6].

4.3 Plynná paliva

Zemní plyn je plynné palivo a těží se ze zemních a mořských ložisek. Dopravu pro konečné spotřebitele zajišťují potrubí, kterým se plyn dopravuje nebo námořní tankery na kterých je plyn v kapalném stavu (LNG - Liquefied Natural Gas). Hlavní hořlavou složkou zemního plynu je methan. Chemický vzorec methanu je CH_4 [7]. V Evropě se zemní plyn rozděluje do dvou hlavních skupin. První skupinu tvoří zemní plyn, který je označován písmenem H (high), a jeho spalné teplo se pohybuje v rozmezí 40 až 46 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Do druhé skupiny se řadí zemní plny L (low), jehož spalné teplo leží v rozmezí 33 až 38 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ [8].

4.4 Kapalná paliva

Ropa je v energetice surovina velmi využívána, a to zejména na výrobu kapalných paliv. Z ropy se pomocí frakční destilace získávají topné oleje o různých hustotách. Základní rozdělení je lehké topné olej (LTO), extra lehké topné oleje (ELTO) a těžké topné oleje (TTO) nebo též nazývané mazut. U olejů je třeba brát v potaz teplotu oleje a kinematickou viskozitu. Se snižující se teplotou kinematická viskozita roste a tím rostou i náklady na přepravu, protože čerpadla musí vykonat větší práci na dopravení stejné množství tekutiny. V březnu roku 2020 byla cena ropy velmi nízko, a to se promítlo i do ceny topných olejů [9].

4.5 Solární systémy

4.5.1. Pasivní sluneční vytápění budov

Aktivní solární systémy často vyžadují složité systémy, které obsahují sběrače (kolektory), zásobníky na vodu a elektronické komponenty zajišťující regulaci. Se složitostí souvisejí i komplikace, které mohou při provozu nastat. Abychom snížily riziko poruchy je vhodnou variantou pasivní sluneční vytápění. Důležitým kritériem pro správnou funkci pasivního systému je správná konstrukce a konfigurace stavby, aby bylo účelně využito kladných účinků. Sluneční záření v zimě by mělo být co nejvíce využito a sluneční záření v létě naopak co nejvíce potlačeno. K tomu se nejčastěji využívá zasklená plocha orientovaná na jih, která slouží k zachycení energie. Pro požadovaný efekt se architektura oken volí se sklonem 60° až 90°. V zimě, kdy je slunce nízko nad obzorem dopadá do místnosti nejvíce slunečních paprsků a v létě je tomu právě naopak. Větší efektivnosti a zabránění přehřívání místnosti nebo celého domu se také využívá předsunutá střecha, která slouží k lepšímu odstínění slunečního svitu. Výsledkem je ekonomicky přijatelný systém, který plní požadavky uživatele.



Obr. 5 – Rozdělení solárních systémů na pasivní a aktivní [22]

4.5.2. Aktivní solární systémy

Pokud se člověk rozhodne využívat energii ze slunce aktivním způsobem, tak systém, který si pořídí bude obsahovat tyto nezbytné komponenty pro správnou funkci:

- Kolektory
- Zásobník tepla a výměníky
- Spojovací potrubí
- Oběhové čerpadlo nebo ventilátor
- Zabezpečovací zařízení
- Zařízení pro správnou regulaci

4.5.3. Solární kolektory

Nejdůležitější součástí aktivního solárního systému je kolektor. Je to zařízení, které slouží k zachytávání sluneční energie a je také vystavováno nepříznivým vlivům počasí, proto při jeho instalaci musí být kladen důraz na správné provedení montáže, aby se zajistila funkčnost a spolehlivost po co nejdéle dobu provozu [4]. Při pořizování systému není pravidlem, že kolektor s největší účinností je vždy správná volba. Například koncentrující a vakuové kolektory mají jedny z nejvyšších účinností, ale vyžadují také složité zapojení a drahá přídavná zařízení, jako jsou natáčecí systémy. S komplikovaností systému roste pravděpodobnost výskytu poruchy. Navíc pokud budeme uvažovat o nízkoteplotním solárním systému, kde se pracuje s teplotami do 70 °C, tak mnohem více se zde budou hodit kolektory jednoduché. Jednak pro nízké procento vzniku poruchy a také z hlediska ekonomické výhodnosti [4].

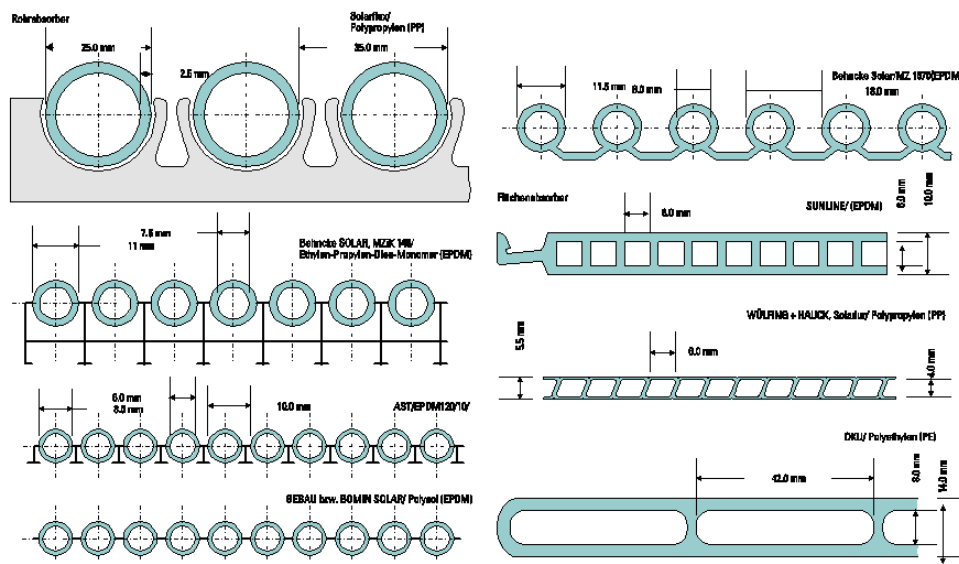
4.5.4. Druhy solárních kolektorů

Prvním kritériem pro rozdělení kolektorů je teplotné médium. Používá se buď kapalina, kterou je nejčastěji voda, případně směs vody a propylenglykolu nebo vzduch. Na našem trhu je převážná většina solárních kolektorů kapalinová, proto bude pozornost upřena zejména na ně [10]. V minulosti bylo jejich využití zejména v zemědělství pro účely sušení plodin. V současné době se nejčastěji využívají na předehřev větracího vzduchu nebo pro vytápění pasivních rodinných domů [11].

Kolektory lze rozdělit dle obrázku 6. V praxi se nejčastěji můžeme setkat s následujícími kombinacemi.

4.5.5. Plochý nekrytý kolektor

Je především určený pro nízkoteplotní systémy zejména ohřev bazénové vody. Hlavní nevýhodou jsou vysoké tepelné ztráty díky absenci zasklení. Ty jsou přímo úměrné venkovním podmínkám, a zvláště pak rychlosti větru [10]. Plast je materiál, ze kterého je kolektor vyroben. Je schopný odolávat UV záření, a tím se zamezí ztrátě funkčních vlastností [12]. Konstrukčně jsou absorbery vyráběny ve dvou typech – trubkové a ploché. Můžeme vidět na obrázku 7.



Obr. 7 – Rozdělení solárních systémů na pasivní a aktivní [7]

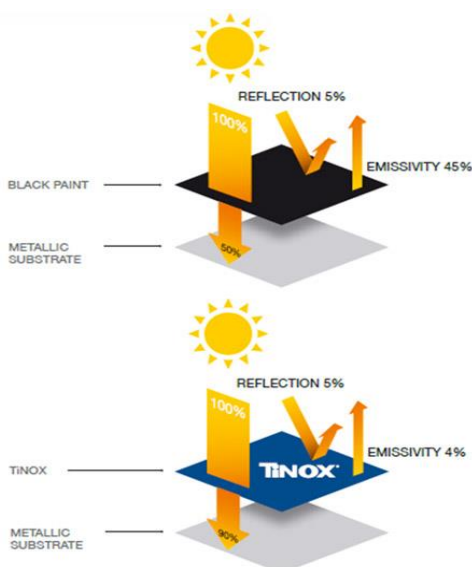
U bazénových rohoží je třeba brát zřetel na dávkování chlóru. Koncentrace v absorberu by neměla překročit 0,6 mg/l. Ukázka plochých nekrytých kolektorů neboli bazénových rohoží na obrázku 8.



Obr. 8 – Plastové kolektory používané na ohřev bazénových systémů [23]

4.5.6. Plochý neselektivní a selektivní kolektor

Plochý neselektivní kolektor je na trhu velmi řídko zastoupen. Je to dáno tím, že z ekonomického hlediska je mnohem výhodnější selektivní kolektor, který má vyšší absorptivitu a nižší emisivitu, což je u solárních kolektorů žádoucí [10]. Selektivní a neselektivní kolektory mohou být naprosto identické, jen u neselektivních chybí selektivní vrstva, která výrazně snižuje emisivitu solárního kolektoru a zvyšuje využitelnost energie ze slunce.



Obr. 9 – Srovnání neselektivní úpravy povrchu a selektivní TiNOX vrstvy [24].

Pro ještě vyšší využití energie selektivní kolektory jsou zasklené a jsou vybaveny izolací na bocích a zadní straně skříně. Předpokládá se, že budou využívány celoročně, tak je třeba minimalizovat tepelné ztráty. Vzhledem k dobrému poměru cena a výkon jsou na našem trhu nejrozšířenější pro solární ohřev vody a vytápění [10].

4.5.7. Ploché vakuový kolektor

Tento typ kolektorů se také používají pro celoroční ohřev vody a vytápění. Pro snížení celkových tepelných ztrát v zaskleném deskovém kolektoru, ve kterém je instalován kovový absorbér se spektrálně selektivním povlakem, se používá tlak nižší než atmosférický (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) [10].



Obr. 10 – Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru [25].

5 Výpočet tepelné ztráty budovy

Zejména v zimním období z budov, které mají vnitřní teplotu vyšší, než je teplota venkovní uniká teplo v podobě tepelných ztrát. K těmto únikům dochází vedením, větráním a infiltrací pláštěm budovy. Z interiéru do exteriéru teplo prochází obvodovými stěnami, okny, dveřmi, zeminou, stropem a následně střechou. Je potřeba ztrátu co nejvíce snížit, aby teplo vyprodukované libovolným zdrojem tepla co nejdéle udrželo uvnitř budovy, předalo energii potřebnou na vyhřátí vnitřních prostor budovy a co nejméně prošlo skrze materiály do venkovního prostředí.

Pro posouzení vhodnosti rekonstrukce je potřeba určit tepelné ztráty budovy. K tomu byla použita norma ČSN EN 12 831 – 1 – Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.

Norma stanovuje postup výpočtu tepelných ztrát, který se skládá z následujících kroků [14]:

- Stanovení hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty.
- Stanovení stavu každého prostoru a hodnoty vnitřní výpočtové teploty každého vytápěného prostoru.
- Stanovení rozměrových a tepelných vlastností pro všechny stavební části a pro každý nevytápěný i vytápěný prostor.
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát prostupem a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát prostupem vytápěného prostoru.
- Výpočet součinitele návrhových tepelných ztrát větráním a násobení návrhovým rozdílem teplot pro získání tepelných ztrát větráním vytápěného prostoru.
- Stanovení celkové tepelné ztráty vytápěného prostoru sečtením návrhových tepelných ztrát prostupem a návrhových tepelných ztrát větráním.
- Výpočet zátopového výkonu vytápěného prostoru
- Stanovení celkového tepelného výkonu sečtením celkových návrhových tepelných ztrát a zátopového výkonu.

5.1 Klimatické údaje

Mezi klimatické údaje se řadí výpočtová venkovní teplota θ_e a průměrná roční venkovní teplota $\theta_{e,m}$. Tyto hodnoty byly vzaty z normy ČSN EN 12 831 – 1. Vzhledem k tomu, že v normě se nenachází vesnice, ve které stojí dům, pro který jsou tepelné ztráty určovány, tak byly použity hodnoty pro Brno. Město Brno má podobnou nadmořskou výšku jako obec Nové Bránice a není ani příliš vzdáleno. Rozdíl nadmořských výšek je pouhých 29 m. n. m. a tato místa jsou od sebe vzdálena cca 30 km.

Tabulka 5.1

Označení		Jednotka	Hodnota
Výpočtová venkovní teplota	θ_e	°C	-12
Průměrná roční venkovní teplota	$\theta_{e,m}$	°C	5,1

5.2 Parametry objektu

Při výpočtu tepelných ztrát bylo počítáno s reálnými teplotami v domě. Teploty byly získané měřením v jednotlivých místnostech. Parametr, který byl měřen pro každou místnost je $\theta_{int,i}$. Dalšími parametry jsou plocha místnosti A_i a objem vzduchu v místnosti V_i .

Tabulka 5.2 Parametry objektu

Označení místnosti	Název místnosti	Plocha A_i [m ²]	Objem vzduchu V_i [m ³]	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
Přízemí				
1	Vstup	6,3	16,4	22
2	WC	2,8	7,3	22
3	Hala	6,7	17,4	22
4	Obytný prostor	48,0	124,8	22
5	Kuchyně	16,0	41,6	22
6	Pokoj	15,1	39,1	22
7	Dílna	11,7	30,4	15
8	Garáž	18,3	47,6	15
1. patro				
9	Chodba	10,7	26,8	22
10	Šatna	3,4	8,5	22
11	WC	2,4	6	22
12	Pokoj 1	26	65	22
13	Pokoj 2	26	65	22
14	Koupelna	14	35	22
15	Pokoj 3	25,5	63,8	22
Půdní prostor				
16	Půdní prostor	3,1	30,6	exteriér

5.3 Informace o materiálech

Pro další výpočty je nutné určit součinitel prostupu tepla pro jednotlivé stěny. Učení se provede za pomoci součinitele tepelné vodivosti λ pro jednotlivé vrstvy konstrukce. Pomocí něj je možné určit tepelný odpor R a následně určit součinitel prostupu tepla stavební části U_K .

5.3.1. Tepelná vodivost

Tepelná vodivost λ je fyzikální vlastnost látky. Prakticky u všech látek je tepelná vodivost funkcí teploty. Tepelné vodivosti se velmi liší, vše závisí na materiálu, z jakého jsou vyrobeny. Pro příklad se pohybujeme od řádu 10 (ocel) po řády 100 (měď, hliník). Oproti tomu vzduch je v řádu 0,01, tedy o 4 řády nižší než hliník. Izolanty (polystyren, molitan apod.) právě díky přítomnosti plynů mají dobré izolační vlastnosti [15]. Čím větší tepelnou vodivost těleso má, tím menší klade odpor proti přenosu tepla a také obráceně. Čím menší tepelnou vodivost těleso má, tím větší klade odpor proti přenosu tepla. Číselná hodnota tepelné vodivosti, jejíž rozměr je $W/(m \cdot K)$ říká, že protéká-li tepelný tok vrstvou látky o tloušťce 1m a je-li teplotní spád na této tloušťce 1K, projde touto vrstvou právě takový tepelný tok \dot{q} (W/m^2), jaká je číselná hodnota tepelné vodivosti λ [15].

Hodnoty byly vzaty z normy ČSN 73 0540-3 –Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin [16] a z dostupných zdrojů na internetu. Hodnoty byly dosazovány do následujícího vztahu z normy ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie [17]:

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-grad\theta} \quad (5.1)$$

\vec{q} je vektor husto ustáleného tepelného toku sdíleného vedením, proudících stejnorodým izotropním materiálem [W/m^2];

$-grad\theta$ gradient teploty [K/m].

Tabulka 5.3 Zjištěné hodnoty součinitele tepelné vodivosti

Kód materiálu	Název	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [$W/m \cdot K$]
1	Podkladová mazanina B 12.5	0,050	1,300
2	Lepenka IPA	0,010	0,200
3	Betonová mazanina B15 s potěrem	0,025	1,800
4	Fasáda (vápenocementová)	0,020	0,990
5	Omítka vápenná	0,010	0,880
6	Konstrukce t tvarovek MIAKO	0,240	0,420
7	Anhydritová podlaha	0,060	1,200
8	Betonová mazanina TL. 40	0,040	1,160
9	Lamino	0,008	0,370
10	Výplň orsik 200	0,200	0,039
11	Vnitřní plášť sádkarton na roštu	0,014	0,220
12	Podlahová palubka	0,020	0,130
13	Zdivo poroterm	0,450	0,111
14	Dlaždice	0,010	1,300
15	Perlit beton	0,100	0,140
16	Hranoly	0,160	0,180

Tepelný odpor R [$m^2 \cdot K/W$]

Je veličina, která představuje hodnotu, jak dobře je materiál schopný odolávat vůči šíření tepla skrze konstrukci. Je-li známa hodnota součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a je-li konstantní, povrchy kolmé na směr tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné (planparalelní vrstva) a vrstvou tak proudí rovnoměrný tepelný tok, je tepelný odpor definován vztahem [17]:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (5.2)$$

d je tloušťka vrstvy; tloušťka vrstvy v konstrukci [m];

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

Pro správné provedení výpočtu je nutné rozlišit tepelné toky na vnitřní a vnější straně konstrukce vzduchové vrstvy. Hodnoty těchto odporů jsou uvedeny v následující tabulce a byly převzaty z normy ČSN EN 12 831 – 1 [14]:

Tabulka 5.4 Smluvní odpory při přestupu tepla na vnitřní a venkovní straně

Číselný kód materiálu	Odpor při přestupu tepla [$(m^2 \cdot K)/W$]	Směr tepelného toku		
		Nahoru	Vodorovně	Dolů
17	R_{si}	-	0,13	-
18	R_{se}	-	0,04	
19	R_{si}	0,1	-	-
20	R_{si}	-	-	0,17

Součinitel prostupu tepla stavební částí U_k [$W/(m^2 \cdot K)$]

Udává množství tepla, které projde stavební konstrukcí o ploše $1 m^2$ při teplotní diferenci $1 K$. Pro rovinnou stěnu je definován vztahem převzatým z normy ČSN EN ISO 6946 – Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody:

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n R_i + R_{se}} \quad (5.3)$$

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

R_i je tepelný odpor konstrukce [$m^2 K/W$]

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

Tabulka 5.5 Výpočet součinitele prostupu tepla obvodovou zdí

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Obvodová zeď						
OZ1	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,880	0,011	
	13	Zdivo porotherm	0,45	0,111	4,054	
	4	Fasáda (vápenocementová)	0,02	0,990	0,020	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					4,256	0,235

Tabulka 5.6 Výpočet součinitele prostupu tepla podlahou v podkroví

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha podkroví 1						
PK1	19	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,100	
	5	Omítka vápenná	0,010	0,880	0,011	
	11	Vnitřní plášť sádkokarton na roštu	0,014	0,220	0,064	
	10	Výplň orsík 200	0,200	0,039	5,128	
	12	Podlahová palubka	0,020	0,130	0,154	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					5,497	0,182

Pro zbývající obvodové konstrukce, okna a dveře byl také proveden výpočet za pomoci software Excel a jsou součástí přílohy.

5.4 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěné budovy

Celková tepelná ztráta se vypočítá jako součet tepelných ztrát prostupu skrze konstrukce a únikem tepla větráním. Je definována vztahem [14]:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,build} \quad (5.4)$$

$\phi_{T,i}$ je návrhová tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru [W]

$\phi_{V,build}$ je návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

5.4.1. Návrhová tepelná ztráta prostupem

Nyjí je již možné přistoupit k určení tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti. U tepelných ztrát nebudou uvažovány tepelné mosty. Výpočty by byly komplikovanější a obtížnost by přesahovala rámec bakalářské práce.

Návrhová tepelná ztráta prostupem $\phi_{T,i}$ se pro vytápěný prostor (i) určí z rovnice [14]:

$$\phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5.5)$$

$H_{T,ie}$ je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e) [W/K]

$H_{T,iue}$ je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem [W/K]

$H_{T,ig}$ je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) [W/K]

$H_{T,ij}$ je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru na výrazně jinou teplotu (j) [W/K]

$\theta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e je výpočtová venkovní teplota [°C]

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e)

$$H_{T,ie}$$

Jak již bylo zmíněno výpočty nezahrnují vliv tepelných mostů. Prostup tepla do venkovního prostoru představuje velkou část z celkových tepelných ztrát. K určení byl použit následující zjednodušený vzorec [14]:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad (5.6)$$

A_k je plocha konstrukce budovy [m^2]

U_k je součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí [W/m^2K]

e_k je korekční činitel zahrnující klimatické podmínky, absorpci vlhkosti, rychlost větru [-]

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem $H_{T,iue}$

Součástí budovy jsou i nevytápěné prostory. Tepelný tok mezi vytápěným a nevytápěným prostorem se stanoví [14]:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad (5.7)$$

b_u je teplotní opravný činitel, kterým je zohledněn rozdíl teplot mezi nevytápěným prostorem a výpočtovou venkovní teplotou [-]

Dle normy ČSN EN 12 831 – 1 lze teplotní opravný činitel stanovit jako [14]:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (5.8)$$

$\theta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_u je teplota nevytápěného prostoru [°C]

θ_e je výpočtová venkovní teplota [°C]

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) $H_{T,ig}$

Teplo odchází také skrze podlahy nebo suterénní stěny, které jsou přímo nebo nepřímo spojeny se zemínou. Následující zjednodušený vztah určuje teplo, které těmito částmi prochází [14]:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (5.9)$$

f_{g1} opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku [-]

činitel je stanoven na hodnotu: $f_{g1} = 1,45$

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou. Stanoví se:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$\theta_{m,e}$ průměrná roční venkovní teplota [°C]

$\theta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e je výpočtová venkovní teplota [°C]

G_w opravný činitel zohledňující vliv spodní vody

$G_w = 1$ pokud je hladina spodní vody více než 1 m pod úrovní základové desky

$U_{equiv,k}$ je ekvivalentní součinitel prostupu tepla, který je určen podle podlahy
[W/m^2K]

Geometrický parametr podlahové desky B' je potřebný k určení ekvivalentního součinitele prostupu tepla $U_{equiv,k}$. Geometrický parametr musí být stanoven jako:

$$B' = \frac{A_G}{0,5 \cdot P}$$

A_G plocha podlahové desky [m^2]

P nechráněný obvod podlahové desky (obrázek E.2 norma ČSN EN 12 831-1)
[m]

Součástí celkové tepelné ztráty je i $H_{T,ij}$, což je měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do sousedního vytápěného prostoru na výrazně jinou teplotu (j) [W/K]. Tento tok nebyl určován, protože se v domě žádný takový prostor nenachází.

Tabulka 5.7 Výpočet tepelné ztráty prostupem pro vytápěné prostory v přízemí

Místnost - vytápěné prostory přízemí				
Tepelné ztráty do vnějšího prostředí $H_{T,ie}$				
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [W/K]
OZ1	61,620	0,235	1	14,481
TDP+ODP	15,350	1,200	1	18,420
DVD	2,070	2,600	1	5,382
PPL1	3,600	1,145	1	4,122
Celková měrná tepelná ztráta do vnějšího prostředí $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [W/K]				42,405
Tepelné ztráty přes nevytápěný prostor $H_{T,iue}$				
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]
Stěna vnitřní 300 do dílny	10,400	0,350	0,2059	0,7494
Dveře dřevěné - přízemí 70/192	1,379	2,000	0,2059	0,5678
Stěna vnitřní 100 mm	5,720	0,845	0,2059	0,9951
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]				0,749
Tepelné ztráty do zeminy $H_{T,ig}$				
Výpočet B'	A_g [m ²]	P [m]	$B' = A_g / 0,5 \cdot P$	
	87,75	42,6	4,120	
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² K]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]
Podlaha vytápěná část	94,85	3,571	0,868	82,339
f_{g1} [-]	f_{g2} [-]	G_w [-]		$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
1,45	0,50	1		0,721
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$ $H_{T,ig} = \sum_k f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$ [W/K]				59,345
		Teplotní údaje		
Venkovní výpočtová teplota θ_e		[°C]		-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$		[°C]		22
Teplotní rozdíl $\theta_{int,i} - \theta_e$		[°C]		34
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]				3484,967

Tabulka zobrazuje výpočty pro vytápěné prostory v přízemí. Výpočty pro zbylé prostory domu jsou k nahlédnutí v příloze.

5.4.2. Tepelná ztráta větráním budovy (build) / zóny (z) / místnosti (i)

Budova (build):
$$\phi_{V,build} = \sum_z (\phi_{V,z}) \quad (5.10)$$

Zóna (z):
$$\phi_{V,z} = \rho \cdot c_p \cdot \sum_i \langle f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \rangle \quad (5.11)$$

Vytápěný prostor (i):
$$\phi_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (5.12)$$

ρ hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\theta_{int,i}$ [kg/m³]

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $\theta_{int,i}$ [Wh/(kg·K)]

součin $\rho \cdot c_p = 0,34$ – považujeme za konstantu

f_{i-z} poměr mezi minimálními objemovými průtoky vzduchu jednotlivých místností (i), které jsou součástí uvažované zóny (z), a výsledným objemovým průtokem vzduchu zóny (z) [-], hodnoty byly uvažovány z tabulky B.5

$q_{v,min,i}$ minimální objemový průtok vzduchu místnosti (i) [m³/h]

$$q_{v,min,i} = n_{min,i} \cdot V_i \quad (5.13)$$

$n_{min,i}$ minimální intenzita větrání místnosti (i) [h⁻¹], hodnoty byly používány z tabulky B.7

V_i vnitřní objem (objem vzduchu) místnosti (i) [m³]

Tabulka 5.8 Výpočet tepelné ztráty větráním v přízemí

Označení místnosti	Vstup	WC	Hala	Obytný prostor	Kuchyně	Pokoj	Dílna	Garáž
Objem místnosti V_i [m ³]	16,38	7,28	17,42	124,80	41,60	39,13	30,42	47,58
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	22	22	22	22	22	22	15	15
Vnější výpočtová teplota θ_e [°C]	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Minimální intenzita větrání n_{min}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Poměr mezi minimálním objem. průtokem vzduchu jed. místností	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Minimální objemový průtok $q_{v,min,i}$	8,190	3,640	8,710	62,400	20,800	19,565	15,210	23,790
$f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	139,230	61,880	148,070	1060,800	353,600	332,605	205,335	321,165
$\sum f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$								2622,685
Celková ztráta větráním								891,713

Součástí přílohy jsou provedeny výpočty pro 1. patro.

5.4.3. Tepelný zátopový výkon

Tepelný zátopový výkon nebyl určován, protože systém regulace se schopný zabránit teplotnímu útlumu, proto jak říká norma ČSN EN 12 831 – 1, není nezbytný.

5.4.4. Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon se pak stanoví jako součet tepelné ztráty prostupem a větráním dle vztahu [14]:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,build} = 7659 \text{ W} \quad (5.14)$$

5.4.5. Roční spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV

Pomocí online kalkulačky byla určena roční spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV [18]:

Lokalita (Tabulka) $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$???

Město Délka topného období $d =$ [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e =$ $^{\circ}\text{C}$ Prům. teplota během otopného období $t_{es} =$ $^{\circ}\text{C}$

Vytápění

Teplotná ztráta objektu $Q_c =$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ $^{\circ}\text{C}$???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3549 \text{ K.dny}$

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i =$??? $\eta_o =$???

$e_t =$??? $\eta_r =$???

$e_d =$???

Opravný součinitel ϵ ???

$\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$

$\epsilon =$

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

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

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

Ohřev teplé vody

$t_1 =$ $^{\circ}\text{C}$??? $\rho =$ kg/m^3 ???

$t_2 =$ $^{\circ}\text{C}$??? $c =$ J/kgK ???

$V_{2p} =$ m^3/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z =$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 12.3 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě $t_{svl} =$ $^{\circ}\text{C}$

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} =$ $^{\circ}\text{C}$

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)

$Q_r =$ (MWh/rok)

Obrázek 11- Roční spotřeba tepla na vytápění a ohřev TUV [18].

5.4.6. Náklady na vytápění

Při zpracovávání bakalářské práce bylo vycházeno z reálných faktur za plyn. Hodnoty při výpočtu roční spotřeby tepla a TUV byly upraveny dle situace, která proběhla v roce 2020. Členové domácnosti často neobývaly modelový dům, a proto byl upraven člen V_{p2} na hodnotu lišící se od normy. Délka topného období se také liší od normy. Modelový dům před rekonstrukcí disponoval kondenzačním kotlem Lev 30 KKZ 150C od společnosti Protherm. Roční náklady na vytápění a TUV ukazuje následující tabulka

6 Posouzení vhodnosti rekonstrukce

K posouzení slouží následující tabulky a grafy, celkové zhodnocení je provedeno v závěru.

6.1.1. Před rekonstrukcí

Dům byl vytápěn kondenzačním kotlem LEV 30 KKZ od firmy Protherm.

Tabulka 6.1 Charakteristické hodnoty pro kotel LEV 30 KKZ

parametr	hodnota
Jmenovitý tepelný výkon topení při 80 °C/60 °C	6,3–24,1 kW
Jmenovitý tepelný výkon ohřevu vody	6,5–24,9 kW
Účinnost při 80 °C/60 °C	97,00%
Účinnost při 50 °C/30 °C	108,00%
Cena vč. 21 % DPH (včetně zásobníku TUV)	68 500 Kč

Součástí byl i zásobník na TUV o objemu 95 litrů.

Z důvodu poruchy na kotli byla provedena rekonstrukce a byly přidány solární kolektory.

6.1.2. Po rekonstrukci

Nový kotel byl zvolen VICTRIX TERA 24 PLUS + solární kolektory RF 300, na které se vztahuje dotace od MŽP, která byla v plné výši proplacena. Maximální celkový solární zisk ze solárních kolektorů je 2064 kWh/rok. S novým kotlem byl také pořízen nový zásobník na vodu OKC 200 NTRR/SOL od firmy Dražice.

Tabulka 6.2 Charakteristické hodnoty pro kotel VICTRIX TERA 24 PLUS

parametr	hodnota
Jmenovitý tepelný výkon topení	4,3 - 24,1 kW
Jmenovitý tepelný výkon ohřevu vody	4,3 - 28,3 kW
Účinnost při 80 °C/60 °C	97,80%
Účinnost při 40 °C/30 °C	108,20%
IMMERGAS victrix tera 24 plus	38 525 Kč
Zásobníku TUV = Dražice OKC 200 NTRR/SOL	13 570 Kč
Solární kolektory komplet	42 954 Kč
Cena celkem vč. 21 % DPH (včetně)	95 049 Kč
Dotace	-35 000 Kč

Hodnoty pro solární kolektory, bylo vycházeno z hodnot, které jsou součástí přílohy.

Tabulka 6.3 Charakteristické hodnoty pro solární kolektory

Celkový využitelný zisk solárního systému	2064 kWh/rok
Absorpční plocha	2 x 1,78 m ²

Tabulka 6.4 Srovnání provozních nákladů v letech 2020 a 2019

Rok	2020	2019	Rozdíl
Celková spotřeba plynu [MWh]	16,67569	19,43229	2,7566
Náklady na vytápění + TUV [Kč]	21247,2	23160,23	1913,03

6.1.3. Nákladnější investice

Zde je uvažováno tepelné čerpadlo EcoAir 410. Bylo vybráno pro dostatečné pokrytí tepelných ztrát i při nízkých teplotách a zásobník OKC 400 NTTRR/HP umožňuje případně dopojení elektrokotle, kdyby v domě při nízkých teplotách nebyla tepelná pohoda.

Tabulka 6.5 Investiční náklady pro nákladnější variantu

Parametr	Cena
TČ EcoAir 410	173 514,00 Kč
Solární panely	42 954,00 Kč
Zásobník dražice OKC 400 NTTRR/HP	30 492,00 Kč
Celkem vč. 21 % DPH	246 960,00 Kč



Pro správný výpočet provozních nákladů je nutné pro případný elektrokotel stanovit bod ekvivalence, který je $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

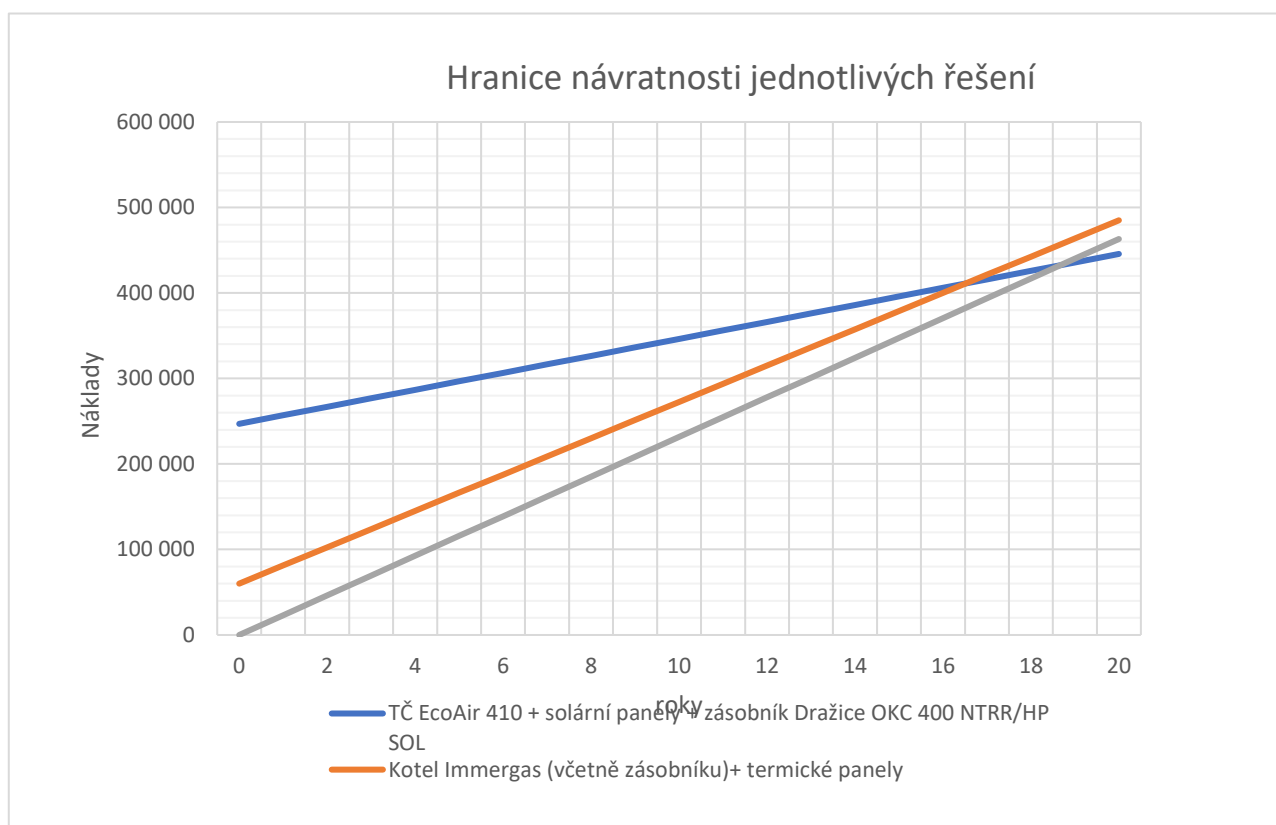
Náklady na vytápění tepelné čerpadlo + solární kolektory

Byl uvažován cenový tarif D56d.

Tabulka 6.6 Provozní náklady TČ + solární kolektory

Celková potřeba tepla pro vytápění Qr	17,4	MWh/rok
Teplo dodané TČ	17,400	MWh/rok
Elektrická energie spotřebovaná TČ	6,021	MWh/rok
Celkové náklady na provoz	9 934,26 Kč	Kč

Následující graf zobrazuje investiční a provozní náklady. Graf také zobrazuje dobu návratnosti tepelného čerpadla v porovnání se stávající variantou. Dle grafu a vypočtených hodnot je tato doba stanovena na 17 let. Návratnost aktuálního systému oproti starému není na grafu zobrazena. Tato hodnota z dat vyšla až na 31 let. Doba je velmi dlouhá a s největší pravděpodobností životnost aktuálního kotle nebude tak dlouhá.



7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo rozhodnout, zda byla rekonstrukce provedená na modelovém domě výhodná. K rozhodnutí bylo třeba vypočítat ekonomickou návratnost projektu.

Při výpočtu byly nejprve učeny součinitelé prostupu tepla stavebními konstrukcemi, kteří velmi závisí na použitých stavebních materiálech. Dům byl stavěn v letech 2007 – 2009 a na obvodové zdi byly použity cihly porotherm většího průměru, které by měli mít dostatečné izolační vlastnosti, aby nebylo třeba použít například polystyrenu. Při pohledu na tabulku 4.3, můžeme vidět, že na stavbu domu bylo použito nejméně 16 druhů staveních materiálů. Tepelné ztráty byly vypočítány dle aktuální normy ČSN EN 12 831 – 1. Dle normy byly určeny tepelné ztráty prostupem a větráním, přičemž velkou část ze ztrát představuje hodnota 5975 W, což je tepelná ztráta prostupem. Tepelná ztráta větráním byla určena na hodnotu 1672 W. Součet hodnot se rovná číslu 7650W. Při určení celkové tepelné ztráty z faktury za plyn se hodnoty liší pouze o 300W. Celková tepelná ztráta odpovídá celkovým ztrátám současných novostaveb. Vypočítané tepelné ztráty korespondovaly s určenými tepelnými ztrátami z faktur za plyn.

Před rekonstrukcí na modelovém domě byl využíván kondenzační kotel Kondenzační kotel LEV 30 KKZ. Vzhledem k tomu, že v září roku 2020 došlo k poruše na kotli, konkrétně porucha těsnosti spalovací komory, bylo nutné kotel vyměnit. Vhodný kandidát se ukázal kotel Immergas VICTRIX TERA 24 PLUS. Vzhledem k vhodné poloze střechy se zrealizovala instalace solárních kolektorů RF 300. Ministerstvo životního prostředí na tento typ umožňuje využití dotace 40 000 Kč. Dotace byla schválena v plné výši a na solární kolektory bylo využito 35 000 Kč, zbylých 5 000 Kč bylo použito na energetický posudek.

Celková potřeba tepla na vytápění a TUV činí 19,4 MWh/rok. Teplu potřebné na vytápění z celkové hodnoty představuje 15,5 MWh/rok a zbylá hodnota, což je 3,9 MWh/rok připadá na ohřev TUV. Vyúčtování, které přišlo v roce 2020 činilo 23 156 Kč. Rekonstrukce měla za cíl tyto náklady snížit s vhodnou dobou návratnosti a pokud možno zvýšit efektivitu systému. Instalace nového systému proběhla bezprostředně po havárii. Po prvním půlroce používání již byla úspora ve formě financí zřetelná a byla 1909 Kč. Z toho plyne, že celková úspora za rok by měla být cca 4000 Kč. Svůj podíl na úspoře má i regulační systém CAR V2, kterým kotel před rekonstrukcí nedisponoval. Investiční návratnost oproti systému před rekonstrukcí je 32 let. Návratnost je dlouhá, protože již dříve byl majitelem vlastněn kondenzační kotel, a proto úspora není příliš vysoká, než kdyby majitel měl plynový kotel s účinností 90%.

Pokud by se majitel domu rozhodl uskutečnit finančně náročnější investici, mohl by nainstalovat tepelné čerpadlo EcoAir 410. Při výpočtu bodu ekvivalence bylo vycházeno ze statistických dat CHMÚ meteorologická stanice Brno Tuřany za rok 2020. Byly vypočítány průměrné denní teploty a z nich určovány dny kdy je teplota nižší, než je bod ekvivalence, který odpovídá hodnotě $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato hodnota se v průměrných denních teplotách nevyskytovala a z toho důvodu nebyl uvažován bivalentní zdroj, například elektrokotel. Bylo by třeba použít data za delší časové období a v nich už by se rozhodně průměrná hodnota nižší než $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyskytovala. Klimatologové varují před roky, které budou mít charakter extrémů. Buď bude velké teplo nebo pravý opak, nicméně rostoucí trend průměrné denní i roční teploty je z dat prokazatelný, a proto by případný majitel musel spoléhat, že tento trend bude pokračovat, aby měl dostatečný tepelný komfort v domě. Investiční návratnost v porovnání s aktuálním otopným systémem vychází na 18 let.

Cíle bakalářské práce byly naplněny a vhodnost investice se vzhledem k době návratnosti neukázala jako příliš výhodná.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] KLECZEK, Josip. Sluneční energie: úvod do helioenergetiky. Praha: SNTL, 1981192s.
- [2] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, DUB, Petr, ed. Fyzika. 2., přeprac. vyd. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.
- [3] SOUKUPOVÁ, Jana. Atmosférické procesy: (základy meteorologie a klimatologie). V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, c2007. ISBN isbn978-80-213-1607-2.
- [4] CIHELKA, Jaromír. Solární tepelná technika. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
- [5] OCHRANA, Ladislav. Kotle a výměníky tepla. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2847-3.
- [6] QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN isbn978-80-247-3250-3.
- [7] BECHNÍK, Bronislav. Příčné řezy plastových absorberů. TZB-info [online]. 9.2.2009 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/5400-solarni-ohrev-venkovnich-bazenu>
- [8] SUCHÁNEK. Souhrn fyzikálních hodnot zemních plynů. TZB-info [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/51-souhrn-fyzikalnich-hodnot-zemnich-plynu>
- [9] Ing. Marek Baláš, Ph.D., Ing. Martin Lisý, Ph.D. a Ing. Jiří Moskalík. Kotle a paliva. In: TZB-info [online]. 19.3.2012 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/8382-kotle-1-cast>
- [10] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Typy solárních kolektorů. TZB-info [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [11] Ing. Viacheslav Shemelin a doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Analýza využití solárních vzduchových kolektorů pro vytápění rodinného domu. TZB-info [online]. 16.7.2018 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplovzdušne-vytapani/17641-analyza-vyuziti-solarnich-vzduchovych-kolektoru-pro-vytapani-rodinneho-domu>
- [12] Ing. Stanislav Dvořák. Jak správně vybrat solární kolektor? SOLÁRNÍ SYSTÉMY KOCIÁN [online]. 25. červenec 2019 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://solarni-ohrev-vody.cz/clanky/poradime-vam-jak-spravne-vybrat-solarni-kolektor>
- [14] ČSN EN 12831 - 1: Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápěný prostor. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [15] PAVELEK, Milan. Termomechanika. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4300-6.

- [16] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov: - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [17] ČSN 73 0540-1: Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [18] Ing. Zdeněk Reinberk. Výpočet potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. TZB-info [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [19] GJØRWAD HAGEN, Anders. Mother of pearl. Spaceweather [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.spaceweather.com/archive.php?view=1&day=30&month=12&year=2011>
- [20] GRY 101, Introduction to Physical Geography. Students of geography of the university of Lagos [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://unilaggeography2012.blogspot.com/p/gry-101-introduction-to-physical.html>
- [21] Solární integrátor. TZB-info [online]. 5.3.2012 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/8340-poznate-skutecnou-ucinnost-fotovoltaicke-elektrany>
- [22] LACINA, David. Rozdělení solárních systémů. Obnovitelné energie [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://www.obnovitelne-energie.cz/solarni-systemy.php>
- [23] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [24] Environmental-expert [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.environmental-expert.com/products/tinox-energy-solar-absorber-199082>
- [25] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>

Příloha 1

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Obvodová zeď						
OZ1	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,880	0,011	
	13	Zdivo poroterm	0,45	0,111	4,054	
	4	Fasáda (vápenocementová)	0,02	0,990	0,020	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					4,256	0,235

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Stěna vnitřní 250 mm						
SV25	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	13	Zdivo poroterm	0,25	0,111	2,252	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
Celková hodnota R a U_k					2,535	0,394

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Stěna vnitřní 300 mm						
SV30	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	13	Zdivo poroterm	0,3	0,111	2,703	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
Celková hodnota R a U_k					2,985	0,335

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Stěna vnitřní 100 mm						
SV10	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	13	Zdivo porotherm	0,1	0,111	0,901	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	17	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,130	
Celková hodnota R a U_k					1,184	0,845

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha přízemí						
PP	20	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,170	
	14	Dlaždice	0,01	1,3	0,008	
	3	Betonová mazanina B15 s potěrem	0,025	1,8	0,014	
	2	Lepenka IPA	0,01	0,2	0,050	
	1	Podkladová mazanina B 12.5	0,05	1,3	0,038	
Celková hodnota R a U_k					0,280	3,571

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha 1. patro - Dlaždice						
PP1	18	Směr tepelného toku na vnější straně (nahoru)		-	0,040	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	6	Konstrukce t tvarovek MIAKO	0,24	0,42	0,571	
	7	Anhydritová podlaha	0,06	1,2	0,050	
	14	Dlaždice	0,01	1,3	0,008	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					0,720	1,388

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha 1. patro - Lodžie - Dlaždice						
PPL1	19	Směr tepelného toku na vnější straně (nahoru)		-	0,100	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	15	Perlitbeton	0,1	0,14	0,714	
	14	Dlaždice	0,01	1,3	0,008	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					0,873	1,145

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha 1. patro - Lamino						
PPL	18	Směr tepelného toku na vnější straně (nahoru)		-	0,040	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	6	Konstrukce t tvarovek MIAKO	0,24	0,42	0,571	
	7	Anhydritová podlaha	0,06	1,2	0,050	
	9	Lamino	0,008	0,37	0,022	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					0,734	1,362

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Terasové dveře - přízemí						
TDP	0.1					
Celková hodnota R a U_k						1,200

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
---------------	-------------	-------	-----------------------	---	-------------------------------------	---

Okno dřevěné - přízemí						
ODP	0.2					
Celková hodnota R a U _k						1,200
Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U _k [W/m ² ·K]
Dveře dřevěné - přízemí 70/192						
DDP	0.3					
Celková hodnota R a U _k						2,000
Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U _k [W/m ² ·K]
Dveře vstupní dřevěné - přízemí 90/230						
DVD	0.4					
Celková hodnota R a U _k						2,600
Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U _k [W/m ² ·K]
Dveře vstupní dřevěné - přízemí 80/197						
DVD	0.5					
Celková hodnota R a U _k						2,600
Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U _k [W/m ² ·K]
Dveře vstupní dřevěné - přízemí 80/197						
DVD	0.5					
Celková hodnota R a U _k						2,600

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepečné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Dveře garážová 240/220						
DG	0.6					
Celková hodnota R a U_k						1,220
Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepečné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha podkroví 1						
PK1	19	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,100	
	5	Omítka vápenná	0,010	0,880	0,011	
	11	Vnitřní plášť sádrokarton na roštu	0,014	0,220	0,064	
	10	Výplň orsík 200	0,200	0,039	5,128	
	12	Podlahová palubka	0,020	0,130	0,154	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					5,497	0,182

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepečné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Podlaha podkroví 2						
PK2	19	Směr tepelného toku na vnitřní straně		-	0,100	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	11	Vnitřní plášť sádrokarton na roštu	0,014	0,22	0,064	
	16	Hranoly	0,16	0,18	0,889	
	12	Podlahová palubka	0,02	0,13	0,154	
	18	Směr tepelného toku na venkovní straně		-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					1,258	0,795

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Střecha se sklonem 33° - orsík 160						
SO160	14	Směr tepelného toku na vnitřní straně	-	-	0,100	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	11	Vnitřní plášť sádrokarton na roštu	0,014	0,22	0,064	
	10	Výplň orsík 160	0,16	0,039	4,103	
	14	Směr tepelného toku na venkovní straně	-	-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					4,318	0,232

Stavební část	Číselný kód	Popis	Tloušťka vrstvy d [m]	Součinitel tepeplné vodivosti λ [W/m·K]	Tepelný odpor [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla U_k [W/m ² ·K]
Střecha se sklonem 33° - hranoly						
SH	14	Směr tepelného toku na vnitřní straně	-	-	0,100	
	5	Omítka vápenná	0,01	0,88	0,011	
	11	Vnitřní plášť sádrokarton na roštu	0,014	0,22	0,064	
	16	Hranoly	0,16	0,18	0,889	
	14	Směr tepelného toku na venkovní straně	-	-	0,040	
Celková hodnota R a U_k					1,104	0,906

Místnost - Dílna + Garáž				
Tepelné ztráty do vnějšího prostředí $H_{T,ie}$				
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [W/K]
OZ1	32,534	0,235	1	7,645
DVD 0.5	1,576	2,600	1	4,098
ODP 0.2 - 2x	2,340	1,200	1	2,808
DG 0.6	5,280	1,220	1	6,442
Celková měrná tepelná ztráta do vnějšího prostředí $H_{T,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [W/K]				20,993
Tepelné ztráty přes nevytápěný prostor $H_{T,iue}$				
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]				0
Tepelné ztráty do zeminy $H_{T,ig}$				
Výpočet B'	Ag[]	P[]	B' = Ag / 0,5 * P	
	30	21,1	2,843601896	
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	$U_{equiv,k}$ [W/m ² K]	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ [W/K]
Dílna + garáž	30	1,388	1,1236	33,708
fg1 [-]	fg2 [-]	Gw [-]	fg1 · fg2 · Gw	
1,45	0,367	1	0,531666667	
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$ $H_{T,ig} = \sum k f g_1 \cdot f g_2 \cdot (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$ [W/K]				17,921
Teplotní údaje				
Venkovní výpočtová teplota θ_e	[°C]			-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$	[°C]			15
Teplotní rozdíl $\theta_{int,i} - \theta_e$	[°C]			27
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]				1050,681

Místnost 1. patro				
Tepelné ztráty do vnějšího prostředí $H_{T,ie}$				
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	e_k [-]	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [W/K]
OZ1	39,96	0,235	1	9,391
SV25	14,43	0,416	1	6,003
SO160	65,03	0,232	1	15,086
SH	4,99	0,906	1	4,523
PK1	24,91	0,182	1	4,533
PK2	3,51	0,795	1	2,793
Celková měrná tepelná ztráta do vnějšího prostředí $H_{T,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ [W/K]				42,330
Tepelné ztráty přes nevytápěný prostor $H_{T,iue}$				
Stavební část	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	b_u [-]	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ [W/K]				0
Tepelné ztráty do zeminy $H_{T,ig}$				
Celková měrná tepelná ztráta do zeminy $H_{T,ig}$ $H_{T,ig} = \sum k f g_1 \cdot f g_2 \cdot (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w$ [W/K]				0
		Teplotní údaje		
Venkovní výpočtová teplota θ_e		[°C]		-12
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$		[°C]		22
Teplotní rozdíl $\theta_{int,i} - \theta_e$		[°C]		34
Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]				1439,217

Označení místnosti	Vstup	WC	Hala	Obytný prostor	Kuchyně	Pokoj	Dílna	Garáž
Objem místnosti V_i [m ³]	16,38	7,28	17,42	124,80	41,60	39,13	30,42	47,58
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	22	22	22	22	22	22	15	15
Vnější výpočtová teplota θ_e [°C]	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Minimální intenzita větrání n_{min}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Poměr mezi minimálním objem. Průtok vzduchu jed. místností	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Minimální objemový průtok $q_{v,min,i}$	8,190	3,640	8,710	62,400	20,800	19,565	15,210	23,790
$f_i \cdot z \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	139,230	61,880	148,070	1060,800	353,600	332,605	205,335	321,165
$\sum f_i \cdot z \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$								2622,685
Celková ztráta větráním								891,713

Označní místnosti	Chodba	Šatna	WC	Pokoj 1	Pokoj 2	Koupelna	Pokoj 3
Objem místnosti V_i [m ³]	26,75	8,5	6	65	65	35	63,75
Vnitřní výpočtová teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	22	22	22	22	22	22	22
Vnější výpočtová teplota θ_e [°C]	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Minimální intenzita větrání n_{min}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Poměr mezi minimálním objem. Průtok vzduchu jed. místností	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Minimální objemový průtok $q_{v,min,i}$	13,375	4,25	3	32,5	32,5	17,5	31,875
$f_i \cdot z \cdot q_{v,min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	227,375	72,25	51	552,5	552,5	297,5	541,875
Σ							2067,625
Celková ztráta větráním							702,993

**Bilance solárních termických systémů pro potřeby programu Nová zelená úsporám
Podprogram Rodinné domy - Oblast podpory C.3 - Instalace termických solárních systémů**

měsíc	n	t_{ep}	t_{es}	$G_{T,m}$	η_k	$H_{T,měs}$	$Q_{k,u}$	$Q_{p,TV}$	$Q_{p,VYT}$	$Q_{p,c}$	$Q_{ss,u}$
	dny	°C	°C	W/m^2	—	kWh/m^2	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	31	-1,3	1,8	329	0,37	30,5	34	299	0	299	34
2	28	-0,1	2,7	406	0,47	50,40	70	270	0	270	70
3	31	3,7	6,3	482	0,55	87,8	145	299	0	299	145
4	30	8,1	10,7	512	0,60	126,7	230	289	0	289	230
5	31	13,3	16,0	530	0,65	153,3	300	299	0	299	299
6	30	16,1	18,6	534	0,67	146,9	297	289	0	289	289
7	31	18	20,5	526	0,69	145,1	299	299	0	299	299
8	31	17,9	21,1	511	0,69	148,8	307	299	0	299	299
9	30	13,5	17,1	480	0,65	100,1	194	289	0	289	194
10	31	8,3	11,7	419	0,57	75,9	129	299	0	299	129
11	30	3,2	6,4	343	0,45	38,2	51	289	0	289	51
12	31	0,5	3,6	300	0,36	23,8	25	299	0	299	25
						1128	2082	3515	0	3515	2064

