

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství
studijní obor: Stavební management
akademický rok: 2015/2016

Jméno a příjmení diplomanta: Simona Fialová

Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc.

Název diplomové práce: Optimalizace energií administrativní budovy

Název diplomové práce
v anglickém jazyce: Optimization of energy administrative building

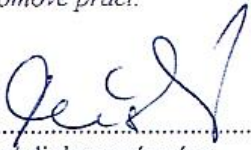
Rámcový obsah diplomové práce: energetická náročnost budovy, alternativy zdrojů energie,
ekonomická srovnání, aplikace na konkrétním příkladě

Datum zadání diplomové práce: 1. 10. 2015 Termín odevzdání: 8. 1. 2016
(vyplňte poslední den výuky přísl. semestru)

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.

Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998 (SZŘ ČVUT čl 21, odst. 4).

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


vedoucí diplomové práce


vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 6. 10. 2015


diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x diplomant, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání DP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se DP do databáze KOS.

DP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student DP zapsanou.

(Směrnice děkana pro realizaci stud. programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5. odst. 7)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce Doc. Ing. Dany Měšťanové, CSc..

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 8. 1. 2016

Fialová

Bc. Simona Fialová

NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE

Optimalizace energií administrativní budovy

NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE V ANGLICKÉM JAZYCE

Optimization of energy administrative building

ABSTRAKT

Optimalizace energií administrativní budovy a aplikace tohoto tématu na konkrétním příkladu administrativní budovy je v současné době velmi aktuální téma. Práce se tedy především zabývá výpočtem návrhových tepelných ztrát budovy, potřebou tepla pro vytápění a pro ohřev teplé vody, návrhem topného zdroje a následným porovnáním alternativ topných zdrojů z hlediska efektivity a financí. Teoretická část obsahuje popis problematiky energetické náročnosti budov a základní pojmy týkající se této problematiky dle dostupných informací a podkladů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetická náročnost budov, návrhové tepelné ztráty budovy, návrhový tepelný výkon budovy, potřeba tepla pro vytápění, potřeba tepla pro ohřev teplé vody, návrh topného zdroje, kotel na dřevěné pelety, tepelné čerpadlo země/voda, solární systém, zplyňovací kotel na dřevo, tepelné čerpadlo vzduch/voda, náklady na vytápění a ohřev teplé vody, porovnání.

ABSTRACT

The optimization of the energy of the administrative buildings and the application of this theme to the specific example of the office building is currently a very hot topic. The work is therefore mainly deals with the calculation of the design heat loss of the building, the need of heat for heating and for hot water heating, design of heating sources and the subsequent comparison of alternatives fuel sources in terms of efficiency and finance. The theoretical part contains a description of the issue the energy performance of buildings and the basic concepts regarding this issue according to the available information and evidence.

KEY WORDS

The energy performance of buildings, the design heat loss of the building, the design thermal performance of the building, the need of heat for heating, the heat requirement for hot water heating, design of heating source, the boiler on wood pellets, heat pump earth/water, solar system, gasification boiler, wood, heat pump air/water, the cost of heating and hot water, compared.

OBSAH

1.	ÚVOD	- 8 -
1.1	Současná situace ve stavebnictví	- 8 -
1.2	Evropská unie - strategie 20 - 20 - 20	- 8 -
1.2.1	Vize a hypotézy	- 9 -
1.3	Energeticky úsporná opatření	- 9 -
1.3.1	Energetický audit	- 10 -
1.3.2	Průkaz energetické náročnosti budov	- 10 -
1.3.3	Energeticko - ekonomická optimalizace budov	- 10 -
2.	ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV	- 12 -
2.1	Základní pojmy	- 12 -
2.2	Princip výpočtu ENB	- 13 -
3.	CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY	- 14 -
3.1	Dispoziční a provozní řešení stavby	- 14 -
3.2	Stavebně technické řešení stavby	- 14 -
3.3	Výkresová dokumentace - pohledy	- 16 -
4.	STANOVENÍ TEPELNÉ ZTRÁTY (TEPELNÉHO VÝKONU) BUDOVY	- 19 -
4.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru	- 20 -
4.1.1	Výpočet návrhových tepelných ztrát prostupem	- 24 -
4.2	Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru	- 29 -
4.2.1	Výpočet návrhových tepelných ztrát pro přirozené větrání	- 32 -
4.3	Celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) vytápěného prostoru	- 33 -
5.	POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY	- 34 -
5.1	Potřeba tepla pro vytápění	- 34 -
5.1.1	Výpočet celkové potřeby tepla pro vytápění	- 36 -
5.2	Potřeba tepla pro ohřev teplé vody	- 36 -
5.2.1	Výpočet celkové potřeby tepla pro ohřev teplé vody	- 38 -
5.3	Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	- 39 -
6.	NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY	- 40 -
6.1	Kotel na dřevěné pelety	- 40 -
6.1.1	Automatický kotel Vulcanus	- 40 -
6.1.2	Akumulační nádrž topné vody s ohřivačem TXE 1 000 MX0W	- 41 -
6.1.3	Dřevěné pelety ENVITON	- 42 -
6.1.4	Výpočet investičních a provozních nákladů	- 42 -

6.2	Tepelné čerpadlo země/voda.....	- 43 -
6.2.1	Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E28.....	- 44 -
6.2.2	Akumulační zásobník topné vody IVT BC 300/3.....	- 44 -
6.2.3	Negativní zásobník teplé vody IVT FW 752/3.....	- 45 -
6.2.4	Výpočet investičních a provozních nákladů.....	- 45 -
6.3	Systém solárních kolektorů.....	- 47 -
6.3.1	Solární kolektor TERMO/SOLAR TS 500.....	- 47 -
6.3.2	Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 1 000/200 P.....	- 48 -
6.3.3	Elektrokotel DAKON Daline PTE 30.....	- 48 -
6.3.4	Výpočet investičních a provozních nákladů.....	- 49 -
6.4	Zplyňovací kotel na dřevo.....	- 52 -
6.4.1	Zplyňovací kotel MAKAK.....	- 52 -
6.4.2	Akumulační zásobník FE AKU - TV TV1.....	- 53 -
6.4.3	Palivové dřevo sušené - borovice lesní.....	- 53 -
6.4.4	Výpočet investičních a provozních nákladů.....	- 54 -
6.5	Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	- 56 -
6.5.1	Tepelné čerpadlo HP3AW 30 SB SPLIT.....	- 56 -
6.5.2	Akumulační nádrž PSWF 500 N.....	- 57 -
6.5.3	Smaltový ohříváč vody s dvojrstvým výměníkem TXE 1 000 WP1V.....	- 57 -
6.5.4	Výpočet investičních a provozních nákladů.....	- 58 -
6.6	Celkové shrnutí investičních a provozních nákladů.....	- 59 -
7.	HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC.....	- 61 -
7.1	Základní údaje a kritéria.....	- 61 -
7.2	Výpočet ekonomické efektivity investic.....	- 64 -
7.2.1	Ekonomická efektivity kotle na dřevěné pelety.....	- 64 -
7.2.2	Ekonomická efektivity tepelného čerpadla země/voda.....	- 65 -
7.2.3	Ekonomická efektivity solárního systému.....	- 66 -
7.2.4	Ekonomická efektivity zplyňovacího kotle na dřevo.....	- 67 -
7.2.5	Ekonomická efektivity tepelného čerpadla vzduch/voda.....	- 68 -
7.3	Závěrečné vyhodnocení a grafické znázornění.....	- 69 -
8.	ZÁVĚR.....	- 73 -
	LITERATURA.....	- 74 -
	ZKRATKY A SYMBOLY.....	- 78 -
	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....	- 79 -
	SEZNAM TABULEK.....	- 80 -

1. ÚVOD

Cílem diplomové práce je návrh a výběr nejvhodnější varianty tepelného zdroje. Tepelným zdrojem se rozumí zdroj pro vytápění a ohřev teplé vody budovy. Práce se zabývá problematikou energetické náročnosti budov a návrhem energeticky úsporných opatření. V současnosti je ve stavebnictví hlavním cílem maximální snížení provozních nákladů a tepelných ztrát budov. U konkrétní administrativní budovy budou provedeny výpočty tepelných ztrát, výpočet potřeby tepla na vytápění a potřeby tepla pro ohřev teplé vody. Následně bude navrženo pět alternativ tepelných zdrojů. Nejvhodnější varianta bude vybrána na základě výpočtu investičních a provozních nákladů tepelného zdroje, a výpočtu čisté současné hodnoty NPV. Rozhodující veličinou bude v tomto případě čistá současná hodnota NPV. Veškeré vypočtené hodnoty budou přehledně zapsány a graficky znázorněny. V závěru bude na základě dosažených hodnot doporučena investorovi nejvhodnější varianta tepelného zdroje.

1.1 Současná situace ve stavebnictví

Současná situace ve stavebnictví a ekonomice a nové požadavky na budovy vyžadují změny jejich vlastností. Jedním ze základních požadavků je energetická účinnost. K dosažení energetické účinnosti je nutné vytvořit nové strategie a především vyšší motivace soukromých iniciativ. Zákonné předpisy a normy, ale také rostoucí ceny energií, zejména elektřiny a plynu, motivují k vyšší hospodárnosti užití energie v budovách. Tato skutečnost se projevuje ve vzrůstajícím zájmu investorů o řešení novostaveb v nízkoenergetickém standardu, ale také v rychle postupující renovaci stávajícího bytového fondu situovaného v bytových domech. Pozitivní roli zde sehrává zlepšující se ekonomická situace obyvatelstva a také podpůrné programy např. PANEL a zejména program Nová zelená úsporám. V Německu se jedná o programy Vor - Ort - Beratung nebo programy banky KfW. [1]

1.2 Evropská unie - strategie 20 - 20 - 20

Celková spotřeba energie budov v zemích Evropské unie (dále jen „EU“) činí 40 % a jejich podíl na emisích CO² se pohybuje okolo 35 %. Snižování spotřeby energie a využívání energie z obnovitelných zdrojů v budovách je proto velmi důležité.

EU přijala závazek snížit do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % oproti roku 1990, také snížit ke stejnému datu spotřebu energie v zemích EU o 20 % a dosáhnout u celkové spotřeby energie 20 % podílu z obnovitelných zdrojů (dosažení cílů 20 - 20 - 20 v oblasti ochrany klimatu, životního prostředí a spotřeby energie).

Tato strategie vychází z materiálů Evropské komise, která předpokládá, že většina zemí EU bude mít v letech 2015 až 2020 přijata pravidla pro výstavbu nových budov s "téměř nulovou spotřebou energie". Koncepte byla schválena evropským parlamentem dne 18. 5. 2010 a publikována v Úředním věstníku Evropské unie 18. 6. 2010 pod názvem "Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov". Uvedená směrnice (dále jen „EPBD II“) zavazuje členské státy převést tuto koncepci do národních právních řádů do 9. 7. 2012 s tím, že všechny veřejné budovy (budovy vlastněné státem, kraji a obcemi) stavěné po 31. 12. 2018 mají být s téměř nulovou spotřebou energie. [2]



Obr. 1.1: Strategie EU do roku 2020

Zdroj: <http://www.slideshare.net/internationalenergyagency/14-cabau>

1.2.1 Vize a hypotézy

Evropská komise předpokládá, že implementace směrnice 20 - 20 - 20 o energetické náročnosti budov přinese zemím EU do roku 2020 snížení spotřeby konečné energie o 5 – 6 %. V souladu s cíli EU, týkajících se úspor energií a environmentální politiky, se počítá s podporou materiálově méně náročných a energeticky efektivnějších staveb.

Předpokládá se se zvýšením podílu energetických staveb (výstavba či rekonstrukce elektráren a dalších energetických zdrojů, rozvoj přenosové soustavy, výstavba zásobníků plynu a energovodů) a staveb technické infrastruktury (vodohospodářské stavby, zdroje a rozvody pitné vody, čištění odpadních vod, skládky). Pravděpodobně se také zvýší rozsah oprav a rekonstrukcí. [3]

1.3 Energeticky úsporná opatření

Cílem je identifikovat hlavní oblasti možných energetických úspor administrativní budovy. Je důležité poukázat na specifika tohoto sektoru a nastínit doporučený přístup k těmto budovám pro tvorbu nové legislativy při implementaci směrnice EPBD II (2010/31/EC).

Rozdělení potřeby energie slouží ke stanovení možných úspor. Úsporná opatření lze v principu rozdělit na 4 základní typy:

- Architektonická a stavební – Opatření se týká tvaru budovy, zónování, řešení obálky budovy a další. V praxi jsou tato opatření použitelná převážně u novostaveb nebo kompletních přestaveb objektu.
- Technologická – Jedná se o opatření instalace či výměny technologií systémů vytápění a ohřevu teplé vody, chlazení, větrání a osvětlení. Opatření jsou použitelná jak pro novostavby, tak pro rekonstrukce. U rekonstrukcí je delší návratnost vložených investic.
- Provozní – Mezi provozní úsporná opatření patří zejména měření spotřeb energií a dalších médií, například vody, a vyhodnocování získaných dat. Dále též dodržování revize, údržby a obnovy energetických systémů.

- Manažerské strategie – Mezi manažerské strategie úspor patří různé typy motivace správy budovy nebo nájemců k energetickým úsporám. Mezi tuto skupinu lze také řadit komplexní certifikaci budov, která stanovuje jasný proces k dosažení úspor energie. [3]

1.3.1 Energetický audit

Energetický audit (dále jen „EA“) slouží pro zhodnocení využívání energií v dané budově, ve výrobním provozu nebo při instalaci nového zdroje energie. V rámci auditu se určí možné úspory energie, navrhnou se možná opatření k jejich dosažení a tato opatření se ekonomicky vyhodnocují. EA se nezpracovává pro rodinné domy a vychází ze skutečné spotřeby energie (z vystavených faktur).

EA se zpracovává:

- pro budovy a provozy s větší spotřebou energie, kde to vyžaduje Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií,
- pro potřeby získání dotace či úvěru na projekt (zateplení budovy, instalace obnovitelného zdroje energie apod.),
- při plánované rekonstrukci budov, hledání úspor energie ve výrobních a dalších provozech. [4]

1.3.2 Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen „PENB“) slouží pro jednoduché a jasné zhodnocení budovy z hlediska její energetické náročnosti. Umožňuje jednoduché srovnání budov z hlediska nároků na energie a tedy i nákladů potřebných pro provoz. Výpočet vychází ze standardizovaného užívání budovy dle specifické potřeby tepla na vytápění podlahové plochy. Energetický průkaz se zpracovává pro rodinné i bytové domy i pro budovy v sektoru služeb a výroby. Průkaz energetické náročnosti budovy není energetický štítek. Energetický štítek budovy je ale v podstatě součástí průkazu energetické náročnosti budovy.

PENB budovy je povinnou součástí dokumentace při:

- výstavbě nových budov,
- větších změnách dokončených budov (např. při výměně oken, zateplení),
- prodeji nebo nájmu těchto budov nebo jejich částí. [5]

1.3.3 Energeticko - ekonomická optimalizace budov

V případě, že pro naši budovu nepotřebujeme zpracovat energetický audit, lze zpracovat studii energetických úspor s důrazem na energeticko - ekonomickou optimalizaci budovy.

Energeticko - ekonomická optimalizace budovy je zacílena na maximální snížení provozních nákladů budovy cestou snížení tepelné ztráty objektu. Snížení tepelné ztráty objektu můžeme realizovat zateplením, kombinací různých systémů vytápění dle specifických požadavků a potřeb uživatelů objektu, nebo realizací dalších úsporných opatření. Energeticko - ekonomická optimalizace budovy navrhne vhodné řešení jak pro novostavbu ve fázi projektové přípravy, tak i pro plánovanou rekonstrukci budovy.

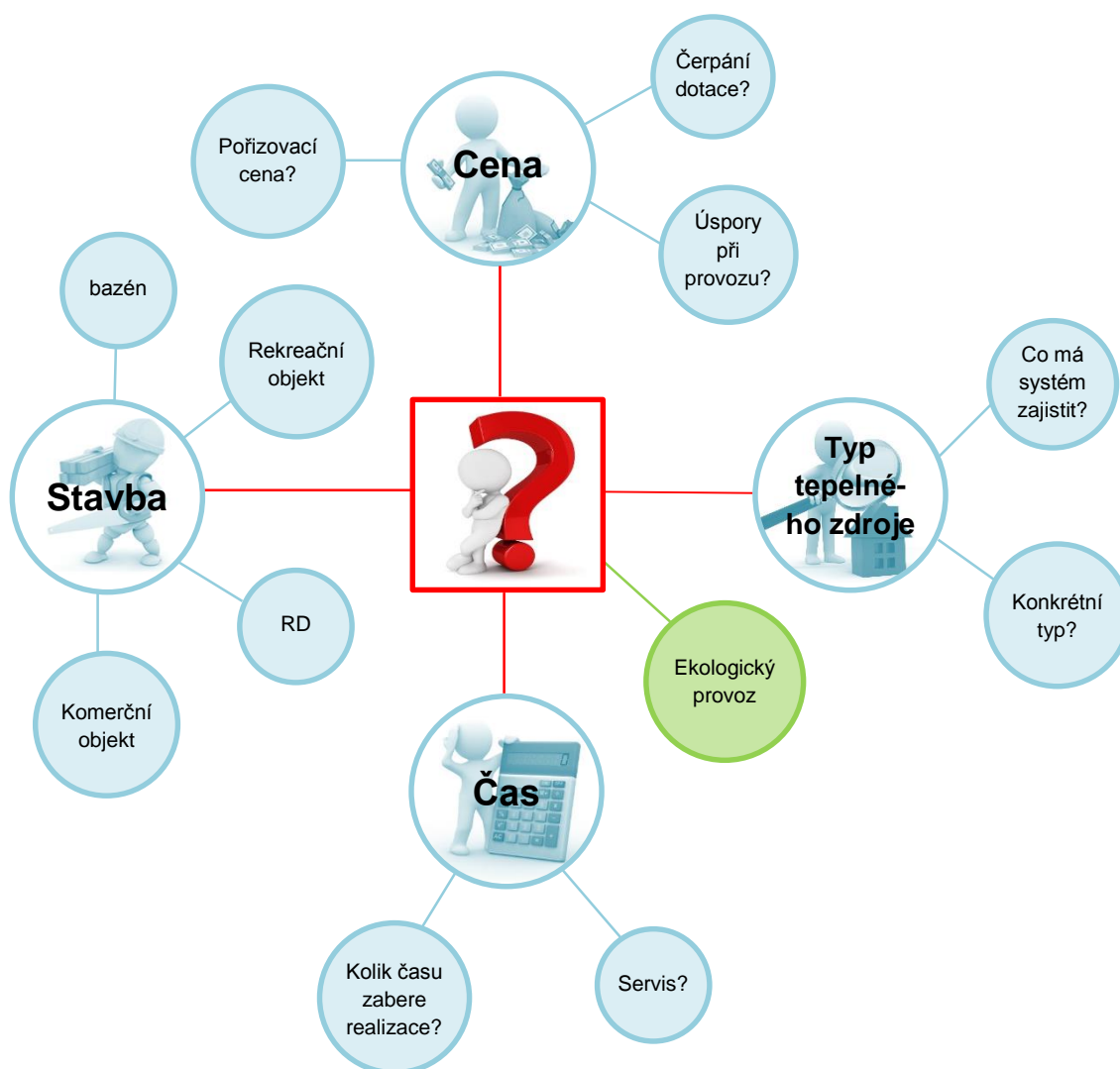
V rámci energetické optimalizace je vytvořen matematický model objektu a jsou zde zadány různé možnosti řešení obalových konstrukcí. Dále jsou porovnány různé kombinace vytápění,

větrání a přípravy teplé vody dle specifických přání a potřeb zadavatele. Pro jednotlivé varianty je potom připraveno srovnání z hlediska:

- investičních nákladů,
- provozních nákladů na získávání a spotřebu energií,
- průběhu cash - flow (se započítáním předpokládaného růstu cen energií a časové hodnoty peněz),
- stanovení rizik realizace jednotlivých variant.

Toto srovnání umožňuje výběr optimální varianty řešení z hlediska energetické bilance budovy i z hlediska návratnosti investice a optimalizace provozních nákladů.

Návrh energetické, resp. Energeticko - ekonomické optimalizace budovy lze zpracovat pro různé typy budov – pro rodinné a bytové domy i pro administrativní budovy, a to jak ve fázi projektu novostavby, tak i před plánovanou rekonstrukcí budovy. [6]



Obr. 1.2: Alternativy a jejich rozpracování do variantních řešení, rozhodovací prostor

Zdroj: [http://files.procsolarnisystemy.cz/200000026-1384d147ea/solarsystemmodern%20\(1\).jpg](http://files.procsolarnisystemy.cz/200000026-1384d147ea/solarsystemmodern%20(1).jpg)

2. ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Co zahrnuje pojem energetická náročnost budovy?

„Obvykle tento pojem chápán v souvislosti s vytápěním. Nyní však hodnocení budov získává mnohem širší souvislosti: kromě vytápění se sleduje také spotřeba energie na ohřev vody, na větrání, chlazení, osvětlení a také na pohon podpůrných systémů, jako jsou čerpadla, motory a ventilátory. Kromě odborníků si totiž málokdo uvědomuje, že například u moderních kancelářských budov nebo obchodních center není hlavní spotřebou energie vytápění, ale větrání a chlazení. U velmi dobře zateplených rodinných domků může být zase významným problémem spotřeba teplé vody. Co se ovšem do spotřeby budovy nezapočítává, je spotřeba elektriny na provoz elektrospotřebičů, jako je chladnička, myčka, pračka či počítač a desítky dalších spotřebičů. Na to je dobré myslet při kalkulaci nákladů na energie v domě.“

„Energetická náročnost budov se v poslední době stává stále častěji skloňovaným pojmem nejen mezi odborníky, ale i mezi laickou veřejností. Co si však konkrétně pod tímto označením představit?“

„Spotřeba energií spojená s budovami se podílí více než třetinou na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů. Podobný dopad má na množství produkovaných emisí skleníkových plynů. Proto je zcela zásadní posoudit u nově připravovaných budov, vedle uživatelského komfortu a architektonické výjimečnosti, i budoucí spotřebu energie na vytápění, chlazení atd.“ [7]

Budovy byly doposud hodnoceny podle legislativních požadavků pouze metodou zohledňující měrnou potřebu tepla na vytápění objektu, kdy jedinými faktory, které ovlivňovaly výsledné hodnocení, byly tepelně technické vlastnosti budovy. Energetickou náročnost budovy (dále jen „ENB“) z pohledu celkové dodané energie, čili energie spotřebované, ovlivňují všechny systémy podílející se na spotřebě a výrobě energie.

Základním hodnotícím ukazatelem hodnocení ENB je podle požadavků Směrnice 2002/91/EC EPBD celková roční dodaná energie, která je chápána jako množství energie dodané do budovy, vč. energie vyrobené v budově obnovitelnými zdroji energie a spotřebované v budově. Celková dodaná energie představuje spotřebu energie pro:

- vytápění,
- mechanické větrání se zvlhčováním,
- chlazení,
- příprava teplé vody,
- osvětlení. [8]

2.1 Základní pojmy

Energetická náročnost budovy (ENB)

ENB charakterizuje u již existujících staveb skutečně spotřebované množství energie zejména na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vnitřního prostředí přirozeně větráním, infiltrací nebo pomocí klimatizace a také dále na osvětlení. U projektů novostaveb se množství energie stanovuje výpočtem podle požadavků na standardizované užívání budovy.

Tepelná ztráta budovy

Je charakteristická hodnota budovy, která definuje potřebný výkon zdroje tepla tak, aby byl dostatečný i po období nejnižších venkovních teplot. Velikost tepelné ztráty je závislá na dvou složkách, a to na tepelné ztrátě prostupem tepla (konstrukcemi) a na tepelné ztrátě větráním.

Potřeba tepla pro vytápění

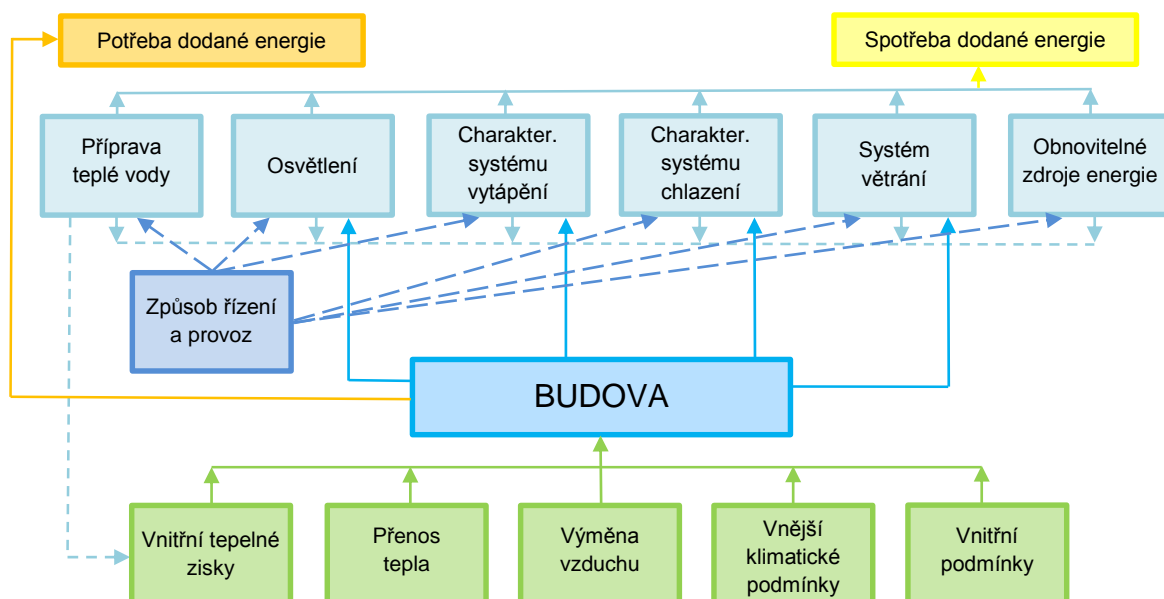
Potřeba tepla pro vytápění vychází z energetické bilance sestavené pro určité období. Do energetické bilance vstupují na jedné straně tepelné ztráty budovy, na straně druhé vnitřní a solární zisky. Dříve se používala zjednodušená denostupňová metoda, která vycházela z délky topného období a průměrné venkovní teploty. Dnes se pro stanovení této hodnoty používají podrobnější výpočetní metody s kratším časovým krokem, který určuje měsíc, den či hodina. Pro tento případ, kdy je tématem diplomové práce porovnání alternativ zdrojů energie, se bude vycházet ze zjednodušené denostupňové metody.

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody

Potřeba teplé vody je jedním z důležitých údajů pro stanovení potřebné energie v budově. Podle potřeby tepla pro přípravu teplé vody a ztrát tepla při její přípravě a rozvodu se stanovuje energetický požadavek na zdroj tepla. Stanovení potřeby teplé vody a potřeby tepla pro její přípravu a rozvod je nutné také při energetickém hodnocení budovy. [7]

2.2 Princip výpočtu ENB

Princip výpočtu respektuje základní schéma toku energie, kdy dodaná energie je transformována ve zdroji energetického systému. Výstup energie ze zdroje je dodáván do distribučního systému budovy a distribuční systém předává energii do jednotlivých systémů sdílení energie. ENB se stanoví výpočtovou metodou z návrhových veličin. [8]



Obr. 2.1: Princip výpočtu ENB

Zdroj: <http://www.enviros.cz/projects/iee/implement/enb.html>

3. CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

Administrativní budova, Nový statek Vojtěchov, leží cca 2 km severovýchodně od města Mašřov při komunikaci III. třídy č. 22117 Mašřov – Radonice v průměrné nadmořské výšce 367 m. n. m.. Areál složí pro výkrm skotu. Jsou zde chováni vepři, králíci a holubi. Statek obsahuje kromě administrativní budovy také venkovní váhu, dvě zemědělské haly, vodojem s tlakovou stanicí, trafostanici, silážní a močůvkové jímky a žumpu. Areál je napojen na elektrickou energii ze stožárové trafostanice, na veřejný vodovodní řad a telekomunikační vedení. Splaškové odpadní vody jsou svedeny do žumpy, ze zemědělských objektů pak do močůvkových jímek. Areál je oplocen, přístup je od západu hlavní branou z přilehlé komunikace a ze severu vedlejší branou z polní cesty. Areál je ze západní, severní a východní strany vesměs obklopen zemědělskou půdou a loukami, z jižní strany na něj navazuje Starý statek Vojtěchov – původní tradiční zemědělská usedlost z 1. poloviny 19. století, která je však kromě obytné budovy zdevastovaná.

Základní charakteristika budovy

Jedná se o jednopodlažní nepodsklepený zděný objekt se šikmou střechou a obytným podkrovím. Objekt tvoří část západní hranice areálu. Jižní část objektu, kde je částečně zahloubena pod terén. Vstup do 1. NP objektu je jednak hlavním vchodem ze západní strany (ze strany příjezdové komunikace) a dále vedlejším vchodem z východní strany (ze strany areálu). Přístup do 2. NP je řešen po schodišti umístěném do přístavby v prostoru vedlejšího vchodu do objektu (východní strana).

3.1 Dispoziční a provozní řešení stavby

Dispoziční řešení 1. NP ($\pm 0,000$) zahrnuje prostor zádveří, centrální chodbu, prostor pro ostrahu a obsluhu váhy, sklad a udírnu přístupnou z venkovní severní strany. Zbýlý prostor je rozčleněn a řeší oddělené šatny s umývárny pro ženy a muže a oddělené provozní WC, čajovou kuchyňku, úklidovou místnost, sklad a archiv. Technické zázemí (částečně zapuštěná část podlaží na jižní straně objektu na úrovni - 1,50 m) – kotelna s uhelnou. Vedle kotelny se nachází dílna, jejíž výhodou je přímý vstup z venku.

Dispoziční řešení 2. NP (+ 3,430) zahrnuje centrální chodbu, odkud jsou řešeny přístupy do pěti kanceláří, z nichž dvě mají předsiň, kuchyňský kout a vlastní archiv. Kanceláře mají společné sociální zařízení oddělené pro muže a ženy. Dále je z chodby přístupná čajová kuchyňka, zasedací místnost, menší archiv, úklid a místnost pro server.

3.2 Stavebně technické řešení stavby

Svislé nosné konstrukce

Svislé obvodové zdivo je vyzdíváno z keramických tvárnic Heluz PLUS 40 o rozměrech 247x400x238 mm pro energeticky úsporné budovy s dodatečným zateplením. Vnitřní nosné stěny jsou navrženy zděné z cihelných tvárnic Heluz P15 30 o rozměrech 247x300x238 mm. Nosnou konstrukci tvoří kombinovaný konstrukční systém. Svislé nosné konstrukce jsou vyzdívané na tepelně izolační maltu pro zdění Heluz TM 39.

Vnitřní nenosné konstrukce - příčky

Příčky jsou navrženy z cihelných tvárnic Heluz 14 o rozměrech 497x140x238 mm a Heluz 10 o rozměrech 500x100x238 mm. Cihelné tvárnice Heluz 10 využijeme i pro předstěny.

Stropní konstrukce a schodiště

Stropní konstrukce je tvořena z železobetonových dutinových panelů konstantní tloušťky 250 mm od firmy PREFA Žatec. Panely jsou vylehčeny dutinami kruhového průřezu v podélném směru. Stropní dutinové panely mají po obvodě ztužující věnec, tepelnou izolaci a věncovky Heluz.

Schodiště je železobetonové prefabrikované dvouramenné se šířkou ramene 1 200 mm.

Konstrukce krovu

Střecha je řešena jako nepochozí šikmá dvouplášťová provětrávaná střecha se sklonem 40°. Krov je tvořen dřevěnými pozednicemi 160x120 mm, vaznic 160x180 mm, sloupků 160x160 mm, kleštin 2x80x160 mm a krokví 160x160 mm. Skladba střešního pláště směrem z interiéru do exteriéru bude tvořit sádkartonový podhled RIGIPS, tepelná izolace ISOVER MULTIMAX 30 tl. 80 mm, parotěsná zábrana ISOVER Vario KM Duplex UV, tepelná izolace ISOVER Unirol PROFI tl. 160 mm vložená mezi krokve, bednění z OSB desek, pojistná hydroizolace TYVEK Soft, provětrávaná vzduchová mezera (kontratatě), střešní latě a pálené střešní tašky Tondach SAMBA 11. Odvodnění střechy je navrženo okapovými žlaby a vnějšími svody.

Obvodový plášť

Obvodový plášť nadzemních podlaží, směrem z interiéru do exteriéru, je tvořen štukovou vnitřní omítkou WEBER, jádrovou omítkou WEBER, zdívem Heuz PLUS 40 tl. 400 mm vyzdívaném na tepelně izolační maltu pro zdění Heluz TM 39, lepicí a stěrkovací hmotou, tepelnou izolací, minerální vatou, Isover NF 333 tl. 160 mm, lepicí a stěrkovací hmotou Comfort, sklovláknitou tkaninou VERTEX R 131, penetračním nátěrem Cemix a Cemix silikátovou zatíranou omítkou.

Sokl, do výšky min. 300 mm nad upraveným terénem a v oblasti zvýšeného zatížení obvodového pláště vlhkostí je navržena skladba směrem od obvodového zdiva Heluz PLUS 40 penetrační nátěr Cemix, hydroizolace HYDROBIT V60 S35, desky z extrudovaného polystyrenu AUSTROTHERM XPS TOP P GK tl. 120 mm, Cemix lepidlo a stěrkovací hmota, sklovláknitá tkanina VERTEX R 131, penetrační nátěr Cemix a Cemix pastovitá mozaiková omítká.

Hydroizolace stavby

Hladina podzemní vody se nalézá mimo úroveň uvažovaného zakládání.

Vodorovná hydroizolace je navržena z penetračního nátěru a hydroizolace HYDROBIT V60 S35. Hydroizolace bude položena na penetrační nátěr, podkladní beton C20/25 a hutněný štěrk, a dále bude vytažena na svislý základový pas, kde bude ukončena v soklu objektu tj. 300 mm nad UT.

Výplně otvorů obvodového pláště a střešní konstrukce

Okna jsou uvažována z plastových profilů Sulko Brillant MD navržena s otočnými a sklápěcími křídly, zasklená izolačními dvojskly. Vstup do objektu je řešen jednokřídlovými plnými a dvoukřídlovými prosklenými dveřmi firmy Sulko. Osvětlení jednotlivých místností v podkroví je řešeno střešními vikýři.

3.3 Výkresová dokumentace

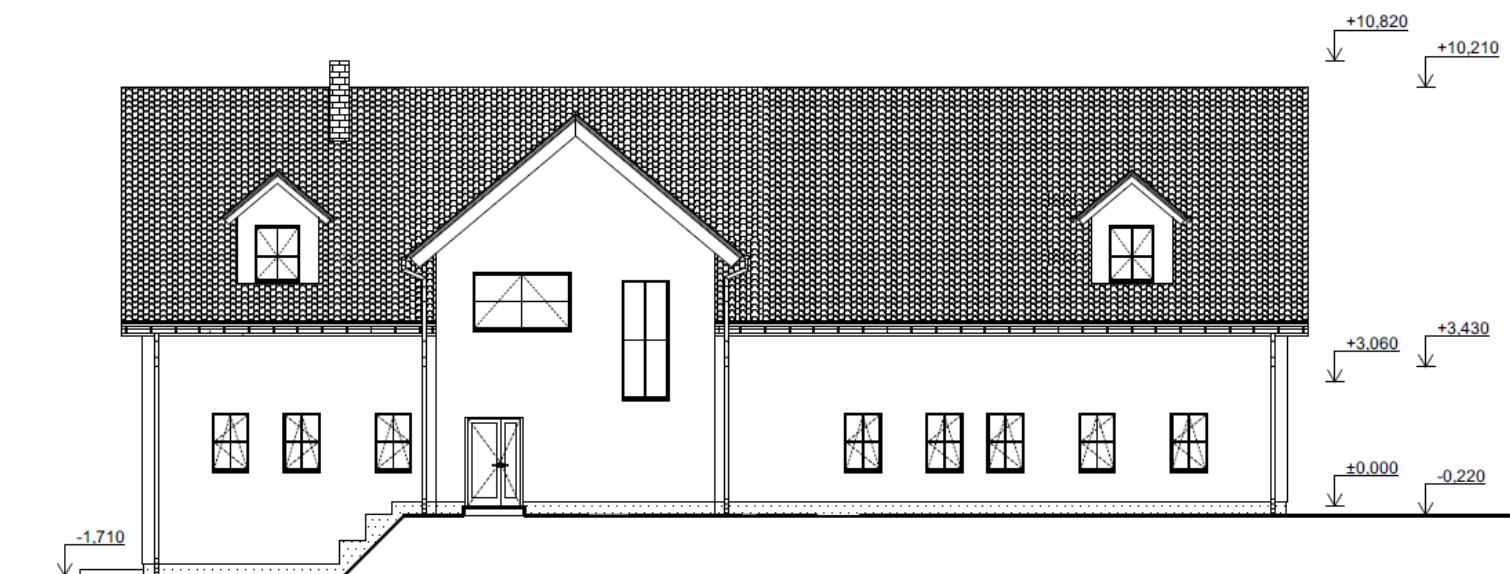
POHLED SEVERNÍ



Obr. 3.1: Pohled severní v měřítku 1:200

Zdroj: vlastní

POHLED VÝCHODNÍ



Obr. 3.2: Pohled východní v měřítku 1:200

Zdroj: vlastní

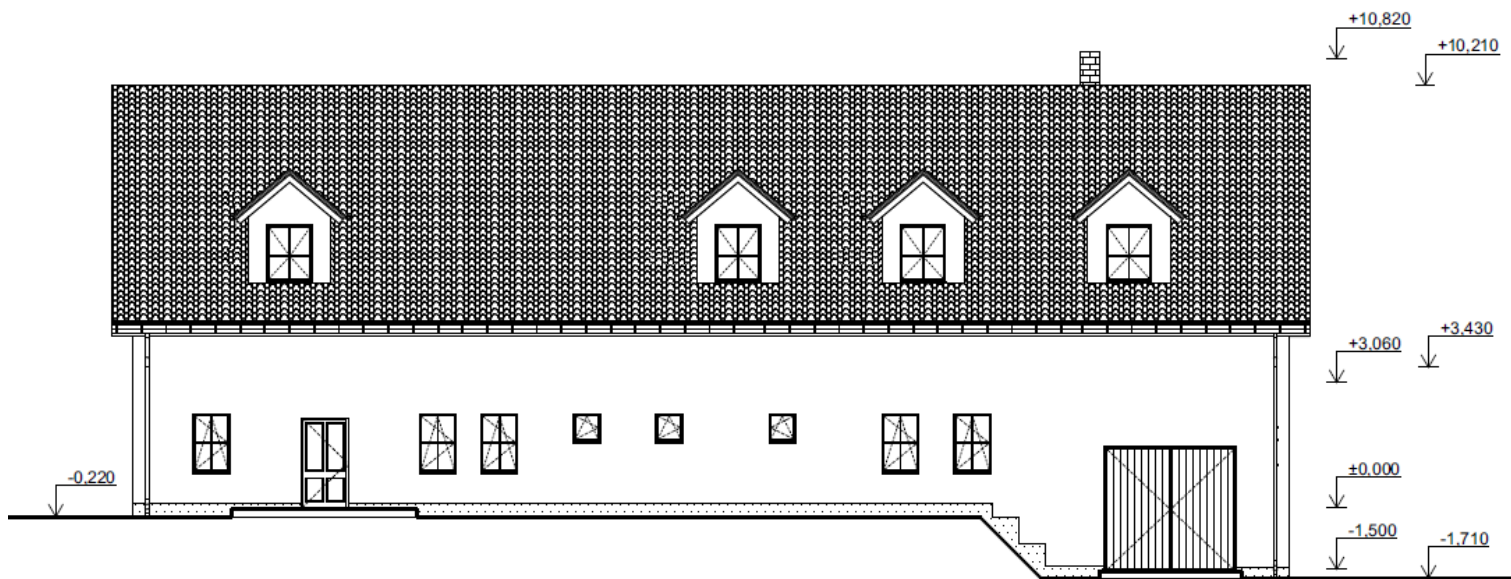
POHLED JIŽNÍ



Obr. 3.3: Pohled jižní v měřítku 1:200

Zdroj: vlastní

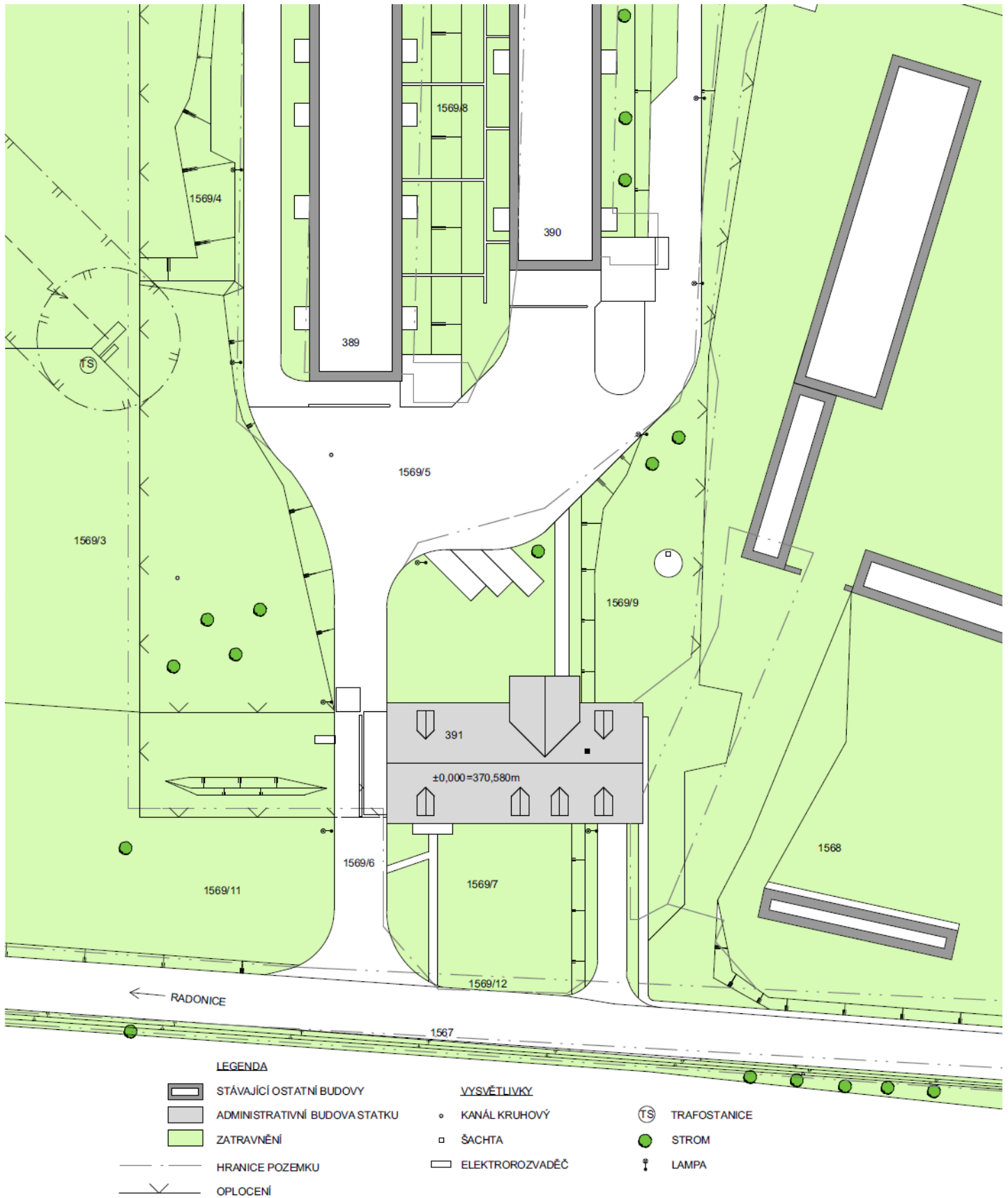
POHLED ZÁPADNÍ



Obr. 3.4: Pohled západní v měřítku 1:200

Zdroj: vlastní

SITUACE 1:600



Obr. 3.5: Situace v měřítku 1:600

Zdroj: vlastní

4. STANOVENÍ TEPELNÉ ZTRÁTY (TEPELNÉHO VÝKONU) BUDOVY

Tepelná ztráta místnosti, respektive budovy, se stanoví podle současně platné normy ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. V rámci vstupu České republiky do Evropské unie byla tato norma převzata a stala se platnou i v ČR a nahradila tak normu ČSN 06 0210, která pozbyla platnost 1. 9. 2008.

Norma ČSN EN 12 831 představuje výpočet návrhového tepelného výkonu pro:

- vytápěný prostor pro dimenzování otopných ploch,
- budovu nebo část budovy pro dimenzování topného zdroje. [9]

Tato norma se následně použije při výpočtu návrhové tepelné ztráty (tepelného výkonu) vytápěného prostoru budovy a pro dimenzování topného zdroje. Návrhový tepelný výkon se určí dle návrhových tepelných ztrát budovy. Jde o vyčíslení tepelných toků, které se předávají z vytápěných místností do chladnějšího okolního vnitřního či vnějšího prostředí. Návrhová tepelná ztráta se stanoví pro nejnižší návrhovou venkovní teplotu v zimním období a jde o množství tepla, které musí vytápěcí systém dodat do místností, aby v nich i za těchto podmínek byla zabezpečena navržená nebo výpočtová teplota.

Přibližný výpočet tepelných ztrát

Přibližný výpočet tepelných ztrát se stanoví pro celou budovu tzv. obálkovou metodou. Ta se nezabývá ztrátami vnitřních konstrukcí, ale stanovuje pouze tepelnou ztrátu obalovými konstrukcemi, tedy konstrukcemi vymezující obálku budovy na hranici vnitřního prostředí (vytápěného prostoru) a exteriéru. Obálka budovy je tak tvořena především obvodovými stěnami, výplněmi otvorů, střechou a podlahou na zemině. Výsledkem je tedy celková návrhová tepelná ztráta objektu, nikoliv jednotlivých místností. [10]

Celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) vytápěného prostoru

Celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) vytápěného prostoru budovy, se stanoví jako součet návrhové tepelné ztráty prostupem a návrhové tepelné ztráty větráním.

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{kW}] \quad (1) \quad [11]$$

$\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru je množství tepla, které prochází konstrukcí v důsledku rozdílů teplot na vnitřní a vnější straně konstrukce. Její velikost je závislá na ploše, kterou teplo prochází a na součiniteli prostupu tepla a také na již zmíněném rozdílu teplot.

Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru, čili výměnou vzduchu, je způsobena nutností zajištění minimální výměny vzduchu z důvodů zabránění nahromadění škodlivých látek v daném prostoru. Minimální výměna vzduchu v administrativních budovách je 50 m³/h na osobu nebo nejméně jedenkrát za hodinu = (1,0 h⁻¹).

4.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

Veličiny potřebné pro výpočet:

- θ_e návrhová venkovní teplota [°C] - tabulka č. 4.1
- θ_{im} převažující návrhová vnitřní teplota [°C]
- θ_u návrhová teplota ve vedlejších nevytápěných místnostech [°C] - tabulka č. 4.3
- θ_g návrhová teplota přilehlé zeminy k vytápěnému prostoru [°C] - tabulka č. 4.4
- A plochy jednotlivých prvků a konstrukcí [m²] - projektová dokumentace
- $U_{rec,20}$ doporučený součinitel prostupu tepla [W/m².K] - tabulka č. 4.5
- ΔU_{tbm} celkový průměrný vliv tepelné vazby [W/m².K] - tabulka č. 4.6

Návrhová venkovní teplota θ_e

Návrhová venkovní teplota θ_e (dále jen „ θ_e “) se rovná venkovní výpočtové teplotě θ_e uvedené v tabulce č. 4.1. Na území ČR jsou tři základní venkovní výpočtové teploty θ_e -12, -15, a -18 °C. Z tabulky č. 4.1 se pro příslušnou lokalitu a místo měření stavby zvolí hodnota θ_e . Administrativní budova se nachází v katastrálním území Mašřov v Ústeckém kraji, střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období $\theta_{em} = 13$ °C, proto bude pro následný výpočet použita hodnota $\theta_e = -12$ °C pro oblast Chomutov (Ervěnice).

Venkovní výpočtové teploty θ_e a otopná období dle lokalit

Lokalita (místo měření)	Nadmoř. výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$\theta_{em} = 12$ °C		$\theta_{em} = 13$ °C		$\theta_{em} = 15$ °C	
	h [m]	θ_e [°C]	θ_{es} [°C]	d [dny]	θ_{es} [°C]	d [dny]	θ_{es} [°C]	d [dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Brno	227	-12v	3,6	222	4	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	3,5	254	4,6	288
Děčín (Březiny, Libverda)	141	-12	3,8	225	4,2	236	5,5	269
Domažlice	428	-15v	3,4	235	3,8	247	5,1	284
Frýdek-Místek	300	-15v	3,4	225	3,8	236	5,1	269
Havlíčkův Brod	422	-15v	2,8	239	3,3	253	4,9	294
Hodonín	162	-12	3,9	208	4,2	215	5,1	240
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	3,9	242	5,2	279
Cheb	448	-15	3	246	3,6	262	5,2	306
Chomutov (Ervěnice)	330	-12v	3,7	223	4,1	233	5,2	264

Tab. 4.1: Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit (část tabulky)

Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im}

Výpočet tepelných ztrát se provádí zjednodušenou obálkovou metodou, a proto je potřeba získat jednotnou hodnotu pro všechny vytápěné prostory s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} . Ke každé místnosti byla přiřazena vnitřní výpočtová teplota θ_i (dále jen „ θ_i “) dle ČSN EN 12 831 a doporučená relativní vlhkost vzduchu dle ČSN 06 0210 (hodnoty zůstaly zachovány) z tabulky č. 4.2. Vnitřní výpočtová teplota θ_i se zároveň rovná návrhové vnitřní teplotě θ_i . Návrhová vnitřní teplota většiny prostorů budovy je $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} se tudíž rovná $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vnitřní výpočtové teploty θ_i a doporučené relativní vlhkosti vzduchu φ_{aint}

ozn.	Druh vytápěné místnosti a jeho popis	Vnitřní výpočtová teplota	Relativní vlhkost vzduchu
		θ_i [$^\circ\text{C}$]	φ_{aint} [%]
1	Administrativní budovy		
	kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny	20	60
	vytápěné vedlejší místnosti (chodby, hlavní schodiště, klozety aj.)	15	60
	vytápěná vedlejší schodiště	10	70
	haly, místnosti s přepážkami	18	70
2	Průmyslové stavby		
2.1	průmysl obslužný		
	vodojemy, manipulační komory, malé čistírny odpad. vod, úpravny vod	1	90
	Trafostanice		80 až 90
	U všech typů objektů, není-li uvedeno jinak platí:		
	Svlékárny	10	60
	Šatny		
	- jen pro odkládání svrchního oděvu	15	60
	- pro převlékání	20	60
	Umývárny		
	- jen pro mytí do půl těla	22	80
	- sprchy a převlékárny u sprch	24	90
	hygienické koutky pro ženy	24	60
	kancelářské místnosti, vrátnice apod.	20	60
	chodby, klozety a jiné vedlejší místnosti	15	70
	vytápěná schodiště	10	70

Tab. 4.2: Vnitřní výpočtové teploty a doporučené relativní vlhkosti vzduchu (část tabulky)

Zdroj: <http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>

Návrhová teplota ve vedlejších nevytápěných místnostech θ_u

Hodnoty návrhových teplot ve vedlejších nevytápěných místnostech θ_u (dále jen „ θ_u “) se řídí dle tabulky č. 4.3, ze které se zvolí příslušné hodnoty pro konkrétní administrativní budovu a prostory. Vybrané hodnoty θ_u se poté použijí při výpočtu rozdílu teplot a následné návrhové tepelné ztrátě prostupem.

Teplota v sousedních nevytápěných místnostech θ_u

Druhy nevytápěných místností a jejich popis		Teplota v sousedních nevytápěných místnostech θ_u [°C] při venkovní výpočtové teplotě θ_e [°C]			
		-12 °C	-15 °C	-18 °C	-21 °C
Podstřešní prostory (půdy)	netěsná krytina	-6	-9	-12	-15
	těsná krytina				
	- bez tepelné izolace	-3	-6	-9	-12
	- s tepelnou izolací	0	0	-3	-6
Vzduchová mezera u větraných dvouplášťových střech		-9	-12	-15	-18
Místnosti sousedící	převážně s vytápěnými místnostmi	15			
	zčásti s vytápěnými místn. a s venkov. prostředím				
	- bez venkovních dveří	6	6	3	3
	- s venkovními dveřmi, vnitřní schodiště	0	0	-3	-3
	převážně s venkovním prostředím, spojeny venkovními dveřmi	-3	-6	-9	-12
Sklepy a jiné suterénní nevytápěné místnosti	zcela pod terénem	5 až 10			
	částečně nad terénem				
	- nevětrané	3	3	0	0
	- větrané	0	0	-3	-3
Zřídka vytápěné místnosti	ve stejné budově	15			
	v sousední budově	10			
Kotelny, výměňkové stanice, strojovny		15 až 20			

Tab. 4.3: Teplota v sousedních nevytápěných místnostech

Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/29-teplota-v-sousednich-nevytapanych-mistnostech-dle-csn-06-0210>

Návrhová teplota přilehlé zeminy k vytápěnému prostoru θ_g

Návrhová teplota přilehlé zeminy θ_g (dále jen „ θ_g “) k vytápěnému prostoru se zjistí z tabulky č. 4.4. Hodnota návrhové venkovní teploty $\theta_e = -12$ °C. K zvolené hodnotě θ_e náleží $\theta_g = 5$ °C.

Výpočtové teploty zeminy θ_g

Poloha přilehlé zeminy	Teplota přilehlé vrstvy θ_g [°C] při venkovní výpočtové teplotě θ_e [°C]			
	-12 °C	-15 °C	-18 °C	-21 °C
pod podlahou	5	5	5	5
u svislé stěny do hloubky 1 m	-3	-3	-6	-6
u svislé stěny v hloubce 1 až 2 m	0	0	-3	-3
u svislé stěny v hloubce 2 až 3 m	3	3	0	0
u svislé stěny v hloubce přes 3 m	5	5	5	5

Tab. 4.4: Výpočtové teploty zeminy

Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/30-vypoctove-teploty-zeminy-dle-csn-06-0210>

Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$

Součinitele prostupu tepla pro jednotlivé skladby konstrukcí se zvolí jako hodnoty doporučené $U_{rec,20}$ pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně dle normy ČSN EN ISO 73 0540 - 2: 2011 Tepelná ochrana budov z tabulky č. 4.5. Užití doporučených hodnot $U_{rec,20}$ ve výpočtu viz. tabulka č. 4.8.

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

Popis dané konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m ² .K]			
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporuč. 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 (střecha bez tepel. izolace)	0,30	0,20	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 stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,25 až 0,15	
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytáp. prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20	
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temper. prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25	
Strop a stěna vnější z temper. prostoru k venkov. prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25	
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,60	0,45 až 0,30	
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,70	0,50	
Strop mezi prostory s rozdílem teplot 10 °C	1,05	0,70		
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot 10 °C	1,30	0,90		
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot 5 °C	2,20	1,45		
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot 5 °C	2,7	1,80		
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20	0,80 až 0,60	
Šikmá výplň otvoru, sklon do 45°, z vyt. pros. do ven. prostř.	1,40	1,10	0,90	
Dveřní výplň otvoru z vytáp. prostoru do venkovního prostředí	1,70	1,20	0,90	
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temper. prostoru	3,50	2,30	1,70	
Výplň otvoru z temper. prostoru do venkov. prostředí	3,50	2,30	1,70	
Šikmá výplň otvoru, sklon do 45° z temp. pros. do ven. prost.	2,60	1,70	1,40	
LOP (smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměr. plochou průsvitné výplně otvoru)	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \times f_w$	0,2 + f_w	0,15 + 0,85 x f_w
	$f_w \geq 0,5$	$0,7 + 0,6 \times f_w$		
Kovový rám výplně otvoru	-	1,80	1,00	
Nekovový rám výplně otvoru	-	1,30	0,90 až 0,70	
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,80	1,20	

Tab. 4.5: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/104-pozadovane-a-doporucene-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-unzmena-k-csn-73-0540-2-2002-tepelna-ochrana-budov-plati-od-1-4-2005>

Celkový průměrný vliv tepelné vazby ΔU_{tbm}

ΔU_{tbm} je celkový průměrný vliv tepelných vazeb na hranici budovy a mezi konstrukcemi. Hodnota ΔU_{tbm} podle ČSN EN ISO 73 0540 - 4 pro přírážku na tepelné mosty a vazby se zvolí z následující tabulky č. 4.6. Zvolená hodnota $\Delta U_{\text{tbm}} = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ vzhledem k celkovému zateplení budovy a také proto, že se jedná o novostavbu. Vybraná hodnota bude později vynásobena celkovou plochou A ochlazované konstrukce, kde dochází ke vzniku tepelných mostů.

Tepelné ztráty vazbami a tepelnými mosty ΔU_{tbm}

Uvažované ΔU_{tbm} [W/m ² K]	Poznámka
0,02	budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami - konstrukce téměř bez tepelných mostů (projektový předpoklad)
0,05	budovy s mírnými tepelnými vazbami - konstrukce s mírnými tepelnými mosty
0,1	budovy s běžnými tepelnými vazbami - konstrukce s běžnými tepelnými mosty (dříve standartní)
0,2	budovy s výraznými tepelnými vazbami

Tab. 4.6: Přírážka na tepelné vazby a tepelné mosty

Zdroj: www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_UT%2001_09.pdf

4.1.1 Výpočet návrhových tepelných ztrát prostupem

Návrhová tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \times (\theta_{im} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2) \quad [11]$$

$H_{T,ie}$ součinitel návrhové tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes obvodový plášť budovy [W/K]

$H_{T,iue}$ součinitel návrhové tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor [W/K]

$H_{T,ig}$ součinitel návrhové tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

$H_{T,ij}$ součinitel návrhové tepelné ztráty z vytápěného prostoru do vedlejších vytápěných prostor s výrazně odlišnou teplotou, tj. přilehlé části budovy [W/K]

θ_{im} převažující návrhová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e návrhová venkovní teplota [°C]

Součinitel návrhové tepelné ztráty prostupem

Součinitel návrhové tepelné ztráty prostupem se stanoví dle ČSN EN 12 831. Pro základní výpočty se použijí vztahy a vzorce uvedené níže. Jednotlivé výpočty součinitelů návrhových tepelných ztrát se zapíše pro přehlednost do tabulky (viz. tabulka č. 4.8).

Pro přesnější analýzu je vhodnější vztah:

$$H_{T,i} = \sum A_i \times U_i \times b_i + \sum l_i + \psi_i + b_i + \sum X_i + b_i \quad [\text{W/K}] \quad (3) \quad [12]$$

Ve výpočtu bude použit zjednodušený vztah, pro následující výpočet dostačující:

$$H_{T,i} = \sum A_i \times U_i \times b_i + A \times \Delta U_{\text{tbm}} \quad [\text{W/K}] \quad (4) \quad [12]$$

$$\Delta U_{\text{tbm}} = \frac{\sum l_i \times \psi_i \times b_i + \sum X_i \times b_i}{A} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (5) \quad [12]$$

Hodnota U_{tbm} byla již dříve vybrána z tabulky č. 4.6.

Následně se vypočítají součinitele návrhové tepelné ztráty $H_{T,ie}$, $H_{T,iue}$ a $H_{T,ig}$. U součinitele návrhové tepelné ztráty $H_{T,ie}$ a $H_{T,iue}$ bude počítáno s doporučeným součinitel prostupu tepla $U_{\text{rec},20}$, odpovídající plochou konstrukce A , daným celkovým průměrným vlivem tepelné vazby ΔU_{tbm} a činitelem teplotní redukce b_{ie} a b_{iue} . U součinitele návrhové tepelné ztráty $H_{T,ig}$ se použije jiný odpovídající vzorec než u předešlých součinitelů.

$$H_{T,ie} = \sum A \times U_{\text{rec},20} \times b_{ie} + A \times \Delta U_{\text{tbm}} \quad [\text{W/K}] \quad (6) \quad [12]$$

$$b_{ie} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_{\text{im}} - \theta_e} = 1 \quad [-] \quad (7) \quad [12]$$

b_{ie} je činitel teplotní redukce pro konstrukce ve styku s vnějším vzduchem

$$H_{T,iue} = \sum A \times U_{\text{rec},20} \times b_{iue} + A \times \Delta U_{\text{tbm}} \quad [\text{W/K}] \quad (8) \quad [12]$$

$$b_{iue} = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_{\text{im}} - \theta_e} \quad [-] \quad (9) \quad [12]$$

b_{iue} je činitel teplotní redukce pro konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem

$$H_{T,ig} = f_{g1} \times f_{g2} \times (\sum A_k \times U_{\text{equiv},k}) \times G_w \quad [\text{W/K}] \quad (10) \quad [11]$$

f_{g1} korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty [-]

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a návrhovou venkovní teplotou [-]

A_k plocha stavebních částí, které se dotýkají zeminy [m^2]

$U_{\text{equiv},k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí [$\text{W/m}^2\text{K}$]

G_w korekční činitel zohledňující vliv spodní vody, kdy tento vliv se musí uvažovat, je-li vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží (podlahové desky) menší než 1 m

$G_w = 1,00$ pokud je hladina vody více než 1 m pod podlahou

$G_w = 1,15$ pokud je hladina vody méně než 1 m

Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty $f_{g1} = 1,45$. [13]

Výpočet teplotního redukčního činitele f_{g2} pro temperovaný prostor schodiště a vytápěný prostor budovy:

$$f_{g2} = \frac{\theta_i - \theta_{es}}{\theta_{\text{im}} - \theta_e} \quad [-] \quad (11) \quad [11]$$

$$f_{g2,1} = \frac{10 - 4,1}{20 - (-12)}$$

$$f_{g2,2} = \frac{20 - 4,1}{20 - (-12)}$$

$$f_{g2,1} = 0,18$$

$$f_{g2,2} = 0,497$$

Hodnota teplotního redukčního činitele zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a návrhovou venkovní teplotou $f_{g2,1}$ pro temperovaný prostor schodiště je 0,18 a pro vytápěný prostor budovy 0,497.

Hodnoty ekvivalentního součinitele $U_{equiv,k}$ lze brát z normy EN ISO 13370 jako funkce parametru B' .

Charakteristický parametr B' se stanoví:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \times P} \quad [-] \quad (12) \quad [11]$$

A_g je plocha uvažované podlahové konstrukce [m^2]

P je obvod uvažované podlahové konstrukce, jde o délky ochlazovaných stěn oddělujících vytápěný prostor [m]

$$B' = \frac{13,91}{0,5 \times 19,76}$$

$$B' = \frac{224,34}{0,5 \times 71,36}$$

$$B' = 1,41$$

$$B' = 6,29$$

Charakteristický parametr B' vyšel pro temperovaný prostor schodiště 1,41 a pro vytápěný prostor budovy 6,29. Dle hodnot parametru B' a doporučeného součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ pro podlahu temperovaného prostoru přilehlou k zemině a pro podlahu vytápěného prostoru přilehlou k zemině (viz. tabulka č. 4.5) se z tabulky č. 4.7 zvolí hodnota $U_{equiv,k}$. Vybrané hodnoty $U_{equiv,k}$ pro prostor schodiště jsou 0,33 a pro vytápěný prostor budovy 0,17. S těmito hodnotami se bude dále počítat při výpočtu součinitele tepelné ztráty prostupem (viz. tabulka č. 4.8).

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla $U_{equiv,k}$ pro podlahu na terénu

$B' [m]$	$U_{equiv,k} [W/m^2K]$				
	neizolovaná	$U_{podl} = 2,0$	$U_{podl} = 1,0$	$U_{podl} = 0,5$	$U_{podl} = 0,25$
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,3	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

Tab. 4.7: Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro podlahu na terénu (část tabulky)

Zdroj: www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_P2.pdf

Hodnota korekčního činitele G_w zohledňující vliv spodní vody se zvolí 1,00, jelikož hladina spodní vody je více než 1 m pod podlahou.

Vybrané a vypočtené hodnoty pro součinitele návrhové tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy se dosadí do vzorce (10). Samotný výpočet je proveden v tabulce č. 4.8.

Výpočet součinitele návrhové tepelné ztráty $H_{T,i}$

Popis jednotlivých ochlazovaných konstrukcí	Plocha konstrukce	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty
	A	$U_{rec,20}$	b	$H_{T,i}$
	[m ²]	[W/m ² .K]	[-]	[W/K]
Stěna vnější obvodová	270,94	0,25	1,00	67,74
Stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	23,01	0,40	0,63	5,80
Stěna vnitřní z vytápěného prostoru ke kotelně	15,11	0,40	0,00	0,00
Stěna vnitřní z vytápěného prostoru k dílně a uhelně	44,84	0,40	0,72	12,88
Stěna vnější obvodová z prostoru schodiště	75,46	0,50	0,69	26,03
Strop oddělující vytápěný a nevytápěný prostor budovy	3,38	0,40	0,63	0,85
Strop oddělující vytápěný prostor budovy a kotelnu	14,41	0,40	0,00	0,00
Strop oddělující vytápěný prostor budovy a dílnu a uhelnu	35,89	0,40	0,72	10,34
Strop pod nevytápěnou půdou (obyv. podkroví)	136,10	0,20	0,41	17,15
Strop pod nevytápěnou půdou (schodiště)	10,96	0,20	0,41	0,68
Výplň otvoru z prostoru schodiště do venkovního prostředí	14,36	2,30	0,69	22,78
Okenní výplň otvoru ve vnější stěně	34,69	1,20	1,00	41,63
Dveřní výplň otvoru ve vnější stěně	2,56	1,20	1,00	3,07
Arkýře v podkrovní části budovy	25,92	1,20	1,00	31,10
Střecha šikmá se sklonem 40° (obyv. podkroví)	224,76	0,16	1,00	35,96
Střecha šikmá se sklonem 40° (schodiště)	8,88	0,16	0,69	0,98
Σ	941,26			276,99
Tepelné ztráty vazbami a tepelnými mosty $A \times \Delta U_{tbm}$	941,26 x 0,02			18,83
Návrhové tepelné ztráty prostupem	Σ			295,81
Podlaha prostoru schodiště přilehlá k zemině	1,45 x 0,50 x (224,34 x 0,17) x 1			27,65
Podlaha vytápěného prostoru budovy přilehlá k zemině	1,45 x 0,18 x (13,91 x 0,33) x 1			1,20
Součinitel návrhové tepelné ztráty prostupem	Σ			324,66

Tab. 4.8: Výpočet součinitele návrhové tepelné ztráty prostupem

Po výpočtu celkového návrhové součinitele tepelné ztráty prostupem $H_{T,i}$ se zjistí, zda jsou splněny požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} (dále jen „ U_{em} “) dle ČSN 73 0540.

$$U_{em} \leq U_{em,N} \leq U_{em,N0} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (13) \quad [14]$$

Výpočet pro požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ je stejný jako v případě průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} pro administrativní budovu s tím rozdílem, že místo doporučených hodnot součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ se zvolí hodnoty požadované $U_{N,20}$ z tabulky č. 4.5.

$$U_{em} = \frac{H_{T,i}}{A}$$

$$U_{em} = \frac{327,11}{1\,179,52}$$

$$U_{em} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{em,N} = \frac{\sum U_{N,i} \times A_i \times b_i}{\sum A_i} + 0,02$$

$$U_{em,N} = \frac{423,75}{1\,179,52} + 0,02$$

$$U_{em,N} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{em,N0} = 0,30 + \frac{0,15}{A/V}$$

$$U_{em,N0} = 0,30 + \frac{0,15}{1\,179,52/1\,671,74}$$

$$U_{em,N0} = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

0,28 ≤ 0,38 ≤ 0,51 W/m²K - požadavek je splněn

Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,i}$

Popis jednotlivých ochlazovaných konstrukcí	Rozdíl teplot	Součinitel tepelné ztráty	Tepelné ztráta prostupem
	$\Delta\theta$	$H_{T,i}$	$\Phi_{T,i}$
	[°C]	[W/K]	[W]
Stěna vnější obvodová	32,00	67,74	2 167,68
Stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	20,00	5,80	116,00
Stěna vnitřní z vytápěného prostoru ke kotelně	0,00	0,00	0,00
Stěna vnitřní z vytápěného prostoru k dílně a uhelně	13,00	12,88	167,44
Stěna vnější obvodová z prostoru schodiště	22,00	26,03	572,66
Podlaha prostoru schodiště přilehlá k zemině	5,00	0,62	3,10
Podlaha vytápěného prostoru budovy přilehlá k zemině	15,00	27,65	414,75
Strop oddělující vytápěný a nevytápěný prostor budovy	20,00	0,85	17,00
Strop oddělující vytápěný prostor budovy a kotelnu	0,00	0,00	0,00
Strop oddělující vytápěný prostor budovy a dílnu a uhelnu	23,00	10,34	237,82
Strop pod nevytápěnou půdou (obýv. podkroví)	23,00	17,15	394,45
Strop pod nevytápěnou půdou (schodiště)	13,00	0,68	8,84
Výplň otvoru z prostoru schodiště do venkovního prostředí	22,00	22,78	501,16
Okenní výplň otvoru ve vnější stěně	32,00	41,63	1 332,16
Dveřní výplň otvoru ve vnější stěně	32,00	3,07	98,24
Arkýře v podkrovní části budovy	32,00	31,10	995,20
Střecha šikmá se sklonem 40° (obýv. podkroví)	32,00	35,96	1 150,72
Střecha šikmá se sklonem 40° (schodiště)	22,00	0,98	21,56
Σ		305,26	8 198,78
Tepelné ztráty vazbami a tepelnými mosty $A \times \Delta U_{tbn} \times \Delta\theta$	18,83 x (20 - 12)		602,56
Celkové návrhové tepelné ztráty prostupem		Σ	8 801,34

Tab. 4.9: Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty prostupem

Výsledná celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) prostupem tepla administrativní budovy se započtením tepelných mostů a vazeb (viz. tabulka č. 4.9):

Výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{T,i} = 8\,801,34 \text{ W}$
Výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem	$\Phi_{T,i} = 8,80 \text{ kW}$

4.2 Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

Veličiny potřebné pro výpočet:

- θ_e návrhová venkovní teplota [°C] - tabulka č. 4.1
 θ_{im} převažující návrhová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]
 V objem vytápěné místnosti [m³] - projektová dokumentace
 ρ hustota vzduchu při návrhové teplotě [kg/m³] - tabulka č. 4.14
 c_p měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ/kg.K] - tabulka č. 4.14
 η_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [h⁻¹] - tabulka č. 4.10
 η_{50} intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchů [h⁻¹] - tabulka č. 4.11
 e_i stínící činitel [-] - tabulka č. 4.12
 ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země [-] - tabulka č. 4.13

Návrhová venkovní teplota θ_e

Návrhová venkovní teplota $\theta_e = -12$ °C. Hodnota byla určena v předchozím výpočtu návrhových tepelných ztrát prostupem.

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im}

Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{im} = 20$ °C. Hodnota byla určena v předchozím výpočtu návrhových tepelných ztrát prostupem.

Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu η_{min}

Hodnota minimální výměny intenzity vzduchu η_{min} (dále jen „ η_{min} “) v administrativní budově je nejméně 1 x za 1 hodinu = 1,0 h⁻¹. Vzhledem k tomu, že se jedná o administrativní budovu s kanceláři, zasedací místnost, sprchami s WC, šatnami atd. byla zvolena hodnota viz. tabulka č. 4.10 tedy $\eta_{min} = 1,0$ h⁻¹.

Minimální intenzita výměny vzduchu η_{min}

Druh místnosti	η_{min} [h ⁻¹]
Obytná místnost (základní)	0,5
Kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, školní třída	2,0

Tab. 4.10: Minimální intenzita výměny vzduchu

Zdroj: JELÍNEK V. a kol.: *Technická zařízení budov, Podklady pro projekty* [11]

Intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu η_{50}

Z tabulky č. 4.11 se zvolí odpovídající hodnota pro další výpočet. V tomto případě se jedná o administrativní budovu s plastovými okny a dvojskly. Hodnota intenzity výměny venkovního vzduchu za hodinu byla zvolena $\eta_{50} = 4,5$.

Intenzita výměny vzduchu pro budovu

Stavba	η_{50} [h^{-1}]		
	Stupeň těsnosti obvodového pláště (kvalita těsnění oken)		
	vysoká (velmi utěs. okna a dveře)	střední (dvojskla, normálně utěs.)	nízká (jednoduch. zasklení, bez utěsnění)
Rodinný dům s jedním bytem	< 4	4 až 10	> 10
Jiné bytové domy nebo budovy	< 2	2 až 5	> 5

Tab. 4.11: Intenzita výměny vzduchu

Zdroj: JELÍNEK V. a kol.: *Technická zařízení budov, Podklady pro projekty* [11]

Stínící činitel e

Jako další se zvolí stínící činitel e (dále jen „e“). Administrativní budova se nachází u zemědělského areálu ve volném a větrném terénu. Vzhledem k umístění stavby a dostatku otvorových výplní byla zvolena hodnota z následující tabulky č. 4.12 tedy $e = 0,05$.

Stínící činitel e

Třída zastínění vytápěného prostoru	e		
	Bez nechrán. otvor. výplní	S 1 nechrán. otvor. výplní	Více než 1 nechr. otvorová výplň
Žádné zastínění (budovy ve větrné oblasti, vysoké budovy v měst. centrech)	0	0,03	0,05
Mírné zastínění (bud. v krajině se stromovím nebo předměstská zástavba)	0	0,02	0,03
Velké zastínění (středně vys. budovy v měst. centrech, nebo v zales. krajině)	0	0,01	0,02

Tab. 4.12 Stínící činitel

Zdroj: JELÍNEK V. a kol.: *Technická zařízení budov, Podklady pro projekty* [11]

Výškový teplotní činitel ε

Výškový teplotní činitel ε (dále jen „ ε “) se zvolí dle tabulky č. 4.13. Výšková kóta 2.NP je + 3,430 a štítu budovy je +10,210. Na základě výškových kót byla zvolena hodnota $\varepsilon = 1,20$.

Výškový teplotní činitel ε

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země	ε
0 - 10 m	1,00
> 10 - 30 m	1,20
> 30 m	1,50

Tab. 4.13: Výškový teplotní činitel

Zdroj: JELÍNEK V. a kol.: *Technická zařízení budov, Podklady pro projekty* [11]

Hustota vzduchu při návrhové teplotě ρ

Hustota vzduchu při návrhové teplotě ρ (dále jen „ ρ “) se určí dle převažující návrhové vnitřní teploty θ_{im} . Z tabulky č. 4.14 se zvolí hodnota ρ náležící teplotě $\theta_{im} = 20\text{ °C}$. Dále se bude počítat s hodnotou $\rho = 1,188\text{ kg/m}^3$.

Měrná tepelná kapacita vzduchu c_p

Měrná tepelná kapacita vzduchu c_p (dále jen „ c_p “) se určí stejně jako hustota vzduchu ρ dle převažující návrhové vnitřní teploty θ_{im} . Z tabulky č. 4.14 se zvolí hodnota c_p náležící teplotě $\theta_{im} = 20\text{ °C}$. V tomto případě se $c_p = 1\,010\text{ J/kg.K}$.

Fyzikální hodnoty pro suchý vzduch

t [°C]	ρ [kg/m ³]	c_p [J/kgK]	$\lambda 10^2$ [W/mK]	$a 10^6$ [m ² /s]	$\mu 10^6$ [Pas]	$\nu 10^6$ [m ² /s]	Pr	α [10 ⁻³ /K]
-100	2,012	1 022	1,62	7,88	11,80	5,86	0,744	-
-50	1,561	1 013	2,04	12,90	14,60	9,35	0,727	-
-20	1,376	1 009	2,26	16,28	16,30	11,85	0,727	3,962
0	1,275	1 005	2,37	18,50	17,20	13,49	0,727	3,671
10	1,230	1 005	2,45	19,82	17,80	14,47	0,727	-
20	1,188	1 010	2,52	21,00	18,20	15,32	0,727	3,419
40	1,112	1 013	2,65	23,53	19,20	17,27	0,727	3,200
60	1,046	1 017	2,80	26,32	20,10	19,22	0,727	3,007
80	0,986	1 020	2,93	29,13	21,00	21,3	0,727	2,836
100	0,934	1 022	3,07	32,16	21,80	23,34	0,727	2,684

Tab. 4.14: Fyzikální hodnoty pro suchý vzduch (část tabulky)

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/38-fyzikalni-hodnoty-pro-suchy-vzduch-pri-tlaku-100-kradne>

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \times (\theta_{im} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (14) \quad [11]$$

$H_{V,i}$ součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

θ_{im} převažující návrhová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e návrhová venkovní teplota [°C] - tabulka č. 3.1

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru:

$$H_{V,i} = V_i \times \rho \times c_p \quad [\text{W/K}] \quad (15) \quad [11]$$

V_i objemový průtok větracího vzduchu ve vytápěném prostoru [m³/s]

ρ hustota vzduchu při návrhové teplotě, [$\rho = 1,188\text{ kg/m}^3$]

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu [$c_p = 1\,010\text{ J/kg.K}$]

4.2.1 Výpočet návrhových tepelných ztrát pro přirozené větrání

V tomto případě není v objektu instalována větrací soustava, předpokládá se tedy, že přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti vzduchu venkovního. Návrhová tepelná ztráta je úměrná rozdílu teplot převažující návrhové vnitřní teploty vytápěného prostoru a návrhové venkovní teploty. Hodnota výměny vzduchu pro výpočet návrhového součinitele tepelné ztráty se zvolí jako maximální hodnota z výměny vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$ spárami a styky obvodového pláště budovy a také z minimální výměny vzduchu $V_{min,i}$, která je požadovaná z hygienických důvodů.

$$V_i = \max (V_{inf,i}, V_{min,i}) \quad [W/K] \quad (16) \quad [11]$$

$V_{inf,i}$ infiltrace obvodovým pláštěm budovy [m^3/h]

$V_{min,i}$ nejmenší hygienický objemový průtok vzduchu [m^3/h]

Hygienický objemový průtok vzduchu

$$V_{min,i} = \eta_{mn} \times V \quad [m^3/h] \quad (17) \quad [11]$$

$$V_{min,i} = 1,0 \times 1\,671,64$$

$$V_{min,i} = 1\,671,64 \text{ m}^3/h$$

Stanovení objemového průtoku infiltrací obvodovým pláštěm budovy

$$V_{inf,i} = V \times \eta_{50} \times e_i \times \varepsilon_i \quad [m^3/h] \quad (18) \quad [11]$$

$$V_{inf,i} = 1\,671,64 \times 4,5 \times 0,05 \times 1,2$$

$$V_{inf,i} = 451,34 \text{ m}^3/h$$

Objemový průtok větracího vzduchu ve vytápěném prostoru

$$V_i = \max (1\,671,64, 451,34) \quad (16)$$

$$V_i = 1\,671,64 \text{ m}^3/h$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = 1\,671,64 \times 1,2 \times \frac{1\,010}{3\,600} \quad (15)$$

$$H_{V,i} = 562,79 \text{ W/K}$$

Návrhová tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = 562,79 \times (20 - (-12)) \quad (14)$$

$$\Phi_{V,i} = 18\,009,13 \text{ W}$$

$$\Phi_{V,i} = 18,00 \text{ kW}$$

Výsledná celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) větráním administrativní budovy (viz. výpočet):

Výsledná návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i} = 18\,009,13 \text{ W}$

Výsledná návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i} = 18,00 \text{ kW}$

4.3 Celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) vytápěného prostoru

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{kW}] \quad (1) \quad [11]$$

$$\Phi_i = 8\,801,34 + 18\,009,13$$

$$\Phi_i = 26\,810,47 \text{ W}$$

$$\Phi_i = 26,81 \text{ kW}$$

Celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) vytápěného prostoru administrativní budovy se po sečtení hodnot výsledné návrhové tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,i} = 8\,801,34 \text{ W}$ a výsledné návrhové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i} = 18\,009,13 \text{ W}$ rovná $26\,810,47 \text{ W}$.

S touto hodnotou bude dále počítáno v souvislosti s návrhem tepelného zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody budovy. Na základě celkové návrhové tepelné ztráty (tepelného výkonu) vytápěného prostoru bude navržen výkon příslušného tepelného zdroje.

Celkový návrhový tepelný výkon administrativní budovy je 26,81 kW.

5. POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Výpočet energetické náročnosti budov, tj. výpočet roční dodané energie na vytápění a přípravu teplé vody je prováděn v souladu s EN ISO 13 790.

Potřeba energie - tepla

Energie potřebná pro daný účel (vytápění, příprava teplé vody) za předpokladu 100 % účinnosti všech technických systémů. Jde o teoretickou hodnotu bez vlivu energetických ztrát v technických systémech. [16]

Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody budovy se stanoví jako součet roční potřeby tepla pro vytápění a potřeby tepla pro ohřev teplé vody.

$$Q_r = Q_{vyt,r} + Q_{tuv,r} \quad [\text{MWh/rok}], [\text{GJ/rok}] \quad (19) \quad [15]$$

Q_{vyt} roční potřeba tepla pro vytápění

$Q_{tuv,r}$ roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody

Roční potřeba tepla pro vytápění vychází z energetické bilance sestavené pro určité období. Do energetické bilance vstupují na jedné straně tepelné ztráty budovy, na straně druhé vnitřní a solární zisky. Dnes se pro stanovení této hodnoty používají podrobnější výpočetní metody s kratším časovým krokem, který určuje měsíc, den či hodina. Pro tento případ se bude vycházet ze zjednodušené denostupňové metody.

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody je jedním z důležitých údajů pro stanovení potřebné energie v budově. Podle potřeby tepla pro přípravu teplé vody a ztrát tepla při její přípravě a rozvodu se stanovuje energetický požadavek na zdroj tepla. Stanovení potřeby teplé vody a potřeby tepla pro její přípravu a rozvod je nutné také při energetickém hodnocení budovy. [7]

5.1 Potřeba tepla pro vytápění

Veličiny potřebné pro výpočet

θ_e návrhová venkovní teplota [°C] - tabulka č. 4.1

θ_{im} převažující návrhová vnitřní teplota [°C]

θ_{em} střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období [°C] - tabulka č. 4.1

θ_{es} průměrná teplota během otopného období [°C] - tabulka č. 4.1

d délka topného období [dny] - tabulka č. 4.1

e_i nesoučasnost tepelné ztráty infilrací a tepelné ztráty prostupem [-]

e_t snížení teploty v místnosti během dne respektive noci [-]

e_d zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [-]

η_o účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy [-]

η_r účinnost rozvodu vytápění [-]

Návrhová venkovní teplota θ_e

Návrhová venkovní teplota $\theta_e = -12$ °C. Hodnota byla určena v předchozím výpočtu návrhových tepelných ztrát prostupem.

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im}

Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{im} = 20$ °C. Hodnota byla určena v předchozím výpočtu návrhových tepelných ztrát prostupem.

Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období θ_{em}

Střední denní venkovní teplotu pro začátek a konec otopného období θ_{em} (dále jen „ θ_{em} “) se určí z tabulky č. 4.1. Podle vyhlášky 194/2007 Sb. se dodávka tepelné energie zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod +13 °C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C pro následující den. Hodnota θ_{em} byla zvolena 13 °C.

Průměrná teplota během otopného období θ_{es}

Průměrná venkovní teplota otopného období θ_{es} (dále jen „ θ_{es} “) se určí dle tabulky č. 4.1 vyhodnocovanou pro příslušnou lokalitu hydrometeorologickým střediskem. Administrativní budova se nachází v katastrálním území Mašťov v Ústeckém kraji, střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období $\theta_{em} = 13$ °C, proto byla pro výpočet vybrána hodnota průměrné teploty $\theta_{es} = 4,1$ °C pro oblast Chomutov (Ervěnice).

Délka topného období d

Podle vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu (č. 194/2007 Sb.) začíná topné období 1. října a končí 31. května. Tyto termíny mohou být ale ovlivněny venkovními teplotami. Průměrná délka topného období je v ČR 230 až 240 dní. Z tabulky č. 4.1 se zvolí příslušná hodnota. Administrativní budova se nachází v katastrálním území Mašťov v Ústeckém kraji, střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období $\theta_{em} = 13$ °C, proto byla vybrána pro výpočet hodnota délky topného období $d = 233$ dní pro oblast Chomutov (Ervěnice).

Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem e_i

Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10 - 20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0.8 až 0.9. V tomto případě se zvolila hodnota $e_i = 0,85$.

Snížení teploty v místnosti během dne respektive noci e_t

V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0.8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1.0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin. Zvolená hodnota $e_t = 0,9$.

Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu e_d

Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od 1.0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0.9 pro budovy se šestidenním a 0.8 pro budovy s pětidenním provozem. V tomto případě se jedná o administrativní budovu se šatnami a sprchami pro zaměstnance starající se o zemědělská zvířata volíme sedmidenní provoz tudíž se $e_d = 1,0$.

Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy η_o

Volí se v rozmezí 0.9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1.0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací. Jelikož se jedná o návrh různých zdrojů dodané energie, zvolená hodnota $\eta_o = 0,95$.

Účinnost rozvodu vytápění η_r

Volí se v rozmezí 0.95 až 0.98 podle provedení. V tomto případě se hodnota $\eta_r = 0,95$. [15]

5.1.1 Výpočet celkové potřeby tepla pro vytápění

Celková návrhová tepelná ztráta (tepelný výkon) objektu $\Phi_i = 26,81$ kW.

Vytápěcí denostupně

$$D = d \times (\theta_{im} - \theta_{es}) \quad [\text{K.dny}] \quad (20) \quad [15]$$

$$D = 233 \times (20 - 4,1)$$

$$D = 3\,705 \text{ K.dny}$$

Opravný součinitel

$$\varepsilon = e_i \times e_t \times e_d \quad [-] \quad (21) \quad [15]$$

$$\varepsilon = 0,85 \times 0,90 \times 1,00$$

$$\varepsilon = 0,765$$

Roční potřeba tepla pro vytápění

$$Q_{vyt,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \times \eta_r} \times \frac{24 \times Q_c \times D}{(\theta_{im} - \theta_e)} \times 3,6 \times 10^{-3} \quad [\text{kWh/rok}] \quad (22) \quad [15]$$

$$Q_{vyt,r} = \frac{0,765}{0,95 \times 0,95} \times \frac{24 \times 26,87 \times 3\,705}{(20 - (-12))} \times 3,6 \times 10^{-3}$$

$$Q_{vyt,r} = 63\,300 \text{ kWh/rok} = 63,3 \text{ MWh/rok}$$

$$Q_{vyt,r} = 227,84 \text{ GJ/rok}$$

Výsledná celková potřeba tepla na vytápění administrativní budovy (viz. výpočet):

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění $Q_{vyt,r} = 63,3$ MWh/rok

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění $Q_{vyt,r} = 227,84$ GJ/rok

5.2 Potřeba tepla pro ohřev teplé vody

Veličiny potřebné pro výpočet

t_1 teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$]

t_2 teplota ohřáté vody [$^{\circ}\text{C}$]

c_v	měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]
ρ_v	měrná hmotnost vody [kg/m ³]
z	koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody [-]
V_{2p}	celková potřeba teplé vody za 1 den [m ³ /den]
t_{svl}	teplota studené vody v létě [°C]
t_{svz}	teplota studené vody v zimě [°C]
N	počet pracovních dní soustavy v roce [dny]
d	délka topného období [dny] - tabulka č. 4.1

Teplota studené vody t_1

Teplota studené vody t_1 (dále jen „ t_1 “) musí mít vyhovující požadované vlastnosti tzn. teplotu 10 – 12 °C. Zvolená hodnota $t_1 = 10$ °C.

Teplota ohřáté vody t_2

Teplota ohřáté vody t_2 (dále jen „ t_2 “) na výstupu z ohříváče dle ČSN 06 0320 nemá být nižší než 55 °C, proto byla zvolena hodnota $t_2 = 55$ °C.

Měrná tepelná kapacita vody c_v

Měrná tepelná kapacita vody c_v (dále jen „ c_v “) se určí podle matematicko - fyzikálních tabulek. Hodnota $c_v = 4\,180$ J/kg.K.

Měrná hmotnost vody ρ_v

Měrná hmotnost vody ρ_v (dále jen „ ρ_v “) je hodnota daná. $\rho_v = 1\,000$ kg/m³.

Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody z

Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody z (dále jen „ z “) se uvažuje pro běžné stavby hodnota 50 až 100 % podle provedení rozvodu a doby cirkulace. Rozvody v nových stavbách $z = \max. 0.5$, okružkové rozvody $z = \max. 1.0$ a rozvody ve starších stavbách $z = 2$ až 4 (vychází se z provedených měření). Zvolená hodnota $z = 0,5$.

Celková potřeba teplé vody za 1 den V_{2p}

U celkové potřeby teplé vody za 1 den V_{2p} (dále jen „ V_{2p} “) se vychází z následující tabulky č. 5.1, ze které se zvolí hodnota pro další výpočet. Z vybraných hodnot roční spotřeby vody v m³, počtu zaměstnanců a počtu pracovních dní v roce se vypočte hodnota V_{2p} .

Mezivýpočet:

$$Q_{rx1} - \text{administrativa} - 10 \text{ osob} \times 14 \text{ m}^3/\text{os.rok} = 140 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$Q_{rx2} - \text{ostatní zaměstnanci} - 15 \text{ osob} \times 26 \text{ m}^3/\text{os.rok} = 390 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$Q_{rx} = Q_{rx1} + Q_{rx2} = 140 + 390 = 530 \text{ m}^3/\text{rok}$$

$$V_{2p} = 530 : 365 \text{ (pracovních dní)}$$

$$V_{2p} = 1,45 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$V_{2p} = 1\,450 \text{ l/den}$$

Spotřeba studené vody

Ozn.	Druh spotřeby vody	Směrné číslo roční spotřeby vody [m ³]
Veřejné budovy a školy		
Kancelářské budovy (bez stravování)		
	na jednu osobu při průměru 250ti pracovních dnů/rok	
1	WC, umyvadla	8
2	WC, umyvadla a tekoucí teplá voda	14
3	WC, umyvadla a tekoucí teplá voda s možností sprchování	16
Provozovny		
Provozovny místního významu, kde se vody nepoužívá k výrobě		
	na jednoho pracovníka v jedné směně/rok	
4	WC, umyvadla a tekoucí teplá voda	18
5	WC, umyvadla a tekoucí teplá voda s možností sprchování	26
6	WC, umyvadla a tekoucí teplá voda s možností sprchování v provozovnách s nečistým provozem nebo potřebou vyšší hygieny	30

Tab. 5.1: Spotřeba studené vody - Vyhláška č. 120/2011 Sb. (část tabulky)

Zdroj: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=58>

Teplota studené vody v létě t_{svl}

Teplota studené vody v létě t_{svl} (dále jen „ t_{svl} “) se volí v rozmezí 10 - 15 °C. Při výpočtu bude použita hodnota $t_{svl} = 15$ °C.

Teplota studené vody v zimě t_{svz}

Teplota studené vody v zimě t_{svz} (dále jen „ t_{svz} “) je v rozmezí 3 - 10 °C. Pro výpočet byla zvolena hodnota $t_{svz} = 5$ °C.

Počet pracovních dní soustavy v roce N

V roce 2016 předpokládáme 365 pracovních dní v sedmidenním pracovním provozu. V tomto konkrétním případě se tedy $N = 365$.

Délka topného období d

S délkou topného období d (dále jen „d“) bylo již počítáno v předešlém výpočtu potřeby tepla na vytápění. Hodnota byla převzata a dále se bude počítat se stejnou hodnotou $d = 233$ dní.

5.2.1 Výpočet celkové potřeby tepla pro ohřev teplé vody

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{tuv,d} = (1 + z) \times \frac{\rho_v \times c_v \times V_{2p} \times (t_2 - t_1)}{3\,600} \quad [\text{kWh}] \quad (23) \quad [15]$$

$$Q_{tuv,d} = (1 + 0,5) \times \frac{1\,000 \times 4,18 \times 1,45 \times (55 - 10)}{3\,600}$$

$$Q_{\text{tuv,d}} = 113,6 \text{ kWh}$$

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{\text{tuv,r}} = (Q_{\text{tuv,d}} \times d) + (0,8 \times Q_{\text{tuv,d}} \times \frac{t_2 - t_{\text{svl}}}{t_2 - t_{\text{svz}}} \times (N - d)) \quad [\text{kWh/rok}] \quad (24) \quad [15]$$

$$Q_{\text{tuv,r}} = (113,6 \times 233) + (0,8 \times 113,6 \times \frac{55 - 15}{55 - 5} \times (365 - 233))$$

$$Q_{\text{tuv,r}} = 36\,066 \text{ kWh/rok} = 36,07 \text{ MWh/rok}$$

$$Q_{\text{tuv,r}} = 129,85 \text{ GJ/rok}$$

Výsledná celková potřeba tepla na vytápění administrativní budovy (viz. výpočet):

Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{\text{tuv,r}} = 36,07 \text{ MWh/rok}$

Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{\text{tuv,r}} = 129,85 \text{ GJ/rok}$

5.3 Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

$$Q_r = Q_{\text{vyt,r}} + Q_{\text{tuv,r}} \quad [\text{MWh/rok}], [\text{GJ/rok}] \quad (19) \quad [15]$$

$$Q_r = 63,30 + 36,07 \quad Q_r = 227,84 + 129,85$$

$$Q_r = 99,37 \text{ MWh/rok} \quad Q_r = 357,69 \text{ GJ/rok}$$

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody administrativní budovy se po sečtení hodnot výsledné roční potřeby tepla pro vytápění $Q_{\text{vyt,r}} = 63,3 \text{ MWh/rok}$ (227,84 GJ/rok) a výsledné roční potřeby tepla pro ohřev teplé vody $Q_{\text{tuv,r}} = 36,07 \text{ MWh/rok}$ (129,85 GJ/rok) rovná 99,37 MWh/rok (357,69 GJ/rok).

S touto hodnotou bude dále počítáno v souvislosti s výpočtem ročních provozních nákladů tepelného zdroje a s potřebou dodané energie.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění budovy a ohřev teplé vody Q_r je 99,37 MWh/rok = 357,69 GJ/rok.

6. NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Jedním z cílů diplomové práce je návrh a následné posouzení několika variant tepelných zdrojů pro vytápění a ohřev teplé vody administrativní budovy. Výpočet investičních nákladů se provede na základě kupní ceny konkrétního navrženého zdroje tepla a dalších zařízení, systémů, potřebných k instalaci a provozu tepelného zdroje. Provozní náklady se zjistí konkrétním výpočtem podle předpokládané potřeby dodané energie a ceny dalších uvedených položek se zvolí odhadem. Do výpočtů nákladů nebudou započítány náklady otopné soustavy a rozvody teplé vody.

Tepelné zdroje se zvolí na základě konkrétních požadavků a potřebného výkonu. Výkon tepelných zdrojů se zvolí s ohledem na tepelné ztráty objektu, klimatické podmínky, potřeby tepla na vytápění objektu a dle potřeby teplé vody.

Veličiny potřebné pro návrh výkonu tepelného zdroje a pro výpočet investičních a provozních nákladů

Celková tepelná ztráta (tepelný výkon) budovy	26,81 kW
Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění	63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok)
Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok)

Pro návrh, porovnání a výběr nejvhodnější varianty byly zvoleny následující tepelné zdroje:

- Kotel na dřevěné pelety
- Tepelné čerpadlo země/voda
- Systém solárních kolektorů
- Zplyňovací kotel na dřevo
- Tepelné čerpadlo vzduch/voda

6.1 Kotel na dřevěné pelety

V tomto případě byl zvolen automatický kotel na dřevěné pelety Vulcanus, od společnosti Viadrus, s výkonem 30 kW a akumulční nádrž topné vody s ohřivačem pitné vody TXE 1 000 MX0W o objemu 1 000 l od společnosti SeCesPol CZ. Jako palivo se použijí dřevěné pelety ENVITON.

6.1.1 Automatický kotel Vulcanus

Kotel Vulcanus, od společnosti Viadrus, je určen k úspornému a ekologickému vytápění uhlím nebo dřevními peletami v automatickém režimu. Modulační automatický regulátor Siemens SAPHIR ovládá činnost kotle včetně ohřevu teplé vody a možnosti řízení více otopných okruhů. Kotel je vyráběn ve výkonu ve výkonu od 6 do 35 kW. Palivo je do retortového hořáku přiváděno šnekovým podavačem. Konstrukce litinového výměníku vychází z osvědčeného kotle Hercules U26 a je zárukou vynikající funkce a životnosti. Pro spalování je využíván retortový hořák umístěný v podstavci kotle. Palivo je do hořáku přiváděno šnekovým podavačem. [17]

Automatický kotel Vulcanus

Parametry		
Počet článků	-	6
Výkon kotle dle ČSN 070240	kW	30
Účinnost	%	87,5
Hmotnost	kg	569
Hloubka celková	mm	976
Výška	mm	1 592
Šířka	mm	1 335
Emisní třída dle ČSN 303 - 5 - Dřevěné pelety	-	3
Průměr kouřového hrdla	mm	156
Komínový tah	Pa	20 - 25
Hladina hluku	dB	65



Tab. 6.1: Parametry kotle

Obr. 6.1: Kotel Vulcanus

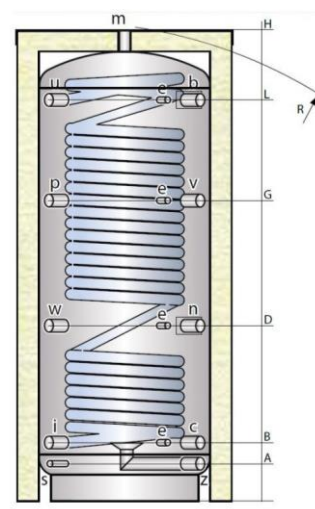
Zdroj: <http://www.123topeni.cz/Viadrus-Vulcanus-30-kW-6-cl-zasobnik-269-litru-d11403.htm?tab=download>

6.1.2 Akumulační nádrž topné vody s ohřivačem pitné vody TXE 1 000 MX0W

Vzhledem k potřebnému objemu a dalším parametrům byla zvolena akumulční nádrž topné vody s ohřivačem pitné vody TXE 1 000 MX0W. Nádrž slouží k akumulaci tepla v topné vodě a ohřevu pitné vody prostřednictvím vestavěného nerezového výměníku o zvětšeném objemu. Ohřev pitné vody je tak kombinací průtočného a akumulčního způsobu. Současně je tak řešena nerovnoměrnost v dodávce tepla proti jeho spotřebě a ohřevu pitné vody. Nejčastěji nalezne tato akumulční nádrž uplatnění právě ve spojení se zdrojem tepla na tuhá paliva, kterým může být jak kotel, tak i krb s teplovodním výměníkem. [18]

Akumulační nádrž TXE 1 000 MX0W

Parametry		
Celkový objem	l	1 000
Výměník pitné vody	l	45
Maximální pracovní teplota	°C	95
Max. pracovní tlak - nádrž topné vody	bar	3
Max. pracovní tlak - výměník pitné vody	bar	6
Výměník teplé vody	m ²	7,5
Průměr zásobníku (s izolací)	mm	990
Výška	mm	2 080
Hmotnost	kg	270
Zásobník: jakostní konstrukční ocel		
Výměník pitné vody: nerezová ocel		



Tab. 6.2: Parametry akumulční nádrže

Obr. 6.2: Akumulační nádrž TXE 1 000 MX0W

Zdroj: <http://esecespol.cz/cz-detail-1127747-tipex-txe-1000-mx0w-vcetne-izolace.html>

6.1.3 Dřevěné pelety ENVITON

Jako palivo se zvolí, vzhledem ke druhu kotle, dřevěné pelety bez příměsí kůry s vysokou výhřevností a minimální popelnatostí. Jedním z důležitých parametrů je výhřevnost. Výhřevnost dřevěných pelet se zjistí z tabulky č. 6.3. Cena s DPH je 5,174 Kč/kg. [19]

Dřevěné pelety ENVITON

Parametry		
Slisování	kg/m ³	1 200
Výhřevnost	MJ/kg	17,80
Obsah popele	%	0,50
Obsah vody	%	7,46
Otěr	%	1,50
Sypná hmotnost	kg/m ³	630



Tab. 6.3: Dřevěné pelety ENVITON

Obr. 6.3: Dřevěné pelety

Zdroj: http://enviton.cz/nabidka/drevene-pelety/?utm_source=adwords&utm_medium=cpc&utm_campaign=pelety&gclid=CjwKEAjwh8exBRDyyqqH9pvf1ncSJAu4OE3-6mCQMdoE5C8gBvMCUAzNSm7GbX5QeYUKnV1zpQBgBoCeNbw_wcB

6.1.4 Výpočet investičních a provozních nákladů

Pro výpočet investičních nákladů je důležitá pořizovací cena kotle Vulcanus, která se zjistí z ceníku viz. Literatura [17]. Cena akumulční nádrže topné vody s ohřivačem pitné vody TXE 1 000 MX0W se zjistí z podkladů viz. Literatura [18]. Ceny položek revize spalínové cesty a roční revize komína byly zjištěny po zaslání dotazu firmě Kominictví Chomutov - Renata Gaudlová Šarlingerová. Přibližná cena za montáž akumulční nádrže a napojení na komín kouřovodem se zjistí z odkazu viz. Literatura [20]. Cena montáže kotle, uvedení do provozu, roční servis kotle, údržba, revize kotle a seřízení se určí odhadem.

Veličiny potřebné pro výpočet nákladů na vytápění a ohřev teplé vody

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění	63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok)
Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok)
Účinnost kotle Vulcanus, tabulka č. 6.1	87,5 %
Výhřevnost dřevěných pelet ENVITON, tabulka č. 6.3	17,80 MJ/kg
Cena dřevěných pelet ENVITON	5,174 Kč/kg

Výpočet:

Množství potřebného paliva pro vytápění

$$\frac{227\,840}{17,8} \times 0,875 = 11\,200 \text{ kg/rok}$$

Náklady na vytápění

$$11\,200 \times 5,174 = 57\,948,80 \text{ Kč/rok}$$

Množství potřebného paliva pro ohřev teplé vody

$$\frac{129\,850}{17,8} \times 0,875 = 6\,383,08 \text{ kg/rok}$$

Náklady na ohřev teplé vody

$$6\,383,08 \times 5,174 = 33\,026 \text{ Kč/rok}$$

Vytápění		Ohřev teplé vody	
Množství spotřebovaného paliva	11 200 kg/rok	Množství spotřebovaného paliva	6 383,08 kg/rok
Náklady na vytápění	57 948,80 Kč/rok	Náklady na ohřev teplé vody	33 026 Kč/rok
Spotřebované palivo celkem	Σ	17 583,08 kg/rok	
Celkové náklady	Σ	90 974,80 Kč/rok	

Investiční a provozní náklady

Investiční náklady	Kč	Provozní náklady	Kč/rok
Kotel Vulcanus, Viadrus (30 kW)	85 999	Náklady na vytápění objektu (dřevěné pelety)	57 949
Akumulační nádrž topné vody s ohřivačem pitné vody TXE 1 000 MX0W	58 160		
Montáž kotle a uvedení do provozu	20 000	Náklady na ohřev teplé vody (dřevěné pelety)	33 026
Montáž akumulační nádrže	4 500	Roční servis a údržba	700
Revize spalinové cesty	1 300	Roční revize kotle a seřízení	1 500
Napojení na komín - kouřovod Kovo KRAUS	2 418	Roční revize komína	600
Celkem s DPH	172 377	Celkem s DPH	93 775

Výsledné celkové investiční a provozní náklady pro kotel na dřevěné pelety:

Celkové investiční náklady jsou 172 377,- Kč.
Celkové roční provozní náklady jsou 93 775,- Kč/rok.

6.2 Tepelné čerpadlo země/voda

Tepelné čerpadlo odnímá teplo z okolí vytápěného objektu, v tomto případě ze země, a převádí ho na vyšší teplotní hladinu použitelnou pro vytápění budovy a k ohřevu teplé vody. Převod tepla na vyšší teplotní hladinu je možný díky stlačení par chladiva v kompresoru, při kterém dojde k jeho zahřátí. Země, případně voda nebo vzduch se ochladí o několik málo stupňů, čímž se odebere teplo, a tato energie se využije při ohřevu jiné látky. [21]

V tomto případě bylo zvoleno tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E28 o výkonu 29,1 kW s kaskádně spínaným elektrokotlem s výkony 5,6 – 9 – 15,7 kW od společnosti IVT, akumulační zásobník topné vody IVT BC 300/3 o objemu 300 l a negativní zásobník teplé vody IVT FW 752/3 s objemem 750 l také od společnosti IVT.

6.2.1 Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E28

Tepelná čerpadla IVT Greenline HE jsou určena pro větší objekty s tepelnou ztrátou 20 až 1 000 kW. Vestavěná regulace REGO 5 100 dokáže řídit i složité systémy bez použití nadřazené regulace. Vestavěná nízkoenergetická oběhová čerpadla, pružné hadice a elektrokotel, snižují náklady na instalaci zařízení. [22]

Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E28

Parametry		
Výkon	kW	29,1
Příkon	kW	7,0
Topný faktor	-	4,2
Vestavěný elektrický kotel - kaskáda	kW	5,6 – 9 - 15,7
Pojistka pro tepelné čerpadlo bez elektrokotle	A	25
Pojistka při dotopu elektrokotlem (15,7 kW)	A	50
Hmotnost	kg	320
Maximální tlak na studeném okruhu	bar	6
Šířka	mm	700
Hloubka	mm	750
Výška	mm	1 620

Tab. 6.4: Parametry tepelného čerpadla země/voda



Obr. 6.4: Tepelné čerpadlo země/voda IVT Greenline

Zdroj: http://www.ivt-cheb.cz/uploads/files/ivt_katalog_2015_01.pdf

6.2.2 Akumulační zásobník topné vody IVT BC 300/3

Dle požadovaných parametrů byl zvolen akumulční zásobník topné vody IVT BC 300/3 určený pro shromažďování topné vody. Jako tepelný zdroj je zde použito tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E28 - země/voda. Doporučená velikost akumulátoru je 10 - 20 l/kW tepelného čerpadla. Velikost akumulátoru se zvolí 300 l ($29,1 \times 10 = 291$ l, $29,1 \times 20 = 582$ l). [23]

Akumulační zásobník IVT BC 300/3

Parametry		
Celkový objem	l	300
Šířka/hloubka	mm	600
Výška	mm	1 600
Připojení topné vody	-	5/4" vnitřní
Vypouštění	-	KK DN 20
Maximální povolený tlak	bar	3
Hmotnost prázdné nádoby	kg	77
Vhodné i pro chlazení	-	NE

Tab. 6.5: Parametry akumulčního zásobníku



Obr. 6.5: Aku. zásobník IVT BC 300/3

Zdroj: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/akumulacni-zasobniky>

6.2.3 Negativní zásobník teplé vody IVT FW 752/3

Dále byl zvolen zásobník teplé vody IVT FW 752/3. Tento zásobník teplé vody je vhodný pro kombinaci s tepelným čerpadlem. Průtokový ohřev teplé vody je ve vysokokapacitním Cu výměníku. Doporučená velikost zásobníku je 20 - 50 l/kW tepelného čerpadla. V tomto případě se zvolí objem zásobníku 750 l ($29,1 \times 20 = 582$ l, $29,1 \times 50 = 1\,455$ l). [24]

Zásobník teplé vody IVT FW 752/3

Parametry		
Celkový objem	l	750
Šířka/hloubka	mm	Ø 980
Výška	mm	1 830
Maximální povolený tlak	bar	3
Počet vložek výměníků	-	1
Plocha vložek výměníku	m ²	6,2
Hmotnost bez vody	kg	175
Připojení topné vody	-	2" vnitřní
Vypouštění	-	3/4" vnitřní
Připojení elektropatrony	-	2" vnitřní
Tlaková ztráta Cu vložek	kPa	111



Tab. 6.6: Parametry zásobníku teplé vody

Obr. 6.6: Zásobník teplé vody IVT FW 752/3

Zdroj: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/zasobniky-teple-vody-ivt>

6.2.4 Výpočet investičních a provozních nákladů

Pro výpočet investičních nákladů je důležitá pořizovací cena tepelného čerpadla IVT Greenline HE E28, která se zjistí z ceníku viz. Literatura [25]. Cena akumulčního zásobníku topné vody a negativního zásobníku teplé vody se také zjistí z ceníku viz. Literatura [25]. Další investiční náklady, konkrétně elektroinstalace, uvedení do provozu, plošný kolektor včetně zemních prací se zvolí odhadem. Podklady pro odhad některých investičních nákladů viz. Literatura [26].

Sazba za elektřinu se zjistí z oficiálních stránek a ceníku společnosti ČEZ viz. Literatura [27]. U ceny za 1 MWh se použije sazba D56d - dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. dubna 2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin.

Veličiny potřebné pro výpočet nákladů na vytápění a ohřev teplé vody

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění	63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok)
Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok)
Topný faktor tepelného čerpadla, tabulka č. 6.4	4,2
Měsíční plat za příkon bez DPH (3 x 40 – 3 x 50 A)	600 Kč/měsíc
Pevná cena silové elektřiny bez DPH	60 Kč/měsíc
Cena za 1 MWh, nízký tarif (NT) bez DPH	1 907,16 Kč/MWh
Daň z elektřiny bez DPH	28,30 Kč/MWh

Výpočet:

Množství potřebné energie pro vytápění

$$63,30 : 4,2 = 15,07 \text{ MWh/rok}$$

Náklady na vytápění

$$15,07 \times 1\,907,16 = 28\,740,90 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 34\,776,50 \text{ Kč/rok}$$

Množství potřebné energie pro ohřev teplé vody

$$36,07 : 4,2 = 8,59 \text{ MWh/rok}$$

Náklady na ohřev teplé vody

$$8,59 \times 1\,907,16 = 16\,378,90 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 19\,818,50 \text{ Kč/rok}$$

Rezervovaný příkon

$$12 \times 600 = 7\,200 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 8\,712 \text{ Kč/rok}$$

Paušální platba za elektřinu

$$12 \times 60 = 720 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 871,20 \text{ Kč/rok}$$

Daň z elektřiny

$$23,66 \times 28,3 = 669,60 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 810,50 \text{ Kč/rok}$$

Vytápění		Ohřev teplé vody	
Množství spotřebované energie	15,07 MWh/rok	Množství spotřebované energie	8,59 MWh/rok
Náklady na vytápění	34 777 Kč/rok	Náklady na ohřev teplé vody	19 819 Kč/rok
Spotřebovaná energie celkem	Σ	23,66 MWh/rok	
Celkové náklady	Σ	54 596 Kč/rok	

Investiční a provozní náklady

Investiční náklady	Kč	Provozní náklady	Kč/rok
Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E28	482 790	Náklady na vytápění objektu	34 777
Akumulační zásobník topné vody IVT BC 300/3	21 780	Náklady na ohřev teplé vody	19 819
Negativní zásobník teplé vody IVT FW 752/3	60 500	Platba za rezervovaný příkon	8 712
Montáž tepel. čerpadla, uvedení do provozu	52 000	Paušální platba za elektřinu	871
Montáž akumulčního zásobníku	4 500	Daň z elektřiny	811
Plošný kolektor včetně zemních prací	182 000	Servis a údržba	2 400
Celkem s DPH	803 570	Celkem s DPH	67 390

Výsledné celkové investiční a provozní náklady pro tepelné čerpadlo země/voda:

Celkové investiční náklady jsou 803 570,- Kč.
Celkové roční provozní náklady jsou 67 390,- Kč/rok.

6.3 Systém solárních kolektorů

Sluneční energie patří mezi nevyčerpatelný zdroj energie, jehož využívání nemá žádné negativní účinky na životní prostředí. Množství solární energie, která se dá využít, je závislá na klimatických podmínkách.

Na území ČR jsou poměrně dobré podmínky pro využití solární energie. Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) se v našich podmínkách pohybuje v rozmezí 1 400 - 1 700 h/rok. Na plochu 1 m² přitom dopadá ročně cca 1 100 kWh solární energie. Na základě těchto poznatků můžeme konstatovat, že při dobré účinnosti solárního systému lze z poměrně malé plochy získat poměrně velký výkon. [28]

Konkrétně byly k ohřevu teplé vody zvoleny solární kolektory TERMO/SOLAR TS 500 od společnosti JH SOLAR, akumulční nádrž se zásobníkem DUO 1 000/200 P od společnosti Regulus a pro celkové vytápění budovy elektrokotel DAKON Daline PTE 30 o výkonu 30 kW.

6.3.1 Solární kolektor TERMO/SOLAR TS 500

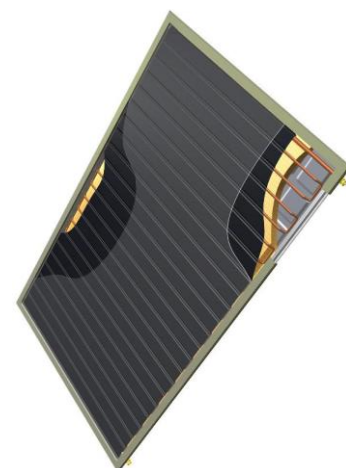
Plochý kolektor, určený pro solární systémy s oběhovým čerpadlem. Instaluje se ve vertikální poloze. Kolektory se spojují paralelně, maximálně 8 kolektorů v jedné řadě. Dodává se s přírubovými vývody, které se připojují k hydraulickému okruhu rychlospojkami ø 26 mm. Konstrukce: Kompaktní lisovaná skříň z Al - Mg plechu, ve které je upevněné bezpečnostní solární sklo pomocí zasklívacího rámu z nekorodujících hliníkových profilů. Absorbér: Tvarovaný hliníkový plech se selektivní konverzní vrstvou, který obepíná meandr z měděné trubky. [29]

V tomto případě se použije solární kolektor pro ohřev teplé vody v budově. Systém se navrhne na 60ti % čerpání energie ze slunce a v zimě se ohřev teplé vody doplní elektrokotlem, který se použije i pro celkové vytápění budovy. Pro celou Evropu platí, že solární kolektory pokryjí průměrně 50 až 60 % roční potřeby teplé vody. V létě je to skoro 100 % a v zimě i jen 10 %.

Solární kolektor TERMO/SOLAR TS 500

Parametry		
Půdorysná plocha	m ²	2,53
Absorpční plocha	m ²	2,26
Kapalinový obsah	l	1,72
Délka	mm	2 009
Šířka	mm	1 290
Tloušťka	mm	74
Hmotnost	kg	44,6
Max. přetlak teplotnosné kapaliny	kPa	600
Stagnační teplota	°C	196
Optická účinnost	%	81
Roční energetický zisk z plochy kolektoru	kWh/m ² rok	525

Tab. 6.7: Parametry solárního kolektoru



Obr. 6.7: Solární kolektor TERMO/SOLAR TS 500

Zdroj: <http://www.jhsolar.cz/e-shop/polozka.aspx?idzbo=1472&idkat=45>

6.3.2 Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 1 000/200 P

Akumulační nádrže řady DUO jsou určeny pro akumulaci a následnou distribuci tepla od různých zdrojů jako jsou kotle na tuhá paliva, tepelná čerpadla, elektrokotle apod. V nádrži je integrován zásobník pro automatickou přípravu teplé vody. Nádrž je lepší teplotní rozvrstvení rozdělena přepážkou. Akumulační nádrž je vždy připojena do uzavřeného otopného okruhu. Pro správnou funkci nádrže je nutné optimálně navrhnout celou hydrauliku otopného systému, tzn. umístění oběhových čerpadel zdrojů a otopných okruhů, ventily, zpětné klapky apod. [30]

Akumulační nádrž DUO 1 000/200 P

Parametry		
Celkový objem	l	917
Objem zásobníku teplé vody	l	170
Objem kapaliny v nádrži	l	727
Průměr (s izolací)	mm	1 000
Výška	mm	2 080
Max. provozní tlak v nádrži	bar	3
Max. provozní tlak v zásobníku	bar	6
Hmotnost prázdné nádoby	kg	142
Max. provozní teplota v nádrži	°C	95
Max. provozní teplota v zásobníku	°C	95
Materiál nádrže: S235JR		



Tab. 6.8: Parametry akumulace nádrže

Obr. 6.8: Akum. nádrž se zásob. DUO 1 000/200 P

Zdroj: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-se-zasobnikem-duo-1000-200-p>

6.3.3 Elektrokotel DAKON Daline PTE 30

Dále byl zvolen elektrokotel DAKON Daline PET o výkonu 30 kW vhodný k napojení na solární systém. Elektrokotel se využije k vytápění budovy a jako záložní zdroj pro ohřev teplé vody, která je převážně ohřívána solárním systémem.

Nástěnný závěsný teplovodní elektrokotel Daline PTE 30 je spolehlivý, úsporný a ekologický zdroj tepla moderní konstrukce určené pro vytápění rodinných domů, rekreačních chat, provozoven a podobných objektů. Elektrokotel Daline PTE 30 je sestaven z kotlového tělesa opatřeného tepelnou izolací, elektroskříň, ovládacího panelu, čerpadla a snímače tlaku vody. Vyznačuje se velmi snadnou obsluhou, hospodárným provozem, malými rozměry a vysokou spolehlivostí. Provoz kotle je řízen automaticky kotlovým nebo prostorovým termostatem v závislosti na teplotě vytápěného prostoru.

Přednosti elektrokotle:

- široká nabídka použití - zdroj tepla pro systém přímý, akumulace nebo smíšený i v zapojení s akumulací nádrží,
- ohřev teplé vody v nepřímo ohřívání zásobníků,
- vhodný také jako záložní zdroj tepla. [31]

Elektrokotel DAKON Daline PTE 30

Parametry		
Topný výkon	kW	29,7
Celkový maximální příkon	kW	30,1
Šířka	mm	615
Výška	mm	870
Hloubka	mm	335
Maximální teplota ohřívání vody	°C	90
Jmenovitý proud	A	45
Požadovaný jistič před kotlem	A	50
Hmotnost (bez vody)	kg	48
Vodní objem celého kotle	l	29,5
Účinnost	%	99

Tab. 6.9: Parametry elektrokotle



Obr. 6.9: Elektrokotel DAKON Daline PTE 30

Zdroj: <http://www.gas.cz/product/dakon-daline-pte-30:7891/>

6.3.4 Výpočet investičních a provozních nákladů

Pro výpočet investičních nákladů je důležitá pořizovací cena solárního kolektoru TERMO/SOLAR TS 500, nosné konstrukce pro vertikální kolektory, větrné pojistky, spojovací souboru pro nosné konstrukce a expanzní nádoba. Ceny jednotlivých položek se zjistí z internetových stránek viz. Literatura [32]. Solární kapalina Solarten Super byla zvolena od společnosti Regulus viz. Literatura [33]. Cena akumulční nádrže se zásobníkem DUO 1 000/200 P viz. Literatura [30] a elektrokotle DAKON Daline PTE 30 viz. Literatura [31]. Další položky investičních nákladů jako např. čerpadlová skupina S2 Solar 3 byla převzata z internetových stránek viz. Literatura [36], stejně tak solární regulátor viz. Literatura [37]. Cena za potrubí, regulaci, elektroniku a práci se zvolí odhadem. Přibližná cena za montáž elektrokotle a zásobníkového ohříváče byla převzata ze stránek viz. Literatura [20]. Podklady pro odhad některých investičních nákladů viz. Literatura [38].

Sazba za elektřinu se zjistí z oficiálních stránek a ceníku společnosti ČEZ viz. Literatura [27]. U ceny za 1 MWh se použije sazba D26d – dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin (pro vyšší využití).

Veličiny potřebné pro výpočet nákladů na vytápění a ohřev vody

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění	63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok)
Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok)
Měsíční plat za příkon bez DPH (3 x 40 – 3 x 50 A)	405 Kč/měsíc
Pevná cena silové elektřiny bez DPH	60 Kč/měsíc
Cena za 1 MWh, nízký tarif (NT) bez DPH	1 539,16 Kč/MWh
Daň z elektřiny bez DPH	28,30 Kč/MWh

Výpočet:

Množství potřebné energie pro ohřev teplé vody solárními kolektory

$$60 \% \text{ z } 36\,070 \text{ kWh/rok} = 21\,642 \text{ kWh/rok}$$

Potřebná plocha solárních kolektorů

$$21\,642 : 525 = 41,22 \text{ m}^2$$

Počet solárních kolektorů

$$41,22 : 2,26 = 18,2 - \text{volíme } 19 \text{ solárních kolektorů}$$

Cena za solární kolektory TERMO/SOLAR TS 500

$$19 \times 13\,939 = 264\,845 \text{ Kč}$$

Maximálně se montuje 8 solárních kolektorů v sérii. V tomto případě se zvolí 2 série po 6ti kolektorech a 1 sérii po 7 kolektorech. Na 1 nosnou konstrukci pro vertikální kolektory TS 500 se vždy připevní 2 solární kolektory. Pro spojení dvou nosných konstrukcí se použije spojovací soubor upevněný po dvou stranách kolektoru. Větrné pojistky se montují 4 kusy na 1 solární kolektor.

Pro umístění a montáž nosných konstrukcí se zvolí trapézový plech od firmy KONDOR o rozměrech 0,8 x 8 m - 4 kusy a 0,8 x 10 m - 2 kusy, viz. Literatura [34], ke kterému se následně přišroubují nosné konstrukce pro solární kolektory. Jako podklad se na zeminu položí trapézový plech. Trapézový plech se musí zatížit 330 kg štěrk DORIA na 1 solární kolektor pro zabezpečení stability vůči tlaku a větru viz. Literatura [35].

Nosná konstrukce pro vertikální kolektor TS 500

$$9 \times 7\,212 + 1 \times 4\,864 = 69\,772 \text{ Kč}$$

Větrné pojistky

$$19 \times 4 \times 66,55 = 5\,058 \text{ Kč}$$

Spojovací soubor

$$7 \times 2 \times 330 = 4\,620 \text{ Kč}$$

Trapézový plech

$$4 \times 2\,655,22 = 10\,620,90 \text{ Kč}$$

$$2 \times 3\,329,92 = 6\,659,80 \text{ Kč}$$

Štěrk DORIA

$$6\,270 \times 1,90 = 11\,913 \text{ Kč}$$

Rezervovaný příkon

$$12 \times 405 = 4\,860 \text{ Kč/rok bez DPH, s } 21 \% \text{ DPH } 5\,880,60 \text{ Kč/rok}$$

Paušální platba za elektřinu

$$12 \times 60 = 720 \text{ Kč/rok bez DPH, s } 21 \% \text{ DPH } 871,20 \text{ Kč/rok}$$

Platba za potřebu elektřiny NT pro vytápění objektu

$63,3 \times 1\,539,16 = 97\,428,80$ Kč/rok bez DPH, s 21 % DPH 117 888,90 Kč/rok

Platba za potřebu elektřiny NT pro ohřev teplé vody

$14,43 \times 1\,539,16 = 22\,210,10$ Kč/rok bez DPH, s 21 % DPH 26 874,20 Kč/rok

Daň z elektřiny

$77,73 \times 28,3 = 2\,199,80$ Kč/rok bez DPH, s 21% DPH 2 661,80 Kč/rok

Vytápění		Ohřev teplé vody	
Množství spotřebované energie	63,30 MWh/rok	Množství spotřebované energie	14,43 MWh/rok
Náklady na vytápění	117 889 Kč/rok	Náklady na ohřev teplé vody	26 874 Kč/rok
Spotřebovaná energie celkem	Σ	77,73 MWh/rok	
Celkové náklady	Σ	144 763 Kč/rok	

Investiční a provozní náklady

Investiční náklady	Kč	Provozní náklady	Kč/rok
Solární kolektor TERMO/SOLAR TS 500	264 845	Náklady na vytápění objektu (100 % elektrické energie)	117 889
Elektrokotel DAKON Daline PTE 30	21 800		
Akum. nádrž se zásobníkem DUO 1 000/200 P	34 485	Náklady na ohřev teplé vody (40 % elektrické energie)	26 874
Čerpadlová skupina S2 Solar 3	9 668		
Solární regulátor STDC	4 574	Platba za rezervovaný příkon	5 881
Nosná kons. pro vertikální kolektory TS 500	69 772	Daň z elektřiny	2 662
Větrné pojistky	5 058	Paušální platba za elektřinu	871
Spojovací soubor pro nosné konstrukce	4 620	Servis a údržba elektrokotle	500
Expanzní nádoba (100 l - pro cca 18 kolektorů)	6 353		
Solární kapalina Solarten Super (35 l)	3 159		
Potrubí	65 000		
Trapézový plech	17 281		
Štěrk DORIA	11 913		
Regulace, elektronika	28 000		
Montáž elektrokotle	4 000		
Montáž zásobníkového ohříváče	4 489		
Práce	80 000		
Celkem s DPH	635 017	Celkem s DPH	154 677

Výsledné celkové investiční a provozní náklady pro systém solárních kolektorů:

Celkové investiční náklady jsou 635 017,- Kč.

Celkové roční provozní náklady jsou 154 677,- Kč/rok.

6.4 Zplyňovací kotel na dřevo

V tomto případě byl zvolen zplyňovací kotel MAKAK o výkonu 30 kW od firmy KOVARSON a akumulční zásobník topné vody s ohřivačem pitné vody FE AKU – TV TV1 od společnosti Rolf o objemu nádrže 1 650 l. Jako palivo se použije palivové dřevo sušené, borovice lesní, od firmy Palivové dřevo Petr Kos.

6.4.1 Zplyňovací kotel MAKAK

Český kotel MAKAK je vyroben pro úsporné a ekologické vytápění rodinných domů, firem a středně velkých objektů, včetně možnosti ohřevu vody. Kotel je zplyňovací na dřevo, štěpku, brikety a jiný dřevní odpad.

Zplyňovací kotel se výrazně liší od běžných kotlů na tuhá paliva a to hlavně díky ekologickému vytápění. Tento systém spalování je navíc maximálně ekonomický a dochází k úspoře paliva až o 40 % oproti běžným kotlům na dřevo.

Spalování je řešeno na principu dvoustupňového spalování při vysoké teplotě. Hoření je podporováno ventilátorem, který vhání primární vzduch do spalovací části a sekundární do trysky. V horní části je násypka paliva, která je ze spodní části opatřena žárobetonovou tvarovkou s tryskou pro průchod plynů. Pod tryskou se nachází dohřívací prostor. V zadní části kotle je hlavní výměník, který v horní části přechází do sběrného kanálu a vychlazené plyny přechází do komína.

Obsah násypky vydrží na cca 8 až 12 hodin provozu při středním výkonu. V útlumovém režimu vydrží kotel až 24 hodin. [39]

Zplyňovací kotel MAKAK

Parametry		
Výkon kotle dle ČSN 070240	kW	30
Účinnost	%	90,63
Třída kotle dle ČSN EN 303 - 5	-	5
Hloubka spalovací komory	mm	550
Hloubka celková	mm	1 330
Výška	mm	1 310
Šířka	mm	650
Průměr kouřového hrdla	mm	156
Vytápěná plocha	m ²	350
Hmotnost	kg	450
Maximální provozní přetlak vody	bar	2

Tab. 6.10: Parametry zplyňovacího kotle



Obr. 6.10: Zplyňovací kotel MAKAK

Zdroj: <http://www.kovarson.cz/cs/produkty/produktove-skupiny/kotle-na-drevo-makak/153-zplynovaci-kotel-makak-30kw>

Výrobce doporučuje zapojení kotle s akumulční nádobou. Velikost akumulční nádoby se zvolí dle výkonu kotle. Na 1 kW je třeba 55 litrů. V tomto případě se použije akumulční nádrž o objemu 1 650 l (30 kW x 55 l = 1 650 l).

6.4.2 Akumulační zásobník FE AKU – TV TV1

Akumulační zásobník FE AKU - TV T1 je určen pro akumulaci topné vody a průtočný ohřev teplé vody v rodinných domech, průmyslových a zemědělských objektech a jinde. Akumulační zásobník je možno napojit na kotel na tuhá paliva, plynový kotel, tepelná čerpadla a další. Ve vrchní části nádrže je nerezový trubkový výměník, který slouží k průtočnému ohřevu teplé vody. Akumulační zásobník FE AKU - TV T1 musí být instalována v krytém a suchém prostoru chráněným před atmosférickými vlivy. [40]

Akumulační zásobník FE AKU – TV TV1

Parametry		
Celkový objem	l	1 650
Tepelná ztráta nádrže	kW/den	3,93
Maximální pracovní teplota	°C	100
Max. pracovní tlak zásobníku	bar	6
Max. pracovní tlak výměníku	bar	10
Výměník teplé vody	m ²	2,6
Průměr zásobníku (s izolací)	mm	1 200
Výška	mm	1 800
Hmotnost	kg	276
Zásobník: jakostní konstrukční ocel		
Výměník pitné vody: nerezová ocel		

Tab. 6.11: Parametry akumulčního zásobníku



Obr. 6.11: Akumul. zásobník FE AKU – TV TV1

Zdroj: <http://www.ladan.sk/upload/products/6f313-dokumentacia-fe-aku-tv-t1.pdf?1441797976>

6.4.3 Palivové dřevo sušené - borovice lesní

Druh paliva byl zvolen, vzhledem k druhu kotle, palivové dřevo sušené, konkrétně borovice lesní. Z následujících parametrů je důležitá především výhřevnost dřeviny, váha sušené dřeviny a cena. Hodnoty se zjistí z tabulky č. 6.12. Cena s DPH je 820 Kč/prms. [41]

Palivové dřevo sušené - borovice lesní

Parametry		
Objemová hmotnost	kg/m ³	520
Váha sušené dřeviny	kg/plm	520
Váha surové dřeviny	kg/plm	700
Výhřevnost dřeviny	MJ/plm	9 250

Tab. 6.12: Parametry palivového dřeva



Obr. 6.12: Palivové dřevo

Zdroj Tab. 6.12: <http://www.palivove-drevo-kos.cz/cenik-palivove-drevo.php>

Zdroj Obr. 6.12: <http://www.uhlizidlochovice.cz/images/produkty/stipane-drevo.jpg>

6.4.4 Výpočet investičních a provozních nákladů

Důležitou položkou je pořizovací cena zplyňovacího kotle MAKAK, která se zjistí ze zaslání ceníku firmy KOVARSON. Cena akumulčního zásobníku topné vody s ohřivačem pitné vody FE AKU – TV TV1 se zjistí z internetových stránek viz. Literatura [42]. Ceny položek revize spalinové cesty a roční revize komína byly zjištěny po zaslání dotazu firmě Kominictví Chomutov - Renata Gaudlová Šarlingerová. Přibližná cena za montáž akumulční nádrže a napojení na komín kouřovodem se zjistí z podkladů viz. Literatura [20]. Montáž kotle, uvedení do provozu, roční servis kotle, údržba, revize kotle a seřízení se určí odhadem.

Veličiny potřebné pro výpočet nákladů na vytápění a ohřev vody

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění	63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok)
Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok)
Účinnost zplyňovacího kotle MAKAK, tabulka č. 6.10	90,63 %
Hmotnost 1 m ³ vysušeného dřeva (borovice lesní)	520 kg/plm
Výhřevnost palivového dřeva, tabulka č. 6.12	9 250 MJ/plm
Cena palivového jehličnatého dřeva	820 Kč/prms

Převody jednotek

	plnometr	prmr - neštípaná polena	prmr - štípané	prms - štípané
Plnometr	1	1,5	1,6	2,3
prmr - neštípaná polena	0,65	1	1,05	1,55
prmr – štípané	0,625	0,95	1	1,45
prms – štípané	0,41	0,65	0,7	1

Tab. 6.13: Tabulka převodu základních jednotek

Zdroj: <http://www.palivovedrevosenov.cz/index.php/o-drivi>

Základní jednotky palivového dřeva:

Plnometr (plm) - čistý objem dřeva, představuje jeden metr krychlový vyplněný dřevní hmotou bez mezer. V praxi však není možné takového uložení dosáhnout.

Prostorový metr sypaný (prmr) - krychle o objemu 1 m³ do níž jsou štípaná polena palivového dřeva vysypána. Podíl volného místa není nijak regulován.

Prostorový metr skládaný (prms) - štípaná polena palivového dřeva vyskládané na paletu (do klece) o velikosti 1 x 1 x 1 m. [43]

Výpočet:

Výhřevnost vysušeného dřeva - borovice lesní

$$9\,250 : 520 = 17,79 \text{ MJ/kg}$$

Množství potřebného paliva pro vytápění

$$\frac{227\,840}{17,79} \times 0,9063 = 11\,607,16 \text{ kg/rok}$$

Množství potřebného paliva pro vytápění

$11\ 607,16 : 520 = 22,32 \text{ plm/rok} \rightarrow \text{převod jednotek viz Tab. 6.13} \rightarrow 22,32 \times 2,3 = 51,34 \text{ prms/rok}$

Náklady na vytápění

$820 \times 51,34 = 42\ 098,30 \text{ Kč/rok}$

Množství potřebného paliva pro ohřev teplé vody

$\frac{129\ 850}{17,79} \times 0,9063 = 6\ 615,12 \text{ kg/rok}$

Množství potřebného paliva pro vytápění

$6\ 615,12 : 520 = 12,72 \text{ plm/rok} \rightarrow \text{převod jednotek viz Tab. 6.13} \rightarrow 12,72 \times 2,3 = 29,26 \text{ prms/rok}$

Náklady na ohřev teplé vody

$820 \times 29,26 = 23\ 992,60 \text{ Kč/rok}$

Vytápění		Ohřev teplé vody	
Množství spotřebovaného paliva	11 607,16 kg/rok	Množství spotřebovaného paliva	6 615,12 kg/rok
Náklady na vytápění	42 098 Kč/rok	Náklady na ohřev teplé vody	23 993 Kč/rok
Spotřebované palivo celkem	Σ	18 222,28 kg/rok	
Celkové náklady	Σ	66 091 Kč/rok	

Investiční a provozní náklady

Investiční náklady	Kč	Provozní náklady	Kč/rok
Zplyňovací kotel KOVARSON, MAKAK (30 kW)	66 990	Náklady na vytápění objektu (dřevo - borovice lesní)	42 098
Akumulační zásobník topné vody s ohříváčem pitné vody FE AKU TV – TV1	74 899	Náklady na ohřev teplé vody (dřevo - borovice lesní)	23 993
Montáž kotle a uvedení do provozu	25 000	Roční servis a údržba	500
Montáž akumulční nádrže	4 500	Roční revize kotle a seřízení	1 500
Revize spalinové cesty	1 300	Roční revize komína	600
Napojení na komín - kouřovod Kovo KRAUS	2 408	Celkem s DPH	68 691
Celkem s DPH	175 097		

Výsledné celkové investiční a provozní náklady pro zplyňovací kotel na dřevo:

Celkové investiční náklady jsou 175 097,- Kč.
Celkové roční provozní náklady jsou 68 691,- Kč/rok.

6.5 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Vzduch je jako zdroj tepla pro tepelná čerpadla nejdostupnější, neomezený a také z ekologického hlediska nejvýhodnější. Tepla, které tepelné čerpadlo odebere okolnímu vzduchu, je zpět vráceno tepelnými ztrátami objektu. Tepla obsažená ve vzduchu se využívá přímo pomocí výparníku tepelného čerpadla. Teplota vzduchu se v průběhu otopného období mění. V souvislosti s tím se mění i topný výkon a topný faktor tepelného čerpadla. Při extrémně nízkých teplotách vzduchu topný výkon i topný faktor klesá. U moderních tepelných čerpadel není zhoršení energetických parametrů výrazné. [44]

V tomto případě bylo zvoleno tepelné čerpadlo HP3AW SB 30 od firmy ENCO - Tepelná technika o výkonu 30 kW. Dále byla vybrána akumulční nádrž PSWF 500 N, od společnosti Regulus, a smaltovaný ohříváč vody s dvojrvtvým výměníkem TXE 1 000 WP1V od společnosti SeCesPol CZ.

6.5.1 Tepelné čerpadlo HP3AW 30 SB SPLIT

Tepelné čerpadlo HPAW SPLIT je určeno pro ekologické a energeticky úsporné vytápění a ohřev teplé vody. Nejčastější použití je pro rodinné domy, bytové domy a administrativní budovy. V tomto provedení se tepelné čerpadlo skládá ze dvou dílů.

- Venkovní jednotka – výparník tepelného čerpadla získává teplo z okolního prostředí přímým průchodem vzduchu skrz výměník tepla. Pro maximální komfort je jednotka osazena speciálními ultratichými ventilátory ve tvaru sovích křídel s možností regulace otáček a snížení hlučnosti například v nočním provozu.
- Vnitřní díl - je umístěn vždy uvnitř vytápěného objektu, takže řídicí systém, kompresor a další komponenty nejsou vystavovány nepříznivým vlivům venkovního prostředí, čímž se výrazně zvyšuje celková životnost zařízení. Vnitřní díl je dokonale akusticky i tepelně izolován a jeho hlučnost se pohybuje na úrovni moderního domácího spotřebiče. [45]

Tepelné čerpadlo HP3AW 30 SB SPLIT

Parametry		
Tepelný výkon A2/W50	kW	27,1
Příkon	kW	10,4
Topný faktor	-	2,6
Tlaková ztráta	kPa	17
Maximální pracovní přetlak	bar	6
Počet ventilátorů	ks	4
Otáčky ventilátorů	1/min	430
Doporučený průtok	m ³ /h	4,8
Kompresor	-	Scroll
Rozsah teplot zdroje tepla (vzduchu)	°C	-25 až +35
Maximální výstupní teplota	°C	58

Tab. 6.14: Parametry tepelného čerpadla vzduch/voda



Obr. 6.13: Tepelné čerpadlo HP3AW 30 SB SPLIT

Zdroj: http://www.enconsult.cz/wp-content/uploads/2014/05/PP-HPAW_26_CS_lq.pdf

6.5.2 Akumulační nádrž PSWF 500 N

Akumulační nádrže řady PSWF jsou určeny pro akumulaci a následnou distribuci tepelné energie z kotlů na pevná paliva, tepelných čerpadel, elektrokotlů apod. Nádrže jsou opatřeny jednou přírubou v horní části, kdy ji lze osadit trubkovým výměníkem vhodné velikosti podle zvolené aplikace a potřebného výkonu. [46]

Akumulační nádrž PSWF 500 N

Parametry		
Celkový objem	l	500
Průměr	mm	600
Výška	mm	1 911
Maximální provozní teplota v nádrži	°C	95
Maximální provozní teplota ve výměníku	°C	110
Maximální provozní tlak v nádrži	bar	4
Maximální provozní tlak ve výměníku	bar	10
Hmotnost prázdné nádrže	kg	117
Počet výměníků	-	1
Energetická třída	-	C



Tab. 6.15: Parametry akumulace nádrže

Obr. 6.14: Akumulační nádrž PSWF 500 N

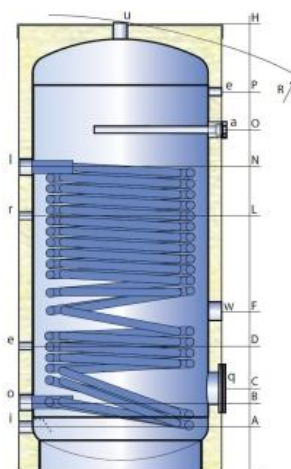
Zdroj: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-pswf-500-n>

6.5.3 Smaltovaný ohřivač teplé vody s dvojrstvým výměníkem TXE 1 000 WP1V

V tomto případě byl zvolen smaltovaný ohřivač TIPEX WP1V s pevným výměníkem. Výměník je dvovrstvý, teplosměnná plocha je tak výrazně větší než u běžných typů. S výhodou jej lze použít pro ohřev pitné vody pomocí tepelného čerpadla nebo jiného zdroje o nízké teplotě. [47]

Ohřivač teplé vody TXE 1 000 WP1V

Parametry		
Celkový objem	l	1 000
Tlaková ztráta	kPa	13
Maximální pracovní teplota	°C	95
Max. pracovní tlak - zásobník teplé vody	bar	10
Max. pracovní tlak - výměník	bar	12
Výměník teplé vody	m ²	6
Průměr zásobníku (s izolací)	mm	990
Výška	mm	2 080
Hmotnost	kg	318
Průtok	m ³ /h	4



Tab. 6.16: Parametry ohřivače teplé vody

Obr. 6.15: Ohřivač teplé vody TXE 1 000 WP1V

Zdroj: <http://esecespol.cz/cz-detail-1127716-tipex-txe-1000-wp1v-vcetne-izolace.html>

6.5.4 Výpočet investičních a provozních nákladů

Důležitou položkou je pořizovací cena tepelného čerpadla HP3AW 30 SB SPLIT, která se zjistí z ceníku viz. Literatura [45]. Cena akumulární nádrže PSWF 500 N se zjistí z internetových stránek viz. Literatura [46] a cena ohřivače teplé vody TXE 1 000 WP1V z odkazu viz. Literatura [47]. Přibližná cena za montáž akumulární nádrže se zjistí z podkladů viz. Literatura [20]. Investiční náklady, konkrétně montáž zdroje tepla, uvedení do provozu, revize a elektroinstalace se zvolí odhadem. Betonový základ pod tepelné čerpadlo a štěrk pro drenáž se zvolí z podkladů viz. Literatura [48] a [49]. Množství je u obou 1 m³, což je minimální objem pro objednání materiálu.

Sazba za elektřinu se zjistí z oficiálních stránek a ceníku společnosti ČEZ viz. Literatura [27]. U ceny za 1 MWh se použije sazba D56d - dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. dubna 2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin.

Veličiny potřebné pro výpočet nákladů na vytápění a ohřev vody

Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění	63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok)
Výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok)
Topný faktor tepelného čerpadla, tabulka č. 6.14	2,6
Měsíční plat za příkon bez DPH (3 x 25 – 3 x 32 A)	384 Kč/měsíc
Pevná cena silové elektřiny bez DPH	60 Kč/měsíc
Cena za 1 MWh, nízký tarif (NT) bez DPH	1 907,16 Kč/MWh
Daň z elektřiny bez DPH	28,30 Kč/MWh

Výpočet:

Množství potřebné energie pro vytápění

$$42,07 : 2,6 = 16,18 \text{ MWh/rok}$$

Náklady na vytápění

$$16,18 \times 1\,907,16 = 30\,859,30 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 37\,339,80 \text{ Kč/rok}$$

Množství potřebné energie pro ohřev teplé vody

$$36,07 : 2,6 = 13,87 \text{ MWh/rok}$$

Náklady na ohřev teplé vody

$$13,87 \times 1\,907,16 = 26\,458,20 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 32\,014,40 \text{ Kč/rok}$$

Rezervovaný příkon

$$12 \times 384 = 4\,608 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 5\,575,70 \text{ Kč/rok}$$

Paušální platba za elektřinu

$$12 \times 60 = 720 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 871,20 \text{ Kč/rok}$$

Daň z elektřiny

$$30,05 \times 28,3 = 850,40 \text{ Kč/rok bez DPH, s 21 \% DPH } 1\,029 \text{ Kč/rok}$$

Vytápění		Ohřev teplé vody	
Množství spotřebované energie	16,18 MWh/rok	Množství spotřebované energie	13,87 MWh/rok
Náklady na vytápění	37 340 Kč/rok	Náklady na ohřev teplé vody	32 014 Kč/rok
Spotřebovaná energie celkem	Σ	30,05 MWh/rok	
Celkové náklady	Σ	69 354 Kč/rok	

Investiční a provozní náklady

Investiční náklady	Kč	Provozní náklady	Kč/rok
Tepelné čerpadlo HP3AW 30 SB SPLIT	542 080	Náklady na vytápění objektu	37 340
Akumulační nádrž PSWF 500 N	17 666	Náklady na ohřev teplé vody	32 014
Ohřívač vody TXE 1 000 WP1V	34 195	Platba za rezervovaný příkon	5 576
Montáž zdroje tepla včetně rozvodů	50 000	Daň z elektřiny	1 029
Uvedení do provozu, revize	5 000	Paušální platba za elektřinu	871
Elektroinstalace	6 000	Servis a údržba	2 400
Montáž akumulční nádrže	4 500		
Betonový základ (1 m ³)	2 021		
Štěrk - přírodní kamenivo, frakce 4/8 (1 m ³)	714		
Celkem s DPH	662 176	Celkem s DPH	79 230

Výsledné celkové investiční a provozní náklady pro tepelné čerpadlo vzduch/voda:

Celkové investiční náklady jsou 662 176,- Kč.
Celkové roční provozní náklady jsou 79 230,- Kč/rok.

6.6 Celkové shrnutí investičních a provozních nákladů

Celkové shrnutí investičních a provozních nákladů je provedeno v následující tabulce č. 6.17. V tabulce jsou uvedeny jednotlivé tepelné zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody administrativní budovy, které byly zvoleny a použity při návrhu, a investiční a provozní náklady tepelného zdroje. Tepelné zdroje byly zvoleny na základě konkrétních požadavků a potřebného výkonu.

Pro návrh byly zvoleny tyto konkrétní tepelné zdroje a akumulční zásobníky a nádrže:

- Automatický kotel na dřevěné pelety Vulcanus a akumulční nádrž topné vody s ohřívačem pitné vody TXE 1 000 MX0W
- Tepelné čerpadlo země/voda Greenline HE E28, akumulční zásobník topné vody IVT BC 300/3 a negativní zásobník teplé vody IVT FW 752/3
- Solární kolektory TERMO/SOLAR TS 500, akumulční nádrž se zásobníkem DUO 1 000/200 P a elektrokotel DAKON Daline PTE 30
- Zplyňovací kotel na dřevo MAKAK a akumulční zásobník FE AKU – TV TV1

- Tepelné čerpadlo vzduch/voda HP3AW 30 SB SPLIT, akumulční nádrž PSWF 500 N a smaltový ohřívač teplé vody s dvojrstvýým výměníkem TXE 1 000 WP1V

Výkon tepelných zdrojů byl zvolen s ohledem na tepelné ztráty objektu, klimatické podmínky, potřeby tepla na vytápění objektu a dle potřeby teplé vody. Celková tepelná ztráta (tepelný výkon) budovy je 26,81 kW, výsledná roční potřeba tepla pro vytápění je 63,30 MWh/rok (227,84 GJ/rok) a výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody je 36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok). Výpočty těchto hodnot byly provedeny v kapitole 4. STANOVENÍ TEPELNÉ ZTRÁTY (TEPELNÉHO VÝKONU) BUDOVY a v kapitole 5. POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY.

Výpočet investičních nákladů byl proveden na základě pořizovací ceny konkrétního navrženého zdroje tepla a dalších zařízení, systémů, akumulčních nádrží či zásobníků, montáže, instalací a dalších prvků potřebných k provozu tepelného zdroje.

Provozní náklady byly zjištěny konkrétním výpočtem podle předpokládané potřeby dodané energie. V návrhu se předpokládá využití dřevěných pelet, palivového dřeva, sluneční a elektrické energie. Ceny dalších položek byly zvoleny odhadem. Do výpočtů nákladů nebyly započítány náklady otopné soustavy a rozvody teplé vody.

Investiční a provozní náklady tepelných zdrojů

	Jmenovité zdroje tepla					
	Jednotky	Kotel na dřevěné pelety	Tepelné čerpadlo země/voda	System solárních kolektorů	Zplyňovací kotel na dřevo	Tepelné čerpadlo vzduch/voda
Investiční náklady	Kč	172 377	803 570	635 017	175 097	662 176
Provozní náklady	Kč/rok	93 775	67 390	154 677	68 691	79 230

Tab. 6.17: Souhrn investičních a provozních nákladů

7. HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC

7.1 Základní údaje a kritéria

Pro hodnocení ekonomické efektivity investic se použije finanční kalkulačtor dostupný z internetových stránek www.tzb-info.cz viz. odkaz [50] v Literatuře.

Údaje potřebné pro výpočet:

- Doba životnosti projektu [let]
- Celková investice do zařízení [Kč]
- Roční náklady [Kč]
- Roční změna nákladů [%]
- Diskont - výnos alternativní investice [%]

Doba životnosti projektu

Jedná se o dobu, po kterou bude projekt provozován - tzn. dobu, po kterou bude hodnocena jeho ekonomická efektivnost. Doba, po kterou chceme projekt provozovat, může být kratší, než je životnost a provozuschopnost tepelného zdroje. Doba životnosti tepelných zdrojů se zvolí 20 let.

Celková investice do zařízení

Celková investice do zařízení je celková finanční částka (vlastní kapitál + zapůjčený kapitál) investovaná na začátku doby životnosti do projektu. Hodnoty investičních nákladů se převezmou z tabulky č. 6.17 z kapitoly 6.6 Celkové shrnutí investičních a provozních nákladů.

Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení

Jedná se o provozní náklady celého projektu za jeden rok. Hodnoty se převezmou, jako v případě investičních nákladů, z tabulky č. 6.17 z kapitoly 6.6 Celkové shrnutí investičních a provozních nákladů.

Změna ročních nákladů

Změna ročních nákladů jsou procenta, o která se roční provozní náklady změní. Zjednodušeně řečeno to znamená, o kolik procent např. vzroste cena energií. Roční změna nákladů byla odhadnuta. Dle dostupných údajů bude cena elektrické energie v příštím roce stagnovat nebo dokonce klesat, proto byla zvolena hodnota 0 % a počítá se stagnací ceny elektřiny. U ceny za dřevěné pelety se v příštích letech počítá s mírným nárůstem ceny. Z podkladů, viz Literatura [51], byly zjištěny ceny v minulých letech. Cena dřevěných pelet vzrostla v roce 2011, oproti roku 2010, o 4 %, v dalším roce vzrostla o 2 % a v roce 2013 vzrostla o 10 %. Hodnota byla, vzhledem k vývoji ceny v minulých letech, odhadnuta na 5 %. Stejně se bude postupovat u odhadu ceny palivového dřeva. Cena palivového dřeva vzrostla v roce 2011, oproti roku 2010, o 7%, v dalším roce vzrostla dokonce o 17 % a v roce 2013 o dalších 16 %. Hodnota byla odhadnuta na 10%.

Diskont

Diskont je tzv. alternativní náklad kapitálu, neboli cena ušlé příležitosti. Jednoduše řečeno, je to výnos v procentech, který bychom obdrželi, pokud bychom zamýšlenou částku investovali do jiného stejně rizikového projektu, nebo je jen např. uložili na účet. Hodnota diskontní sazby byla převzata z oficiálních stránek ČNB viz. Literatura [52]. Současná hodnota diskontní sazby je 0,05 %. Tato hodnota se použije i při výpočtu.

Pět kritérií hodnocení efektivnosti jednotlivých investic:

- Čistá současná hodnota projektu - NPV [Kč]
- Roční ekvivalentní finanční toky investice - CF [Kč]
- Doba návratnosti investice - DN [let]
- Diskontovaná doba návratnosti - DN_D [let]
- Vnitřní výnosové procento investice - IRR [%]

Čistá současná hodnota projektu - NPV

Pokud investice obsahuje výnosy, volí se varianta s co nejvyšší čistou současnou hodnotou (dále jen „NPV“). Pokud se investice hodnotí na základě nákladů, což je i tento případ, hledá se varianta s co nejnižším NPV. Čistá současná hodnota je v dnešní době jedním z nevhodnějších kritérií. Je v ní zahrnuta celá doba životnosti projektu i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu. NPV lze vypočítat dle vzorce:

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t} \quad [Kč] \quad (25) \quad [50]$$

DCF jsou diskontované peněžní toky v jednotlivých letech,
t doba životnosti projektu,

Pokud vyjde NPV kladné, lze projekt doporučit k realizaci.

Roční ekvivalentní finanční toky - CF

Pokud investice obsahuje výnosy, volí se varianta s co nejvyššími ročními ekvivalentními finančními toky (dále jen „CF“). Pokud se investice hodnotí na základě nákladů, jako v tomto případě, hledá se varianta s co nejnižšími ročními CF. Jedná se o čistou současnou hodnotu projektu vydělenou anuitním faktorem. Tím dojde k rovnoměrnému rozdělení diskontovaných peněžních toků do jednotlivých let celé doby životnosti projektu. Toto kritérium je zejména vhodné pro vzájemné porovnávání různých variant se shodným rokem počáteční investice.

Prostá doba návratnosti - T_s

Čím je doba návratnosti kratší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. Prostá doba návratnosti (dále jen „ T_s “) je nejjednodušší, nejméně vhodné, ale naopak velice často užívané ekonomické kritérium. Největší nevýhodou tohoto kritéria je, že zanedbává efekty po době návratnosti a zanedbává fakt, že peníze můžeme vložit do jiných investičních příležitostí. Standardně se prostá doba návratnosti počítá dle následujícího vzorce:

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad [let] \quad (26) \quad [50]$$

IN je investice

CF jsou roční peněžní toky

Diskontovaná doba návratnosti - T_{ds}

Čím je diskontovaná doba návratnosti kratší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. Jedná se o obdobné kritérium, jako prostá doba návratnosti (viz. výše), ale s tím rozdílem, že není založena na prostém peněžním toku, nýbrž na peněžním toku diskontovaném. Diskontovaný peněžní tok v roce t lze spočítat dle následujícího vzorce:

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF} \quad \text{kde} \quad DCF = \frac{CF}{(1+r)^t} \quad [\text{let}] \quad (27) \quad [50]$$

r je diskont

t rok, ke kterému se DCF počítá

DCF jsou diskontované peněžní toky v jednotlivých letech

Vnitřní výnosové procento - IRR

Čím je vnitřní výnosové procento (dále jen „IRR“) větší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci. IRR není nic jiného, než trvalý roční výnos investice. Jednoduše řečeno se jedná o diskont, při němž je NPV investice rovno nule.

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t} = 0 \quad \text{tak} \quad IRR = r \quad [\%] \quad (28) \quad [50]$$

Pokud je vnitřní výnosové procento (trvalý roční výnos) větší než uvažovaný diskont, lze projekt (za určitých podmínek) doporučit k realizaci. Interpretace a výpočet IRR není však nijak jednoduchá záležitost. Mohou se vyskytnout případy, kdy je IRR záporné nebo existuje IRR více, a nebo neexistuje žádné atd.

Výpočet a vyhodnocení

V tomto případě se použije finanční kalkulačtor pro všech pět navržených tepelných zdrojů. Jelikož byly výpočty a samotné návrhy tepelných zdrojů prováděny jako systémy ostrovní, tzn., že pokryjí potřebu tepla na vytápění a ohřev teplé vody jen pro tuto administrativní budovu, energie se tedy nebude dále distribuovat, nemůže být počítáno s ročním výnosem provozovaného zařízení. Jednotlivé tepelné zdroje budou hodnoceny na základě investičních nákladů a ročních nákladů na provoz zařízení.

Jelikož budou jednotlivé tepelné zdroje hodnoceny na základě investičních a ročních provozních nákladů, nemůžou být použita ekonomická kritéria, jako jsou prostá doba návratnosti, diskontovaná doba návratnosti či vnitřní výnosové procento. Pro porovnání zbývají hodnoty čisté současné hodnoty NPV a roční ekvivalentní finanční toky CF.

Jelikož je v tomto případě životnost tepelných zdrojů stejná, bude rozhodování prováděno na základě čisté současné hodnoty NPV. V následujícím výpočtu bude jako nejvhodnější tepelný zdroj zvolen zdroj s nejnižší hodnotou NPV. Výsledky se zapíší do tabulky.

7.2 Výpočet ekonomické efektivity investic

7.2.1 Ekonomická efektivity investice - automatický kotel na dřevěné pelety

Specifické údaje

Doba životnosti projektu	20 let
Celková investiční náklady	172 377,- Kč
Roční provozní náklady	93 775,- Kč/rok
Roční změna nákladů	5 %
Diskont	0,05 %

Finanční kalkulačtor pro hodnocení ekonomické efektivity investic

Základní parametry investice		
Doba životnosti projektu	<input type="text" value="20"/>	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	<input type="text" value="172377"/>	[Kč] ???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???		
Úvěr (vypůjčená částka)	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Úroková sazba	<input type="text" value="0"/>	[%]
Doba splácení úvěru	<input type="text" value="0"/>	[počet let]
Roční výnos z provozovaného zařízení ???		
Roční výnos z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[%]
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???		
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="93775"/>	<input type="text" value="5"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Doplňkové parametry investice		
Diskont - výnos alternativní investice	<input type="text" value="0,05"/>	% ???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
<input type="button" value="Vypočítat"/>		
VÝSLEDKY		
NPV - čistá současná hodnota projektu:	-3254455 Kč ???	
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	-163578 Kč ???	
Doba návratnosti:	neexistuje	
Diskontovaná doba návratnosti:	neexistuje	
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	neexistuje	

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>

7.2.2 Ekonomická efektivnost investice - tepelné čerpadlo země/voda

Specifické údaje

Doba životnosti projektu	20 let
Celkové investiční náklady	803 570,- Kč
Roční provozní náklady	67 390,- Kč/rok
Roční změna nákladů	0 %
Diskont	0,05 %

Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic

Základní parametry investice		
Doba životnosti projektu	<input type="text" value="20"/>	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	<input type="text" value="803570"/>	[Kč] ???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???		
Úvěr (vypůjčená částka)	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Úroková sazba	<input type="text" value="0"/>	[%]
Doba splácení úvěru	<input type="text" value="0"/>	[počet let]
Roční výnos z provozovaného zařízení ???		
Roční výnos z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[%]
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???		
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="67390"/>	<input type="text" value="0"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Doplňkové parametry investice		
Diskont - výnos alternativní investice	<input type="text" value="0,05"/>	% ???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
<input type="button" value="Vypočítat"/>		
VÝSLEDKY		
NPV - čistá současná hodnota projektu:	-2144320 Kč ???	
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	-107780 Kč ???	
Doba návratnosti:	neexistuje	
Diskontovaná doba návratnosti:	neexistuje	
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	neexistuje	

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>

7.2.3 Ekonomická efektivnost investice - systém solárních kolektorů

Specifické údaje

Doba životnosti projektu	20 let
Celkové investiční náklady	635 017,- Kč
Roční provozní náklady	154 677,- Kč/rok
Roční změna nákladů	0 %
Diskont	0,05 %

Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic

Základní parametry investice		
Doba životnosti projektu	<input type="text" value="20"/>	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	<input type="text" value="635017"/>	[Kč] ???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???		
Úvěr (vypůjčená částka)	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Úroková sazba	<input type="text" value="0"/>	[%]
Doba splácení úvěru	<input type="text" value="0"/>	[počet let]
Roční výnos z provozovaného zařízení ???		
Roční výnos z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[%]
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???		
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="154677"/>	<input type="text" value="0"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Doplňkové parametry investice		
Diskont - výnos alternativní investice	<input type="text" value="0,05"/>	% ???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
<input type="button" value="Vypočítat"/>		
VÝSLEDKY		
NPV - čistá současná hodnota projektu:	-3712375 Kč ???	
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	-186595 Kč ???	
Doba návratnosti:	neexistuje	
Diskontovaná doba návratnosti:	neexistuje	
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	neexistuje	

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>

7.2.4 Ekonomická efektivnost investice - zplyňovací kotel na dřevo

Specifické údaje

Doba životnosti projektu	20 let
Celkové investiční náklady	175 097,- Kč
Roční provozní náklady	68 691,- Kč/rok
Roční změna nákladů	10 %
Diskont	0,05 %

Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic

Základní parametry investice		
Doba životnosti projektu	<input type="text" value="20"/>	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	<input type="text" value="175097"/>	[Kč] ???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???		
Úvěr (vypůjčená částka)	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Úroková sazba	<input type="text" value="0"/>	[%]
Doba splácení úvěru	<input type="text" value="0"/>	[počet let]
Roční výnos z provozovaného zařízení ???		
Roční výnos z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[%]
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???		
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="68691"/>	<input type="text" value="10"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Doplňkové parametry investice		
Diskont - výnos alternativní investice	<input type="text" value="0,05"/>	% ???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
<input type="button" value="Vypočítat"/>		
VÝSLEDKY		
NPV - čistá současná hodnota projektu:	-4082943 Kč ???	
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	-205221 Kč ???	
Doba návratnosti:	neexistuje	
Diskontovaná doba návratnosti:	neexistuje	
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	neexistuje	

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>

7.2.5 Ekonomická efektivnost investice - tepelné čerpadlo vzduch/voda

Specifické údaje

Doba životnosti projektu	20 let
Celkové investiční náklady	662 176,- Kč
Roční provozní náklady	79 230,- Kč/rok
Roční změna nákladů	0 %
Diskont	0,05 %

Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic

Základní parametry investice		
Doba životnosti projektu	<input type="text" value="20"/>	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	<input type="text" value="662176"/>	[Kč] ???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???		
Úvěr (vypůjčená částka)	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Úroková sazba	<input type="text" value="0"/>	[%]
Doba splácení úvěru	<input type="text" value="0"/>	[počet let]
Roční výnos z provozovaného zařízení ???		
Roční výnos z pořizovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[Kč]
Roční změna výnosu z pořizovaného zařízení	<input type="text" value="0"/>	[%]
Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení ???		
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="79230"/>	<input type="text" value="0"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Doplňkové parametry investice		
Diskont - výnos alternativní investice	<input type="text" value="0,05"/>	% ???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano	
<input type="button" value="Vypočítat"/>		
VÝSLEDKY		
NPV - čistá současná hodnota projektu:	-2238487 Kč ???	
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	-112513 Kč ???	
Doba návratnosti:	neexistuje	
Diskontovaná doba návratnosti:	neexistuje	
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	neexistuje	

Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>

7.3 Závěrečné vyhodnocení a grafické znázornění

Při hodnocení ekonomické efektivity investic tepelných zdrojů se bude vycházet z následující tabulky č. 7.1. V tabulce jsou zaznamenány investiční a roční provozní náklady jednotlivých zdrojů tepla, změny ročních nákladů, čisté současné hodnoty NPV a roční ekvivalentní finanční toky CF. Hodnoty investičních a ročních provozních nákladů byly vypočteny pro každý navržený tepelný zdroj viz. kapitola 6. NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY. Čistá současná hodnota NPV a roční ekvivalentní finanční toky CF byly vypočteny pomocí finančního kalkulátoru viz. kapitola 7. HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC.

Jak již bylo uvedeno, energie nebude dále distribuována, nemůže být tedy počítáno s ročním výnosem provozovaného zařízení. Kritérium roční ekvivalentní finanční toky CF je vhodné pro porovnávání projektů z různě dlouhou dobou životnosti. Jelikož se v tomto případě jedná ve všech případech o stejnou dobu životnosti, lze se rozhodovat pouze na základě čisté současné hodnoty NPV. Jednotlivé investice budou porovnány na základě čisté současné hodnoty NPV.

Podle rozhodujících vypočtených hodnot NPV byly tepelné zdroje seřazeny od nejvhodnějšího po méně vhodný tepelný zdroj.

Vyhodnocení investic dle hodnot NPV

Pořadí	Způsob vytápění a přípravy teplé vody	Investiční náklady	Provozní náklady	Změna ročních nákladů	NPV	CF
		Kč	Kč/rok	%	Kč	Kč
1.	Tepelné čerpadlo země/voda	803 570	67 390	0	- 2 144 320	- 107 780
2.	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	662 176	79 230	0	- 2 238 487	- 112 513
3.	Kotel na dřevěné pelety	172 377	93 775	5	- 3 254 455	- 163 578
4.	Solární systém	635 017	154 677	0	- 3 712 375	- 186 595
5.	Zplyňovací kotel na dřevo	175 097	68 691	10	- 4 082 943	- 205 221

Tab. 7.1: Závěrečné vyhodnocení dle NPV

Nejvhodnější tepelný zdroj

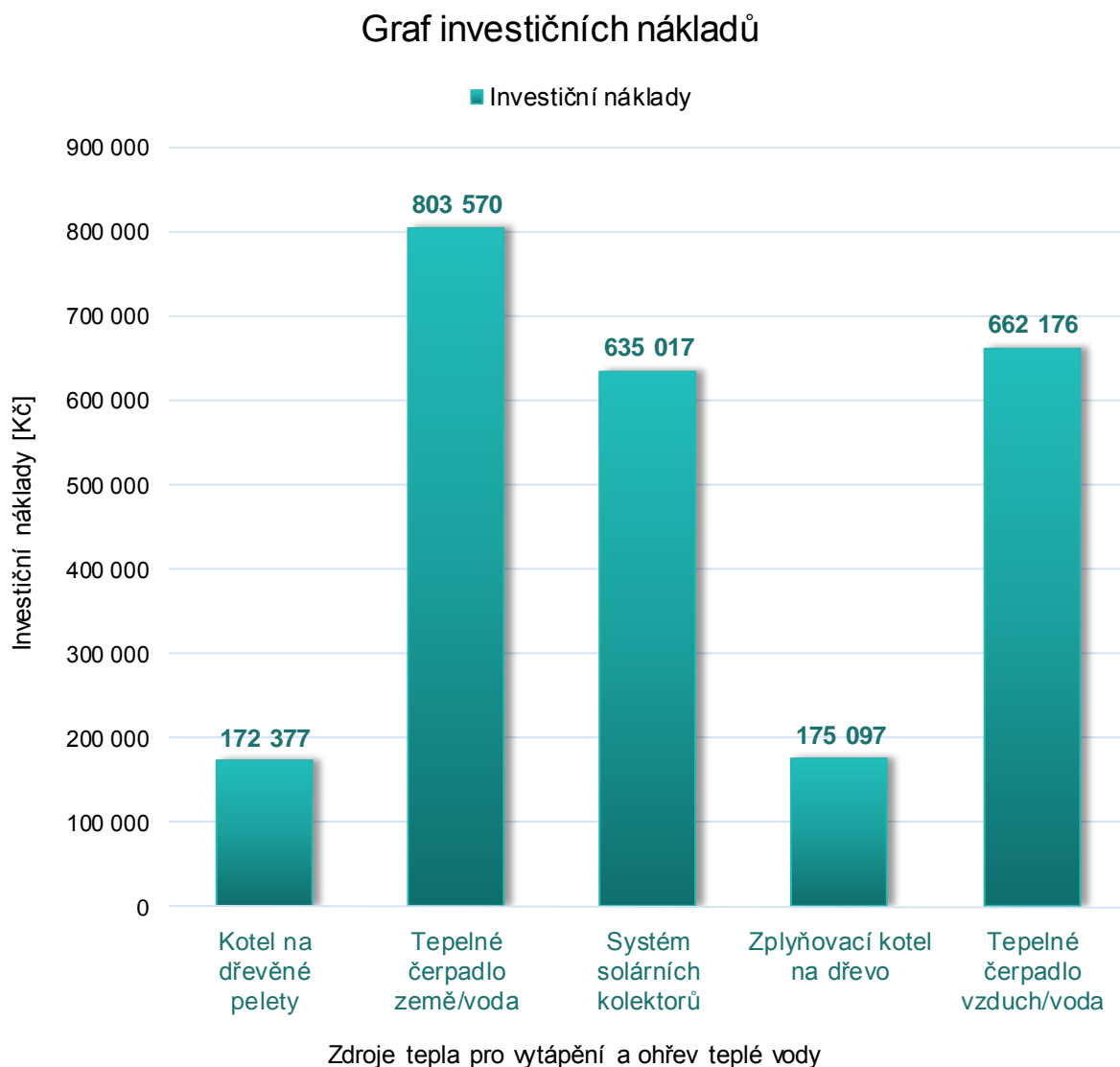
Z ekonomického hlediska je nejvhodnější tepelné čerpadlo země/voda s životností 20 let, investičními náklady 803 570,- Kč, ročními provozními náklady 67 390,- Kč/rok, hodnotou NPV - 2 144 320,- Kč a CF - 107 780,- Kč.

Nejméně vhodný tepelný zdroj

Nejméně vhodná je varianta zplyňovacího kotle na dřevo s životností 20 let, investičními náklady 175 097,- Kč, ročními provozními náklady 68 691,- Kč/rok, hodnotou NPV - 4 082 943,- Kč a CF - 205 221,- Kč.

Graf investičních nákladů tepelných zdrojů

V následujícím grafu č. 7.1 jsou znázorněny jednotlivé zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody a k nim náležející investiční náklady každého tepelného zdroje. Návrhy konkrétních tepelných zdrojů, výpočty investičních a provozních nákladů byly provedeny v kapitole 6. NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY. Hodnoty investičních nákladů byly převzaty z tabulky č. 6.17: Souhrn investičních a provozních nákladů. Na ose x jsou znázorněny tepelné zdroje a na ose y výše investičních nákladů.

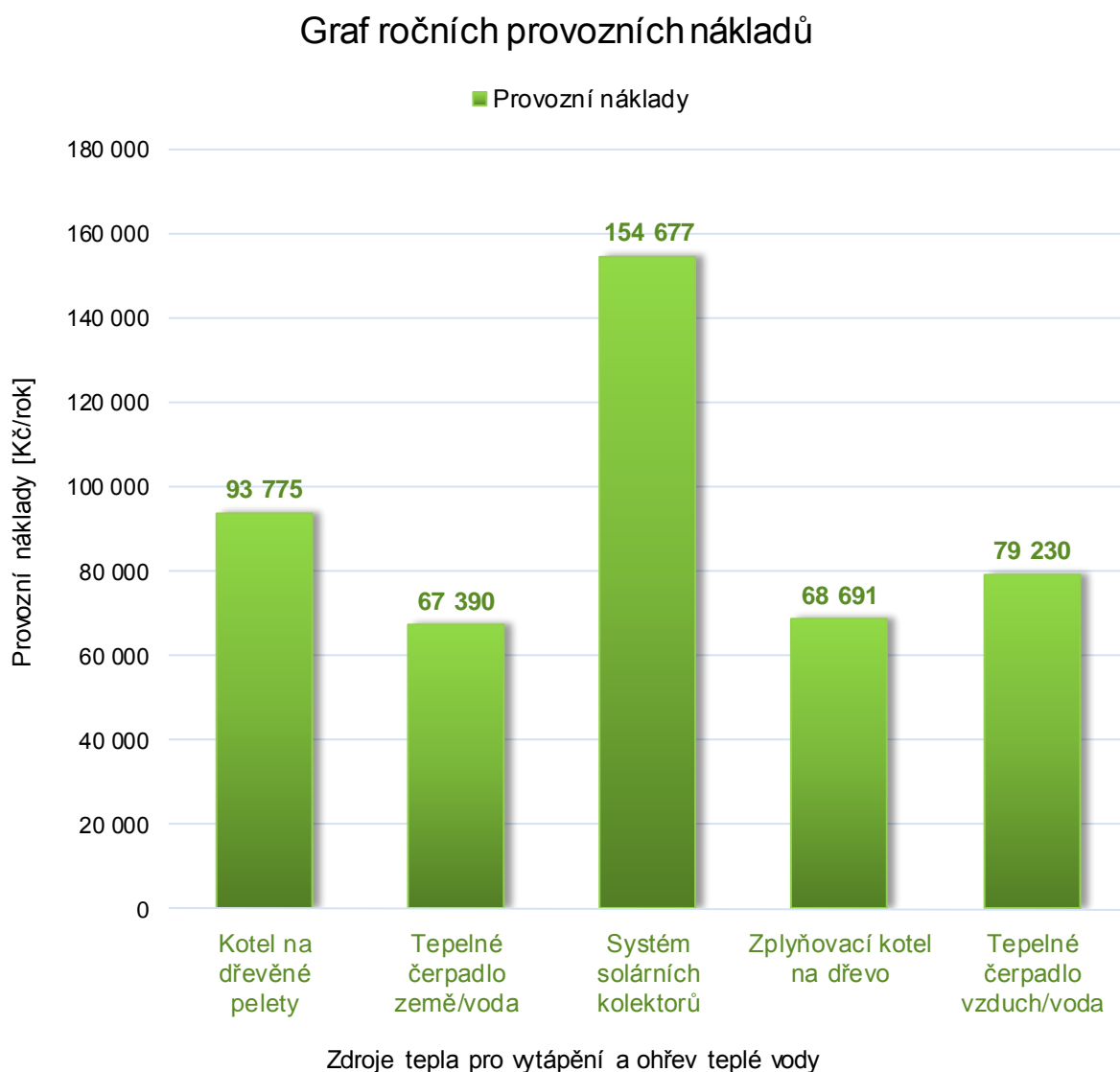


Graf 7.1: Grafické znázornění celkových investičních nákladů tepelných zdrojů

Z grafu je zřejmé, že dle investičních nákladů se jako nejvhodnější tepelný zdroj jeví kotel na dřevěné pelety a nejméně vhodné je tepelné čerpadlo země/voda. Rozhodnutí o nejvhodnějším tepelném zdroji bude v tomto konkrétním případě vycházet z hodnot NPV, tudíž není tento graf v tomto případě tolik rozhodující.

Graf ročních provozních nákladů tepelných zdrojů

V následujícím grafu č. 7.2 jsou znázorněny jednotlivé zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody a k nim náležející roční provozní náklady každého tepelného zdroje. Návrhy konkrétních tepelných zdrojů, výpočty investičních a provozních nákladů byly provedeny v kapitole 6. NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY. Hodnoty ročních provozních nákladů byly převzaty z tabulky č. 6.17: Souhrn investičních a provozních nákladů. Na ose x jsou znázorněny tepelné zdroje a na ose y výše provozních nákladů.



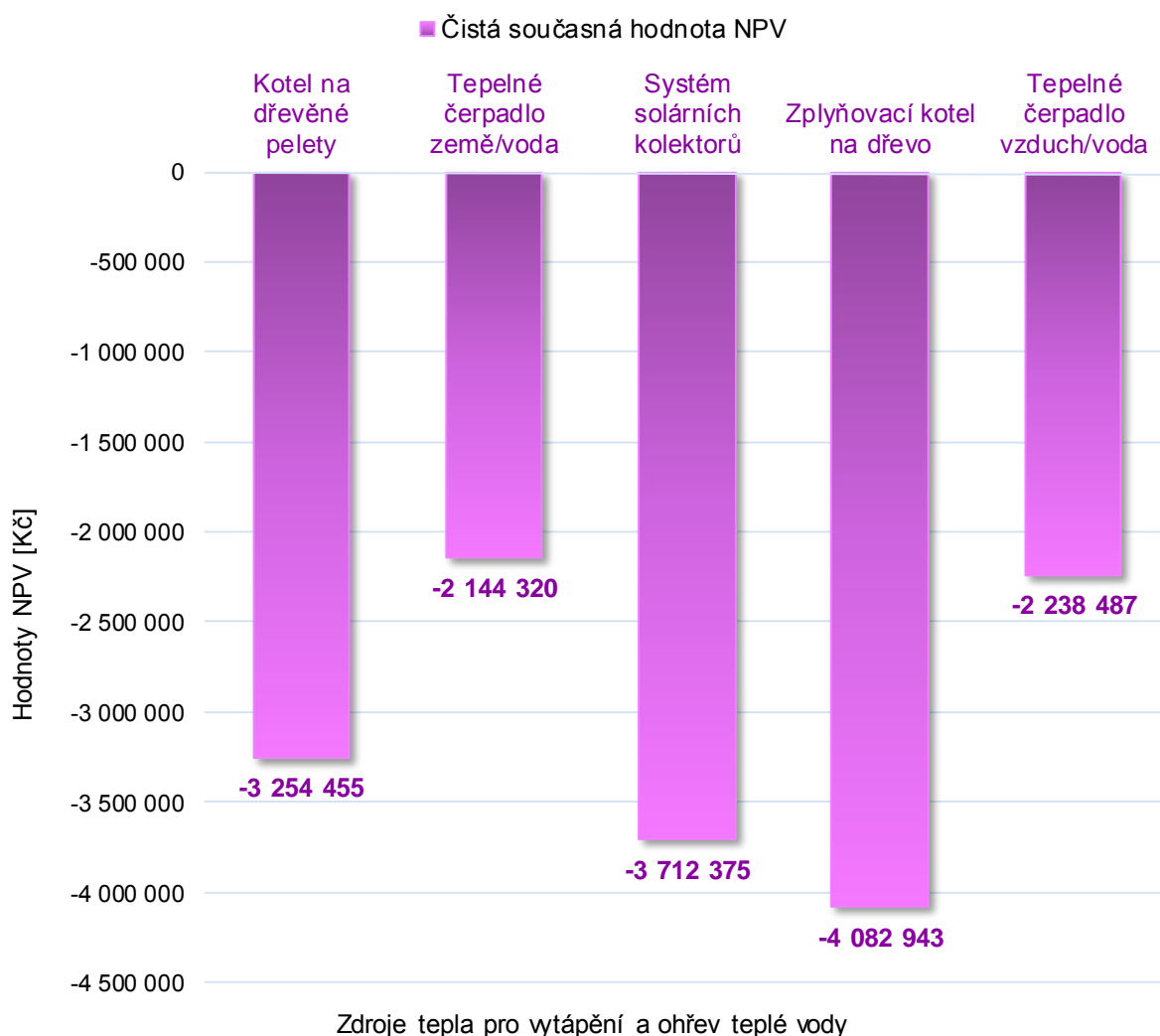
Graf 7.2: Grafické znázornění ročních provozních nákladů tepelných zdrojů

Z grafu je zřejmé, že dle provozních nákladů se jako nejvhodnější tepelný zdroj jeví tepelné čerpadlo země/voda a nejméně vhodný je systém solárních kolektorů. Rozhodnutí o nejvhodnějším tepelném zdroji bude v tomto konkrétním případě vycházet z hodnot NPV, tudíž není tento graf v tomto případě tolik rozhodující.

Graf čisté současné hodnoty NPV tepelných zdrojů

V následujícím grafu č. 7.3 jsou znázorněny jednotlivé zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody a k nim náležející čistá současná hodnota NPV každého tepelného zdroje. Návrhy konkrétních tepelných zdrojů, výpočty investičních a provozních nákladů byly provedeny v kapitole 6. NÁVRH TEPELNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY. Hodnoty ročních provozních nákladů byly převzaty z tabulky č. 7.1: Závěrečné vyhodnocení dle NPV. Na ose x jsou znázorněny tepelné zdroje a na ose y hodnoty NPV.

Graf čisté současné hodnoty NPV



Graf 7.3: Grafické znázornění čisté současné hodnoty tepelných zdrojů

Z grafu je zřejmé, že dle čisté současné hodnoty NPV se jako nejvhodnější tepelný zdroj jeví tepelné čerpadlo země/voda a nejméně vhodný je zplyňovací kotel na dřevo. Tyto hodnoty NPV jsou již zaznamenány v tabulce č. 7.1.

Na základě vypočtených hodnot NPV bude investorovi doporučen jako nejvhodnější tepelný zdroj tepelné čerpadlo země/voda.

8. ZÁVĚR

V současnosti je ve stavebnictví hlavním cílem maximální snížení provozních nákladů, tepelných ztrát budov a návrh energeticky úsporných opatření. Cílem diplomové práce byl návrh a výběr nejvhodnější varianty zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody pro konkrétní administrativní budovu a následné doporučení tepelného zdroje investorovi.

V úvodu je popsána současná situace ve stavebnictví a ekonomice a nové požadavky na budovy. Zákonné předpisy a normy, ale také rostoucí ceny energií motivují k vyšší hospodárnosti užití energie v budovách. Projevuje se to ve vzrůstajícím zájmu o novostavby v nízkoenergetickém standardu. Dále EU přijala závazek snížit do roku 2020 celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % oproti roku 1990, také snížit ke stejnému datu spotřebu energie v zemích EU o 20 % a dosáhnout u celkové spotřeby energie 20 % podílu z obnovitelných zdrojů. S touto problematikou souvisí i různá energeticky úsporná opatření.

V druhé kapitole jsou popsány základní pojmy týkající se energetické náročnosti budov a veličiny potřebné pro výpočet.

V třetí kapitole je popsáno dispoziční a stavebně technické řešení administrativní budovy s výkresy a situací.

Čtvrtá kapitola se zabývá výpočtem tepelných ztrát (tepelného výkonu) administrativní budovy, konkrétně návrhovou tepelnou ztrátou prostupem tepla vytápěného prostoru a návrhovou tepelnou ztrátou větráním vytápěného prostoru. Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru je 26,81 kW.

V páté kapitole byl proveden výpočet potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Výsledná roční potřeba tepla pro vytápění je 63,3 MWh/rok (227,84 GJ/rok) a výsledná roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody je 36,07 MWh/rok (129,85 GJ/rok).

Šestá kapitola se zabývá návrhem tepelného zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody administrativní budovy. Konkrétně byly navrženy tyto tepelné zdroje: kotel na dřevěné pelety, tepelné čerpadlo země/voda, systém solárních kolektorů, zplyňovací kotel na dřevo a tepelné čerpadlo vzduch/voda.

V kapitole sedm bylo provedeno hodnocení ekonomické efektivity investic. Jednotlivé tepelné zdroje byly hodnoceny na základě investičních a ročních provozních nákladů, doby životnosti projektu a změny ročních nákladů. Pro porovnání a výběr nejvhodnější varianty jsou stěžejní hodnoty čisté současné hodnoty NPV. Po výpočtu NPV bylo všech pět variant tepelných zdrojů zapsáno do tabulky a seřazeno od nejvhodnější po nejméně vhodnou variantu.

Z hodnot NPV vyplývá, že z ekonomického hlediska je nejvhodnější tepelné čerpadlo země/voda s životností 20 let, investičními náklady 803 570,- Kč, ročními provozními náklady 67 390,- Kč/rok, hodnotou NPV - 2144 320,- Kč a CF - 107 780,- Kč a nejméně vhodná je varianta zplyňovacího kotle na dřevo s životností 20 let, investičními náklady 175 097,- Kč, ročními provozními náklady 68 691,- Kč/rok, hodnotou NPV - 4 082 943,- Kč a CF - 205 221,- Kč.

Na základě hodnoty NPV bude investorovi doporučen jako nejvhodnější zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody administrativní budovy tepelné čerpadlo země/voda IVT Greenline HE E28. Pokud by se investor rozhodoval jen na základě investičních nákladů, pak je nejvhodnější kotel na dřevěné pelety Vulcanus. Z hlediska ročních provozních nákladů se jako nejvhodnější jeví také tepelné čerpadlo země/voda IVT Greenline HE E28 nebo i zplyňovací kotel na dřevo MAKAK. U zplyňovacího kotle se ale musí počítat s pravděpodobností neustálého zvyšování ceny palivového dřeva.

LITERATURA

- [1] ANFTOVÁ H., ANISIMOVA N., BERAN V., DOBIÁŠ J., KARÁSEK J., TOMÁNKOVÁ J., UBRALOVÁ E.: *Rozhodování při zvyšování energetické účinnosti staveb*, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Praha 2011, ISBN 978-80-01-04971-6
- [2] SOPOLIGA P., FIBIGER J., *Národní analýza současného stavu, Odborné vzdělávání stavebních profesí v oblasti energetické náročnosti budov a OZE*, ENVIROS, s.r.o., Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství, Praha 2012
Dostupné z: http://czgbc.org/Download/Narodni_analyza_soucasneho_stavu.pdf
[online] [cit. 25. Října 2015]
- [3] VOGEL P., FRANTIŠEK MACHOLDA F., MBA, *Studie pro implementaci EPBD II, Administrativní budovy, Obchodní budovy, Manažerský souhrn*, Česká rada pro šetrné budovy, Praha 2011
Dostupné z: http://www.ekowatt.cz/library/dokumenty/Visegrad/Studie_pro_implementaci_EPBD_II_7_9_2011_Manazersky_souhrn_final.pdf [online] [cit. 25. Října 2015]
- [4] Energetický audit budov (AE)
Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/sluzby/energeticky-audit> [online]
[cit. 28. Října 2015]
- [5] Průkaz energetické náročnosti budov (PENB)
Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/sluzby/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-PENB> [online] [cit. 28. Října 2015]
- [6] Energeticko - ekonomická optimalizace budov
Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/sluzby/energeticka-optimalizace-budov>
[online] [cit. 28. Října 2015]
- [7] HUDCOVÁ L. a kol.: *Energetická náročnost budov*, EkoWATT, centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, Praha 2009, ISBN 978-80-87333-03-7
- [8] Energetická náročnost budov (ENB)
Dostupné z: <http://www.enviros.cz/projects/iee/implement/enb.html> [online]
[cit. 1. Listopadu 2015]
- [9] Stanovení tepelné ztráty (tepelného výkonu) budovy
Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz21/prednasky/tz21-02.pdf>
[online] [cit. 1. Listopadu 2015]
- [10] Přibližný výpočet tepelných ztrát
http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_UT%2001_09.pdf
[online] [cit. 1. Listopadu 2015]
- [11] JELÍNEK V. a kol.: *Technická zařízení budov, Podklady pro projekty*, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Praha 2010, ISBN 978-80-01-04666-1
- [12] Součinitel návrhové tepelné ztráty prostupem
Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/TABULKY/Vynatek_z_735040.pdf
[online] [cit. 1. Listopadu 2015]
- [13] Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
Dostupné z: http://www.fdyson.cz/prednasky_ke_stazeni/enb_cast_2.pdf
[online] [cit. 2. Listopadu 2015]

- [14] Součinitel prostupu tepla
Dostupné z: kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4278 [online] [cit. 2. Listopadu 2015]
- [15] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody
Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody> [online] [cit. 3. Listopadu 2015]
- [16] Potřeba energie - tepla
Dostupné z: kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4033 [online] [cit. 3. Listopadu 2015]
- [17] Kotel Vulcanus
Dostupné z: <http://www.123topeni.cz/Viadrus-Vulcanus-30-kW-6-cl-zasobnik-269-litru-d11403.htm?tab=description> [online] [cit. 5. Listopadu 2015]
- [18] Akumulační nádrž topné vody s ohřivačem pitné vody TXE 1 000 MX0W
Dostupné z: <http://esecespol.cz/cz-detail-1127747-tipex-txe-1000-mx0w-vcetne-izolace.html> [online] [cit. 5. Listopadu 2015]
- [19] Dřevěné pelety ENVITON
Dostupné z: http://enviton.cz/nabidak/drevene-pelety/?utm_source=adwords&utm_Medium=cpc&utm_campaign=pelety&gclid=CjwKEAjwh8exBRDyyqqH9pvf1ncSJAAu4OE3-6mCQMdoE5C8gBvMCUAzNSm7GbX5QeYUKnV1zpQBgBoCeNbw_wcB [online] [cit. 5. Listopadu 2015]
- [20] Montáž akumulční nádoby, kotle, kouřovod KOVO KRAUS
Dostupné z: <http://www.gas.cz/> [online] [cit. 5. Listopadu 2015]
- [21] Tepelná čerpadla země/voda
Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/tepelna-cerpadla/tepelne-cerpadlo-zeme-voda-vyplati-se.aspx> [online] [cit. 6. Listopadu 2015]
- [22] Tepelné čerpadlo země/voda IVT Greenline HE E21
Dostupné z: http://www.ivt-cheb.cz/uploads/files/ivt_katalog_2015_01.pdf [online] [cit. 6. Listopadu 2015]
- [23] Akumulační zásobník topné vody IVT BC 300/3
Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/akumulacni-zasobniky> [online] [cit. 8. Listopadu 2015]
- [24] Negativní zásobník teplé vody IVT FW 752/3
Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/zasobniky-teple-vody-ivt> [online] [cit. 8. Listopadu 2015]
- [25] Ceník tepelných čerpadel a příslušenství
Dostupné z: <http://www.ivt-cheb.cz/ke-stazeni> [online] [cit. 8. Listopadu 2015]
- [26] Podklady pro odhad investičních nákladů
Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/cena-tepelnych-cerpadel> [online] [cit. 8. Listopadu 2015]
- [27] Regulované platby za dopravu elektřiny
Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/elektrina/comfort/cenik.html> [online] [cit. 8. Listopadu 2015]

- [28] Solární energie
Dostupné z: <http://www.zivlyzeme.estranky.cz/clanky/aktuality/obnovitelne-zdroje-energie.html> [online] [cit. 9. Listopadu 2015]
- [29] Solární kolektor, nosné konstrukce pro solární kolektory, příslušenství k nosné konstrukci, expanzní nádoba pro solární systém, kapalina pro solární systém
Dostupné z: <http://www.jhsolar.cz/e-shop/> [online] [cit. 11. Listopadu 2015]
- [30] Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 1 000/200 P
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-se-zasobnikem-duo-1000-200-p> [online] [cit. 11. Listopadu 2015]
- [31] Elektrokotel DAKON Daline PTE 30
Dostupné z: <http://www.gas.cz/product/dakon-daline-pte-30:7891/> [online] [cit. 11. Listopadu 2015]
- [32] Ceny jednotlivých položek
Dostupné z: <http://www.jhsolar.cz/> [online] [cit. 11. Listopadu 2015]
- [33] Solární kapalina Solarten Super
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/solarni-kapaliny> [online] [cit. 11. Listopadu 2015]
- [34] Trapézový plech
Dostupné z: <http://www.kondor.cz/trapezovy-plech/c-1536/> [online] [cit. 13. Listopadu 2015]
- [35] Štěrka DORIA
Dostupné z: <http://www.kam-on.cz/dekoracni-kameny/11/sterk/3ds0002/doria/> [online] [cit. 13. Listopadu 2015]
- [36] Čerpadlová skupina S2 Solar 3
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/cerpadlova-skupina-s2-solar3-1> [online] [cit. 13. Listopadu 2015]
- [37] Solární regulátor STDC
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/regulator-solarni-stdc> [online] [cit. 13. Listopadu 2015]
- [38] Podklady pro investiční a provozní náklady solárního systému
Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-ohrev-vody-vyplati-se.aspx> [online] [cit. 13. Listopadu 2015]
- [39] Zplyňovací kotel MAKAK
Dostupné z: <http://www.kovarson.cz/cs/produkty/produktove-skupiny/kotle-na-drevo-makak/153-zplynovaci-kotel-makak-30kw> [online] [cit. 14. Listopadu 2015]
- [40] Akumulační zásobník FE AKU – TV TV1
Dostupné z: http://registrace.zelenausporam.cz/gallery/46080_fe_aku_tv_t1_tech_dokumentace.pdf [online] [cit. 14. Listopadu 2015]
- [41] Palivové dřevo - borovice lesní
Dostupné z: <http://www.palivove-drevo-kos.cz/cenik-palivove-drevo.php> [online] [cit. 14. Listopadu 2015]
- [42] Cena akumulčního zásobníku topné vody FE AKU – TV TV1
Dostupné z: <http://fireenergy.eu/data/katalog-produktu.pdf> [online]

- [cit. 14. Listopadu 2015]
- [43] Základní jednotky palivového dřeva
Dostupné z: <http://www.palivovedrevosenov.cz/index.php/o-drivi> [online]
[cit. 14. Listopadu 2015]
- [44] Princip tepelného čerpadla vzduch/voda
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i> [online]
[cit. 15. Listopadu 2015]
- [45] Tepelné čerpadlo HP3AW vzduch/voda
Dostupné z: http://www.enconsult.cz/wp-content/uploads/2014/05/PP-HPAW_26_CS_Lq.pdf [online] [cit. 15. Listopadu 2015]
- [46] Akumulační nádrž PSWF 500 N
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-pswf-500-n>, [online]
[cit. 15. Listopadu 2015]
- [47] Ohřívač teplé vody TXE 1 000 WP1X
Dostupné z: <http://esecespol.cz/cz-detail-1127716-tipex-txe-1000-wp1v-vcetne-izolace.html> [online] [cit. 15. Listopadu 2015]
- [48] Ceník betonu
Dostupné z: <http://www.lesnistavby.cz/lesnistavby/user/betonarka/Document.pdf>
[online] [cit. 17. Listopadu 2015]
- [49] Štěrk - přírodní kamenivo
Dostupné z: <http://www.cernymichal.cz/cenik02.html> [online] [cit. 17. Listopadu 2015]
- [50] Finanční kalkulačtor pro hodnocení ekonomické efektivity investic
Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic> [online] [cit. 1. Prosince 2015]
- [51] Změna ročních nákladů
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/7409-vyvoj-cen-paliv-za-posledni-dva-roky-nejvice-zdrazily-pelety> [online] [cit. 1. Prosince 2015]
- [52] Diskont
Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/oficialni-urokove-sazby-cnb-mesicni-prumer/diskontni-sazba/> [online] [cit. 10. Prosince 2015]

ZKRATKY A SYMBOLY

apod. a podobně

cca přibližně

CF Roční ekvivalentní finanční toky

Cu Měď

CO² Oxid uhličitý

ČNB Česká národní banka

ČSN Česká technická norma

ČR Česká republika

DN Doba návratnosti investice

DN_D Diskontovaná doba návratnosti

EA Energetický audit

EN Evropská norma

ENB Energetická náročnost budov

EPBD Energy Performance of Buildings Directive, Směrnice o energetické Náročnosti Budov

IRR Vnitřní výnosové procento

např. například

NP Nadzemní podlaží

NPV Čistá současná hodnota

OZN označení

PENB Průkaz energetické náročnosti budov

tl. tloušťka

tzn. to znamená

viz. odkaz na

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

- Obr. 1.1: Strategie EU do roku 2020
- Obr. 1.2: Alternativy a jejich rozpracování do variantních řešení, rozhodovací prostor
- Obr. 2.1: Princip výpočtu ENB
- Obr. 3.1: Pohled severní v měřítku 1:200
- Obr. 3.2: Pohled východní v měřítku 1:200
- Obr. 3.3: Pohled jižní v měřítku 1:200
- Obr. 3.4: Pohled západní v měřítku 1:200
- Obr. 3.5: Situace v měřítku 1:600
- Obr. 6.1: Kotel Vulcanus
- Obr. 6.2: Akumulační nádrž TXE 1 000 MX0W
- Obr. 6.3: Dřevěné pelety
- Obr. 6.4: Akumulační nádrž TXE 1 000 MX0W
- Obr. 6.5: Aku. zásobník IVT BC 300/3
- Obr. 6.6: Zásobník teplé vody IVT FW 752/3
- Obr. 6.7: Solární kolektor TERMO/SOLAR TS 500
- Obr. 6.8: Akum. nádrž se zásob. DUO 1 000/200 P
- Obr. 6.9: Elektrokotel DAKON Daline PTE 30
- Obr. 6.10: Zplyňovací kotel MAKAK
- Obr. 6.11: Akumul. zásobník FE – AKU TV – TV1
- Obr. 6.12: Palivové dřevo
- Obr. 6.13: Tepelné čerpadlo HP3AW 30 SB SPLIT
- Obr. 6.14: Akumulační nádrž PSWF 500 N
- Obr. 6.15: Ohřívač teplé vody TXE 1 000 WP1V
-
- Graf 7.1: Grafické znázornění celkových investičních nákladů tepelných zdrojů
- Graf 7.2: Grafické znázornění ročních provozních nákladů tepelných zdrojů
- Graf 7.3: Grafické znázornění čisté současné hodnoty tepelných zdrojů

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1:	Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit (část tabulky)
Tab. 4.2:	Vnitřní výpočtové teploty a doporučené relativní vlhkosti vzduchu (část tabulky)
Tab. 4.3:	Teplota v sousedních nevytápěných místnostech
Tab. 4.4:	Výpočtové teploty zeminy
Tab. 4.5:	Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla
Tab. 4.6:	Přirážka na tepelné vazby a tepelné mosty
Tab. 4.7:	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro podlahu na terénu (část tabulky)
Tab. 4.8:	Výpočet součinitele návrhové tepelné ztráty prostupem
Tab. 4.9:	Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty prostupem
Tab. 4.10:	Minimální intenzita výměny vzduchu
Tab. 4.11:	Intenzita výměny vzduchu
Tab. 4.12:	Stínící činitel
Tab. 4.13:	Výškový teplotní činitel
Tab. 4.14:	Fyzikální hodnoty pro suchý vzduch (část tabulky)
Tab. 5.1:	Spotřeba studené vody - Vyhláška č. 120/2011 Sb. (část tabulky)
Tab. 6.1:	Parametry kotle
Tab. 6.2:	Parametry akumulární nádrže
Tab. 6.3:	Dřevěné pelety ENVITON
Tab. 6.4:	Parametry tepelného čerpadla země/voda
Tab. 6.5:	Parametry akumulárního zásobníku
Tab. 6.6:	Parametry zásobníku teplé vody
Tab. 6.7:	Parametry solárního kolektoru
Tab. 6.8:	Parametry akumulární nádrže
Tab. 6.9:	Parametry elektrokotle
Tab. 6.10:	Parametry zplyňovacího kotle
Tab. 6.11:	Parametry akumulární nádrže
Tab. 6.12:	Parametry palivového dřeva
Tab. 6.13:	Tabulka převodu základních jednotek
Tab. 6.14:	Parametry tepelného čerpadla vzduch/voda
Tab. 6.15:	Parametry akumulární nádrže
Tab. 6.16:	Parametry ohřívače teplé vody
Tab. 6.17:	Souhrn investičních a provozních nákladů
Tab. 7.1:	Závěrečné vyhodnocení dle NPV