VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKY UVĚDOMĚLÁ OPTIMALIZACE BUDOVY
ENERGY-CONSCIOUS BUILDING OPTIMIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Veronika Ryšavá
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. PETR HORÁK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2020

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Veronika Ryšavá
Název	Energeticky uvědomělá optimalizace budovy
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální právní předpisy ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a právní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Analýza spotřeby energie posuzovaného energetického hospodářství pro zadaný objekt. Výkres schéma zapojení kotelny, popř. strojovny VZT v jedné variantě.

C. Volitelná část

Energetický posudek v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb. nebo průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je návrh úsporných opatření objektu bytového domu formou energetického průkazu. Teoretická část se zabývá tepelnými čerpadly. Výpočtová část řeší vyhodnocení stávajícího stavu budovy, návrh dvou variant, posouzení z hlediska energetického a ekonomického a doporučení vybrané varianty. V této části se také nachází experimentální měření specializující se na termovizní snímkování. Projekt obsahuje energetické průkazy jednotlivých stavů řešeného objektu.

KLÍČOVÁ SLOVA

energetická optimalizace, průkaz energetické náročnosti budovy, úsporné opatření, bytový dům, tepelné čerpadlo, energie prostředí, zateplení, součinitel prostupu tepla, energetické posouzení, ekonomické posouzení, termovizní snímkování

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis is to design austerity measures of an apartment building in the form of an energy card. The theoretical part deals with heat pumps. The computational part solves the evaluation of the current state of the building, the proposal of two variants, the assessment in terms of energy and economic and recommendations of the selected variant. There is also an experimental measurement specializing in thermovision imaging. The project contains energy certificates of individual states of the solved object.

KEYWORDS

energetická optimalizace, průkaz energetické náročnosti budovy, úsporné opatření, bytový dům, tepelné čerpadlo, energie prostředí, zateplení, součinitel prostupu tepla, energetické posouzení, ekonomické posouzení, termovizní snímkování

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Veronika Ryšavá *Energeticky uvědomělá optimalizace budovy.* Brno, 2019. 184 s., 62 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Energeticky uvědomělá optimalizace budovy* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Veronika Ryšavá

autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Energeticky uvědomělá optimalizace budovy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Veronika Ryšavá

autor práce

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Petru Horákovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu při zpracování mé diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD 12

A. TEORETICKÁ ČÁST 13

A.1 ÚVOD 14

A.2 HISTORIE TEPELNÝCH ČERPADEL 14

A.2.1 TEPELNÁ ČERPADLA V ČR 15
A.2.2 VÝVOJ TEPELNÝCH ČERPADEL 16

A.3 PRINCIP A FUKNCE TEPELNÝCH ČERPADEL 17

A.3.1 TOPNÝ FAKTOR 19

A.4 ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL 21

A.4.1 TEPLONOSNÉ LÁTKY 21
A.4.2 PŘEHLED POUŽITÍ TČ 21

A.5 ZDROJE TEPLA PRO TEPELNÁ ČERPADLA 22

A.5.1 TEPLO PODLOŽÍ 23
A.5.2 PODZEMNÍ VODA 24
A.5.3 POVRCHOVÁ VODA 26
A.5.4 PŮDNÍ VRSTVA 26
A.5.5 VENKOVNÍ VZDUCH 29
A.5.6 VNITŘNÍ VZDUCH 30

A.6 PRACOVNÍ ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ TČ 31

A.6.1 MONOVALENTNÍ PROVOZ 31
A.6.2 MONOENERGETICKÝ PROVOZ 32
A.6.3 BIVALENTNÍ PROVOZ 32

A.7 EKVITERMNÍ REGULACE 34

A.8 EKOLOGIE PROVOZU TEPELNÉHO ČERPADLA 35

A.8.1 EMISE Z VÝROBY ENERGIE 35
A.8.2 VLIV NA OZÓNOVOU VRSTVU 36

A.9 NÁKLADY NA ENERGII 37

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST 38

B.1 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ A TEPELNĚ-TECHNICKÉ VLASTNOSTI OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ BUDOVY 39

B.1.1 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU 39
B.1.2 ROZDĚLENÍ OBJEKTU DO ZÓN 41
B.1.3 SOUČINITELÉ PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ - VÝCHOZÍ STAV 45
B.1.4 TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ VÝCHOZÍHO STAVU 48

B.2 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV 49

B.3 SPECIFIKACE ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV 50

B.3.1 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY 50
B.3.2 VYTÁPĚNÍ 53
B.3.3 VĚTRÁNÍ 54
B.3.4 CHLAZENÍ 54
B.3.5 ÚPRAVA VLHKOSTI 54
B.3.6 OSVĚTLENÍ 54

B.4 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV 55

B.4.1 ENERGETICKÉ TOKY PRO CELOU BUDOVU - VÝCHOZÍ STAV 57

B.5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV 60

B.6 NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ - VARIANTA I. 61

B.6.1 SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ - VARIANTA I. 61
B.6.2 TEPELNĚ-TECHNICKÉ POSOUZENÍ VARIANTY I. 65

B.7 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - VARIANTA I. 66

B.8 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA I. 67

B.8.1 ENERGETICKÉ TOKY PRO CELOU BUDOVU - VARIANTA I. 69

B.9 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA I. 71

B.9.1 DOTACE PROGRAMU NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM - VARIANTA I. 74

B.10 NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ - VARIANTA II. 77

B.11 SPECIFIKACE ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ BUDOVY - VARIANTA II. 77

B.11.1 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY 77
B.11.2 VYTÁPĚNÍ 82
B.11.3 VĚTRÁNÍ 91
B.11.3 CHLAZENÍ 95
B.11.4 ÚPRAVA VLHKOSTI 95
B.11.5 OSVĚTLENÍ 95
B.11.6 FOTOVOLTAIKA 96

B.12 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - VARIANTA II. 99

B.13 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA II. 100

B.13.1 ENERGETICKÉ TOKY PRO CELOU BUDOVU - VARIANTA II. 102

B.14 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA II. 104

B.14.1 DOTACE PROGRAMU NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM - VARIANTA II. 108

B.15 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH NAVRHOVANÝCH VARIANT OPATŘENÍ 110

B.15.1 ENERGETICKÉ HLEDISKO 110
B.15.1 EKONOMICKÉ HLEDISKO 113

B.16 DOPORUČENÁ VARIANTA 117

B.17 TERMOVIZNÍ SNÍMKOVÁNÍ BUDOVY 118

C. PROJEKT 125

C.1 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A PROTOKOL PENB - VÝCHOZÍ STAV 126

C.2 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A PROTOKOL PENB - VARIANTA I. 142

C.3 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A PROTOKOL PENB - VARIANTA II. 158

ZÁVĚR 175

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 176

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A ZKRATEK 178

SEZNAM OBRÁZKŮ 181

SEZNAM TABULEK 182

SEZNAM GRAFŮ 183

PŘÍLOHY 184

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá energetickou optimalizací bytového domu. Energetická optimalizace slouží především pro snížení energetické náročnosti budovy a zajištění lepšího fungování objektu. Práce je rozdělena do tří základních částí - teoretická část, výpočtová část a část projektová.

První (teoretická část) diplomové práce se věnuje tepelným čerpadlům. Jde zejména o jejich historii, vývoj, funkci a princip, provoz, regulaci, ekologii a typy jednotlivých tepelných čerpadel.

V druhé (výpočtové) části diplomové práce je předmětem samotná optimalizace budovy. Jedná se o starý panelový bytový dům. Řešením budou dvě varianty navrhovaných opatření. Varianta I. se zabývá zateplením obálky budovy. Ve variantě II. se kromě zateplení řeší i revitalizace technických zařízení budovy. Jednotlivé varianty budou následně porovnány s výchozím stavem z hlediska energetického a ekonomického, včetně výpočtu doby návratnosti investic a doporučení jedné z navrhovaných variant. V této části se nachází také experimentální měření, a sice termovizní snímkování.

Třetí část tvoří grafické znázornění a protokoly PENB (průkaz energetické náročnosti budovy) jednotlivých řešených variant. Nezbytnou součástí je také projektová dokumentace.

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován v programu DEKSOFT - Energetika.

A. TEORETICKÁ ČÁST

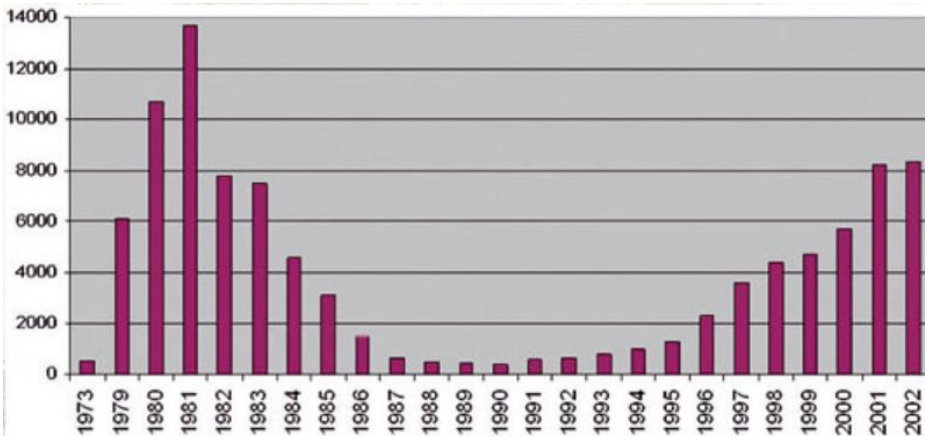
A.1 ÚVOD

Energie prostředí se vyskytuje všude kolem nás. Vzniká v důsledku dopadající sluneční energie. Energie geotermální (zemského jádra) vzniká v důsledku radioaktivního rozpadu uvnitř Země. Přímému využití těchto zdrojů brání nízké teploty, energii nazýváme nízkopotenciální. Je obnovitelným ekologickým a prakticky nevyčerpatelným zdrojem. Nízkopotenciální teplo převádí na teplo vhodné pro vytápění, předehřev či ohřev teplé vody nebo větrání tepelné čerpadlo.

A.2 HISTORIE TEPELNÝCH ČERPADEL

Jako první historický údaj uváděný v souvislosti s tepelnými čerpadly se obvykle udává rok 1824, kdy S. N. L. Carnot, v návaznosti na dílo svého otce, publikoval dílo „Úvahy o hybné síle ohně a strojích vyvolávajících tuto sílu", kde mimo jiné popsal svůj známý cyklus, později pojmenovaný jeho jménem jako Carnotův cyklus. Na základě jeho práce popsal princip tepelného čerpadla W. T. Kelvin. Lord Kelvin předpověděl jejich příchod ve své druhé větě termodynamické. Z této věty vyplývá, že pokud nemůže teplo přejít ze studenějšího tělesa na teplejší samo, musíme mu nějak pomoci. Tento problém řeší právě tepelné čerpadlo.
Na konci čtyřicátých let 20. století americký vynálezce Robert C. Webber sestrojil v podstatě náhodou první tepelné čerpadlo, které sloužilo k získávání tepla. K praktickému využití tepelného čerpadla dochází v Evropě převážně až kolem roku 1980. V tomto období se v důsledku ropné krize hledaly alternativy k tehdy rozšířenému vytápění fosilními palivy, především olejem.

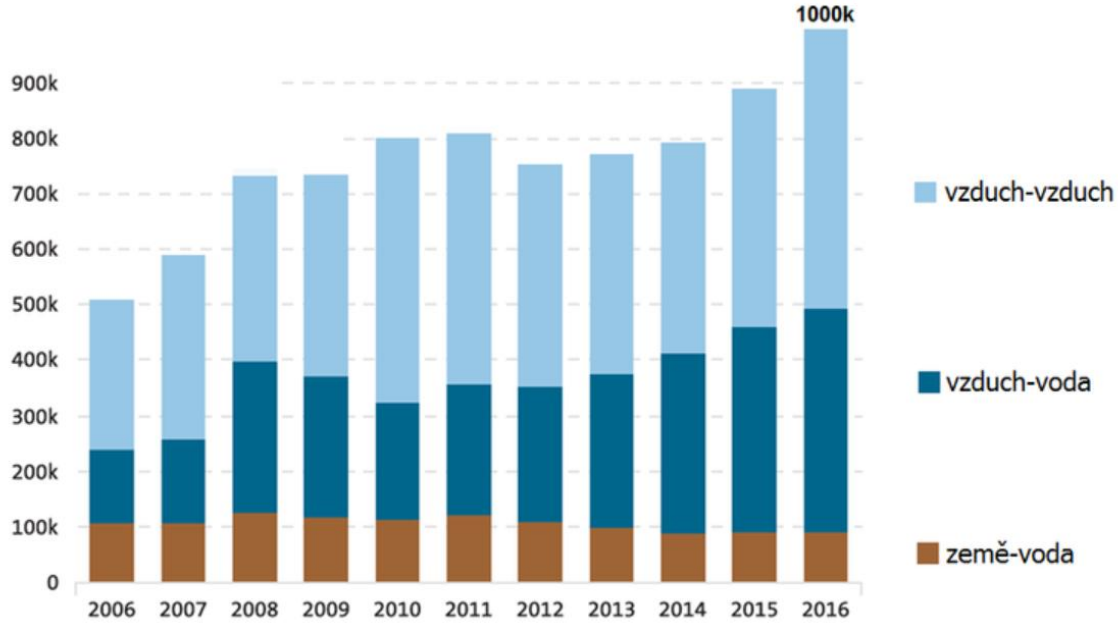
Strmý nárůst instalací v důsledku ropné krize byl vystřídán velkým poklesem a následným útlumem, který trval téměř 10 let. Tento propad zájmu o tepelná čerpadla byl způsoben nečekaným objevením těchto zařízení na trhu a hlavně nedostatečná odbornost firem, které při instalacích nebraly v potaz, zda bude tepelné čerpadlo fungovat správně s otopným systémem, který byl u zákazníka původně používán. V té době ještě nebyla čerpadla na současné technické úrovni a docházelo k častým poruchám. Ekonomický výsledek po instalaci nebyl často vůbec přesvědčivý. To všechno vedlo ke ztrátě zájmu o tepelná čerpadla a k dlouhému útlumu.



Obrázek 1: Počet instalací tepelných čerpadel v Německu v uplynulých letech [1]

Podle uvedených diagramů znázorňujících vývoj počtu instalací v Německu je patrný mimořádný nárůst kolem roku 1980 a následně prudký propad. Trvalo dlouhá léta, než se opět v období kolem roku 2000 počet instalací začal zvyšovat. [1]

Opětovný rozvoj nastává až koncem 20. století společně se zvyšujícím se zájmem o životní prostředí a zdražováním energií. [2]



Obrázek 2: Počet instalací tepelných čerpadel v Evropě v 21. století [2]

A.2.1 Tepelná čerpadla v ČR

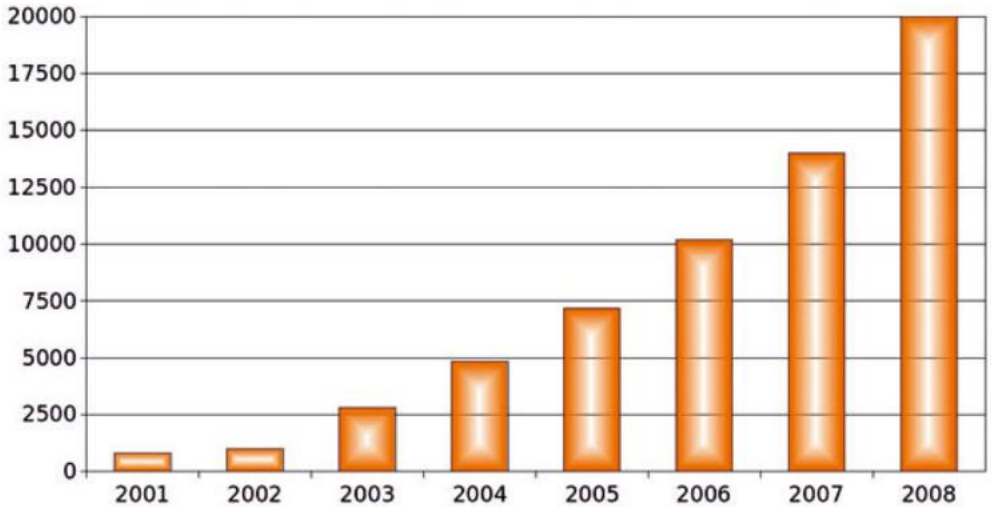
V České republice bylo před rokem 1990 nainstalováno jen několik kusů tepelných čerpadel a to zejména z propagačních či demonstračních důvodů tehdejšího režimu. Teprve až po roce 1990 se začaly objevovat první instalace tepelných čerpadel v soukromém sektoru. Jednalo se především o dovoz zahraničních výrobků ze zemí, kde měli s tepelnými čerpadly mnohem více praktických zkušeností. Jednalo se převážně o výrobce ze zemí: Švédsko, Německo či Rakousko.

Postupem času se objevili i tuzemští výrobci, kteří získávali první zkušenosti. Ze začátku se jednalo o pár kusů tepelných čerpadel ročně. Důvod, proč byl zpočátku růst instalací tak pomalý, byl zejména ekonomický. Cena energií byla nízká, pořizovací náklady vysoké a doba návratnosti se dost často pohybovala za životností zařízení. [3]

Po roce 2000 začaly vznikat různé programy, které podporovaly instalaci tepelných čerpadel:

- AVČT - asociace pro využití tepelných čerpadel, která byla partnerem při jednání se státními orgány
- Státní fond životního prostředí ČR stanovil podmínky pro dotaci tepelných čerpadel
- Pro rodinné domy byly zavedeny speciální zvýhodněné sazby za elektřinu
- Některá města začala dávat dotace na tepelná čerpadla

Dalším faktorem, který pomohl většímu rozmachu tepelných čerpadel, bylo zvyšování cen energií. Díky tomu se snížila doba návratnosti investice do tepelného čerpadla pod 10 let a to již bylo pro investory zajímavé.



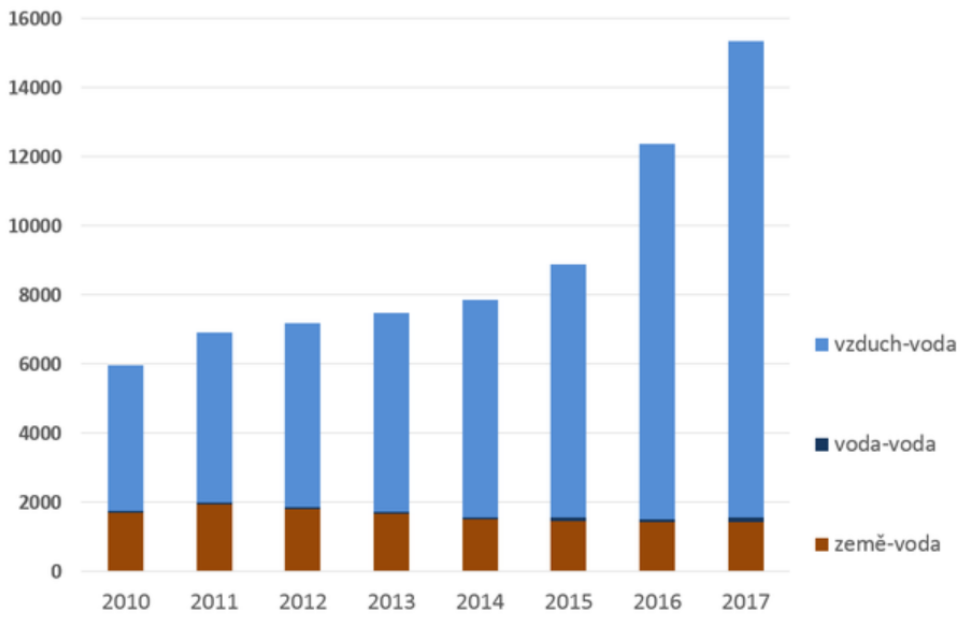
Obrázek 3: Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v ČR v uplynulých letech [3]

A.2.2 Vývoj tepelných čerpadel

Obecně se ví, že teplo pro tepelná čerpadla lze získat z vody, země nebo vzduchu. Vše souvisí s místními hydrogeologickými a klimatickými podmínkami.

Do roku 2000 se rozšířily a instalovaly systémy země/voda, tedy klasický spolehlivý a ověřený systém. V roce 2000 se však objevila nová tepelná čerpadla systému vzduch/voda, která rázem vytlačila z trhu taková, která fungovala jen při kladných venkovních teplotách a při 0 °C se již vypínala. To byl nový generační skok. Vzhledem k našim klimatickým podmínkám, kde se průměrná teplota v topné sezóně pohybuje mezi +3,5 až +4,5 °C, jsou velmi příznivé podmínky pro úspěšný rozvoj jejich instalací. [4]

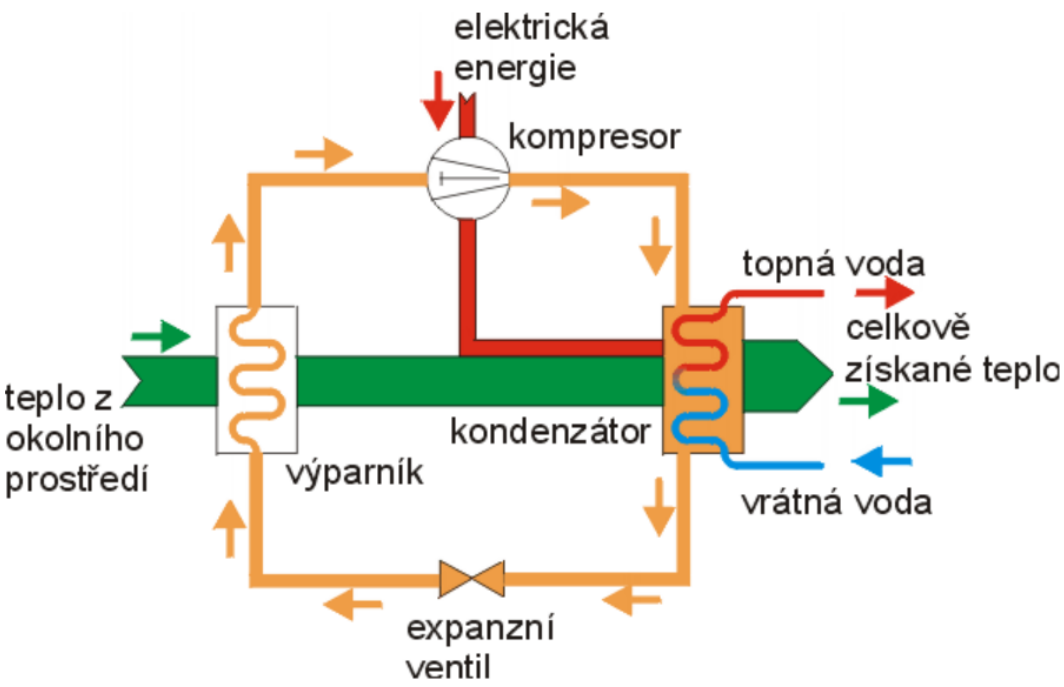
Postupně se tedy začaly původní systémy země/voda nahrazovat systémy vzduch/voda a v dnešní době je poměr instalovaných systémů v poměru odebírající teplo ze země ve srovnání se vzduchem přibližně stejný. Tento trend samozřejmě pokračuje v souvislosti s vývojem techniky, ale také s postupným oteplováním planety.



Obrázek 4: Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v ČR v uplynulých letech [4]

A.3 PRINCIP A FUKNCE TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelné čerpadlo odebírá teplo zemi, vzduchu, podzemní či povrchové vodě a převádí je na vyšší využitelnou teplotní hladinu. Pracuje jako chladící zařízení, jehož hnacím prvkem je kompresor poháněný elektromotorem, pracující za pomoci dodané (elektrické) energie.



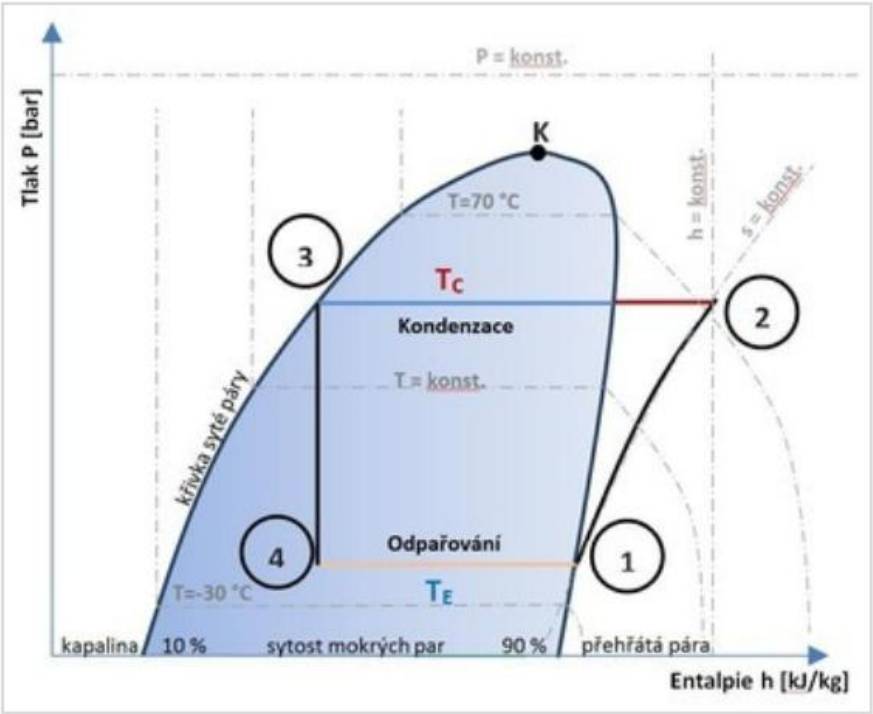
Obrázek 5: Princip funkce tepelného čerpadla [5]

Pracovní látkou je chladivo, které v zařízení trvale obíhá a cyklicky mění své skupenství. Přivede-li se k výparníku venkovní vzduch nebo voda, je tomuto zdroji odejmuto potřebné výparné teplo a chladivo přejde do plynného stavu. Zdroj tepla se o několik stupňů ochladí. Kompresor nasaje pracovní médium a stlačí jej. Se zvýšením tlaku dojde ke zvýšení jeho teploty, je tedy "přečerpáno" na vyšší teplotní úroveň. K tomu je zapotřebí hnací elektrická energie. Tato energie zvyšuje tepelný potenciál pracovního média. Své celkové teplo odevzdá chladivo ve druhém výparníku - kondenzátoru - do prostředí s vyšší teplotou (topné vody, vzduchu). Tím dojde ke zkapalnění pracovního média. V expanzním ventilu se seškrtí tlak na původní a oběh se opakuje. [5]

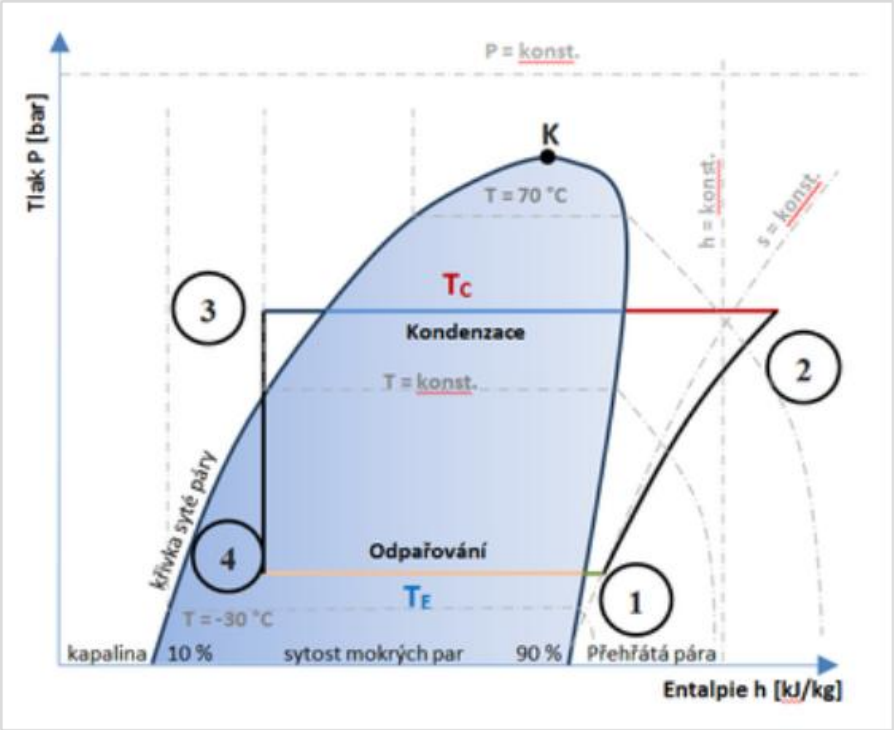
Celé zařízení používající pro vytápění tepelné čerpadlo lze rozdělit na tři hlavní části:

- Primární okruh – část, která zprostředkovává přívod nízkopotenciálního tepla ze zdroje do výparníku.
- Chladivový okruh – hlavní část, která zajišťuje „přečerpání" energie na vyšší teplotní úroveň. Druhy kapalin používané v tomto okruhu jsou stejné jako druhy kapalin používané u chladniček, proto se nazývají chladiva. Z toho také plyne název okruhu.
- Sekundární okruh – část, která slouží k rozvodu tepla pro vytápění.

Přenesením principiálního schématu do P-h diagramu a zobrazení termodynamického cyklu můžeme porovnat rozdíly mezi ideálním tzv. Rankinovým cyklem a skutečným oběhem [6]:



Obrázek 6: Ideální Rankinův oběh [6]



Obrázek 7: Reálný oběh [6]

Obrázek představuje závislost tlaku na entalpii (tzv. P-h diagram) chladivového okruhu. Entalpie vyjadřuje tepelnou energii, uloženou v jednotkovém množství látky. Křivka syté páry ohraničuje oblast, kde chladivo přechází ze stavu kapaliny na přehřátou páru. Podstatné jsou především křivky konstantních teplot, podle kterých je možné určit teploty chladiva v procesu ohřevu a chlazení. Tvar okruhu zůstává vždy zachován, mění se pouze jeho plocha, tedy umístění bodů 1-2-3-4.

A.3.1 Topný faktor

Topný výkon tepelného čerpadla je dán součtem nízkopotencionální a hnací (elektrické) energie. Teplo odebírané z prostředí je k dispozici zdarma a činí asi 60-70 % výkonu TČ. Podíl hrazené elektrické energie se pohybuje okolo 30-40 %. Poměr topného výkonu a elektrického příkonu je tzv. topný faktor tepelného čerpadla.

Topný faktor TČ je jedním z nejdůležitějších parametrů. Značí se ε (popř. také COP, z anglického Coefficient of Performance):

$$\varepsilon = \frac{Q}{P}$$

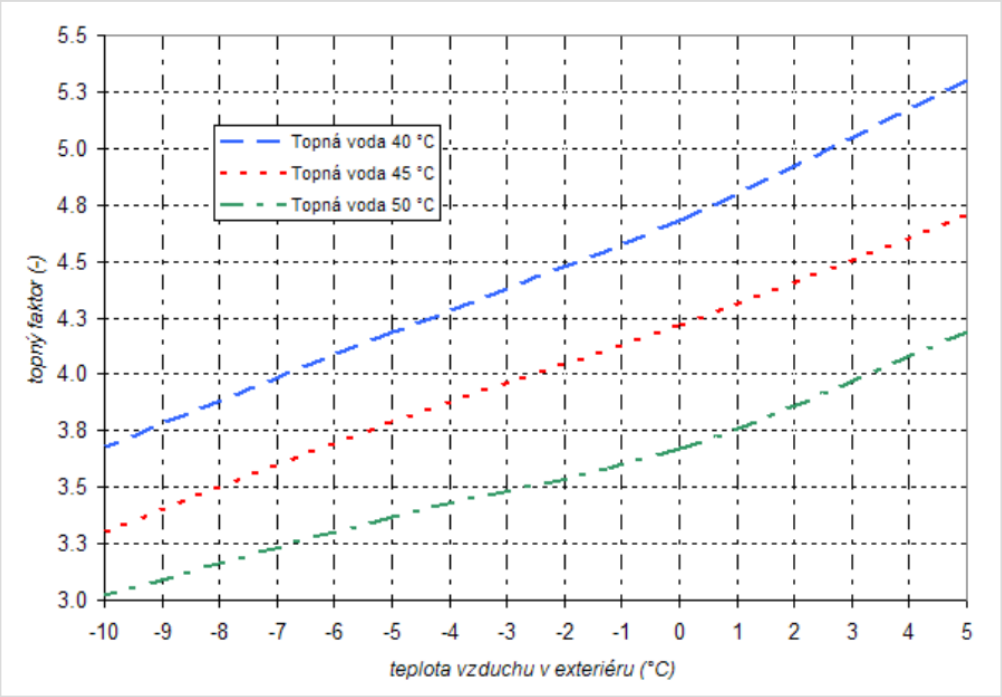
kde je:

Q - tepelný výkon odevzdaný tepelným čerpadlem [kW]

P - příkon dodaný tepelnému čerpadlu [kW].

Topný faktor tedy udává, kolikrát je vetší získaná energie (výkon) oproti vynaloženému příkonu. topný faktor je vždy momentální hodnota závislá na určitém provozním stavu. Závisí na teplotě zdroje nízkopotencinálního tepla a teplotě, při které je teplo vyprodukováno a spotřebováno. Čím vyšší je tedy teplota zdroje a čím nižší je teplota, při které se teplo spotřebovává, tím je topný faktor větší. Hodnota 3 znamená, že dodáním 1 kWh elektrické energie získáme 3 kWh tepelné energie pro vytápění.

Pro porovnání dvou tepelných čerpadel podle topného faktoru je vždy nutné znát podmínky, za kterých je uvedený topný faktor dosažen, tedy teplotu vstupního média a teplotu výstupního média. [7]



Obrázek 8: Výkonové parametry TČ [7]

Okamžitá hodnota topného faktoru se neustále mění podle provozních podmínek, a proto se pro celkové hodnocení používá tzv. provozní (nebo také průměrný) topný faktor za celou topnou sezonu (SCOP).

A.4 ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

- PODLE POHONU TEPELNÉHO ČERPADLA - kompresorová
  - absorpční (nepoužívá se)
- PODLE PRIMÁRNÍHO ZDROJE TEPLA - z vody
  - ze země
  - ze vzduchu
- PODLE TEPLONOSNÉ LÁTKY - voda/voda
  - voda/vzduch
  - vzduch/voda
  - vzduch/vzduch
  - země/voda

A.4.1 Teplonosné látky

freony	z důvodu negativního vlivu na životní prostředí se již nepoužívají
lehké freony	neobsahují chlór
propan a isobutan	bezfreonové látky

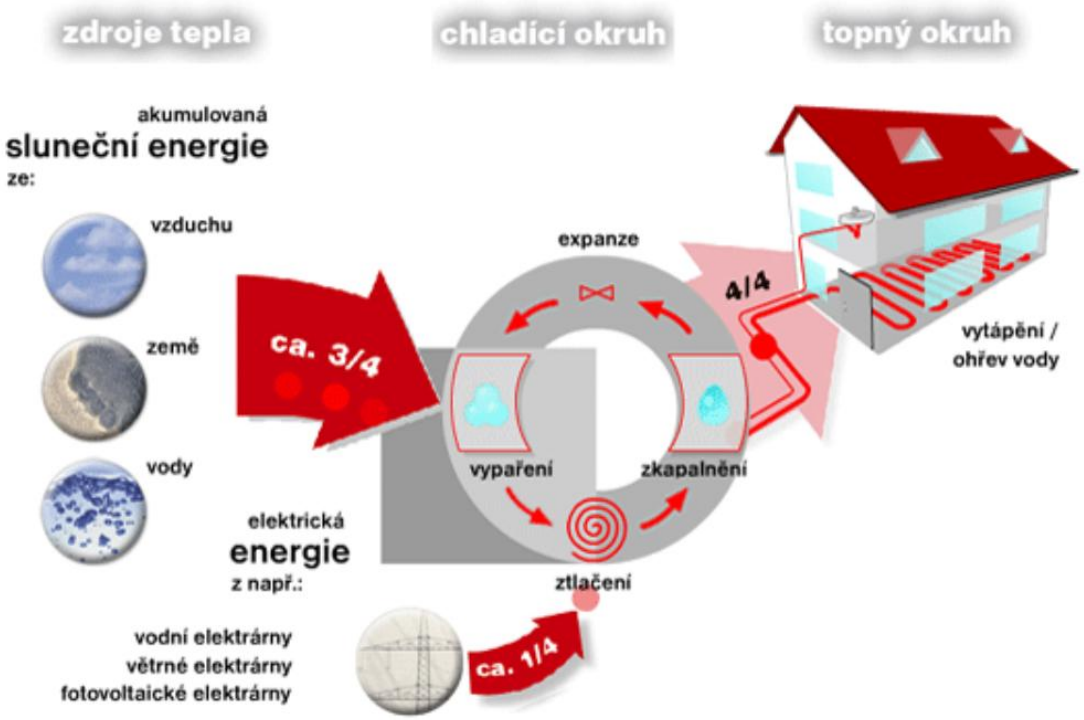
Tabulka 1: Teplonosné látky pro TČ

A.4.2 Přehled použití TČ

Typ čerpadla (ochlazuje se/ohřívá se)	Možnost použití
Vzduch/voda	Univerzální typ, pro ústřední vytápění
Vzduch/vzduch	Doplňkový zdroj tepla, teplovzdušné vytápění, klimatizace
Voda/voda	Využití odpadního tepla, geotermální energie, teplovodní vytápění
Nemrznoucí kapalina/voda (země/voda)	Univerzální typ pro teplovodní vytápění, zdrojem tepla je nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
Voda/vzduch	Teplovzdušné vytápěcí systémy

Tabulka 2: Použití tepelných čerpadel

A.5 ZDROJE TEPLA PRO TEPELNÁ ČERPADLA



Obrázek 9: Využití zdrojů tepla tepelným čerpadlem [8]

Primárními zdroji tepla pro využití energie prostředí a geotermální energie mohou být:

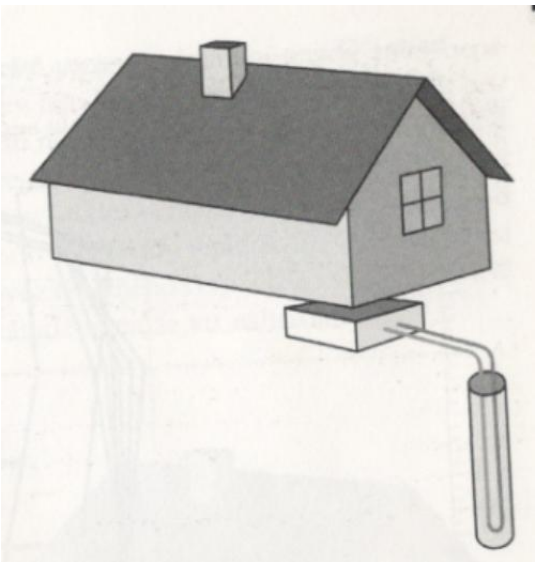
- "suché" zemské teplo hornin (zemní "suché" vrty);
- podzemní voda (vrty, studnice, zavodněné šachtice starých důlních děl);
- povrchová voda (vodoteče, nádrže, rybníky a jiné akumulace vod);
- půdní vrstva (zemní kolektory);
- venkovní vzduch;
- vnitřní vzduch (vzduch odváděný větracím systémem budovy). [8]

Tepelná čerpadla mohou využívat jako primární zdroj tepla také třeba vzduch ze sklepních či důlních prostor, z tunelů, podzemních kolektorů, z větrání budov a výrobních procesů apod.

A.5.1 Teplo podloží

V nitru Země stále probíhá nukleární rozpad prvků. Zemské jádro je žhavé a energie zde vznikající prostupuje na povrch ve formě tepla. S rostoucí hloubkou pod povrchem roste i teplota hornin. Obvykle se každých 30 m zvýší teplota o 1 °C. V hloubce 100 m je teplota okolo 10 °C.

Průměrný tepelný tok (množství tepla, které projde jednotkovou plochou na zemském povrchu) na Zemi je 60±10 mW/m^2. Lokality s nejvyšší hustotou zemského tepla v ČR mají až 90 mW/m^2.



Obrázek 10: TČ nemrznoucí kapalina/voda; výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje v okolí hlubinného vrtu

Pro posouzení konkrétní lokality je důležitým parametrem tepelná vodivost hornin. Teplo se z podloží čerpá pomocí vrtu (resp. několika vrtů) o hloubce od 50 do 150 m. Pokud je potřeba vrtů více, měly by mít od sebe odstup minimálně 10 m, aby se vzájemně neovlivňovaly. Do předem připraveném zemního vrtu se vkládá sonda - PE-potrubí, většinou tvaru "U". Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12-18 m hloubky vrtu podle geologických podmínek. Tepelné čerpadlo o výkonu 10 kW vyžaduje tedy přibližně 140m vrt (nebo dva 70m). Obecně je však lépe zvolit jeden hlubší než dva kratší vrty. Skutečná délka vrtu závisí na konkrétních geologických podmínkách v místě.

Hornina	Tepelná vodivost [W/(m.K)]	Měrný výkon [W/m]	Hloubka vrtu pro tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,0 [m/kW]	3,5 [m/kW]
Suché nezpevněné horniny	< 1,5	20	33	36
Pevné horniny nebo vodou nasycené	1,5 do 3,0	50	13	14
Pevné horniny s vysokou tepelnou vodivostí	> 3,0	70	9,5	10
Štěrky, písky, suché	0,4	< 20	> 33	> 33
Štěrky, písky, zvodnělé	1,8-2,4	55-65	10-12	11-13
Hlíny a jíly, vlhké	1,7	30-40	17-22	18-24
Vápenec, masivní	2,8	45-60	11-15	12-16
Pískovec	2,3	55-65	10-12	11-13
Žuly	3,4	55-70	9,5-12	10-13
Čediče	1,7	35-55	12-19	13-20
Ruly	2,9	60-70	9,5-11	10-16

Tabulka 3: Tepelná vodivost hornin

Tepelné čerpadlo s hlubinnými vrty má velmi dobrý topný faktor, který se během roku téměř nemění. To je dáno tím, že čerpá teplo o poměrně vysoké a celoročně stálé teplotě (okolo 10 °C). Běžně se dosahuje hodnot topného faktoru 4-5. Vrty kladou minimální nároky na prostor a jsou proveditelné v podstatě v jakémkoli místě s vhodný podložím. Jsou však finančně nejnákladnějším řešením.

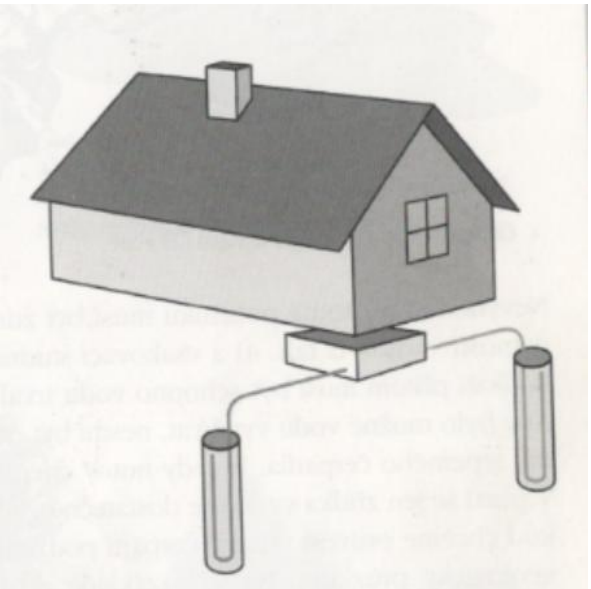
A.5.2 Podzemní voda

Nízkopotencionálním zdrojem tepla je přímo spodní voda. Ta se odebírá ze zdrojové (jímací) studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny, dostatečně vzdálené a pokud možno umístěné tak, aby podzemní vody proudily ve směru od vsakovací studny ke studni jímací. Průtokem ze vsakovací do jímací studny se voda v zemi opět ohřeje a nedochází ke ztrátám podzemní vody. Voda ochlazená se nesmí vracet zpět přímo do odběrové studny. Studna by se rychle vychladila a zdroj nízkopotencionálního tepla by se stal nedostatečným. Ve výjimečných případech je možné ji vypouštět do vodoteče.

Výhodou tohoto systému je nejvyšší průměrný roční topný faktor při nejnižších nákladech. To je dáno relativně vysokou teplotou spodní vody, která je v hloubkách větších než 10 m stálá během celého roku a pohybuje se v rozmezí 8-10 °C. V některých oblastech lze čerpat "termální" vodu s teplotami i 20 °C.

Nevýhodou je, že na pozemku musí být zdrojová studna s celoročně dostatečnou vydatností vody a vsakovací studna pro vracení ochlazené vody do podloží. Pro 1kW požadovaného výkonu je potřeba průtok přibližně 150 l/hod. Podloží přitom musí být schopno vodu trvale přijímat.

Aby bylo možné vodu využívat, nesmí být příliš mineralizovaná, aby nezanášela výměník tepelného čerpadla. Je tedy nutný chemický rozbor.



Obrázek 11: TČ voda/voda; voda je čerpána ze sací studny do tepelného čerpadla, kde se jí odebírá část tepla, a vrací se zpět do podloží vsakovací studnou.

V praxi se jen zřídka vyskytne dostatečně vydatný zdroj poblíž vytápěného objektu. Pokud chceme provést vrt pro čerpání podzemní vody, musíme provést odborný hydrologický průzkum. Na jeho základě dostaneme od vodoprávního úřadu povolení k provedení vrtu a povolení k čerpání a vypouštění podzemních vod. Lokality ležící v I. ochranném pásmu lázní a minerální vod mají absolutní zákaz provádět vrty a čerpat podzemní vody (např. Karlovy Vary). Vlastní vrt je podle zákona o vodách považován za vodní dílo, vydatnost vrtu je nutné ověřit dlouhodobou čerpací zkouškou.

Výkon odebíraný z vody (chladící výkon) [kW]	Tepelný výkon TČ s topným faktorem 3,0 [kW]	Tepelný výkon TČ s topným faktorem 4,0 [kW]	Průtok vody při ochlazení o 4 K		Průtok vody při ochlazení o 6 K	
			[l/min]	[m^3/hod]	[l/min]	[m^3/hod]
3,0	4,5	4,0	11,0	0,6	7,0	0,4
4,0	7,5	6,7	18,0	1,1	12,0	0,7
8,0	12,0	10,7	29,0	1,7	19,0	1,1
10,0	15,0	13,3	36,0	2,2	24,0	1,4

Tabulka 4: Potřebná vydatnost zdroje spodní vody

Je zřejmé, že přírodní podmínky omezují využití tohoto systému, pro někoho může být překážkou i administrativa spojená s prováděním vrtu a nakládáním s vodami. K problémům přispívá někdy i obava sousedů z toho, že dojde k ovlivnění hladiny spodní vody.

A.5.3 Povrchová voda

Povrchová voda se pro využití v tepelném čerpadle příliš nehodí, neboť její teplota je poměrně nízká; nezřídka zamrzá a obvykle je znečištěná.

Obrázek 12: TČ nemrznoucí kapalina/voda; výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje vodu ve vodním toku nebo v rybníku.

Bývá zdrojem pouze pro nestandardní čerpadla nebo řešení. Do dna vodoteče nebo vodní nádrže lze umístit kolektor, který by vodu ochlazoval. Povrchová voda by měla splňovat sejné požadavky jako voda podzemní (složení, čistota, teplota, množství). Problémem je nejen čistota, ale i teplota. Na tocích klesá teplota v zimních měsících i pod 4 °C, a tedy pod teplotu využitelnou běžnými typy tepelných čerpadel. U zdrojů s charakterem potoků je překážkou jak malý průtok, tak i zamrzání v zimních měsících. Ochlazení vody, především malých vodních toků, by mohlo vést k narušení biologické rovnováhy ve vodním režimu. Z ekologického důvodu se proto vyžaduje vytvoření zvláštního ramene toku pro tepelné čerpadlo. U stojatých vod přináší potíže jak přímý teplotní úbytek, tak i nepřímý proces míchání vody.

A.5.4 Půdní vrstva

Dalším možným způsobem je využití půdního kolektoru do hloubky 2 m. Pro využívání tepla země v této hloubce je rozhodující teplo naakumulované od přímého slunečního záření, přestupem tepla ze vzduchu a teplo pocházející ze srážek. Množství využitelného tepla, a tím i velikost potřebné plochy pro kolektor, je silně závislé na termofyzikálních vlastnostech půdy a klimatických podmínkách. Akumulační schopnost a tepelná vodivost jsou tím větší, čím je v půdě více vody a minerálů a méně vzduchových pórů.

Obrázek 13: TČ nemrznoucí kapalina/voda; výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje půdu v okolí půdního kolektoru.

Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyetylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do "hadovitého" výkopu. Jedná se o poměrně rozšířený systém, který má oproti hlubinným vrtům nižší pořizovací náklady za cenu mírně horšího průměrného ročního topného faktoru.

Teplota v zemině kolísá během roku podle průměrné venkovní teploty. Vlivem toho se topný faktor během roku mírně mění, nejhorší situace je koncem topné sezony, kdy už je půda vychlazená. [9]

Druh půdy	Měrný výkon získaný z půdy [W/m^2]	Plocha výměníků pro tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,0 [m^2/kW]	3,5 [m^2/kW]	4,0 [m^2/kW]
Suchá nezpevněná půda	10	66	71	75
Ulehlá vlhká půda	20-30	33-22	36-24	38-25
Vodou nasycené štěrky a písky	40	17	18	19

Tabulka 5: Měrný výkon půdy

Plošný půdní kolektor se umísťuje vedle objektu v hloubce 1,5-2 m, dostatečně daleko od základů, aby neohrozilo jejich promrznutí. Trubky půdního kolektoru z polyetylenu v nichž proudí nemrznoucí směs, se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,5 m od sebe (doporučuje se 1 m). Měrné výkony se při takovém uložení potrubí pohybují mezi 10-40 W/m^2. Potřebnou lochu pro uložení zemního kolektoru lze přibližně stanovit takto:

$$Q_{ch} = Q_{tč} - P_{tč} \text{ [W]},$$

$$P_k = \frac{Q_{ch}}{q_z} \text{ [m}^2\text{]},$$

kde je:

Qch - chladicí výkon tepelného čerpadla [W];

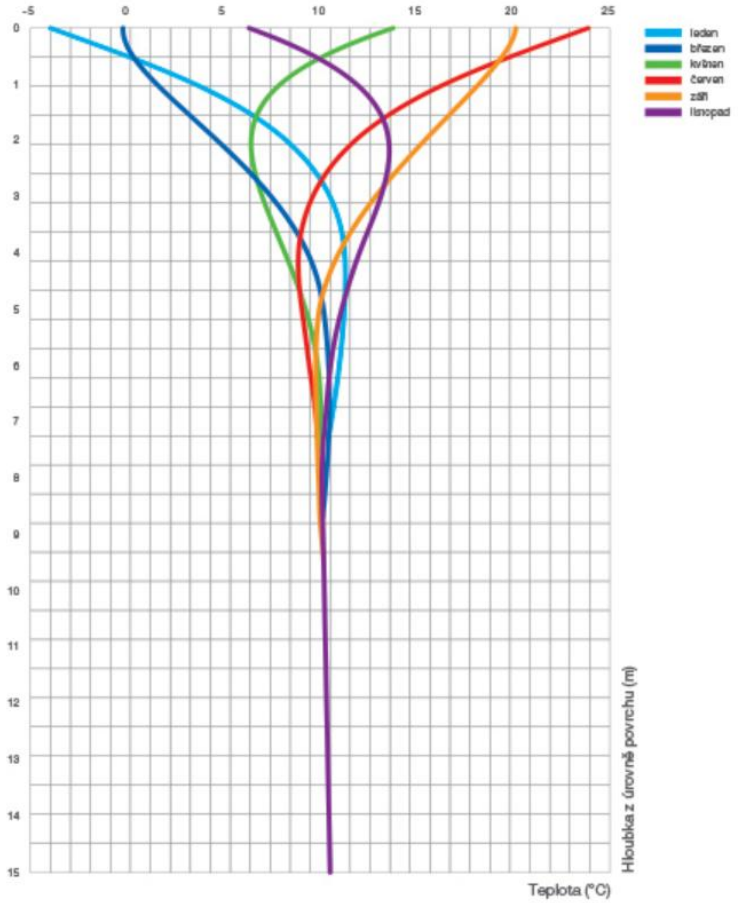
Qtč - topný výkon tepelného čerpadla [W];

Ptč - příkon tepelného čerpadla [W];

Pk - potřebná plocha pro uložení zemního kolektoru [m^2];

qz - měrné výkony jímání [W/m^2].

Je nutno stanovit potřebnou délku trubek a počet větví zemního kolektoru. Vzhledem k oběhovému čerpadlu je vhodné, aby maximální délka potrubí v jedné větvi zemního kolektoru nepřekročila cca 100 m.

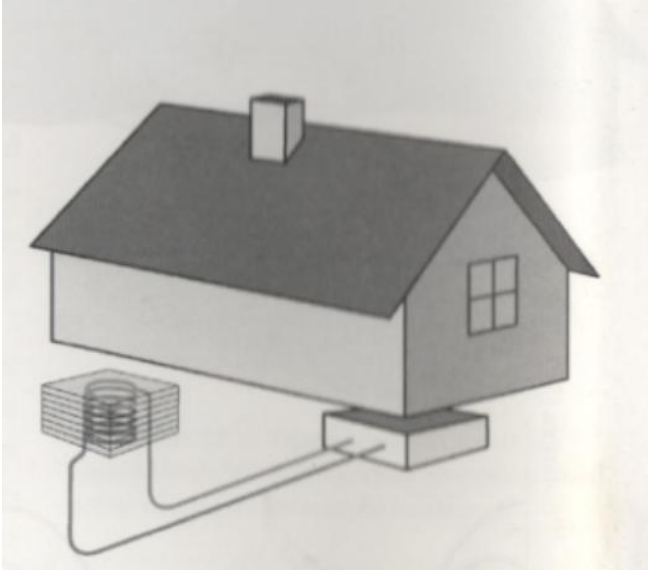


Obrázek 14: Roční průběh teplot v půdě [9]

Pro plochý kolektor je zapotřebí dostatečně velká volná plocha. Pokud tomu tak je, máme ideální nevyčerpatelný zdroj pro použití tepelného čerpadla. Jedinou omezující podmínkou je dostatečná velikost pozemku, na kterém již nebude v budoucnu plánována žádná výstavba.

A.5.5 Venkovní vzduch

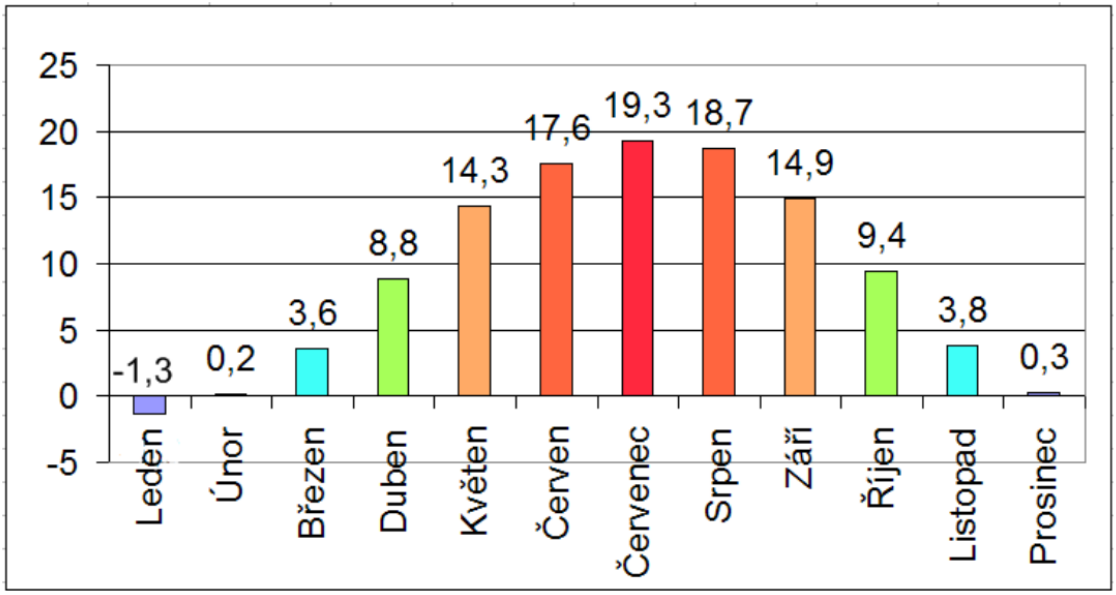
Nízkopotencionálním zdrojem tepla může být také okolní vzduch. Je to nejsnáze přístupný a neomezený zdroj. V poslední době se využívá intenzivněji, neboť tepelná čerpadla dosahují dobrých parametrů zejména v klimaticky mírnějším pásmu s menším počtem mrazových dnů. Protože nepotřebují vrty ani zemní kolektory, jsou pořizovací náklady nižší a instalace jednodušší.



Obrázek 15: TČ vzduch/voda; teplo z okolního vzduchu je zachyceno ve výměníku s ventilátorem umístěným vně budovy.

Tepelná čerpadla mají obvykle venkovní a vnitřní část. Venkovní vzduch je venkovní částí tepelného čerpadla nasáván ventilátorem a ochlazován. Průtok vzduchu činí řádově tisíce m^3/hod. Jsou i tepelná čerpadla, která nemají venkovní část, ale výměník pro ochlazování vzduchu je integrován uvnitř. Tepelné čerpadlo je pak umístěno v objektu, vzduch nasává a vypouští přes otvory ve stěně.

Obsah energie ve vzduchu silně závisí na jeho vlhkosti. Je-li vzduch chladný, je v něm i málo vody. Na rozdíl od ostatních látek (voda, horniny) není množství energie ve vzduchu přímo úměrné teplotě, ale klesá rychleji. Z toho vyplývá, že v době nejnižších venkovních teplot, kdy je potřeba tepla v objektu nejvyšší, pracuje tepelné čerpadlo s nejnižším topným faktorem a obvykle i s nižším výkonem. [10]



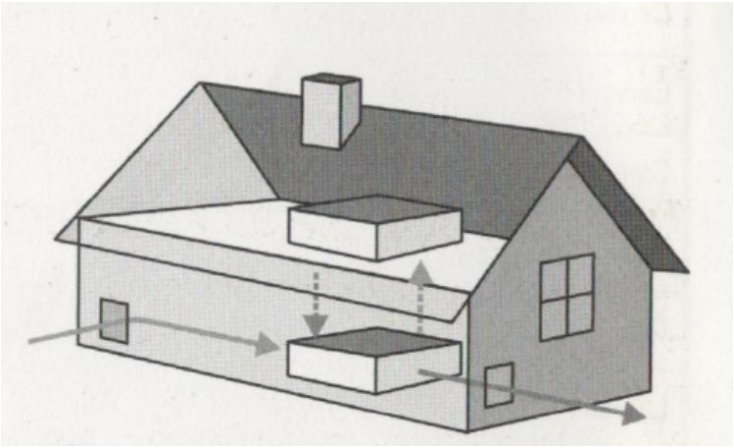
Obrázek 16: Průměrná teplota v ČR v jednotlivých měsících [10]

Současná vzduchová tepelná čerpadla jsou schopna pracovat až do teplot -12 až -15 °C, lze se setkat i se stroji schopnými ochlazovat vzduch i při venkovní teplotě -20 °C. Pro dny, kdy je venkovní teplota nižší, než je tepelné čerpadlo schopno zpracovat, je nutné vybavit systém vytápění dalším zdrojem, např. elektrokotlem.

A.5.6 Vnitřní vzduch

Pokud je dům vybaven nuceným větráním, lze teplý odváděný vzduch využít tepelným čerpadlem. Důvod je zřejmý - potřeba tepla na ohřev větracího vzduchu tvoří třetinu až polovinu celkové spotřeby tepla na vytápění.

Vnitřní vzduch má vždy relativně vysokou teplotu (18-24 °C). Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít.



Obrázek 17: TČ vzduch/voda; oproti předchozímu způsobu je výměník umístěn uvnitř budovy.

Teplo může být použito pro otopnou vodu ústředního topení, nebo výhodněji pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné.

Zásadní nevýhodou je, že větracího vzduchu je k dispozici jen omezené množství, takže bývá potřeba dalšího zdroje tepla.

A.6 PRACOVNÍ ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ TČ

A.6.1 Monovalentní provoz

Tepelné čerpadlo je jediným zdrojem tepla v objektu. Tento způsob vyžaduje nízkoteplotní otopnou soustavu.

Monovalentní provoz tepelného čerpadla vyžaduje vysoké nároky na zdroj nízkopotenciálního tepla. Výkon tepelného čerpadla se navrhuje na tepelnou ztrátu při venkovní výpočtové teplotě zvětšený o:

- výkon potřebný pro odtávání námrazy,
- tepelné ztráty do okolí,
- výkonový přírůstek pro pokrytí doby, kdy čerpadlo nepracuje (vysoký tarif elektrické energie),
- případný výkon potřebný pro ohřev TV.

Pořizovací náklady tepelného čerpadla navrženého v monovalentním provozu jsou velmi vysoké a maximální navržený výkon je využit velmi zřídka. Takto navržené zařízení nepracuje v optimálním režimu a dochází k častým startům a odstávkám.

U moderních, dobře izolovaných rodinných domů se tepelná ztráta pohybuje do 10 kW. Zvýšení investičních nákladů už není tak výrazné. Výhodou je to, že systém nemusí spolupracovat s dalším zdrojem. Úspora za elektrokotel je zanedbatelná. Mírné předimenzování zdroje není na závadu, naopak zvyšuje jeho spolehlivost.

Monovalentní provoz tepelného čerpadla není pochopitelně možný u tepelného čerpadla typu vzduch/voda (resp. vzduch/vzduch), pokud pracuje třeba jen do venkovní teploty -12 °C a dům stojí v oblasti, kde je několik dní v roce průměrná venkovní teplota -15 °C nebo méně.

A.6.2 Monoenergetický provoz

Tepelné čerpadlo pracuje běžným způsobem až do určité venkovní teploty, kdy již jeho výkon nestačí a sepne se přídavný elektrický ohřev. Použitelný je pro nízkoteplotní otopnou soustavu. [11]

A.6.3 Bivalentní provoz

Potřeba výkonu pro vytápění se během roku mění. Dimenzovat tepelné čerpadlo pro maximální výkon je obvykle neekonomické, protože je nutno pořídit nejen dražší tepelné čerpadlo, ale zejména nízkoteplotní zdroj (např. vrty). Větší tepelné čerpadlo a delší vrty či větší zemní kolektor výrazně zvyšují pořizovací náklady.

Proto se systém doplňuje dalším zdrojem tepla, obvykle elektrokotlem. Do určité venkovní teploty je využíváno pouze tepelné čerpadlo, a když už je jeho výkon nedostačující, zapojí se bivalentní zdroj. Tento zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku tepelného čerpadla. Některá TČ už mají elektrokotel vestavěný. Jako bivalentní a záložní zdroj mohou ovšem sloužit i interiérová kamna či krb, které nejsou napojeny na tepelnou soustavu.

V praxi z těchto důvodů většina systémů pracuje v tzv. bivalentním provozu, kdy po určitou dobu (např. v mrazových dnech) běží kromě tepelného čerpadla druhý zdroj tepla. Instalovaný tepelný výkon tepelného čerpadla je v tomto provozu nižší, než je maximální potřebný (obvykle 50-80 %). U správně navrženého systému dodává náhradní zdroj pouze 5-10 % celkové roční spotřeby tepla.

A.6.3.1 Stanovení bodu bivalence

Při určité venkovní teplotě nastane stav, kdy se výkon tepelného čerpadla rovná aktuální tepelné ztrátě objektu. Tuto teplotu nazýváme bodem bivalence. Pokud venkovní teplota stále klesá, tepelná ztráta objektu se zvětšuje a deficit doplňuje bivalentní zdroj tepla.

V případě, že je navržen malý výkon tepelného čerpadla vzhledem k celkové potřebě tepla, nastane bod bivalence při vyšší venkovní teplotě. Vhodně zvolený výkon tepelného čerpadla dokáže posunout teplotu bivalence do nižších teplot a snížit tak dobu provozu bivalentního zdroje.

Pro každý konkrétní objekt je teplota bivalence dána tepelnou ztrátou objektu, druhem otopné plochy, výkonem tepelného čerpadla a teplotou, na kterou je tento zdroj schopen topnou látku ohřát. Zkušenostmi je ověřeno, že bod bivalence pro tepelné čerpadlo vzduch-voda se pohybuje v rozmezí teplot -7 až -10 °C.

Bod bivalence lze určit z průsečíku křivek výkonu tepelného čerpadla a průběhu tepelné ztráty v závislosti na venkovní teplotě.

A.6.3.2 Typy bivalentního provozu

Podle způsobu průběhu využití nízkopotenciálního tepla tepelným čerpadlem se rozlišují tři druhy provozu tepelného čerpadla a bivalentního zdroje energie.

- *Alternativně – bivalentní provoz*

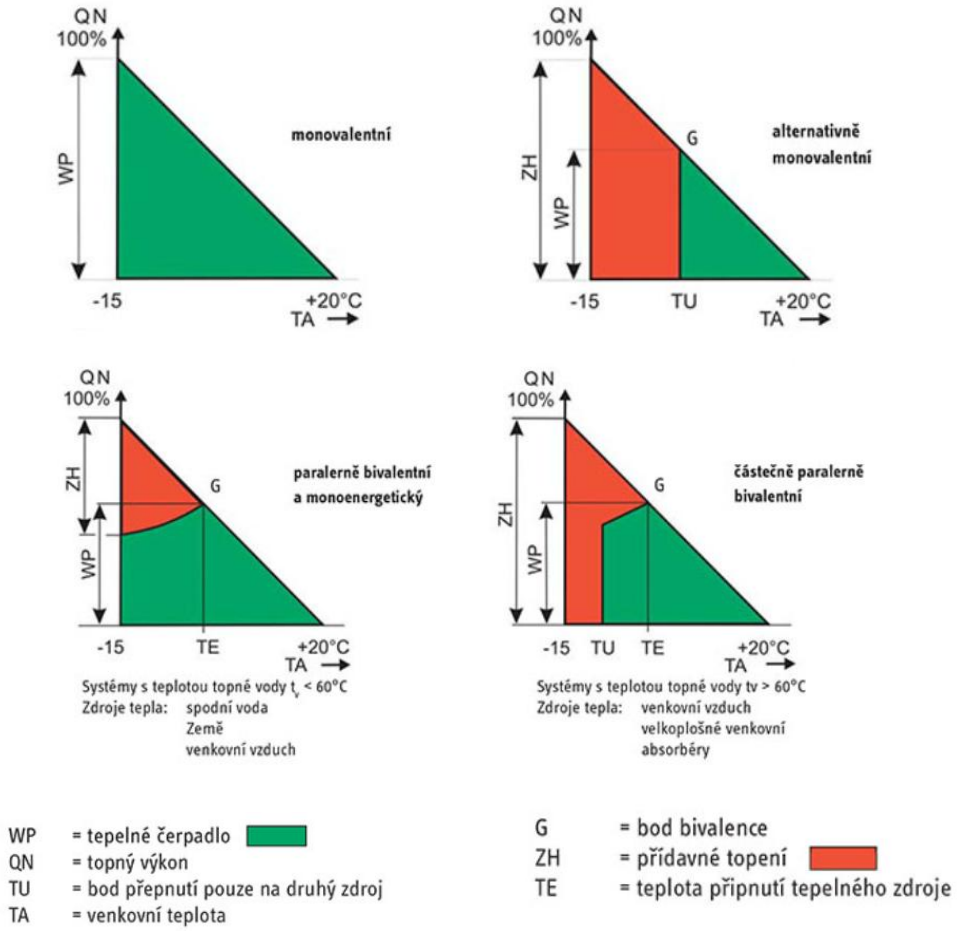
Do doby, než venkovní teplota dosáhne teploty bivalence, je využíváno jen tepelné čerpadlo. Při teplotách nižších pracuje jen záložní zdroj. Záložní zdroj musí pokrýt potřebu tepla při nejnižších teplotách. [11]

- *Paralelně - bivalentní provoz*

Tepelné čerpadlo pracuje celou topnou sezónu. V okamžiku, kdy venku klesne teplota tak, že výkon tepelného čerpadla již nestačí k pokrytí tepelné ztráty, zapojí se bivalentní zdroj energie. Oba dva zdroje jsou v provozu současně. Okamžik aktivace bivalentního zdroje a dodávaný výkon řídí regulace tepelného čerpadla. [11]

- *Částečně paralelně - bivalentní provoz*

Tepelné čerpadlo je odstaveno při nejnižších teplotách, kdy pracuje záložní zdroj. Před odstavením tepelného čerpadla pracují oba zdroje současně. [11]



Obrázek 18: Pracovní způsoby vytápění TČ [11]

A.7 EKVITERMNÍ REGULACE

Úkolem ekvitermní regulace je zajistit, aby ve vytápěném objektu byla požadovaná teplota, nezávisle na venkovních podmínkách. Jakmile se venkovní teplota snižuje, ekvitermní regulace zvyšuje teplotu topné vody tak, aby pokryla zvyšující se tepelné ztráty domu.

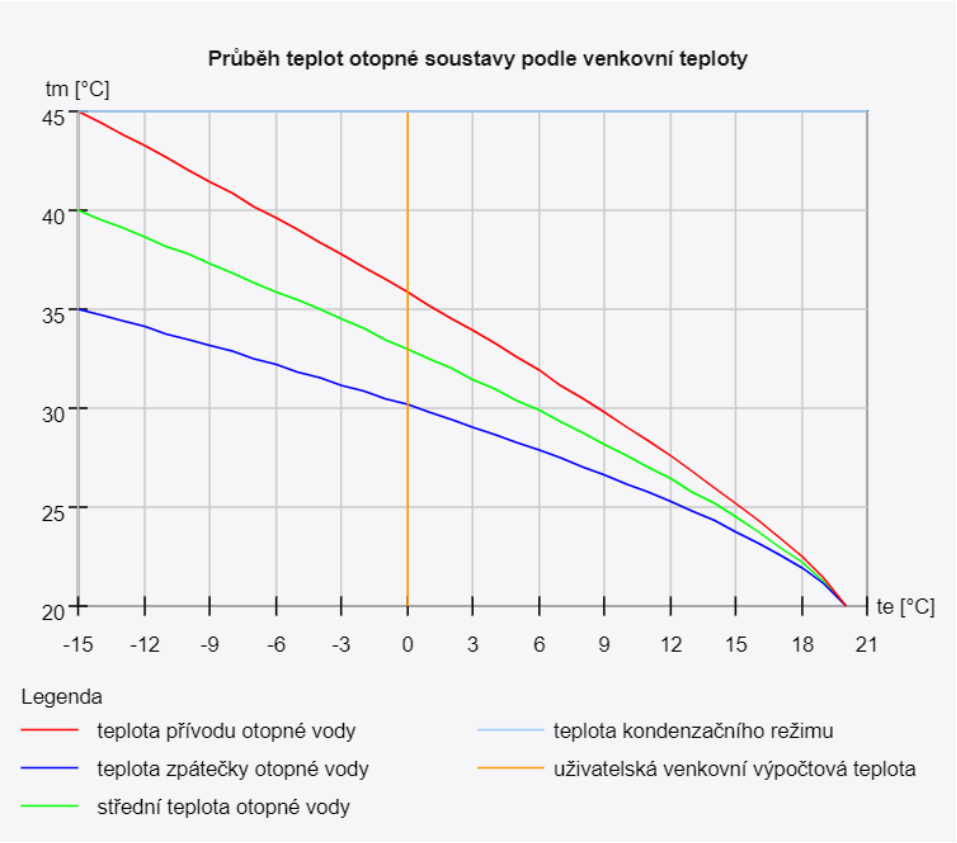
U tepelných čerpadel je ekvitermní regulace velmi důležitá, protože jejím úkolem je nejen zajistit tepelnou pohodu, ale i co nejúspornější provoz. Čím je nižší teplota topné vody, tím je provoz tepelného čerpadla levnější.

Ekvitermní regulace teploty v místnosti spočívá v nastavení teploty topné vody (regulací zdroje tepla) na základě venkovní teploty. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané topné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti a teplota místnosti tak zůstala konstantní. Pro danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek (také "topné křivky"), které popisují vzájemnou závislost teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. Na základě požadované teploty místnosti lze zvolit určitou křivku a podle venkovní teploty regulovat teplotu topné vody.

Do výpočtu vstupuje vnitřní výpočtová teplota, minimální venkovní výpočtová teplota, maximální teplota přívodu otopné vody, maximální teplota zpátečky otopné vody, teplotní exponent soustavy, teplota kondenzačního režimu a uživatelská venkovní výpočtová teplota. [12]

Vnitřní výpočtová teplota	t_i=	20	°C
Minimální venkovní výpočtová teplota	$t_{e,min}$=	-15	°C
Maximální teplota přívodu otopné vody	$t_{w1,max}$=	45	°C
Maximální teplota zpátečky otopné vody	$t_{w2,max}$=	35	°C
Teplotní exponent soustavy	n =	1.3	???
Teplota kondenzačního režimu	t_k=	45	°C
Uživatelská venkovní výpočtová teplota	$t_{e,user}$=	0	°C

Tabulka průběhu teplot [°C]											$t_{e,user}$
t_e	-15	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	20	0
t_{w1}	45	43.2	41.4	39.6	37.8	35.9	33.9	31.9	29.8	20	35.9
t_{w2}	35	34.1	33.2	32.2	31.2	30.1	29	27.9	26.6	20	30.1
t_m	40	38.7	37.3	35.9	34.5	33	31.5	29.9	28.2	20	33
Δt	10	9.1	8.3	7.4	6.6	5.7	4.9	4	3.1	0	5.7



Obrázek 19: Ekvitermní regulace [12]

Ekvitermní regulace může být doplněna čidlem vnitřní teploty, které zpřesní regulaci teploty topné vody. Vnitřní čidlo dokáže korigovat vnější i vnitřní tepelné zisky (sluneční záření, hořící krb, větší počet lidí atd.), které samotná ekvitermní regulace není schopná plně zohlednit.

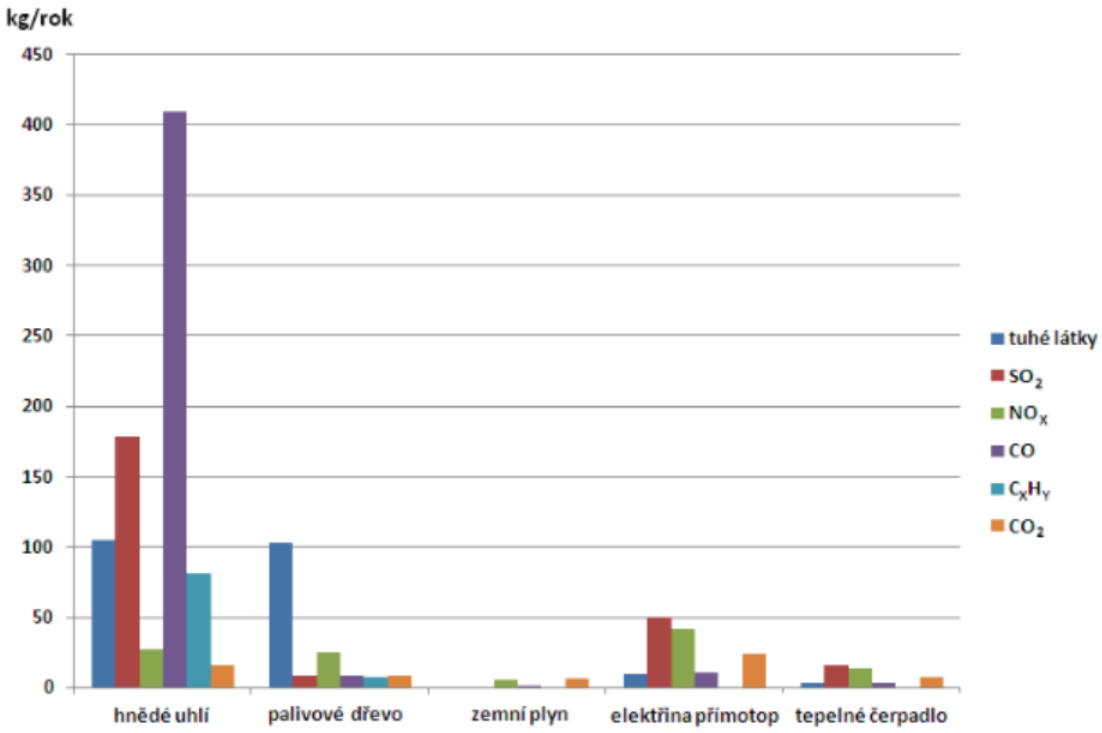
A.8 EKOLOGIE PROVOZU TEPELNÉHO ČERPADLA

A.8.1 Emise z výroby energie

Pokud porovnáme spotřebu primární energie (energie uvolněná spalováním uhlí) pro vytápění elektrickou energií vyrobenou v tepelné elektrárně se spotřebou kotle v rodinném domě, lze dokázat, že tepelné čerpadlo poháněné elektrickou energií snižuje spotřebu primární energie již od průměrného ročního topného faktoru 2,2. Je to dáno tím, že pokud v elektrárně spálíme uhlí, vzniklou tepelnou energii přeměníme na elektrickou, tu přivedeme do domácnosti a opět přeměníme na teplo určené k vytápění, bude takto získané teplo tvořit asi 27 % tepla uvolněného při spálení uhlí. Při použití kotle na uhlí přímo v domě je využití uvolněné energie asi 60 %. Jinak řečeno, spálíme-li uhlí v kotli na uhlí s účinností 60 %, získáme stejné množství tepla, které by dodalo tepelné čerpadlo s topným faktorem 2,2 poháněné elektrickou energií vyrobenou v elektrárně ze stejného množství uhlí. Porovnání vy-

pouštěných emisí bude pro tepelné čerpadlo ještě příznivější, neboť elektrárny jsou vybaveny odsiřovacími a odprašovacími jednotkami. [13]

Uvedené informace platí pro případ, kdy je elektřina pro tepelné čerpadlo vyrobena v uhelných elektrárnách. Ve skutečnosti se elektřina vyrábí i z jiných zdrojů – především v jaderných elektrárnách, elektrárnách na zemní plyn a část také z obnovitelných zdrojů.



Obrázek 20: Emise produkované při dodávce energie 90 GJ [13]

Stanovit skutečné emise připadající na elektřinu pro provoz tepelného čerpadla není jednoduché, ale je důležité si uvědomit, že i tepelné čerpadlo se podílí na těžbě uhlí a produkci emisí, i když méně výrazně.

A.8.2 Vliv na ozónovou vrstvu

Pracovní látkou (chladivem) ve většině tepelných čerpadel jsou freony. Ty lze rozdělit na tzv. tvrdé a měkké:

1. Tvrdé freony (CFC) velmi účinně ničí ozónovou vrstvu. Tvrdé freony se v ČR vyskytují prakticky jen ve starých tepelných čerpadlech a chladicích zařízeních. Zde je důležité, aby freony neunikaly při opravách nebo likvidaci zařízení. V moderních zařízeních se s nimi nesetkáme, jejich dovoz je zakázán.

2. Měkké freony můžeme rozdělit na dvě skupiny. První (HCFC) poškozuje ozónovou vrstvu také, ale mnohem méně – asi o 95 % ve srovnání s tvrdými freony. Druhá

(HFC) je pro ozón zcela neškodná, patří však, stejně jako všechny freony mezi skleníkové plyny.

I když je v tepelném čerpadle pro rodinný dům obsah chladiva poměrně malý, je vždy potřeba dbát při opravách a likvidaci na to, aby chladivo neuniklo do atmosféry. Servisní firmy proto freony odsávají speciálním zařízením a předávají k likvidaci nebo recyklaci.

A.9 NÁKLADY NA ENERGII

Tak jako ostatní elektrická vytápění umožňuje tepelné čerpadlo využívat výhody nízkého tarifu. V sazbě pro tepelná čerpadla má spotřebitel k dispozici levnější proud po dobu 22 hodin denně. To znamená, že většina spotřeby elektřiny domácnosti připadá na dobu nízkého tarifu (NT).

U ostatních elektrických vytápění je doba nízkého tarifu kratší. Tím roste i podíl ostatní spotřeby v domě, která bude placena za vyšší ceny. Pokud je dům vytápěn jinak než elektřinou, je veškerá sazba pouze ve vysokém tarifu (VT). Spotřeba běžné domácnosti je od 3 do 5 tisíc kWh ročně. Rozdíl v nákladech je značný, jak je vidět z tabulky. [14]

Sazba D 56d - 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

		E.ON	PRE	ČEZ
cena 1 MWh v Kč	vysoký tarif	3613,45	2976,01	2790,14
	nízký tarif	2805,77	2540,15	2507,98

Obrázek 21: Tarify pro tepelná čerpadla (rok 2019) [14]

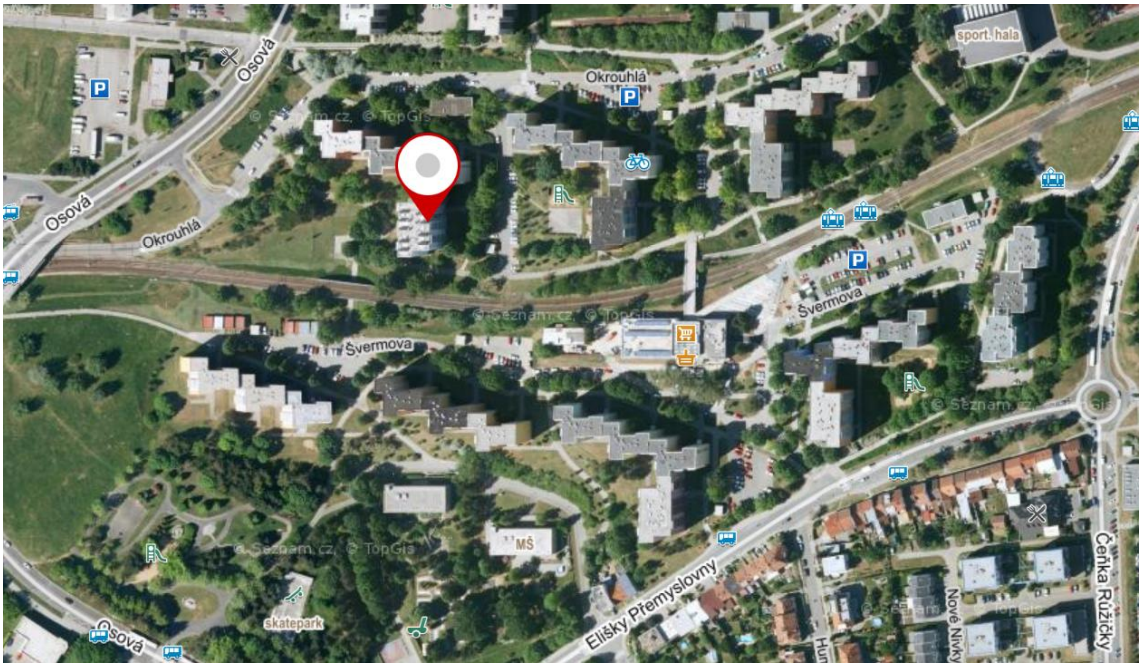
Další finanční výhodou při zřizování tepelného čerpadla je možnost získání dotace. Státní fond životního prostředí poskytuje dotace na tepelná čerpadla z programu Zelená úsporám. Dotaci lze získat jak na náhradu neekologického zdroje tepelným čerpadlem, tak na instalaci tepelného čerpadla do novostavby. Žadatel o dotaci může žádat předem i po instalaci. Podmínkou je, že tepelné čerpadlo musí být zapsáno na Seznamu výrobků a technologií a musí ho namontovat firma ze seznamu odborných dodavatelů. Výše dotace závisí na typu tepelného čerpadla a může dosahovat výše až 75 tis. Kč. Dotační programy pro obnovitelné zdroje často zřizují i kraje, obce a města.

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

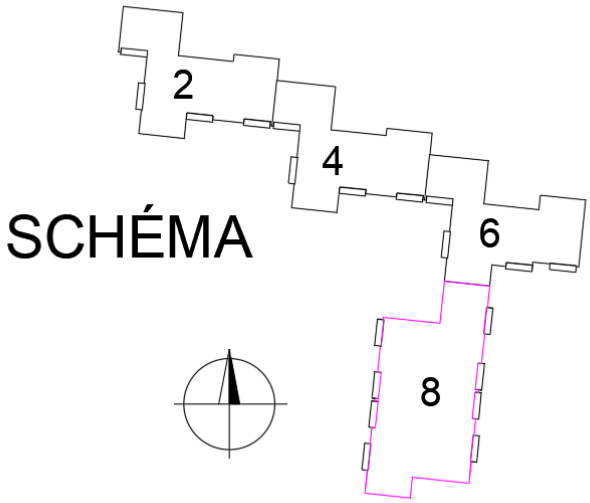
B.1 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ A TEPELNĚ-TECHNICKÉ VLASTNOSTI OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ BUDOVY

B.1.1 Charakteristika objektu

Jedná se o bytový dům situovaný v katastrálním území Bohunice v Brně. Pozemek je veden jako zastavěná plocha a jeho majitelem je Statutární město Brno. Objekt je součástí souboru čtyř bytových domů, přičemž řešená budova je umístěna jako krajní jednotka a jednou stranou obvodové stěny přiléhá k sousední budově. V okolí se převážně nacházejí stejné typové bloky bytových domů. [15]



Obrázek 22: Letecký pohled na umístění řešené budovy [15]



Obrázek 23: Schéma bloku bytových domů [15]

Objekt má celkem osm nadzemních podlaží a jedno podlaží podzemní. Půdorysné rozměry jsou 37,5 x 17,2 m. Celková výška objektu je 24 m. Jednotlivá podlaží jsou identická (kromě prvního nadzemního podlaží se vstupem) a v každém se nachází 8 bytových jednotek:
4 x 1+KK, 4 x 3+1. Celkem tedy budova zahrnuje 63 bytových jednotek. Každé patro je také symetrické, rozděleno na dvě části a vzájemně propojeno chodbou se schodištěm. Podzemní podlaží slouží jako prostory sklepních kójí, technických místností, kolárny a sušárny.

Budova je postavena jako panelový dům. Veškeré svislé konstrukce jsou tvořeny betonovými panely - nosné stěny o tl. 270 mm a příčky 150 mm. Obvodové zdivo není zatepleno. Stropní konstrukce jsou taktéž železobetonové s tl. v rozmezí 150-210 mm. Střecha je řešena jako plochá, jednoplášťová a je po rekonstrukci. Spádová vrstva je tvořena betonem s minimální tl. 50 mm a zateplena tepelnou izolací tl. 240 mm. Povrchovou vrstvu představuje souvrství hydroizolace.

Vytápění objektu je řešeno pomocí dvou plynových kotlů s celkovým instalovaným výkonem 140 kW, které zajišťují i přípravu teplé vody ve dvou zásobníkových ohřívačích o celkovém objemu 3 500 l. Větrání je přirozené, pouze v hygienických místnostech se využívají malé ventilátory s nuceným odtahem. Na osvětlení jsou použity obyčejné žárovky.

Návrhové teploty		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Venkovní návrhová teplota v zimním období v místě stavby	[°C]	-15
Převažující vnitřní návrhová teplota v budově v topném období	[°C]	20

Tabulka 6: Návrhové teploty

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Objem budovy V	[m^3]	11941,8
Celková plocha obálky budovy A	[m^2]	3505,5
Objemový faktor budovy A/V	[m^2/m^3]	0,29
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_c	[m^2]	4276,2

Tabulka 7: Geometrické charakteristiky budovy

B.1.2 Rozdělení objektu do zón

Zónování budovy je tzn. geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části, které se vyznačují specifiky ovlivňující výslednou výši potřeby a spotřeby energie. Bytový dům je rozdělen do tří zón. Jedná se o zónu vytápěnou, zónu temperovanou a zónu nevytápěnou. Pro každou zónu je předdefinovaný profil užívání.

Systémový hranice zón je vedena po vnějším povrchu konstrukcí. Pro stanovení horizontálních rozměrů mezi vnitřními zónami v podobě zóny s upravovaným vnitřním prostředím a temperovanou zónou bude použit vnější rozměr směrem k temperované zóně. Pro stanovení vertikálního rozměru zóny platí horní hrana konstrukce stropu.

- **Zóna 1 - Obytné prostory**

Zahrnuje všech 63 bytových jednotek. Zóna je vytápěna, částečně větrána přirozeně a částečně nuceně pomocí odtahových ventilátorů v hygienických místnostech. Převažující návrhová vnitřní teplota zóny je 20 °C. Čistá podlahová plocha činí 3451,16 m^2, objem vzduchu je 9052,78 m^3.

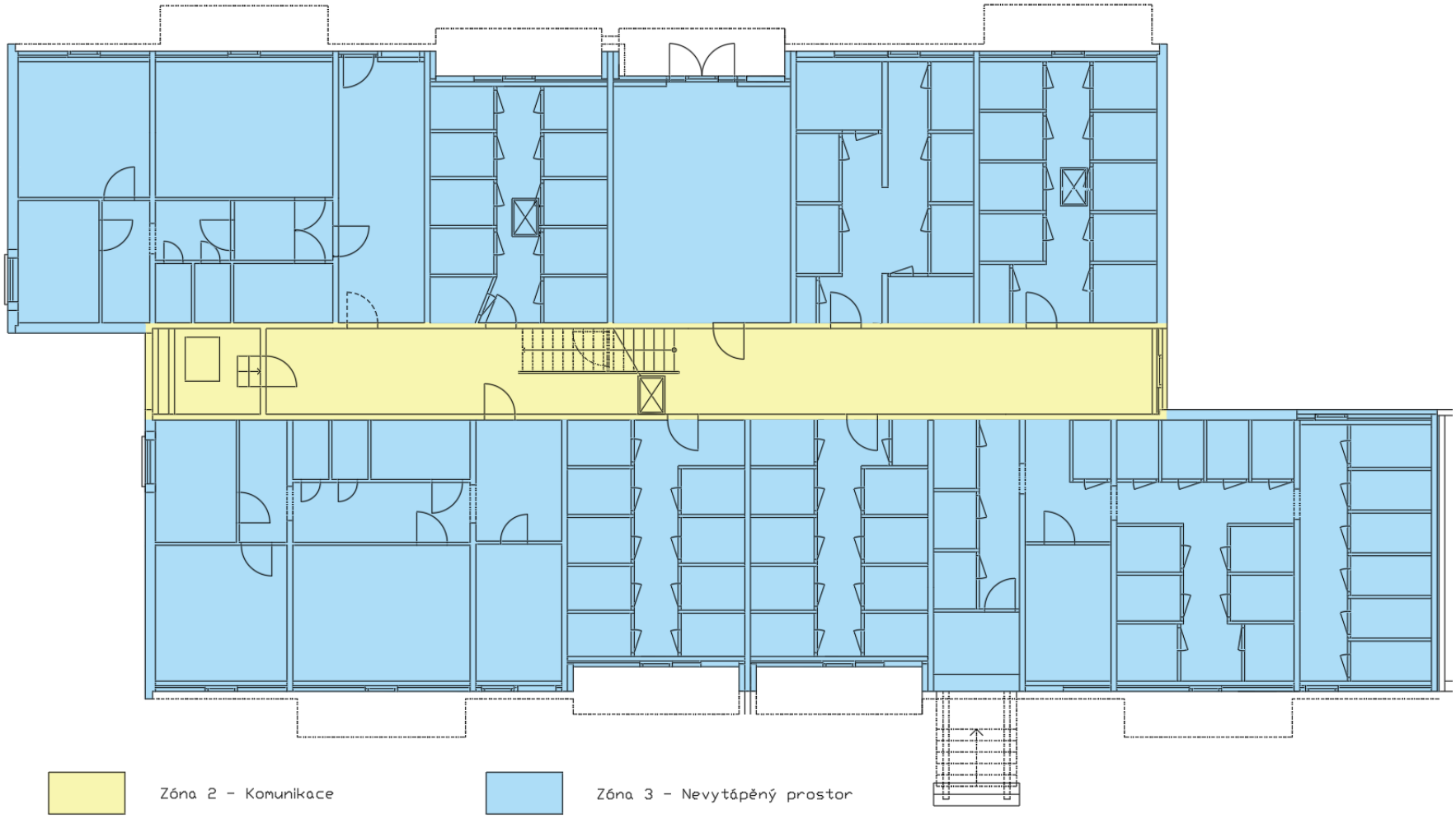
- **Zóna 2 - Komunikace**

Tato zóna prostupuje všemi podlažími. Zaujímá prostory chodeb a schodiště. Je přirozeně větrána a vytápěna na návrhovou vnitřní teplotu 16 °C. Čistá podlahová plocha činí 547,76 m^2, objem vzduchu je 1518,21 m^3.

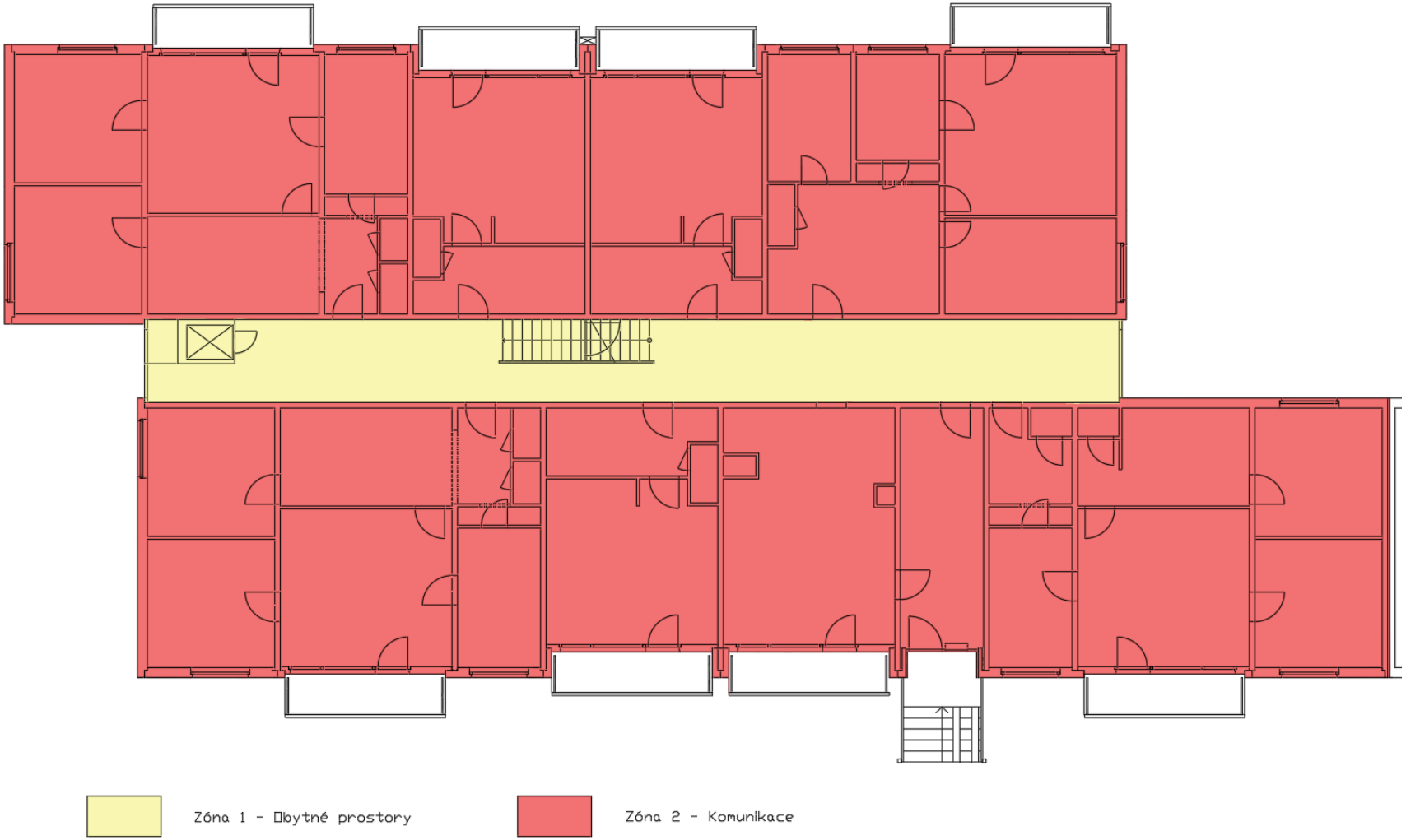
- **Zóna 3 - Nevytápěný prostor**

V této zóně se nachází ostatní místnosti. Jedná se o prostory suterénu, pro které není stanovena návrhová vnitřní teplota. Zóna je přirozeně větraná a není vytápěna.

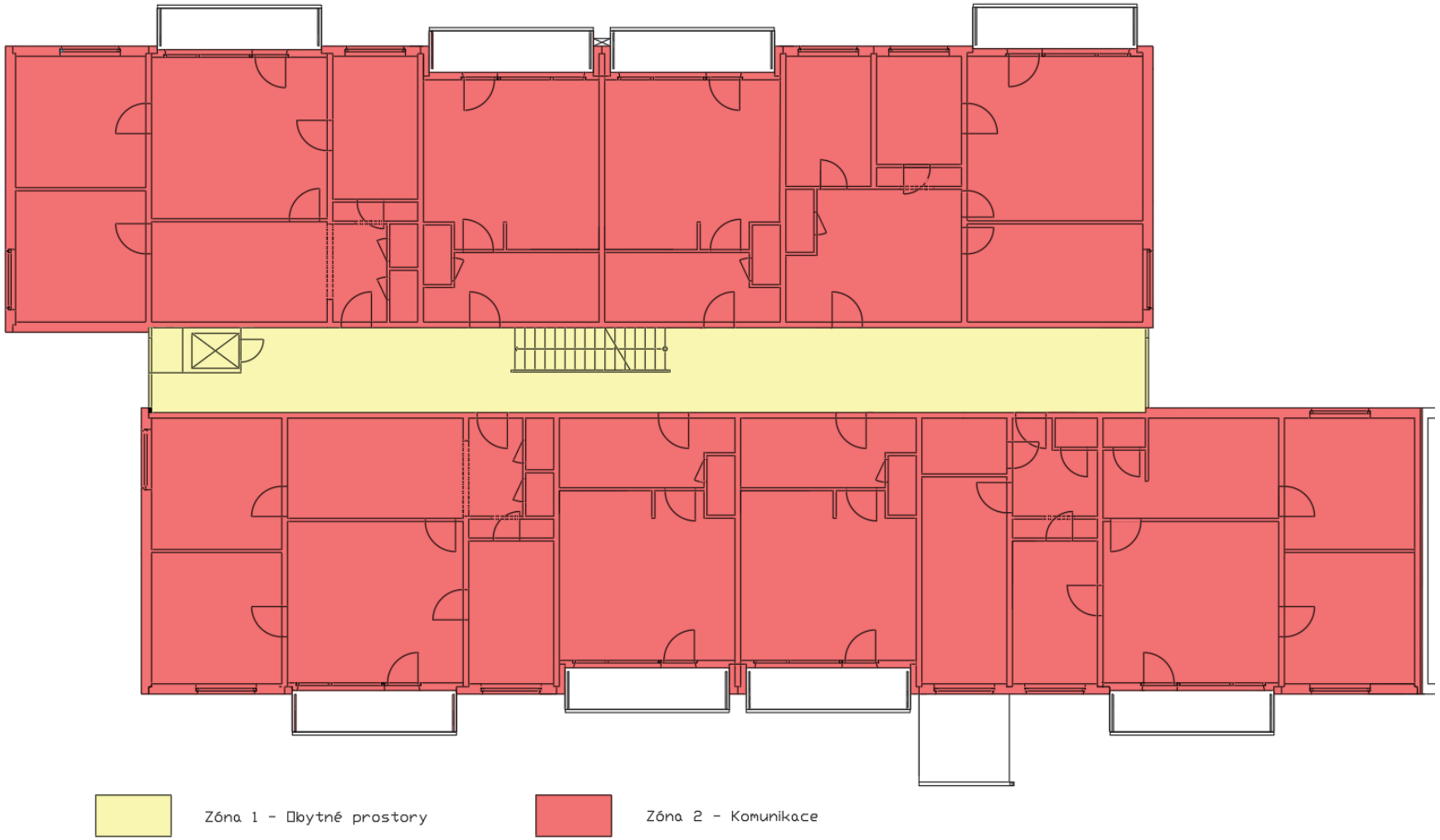
1. PP



1. NP



2. – 8. NP



B.1.3 Součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - výchozí stav

Skladby jednotlivých konstrukcí a jejich součinitelé prostupu tepla jsou uvedeny v následujících tabulkách. Plochá jednoplášťová střecha řešeného objektu (označení STR-7) je již po rekonstrukci.

SVISLÉ KONSTRUKCE

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely)

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-1	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,04	1,463	**0,684**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				
	5	Vnější omítka	0,005	0,750	0,007				

Tabulka 8: Skladba obvodové stěny - výchozí stav

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna nevytápěného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-2	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,04	1,463	**0,684**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				
	5	Vnější omítka	0,005	0,750	0,007				

Tabulka 9: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru - výchozí stav

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna nevytápěného prostoru přilehlá k zemině

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN(z)-3	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0	1,416	**0,706**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				

Tabulka 10: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru přilehlé k zemině - výchozí stav

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna schodiště

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-4	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,04	0,256	**3,913**
	2	Betonová vrstva	0,075	1,230	0,061				
	3	Vnější omítka	0,005	0,750	0,007				

Tabulka 11: Skladba obvodové stěny schodiště - výchozí stav

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna schodiště přilehlá k zemině

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN(z)-5	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0	1,416	**0,706**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				

Tabulka 12: Skladba obvodové stěny schodiště přilehlé k zemině - výchozí stav

Stěna vnitřní nosná (sendvičové betonové panely) - stěna z temperovaného do nevytápěného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-11	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025	0,13	0,13	0,431	**2,319**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025				

Tabulka 13: Skladba vnitřní nosné stěny z temperovaného do nevytápěného prostoru- výchozí stav

Stěna vnitřní nosná (sendvičové betonové panely) - stěna přilehlá k sousedními budově

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-9	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025	0,13	0,13	1,462	**0,684**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,050	0,055	0,909				
	4	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	5	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025				

Tabulka 14: Skladba vnitřní nosné stěny přilehlé k sousední budově - výchozí stav

Stěna vnitřní nosná (sendvičové betonové panely) - z vytápěného do temperovaného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-10	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025	0,13	0,13	0,431	**2,319**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025				

Tabulka 15: Skladba vnitřní nosné stěny z vytápěného do temperovaného prostoru - výchozí stav

VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Střecha (plochá jednoplášťová) - po rekonstrukci

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STR-7	1	Hydroizolace	0,004	0,160	0,025	0,10	0,04	8,120	**0,123**
	2	Podkladní betonová mazanina	0,050	1,230	0,041				
	3	Pomocná hydroizolace	0,002	0,210	0,010				
	4	Tepelná izolace Isover EPS Grey	0,240	0,031	7,742				
	5	Parozábrana	0,001	0,350	0,003				
	6	Spádový beton	0,050	1,23	0,041				
	7	ŽB stropní konstrukce	0,150	1,58	0,095				
	8	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025				

Tabulka 16: Skladba střešní konstrukce - výchozí stav

Stop nad 1PP - z vytápěného do nevytápěného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
PDL-8	1	Keramická/Teracová dlažba	0,007	1,010	0,007	0,17	0,17	1,224	**0,817**
	2	Cementové lepidlo	0,008	-	-				
	3	Cementový potěr	0,030	1,160	0,026				
	4	Separační PE folie	0	0,21	0,005				
	5	Tepelná izolace	0,040	0,055	0,727				
	6	ŽB stropní konstrukce	0,150	1,58	0,095				
	7	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025				

Tabulka 17: Skladba stropní konstrukce - výchozí stav

Stop nad instalačním prostorem (uvažuji jako podlahu na zemině)

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
PDL(z)-6	1	Keramická/Teracová dlažba	0,007	1,010	0,007	0,17	0,00	1,054	**0,948**
	2	Cementové lepidlo	0,008	-	-				
	3	Cementový potěr	0,030	1,160	0,026				
	4	Separační PE folie	0	0,21	0,005				
	5	Tepelná izolace	0,040	0,055	0,727				
	6	ŽB stropní konstrukce	0,150	1,58	0,095				
	7	Vnitřní vápenocementová omítka	0,02	0,610	0,025				

Tabulka 18: Skladba stropní konstrukce na zemině - výchozí stav

VÝPLNĚ OTVORŮ

Označení	Název	Rozměr [m]	U_w [W/m²·K]
VYP-12 - VYP-15	Okno 1	1,6 x 1,6	1,7
VYP-13 - VYP-17	Okno 2	2,6 x 2,0	1,7
VYP-18 - VYP-19	Okno 3	3,25 x 2,2	1,7
VYP-20	Vstupní dveře	2,8 x 2,4	1,8
VYP-21 - VYP-23	Okno 4	1,0 x 0,45	1,7
VYP-24	Okno 5	1,15 x 1,15	1,7
VYP-25	Dveře zadní 1	2,05 x 2,0	1,8
VYP-26	Dveře zadní 2	2,07 x 1,0	1,8

Tabulka 19: Výplně otvorů - výchozí stav

B.1.4 Tepelně-technické posouzení výchozího stavu

Porovnání vypočteného součinitele prostupu tepla s požadovanými, doporučenými hodnotami a doporučenými hodnotami pro pasivní domy.

Typ konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/m²·K]				Posouzení
Označení	Název	Vypočtené hodnoty U	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$	
STN-1	Obvodová stěna	0,684	0,30	0,25	0,18 - 0,12	NEVYHOVUJE
STN-2	Obvodová stěna - stěna nevytápěného prostoru	0,684	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
SN(z)-3	Obvodová stěna - stěna nevytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,706	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
STN-4	Obvodová stěna - stěna schodiště	3,913	0,75	0,50	0,38 - 0,25	NEVYHOVUJE
STN(z)-5	Obvodová stěna - stěna schodiště přilehlá k zemině	0,706	0,85	0,60	0,45 - 0,30	VYHOVUJE
STN-9	Stěna vnitřní nosná - stěna přilehlá k sousední budově	0,684	1,05	0,70	0,50	VYHOVUJE
STN-10	Stěna vnitřní nosní - stěna z vytápěného do temperovaného prostoru	2,319	0,75	0,50	0,38 - 0,25	NEVYHOVUJE
STN-11	Stěna vnitřní nosná - stěna z temperovaného do nevytápěného prostoru	2,319	1,30	0,90	-	NEVYHOVUJE
STR-7	Střešní konstrukce	0,123	0,24	0,16	0,15 - 0,10	VYHOVUJE
PDL-8	Stropní konstrukce nad 1.PP - strop z vytápěného do nevytápěného prostoru	0,817	0,60	0,40	0,30 - 0,20	NEVYHOVUJE
PDL(z)-6	Stropní konstrukce nad instalačním prostorem - z temperovaného prostoru	0,948	0,85	0,60	0,45 - 0,30	NEVYHOVUJE
PDL(z)-6	Stropní konstrukce nad instalačním prostorem - z nevytápěného prostoru	0,948	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
VYP-12 - VYP-15	Okno 1 - z vytápěného prostoru	1,7	1,50	1,20	0,8 - 0,6	NEVYHOVUJE
VYP-13 - VYP-17	Okno 2 - z temperovaného prostoru	1,7	3,50	2,30	1,70	VYHOVUJE
VYP-18 - VYP-19	Okno 3 - z vytápěného prostoru	1,7	1,50	1,20	0,8 - 0,6	NEVYHOVUJE
VYP-20	Vstupní dveře - z temperovaného prostoru	1,8	3,50	2,30	1,70	VYHOVUJE
VYP-21 - VYP-23	Okno 4 - z temperovaného prostoru	1,7	3,50	2,30	1,70	VYHOVUJE
VYP-24	Okno 5 - z nevytápěného prostoru	1,7	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
VYP-25	Dveře zadní 1 - z nevytápěného prostoru	1,8	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
VYP-26	Dveře zadní 2 - z nevytápěného prostoru	1,8	-	-	-	BEZ POŽADAVKU

Tabulka 20: Posouzení jednotlivých konstrukcí - výchozí stav

B.2 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy:			Bytový dům		Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):			Polní 330 625 00, Brno			
Katastrální území:			612006			
Parcelní číslo:			124			
Celková podlahová plocha A_c = 4276,2 [m²]					stávající	doporučení
CI velmi úsporná A 0,50 B 0,75 C 1,00 D 1,50 E 2,00 F 2,50 G mimořádně nehospodárná					1,51	0,53
KLASIFIKACE					E	B
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/(m²K)] $U_{em}=H_T/A$					0,59	0,21
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ [W/(m²K)]					0,39	0,39
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,19	0,29	0,39	0,58	0,78	0,97
Platnost štítku do (datum):				28.12.2029 (nebo do změny obálky budovy)		
Jméno a příjmení:				Bc. Veronika Ryšavá		

B.3 SPECIFIKACE ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV

B.3.1 Příprava teplé vody

Vzhledem k tomu, že není znám počet instalovaných zásobníků teplé vody, ani jejich objem, je nutné provést orientační výpočet. Na ohřev teplé vody uvažuji stávající plynové kotle.

Typ budovy: bytový dům

Počet osob: 160

Úklid: 3 451,16 m^2 (jedná se o výpočet pro typický den, proto uvažuji čistou podlahovou plochu pouze zóny č. 1)

POTŘEBA TEPLA PRO OHŘEV TEPLÉ VODY

Stanovení potřeby TV za 24 hodin (=periodu)

Činnost	Objem dávky [m^3]
Mytí rukou	0,002
Sprcha	0,025
Vana	0,040
Mytí nádobí	0,002
Úklid + mytí podlah	0,020

Tabulka 21: Dávky teplé vody pro jednotlivé činnosti

- Denní potřeba TV pro mytí osob
  $V_o = n_i \times \Sigma V_d = 160 \times 0{,}002 + 32 \times 0{,}025 \ + \ 128 \times 0{,}04 = 6{,}24\ m^3$

- Denní potřeba TV pro mytí nádobí
  $V_j = n_j \times V_d = 160 \times 0{,}002 = 0{,}32\ m^3$

- Denní potřeba TV pro úklid a mytí podlah
  $V_u = n_u \times V_d = 34{,}51 \times 0{,}02 = 0{,}69\ m^3$

Celková potřeba: $V_{2p} = V_o + V_j + V_u = 6{,}24 + 0{,}32 + 0{,}69 = 7{,}25\ m^3$

Stanovení potřeby tepla

Potřeba tepla odebraného z ohřívače během 1 periody
$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 379{,}429 + 189{,}714 = 569{,}14\ kWh$

Teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody

$$Q_{2t} = c \times V_{2p} \times (\theta_2 - \theta_1) = 1{,}163 \times 7{,}25 \times (55 - 10) = 379{,}429\ kWh/periodu$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci v době periody

$$Q_{2z} = Q_{2t} \times z = 379{,}429 \times 0{,}5 = 189{,}714\ kWh/periodu$$

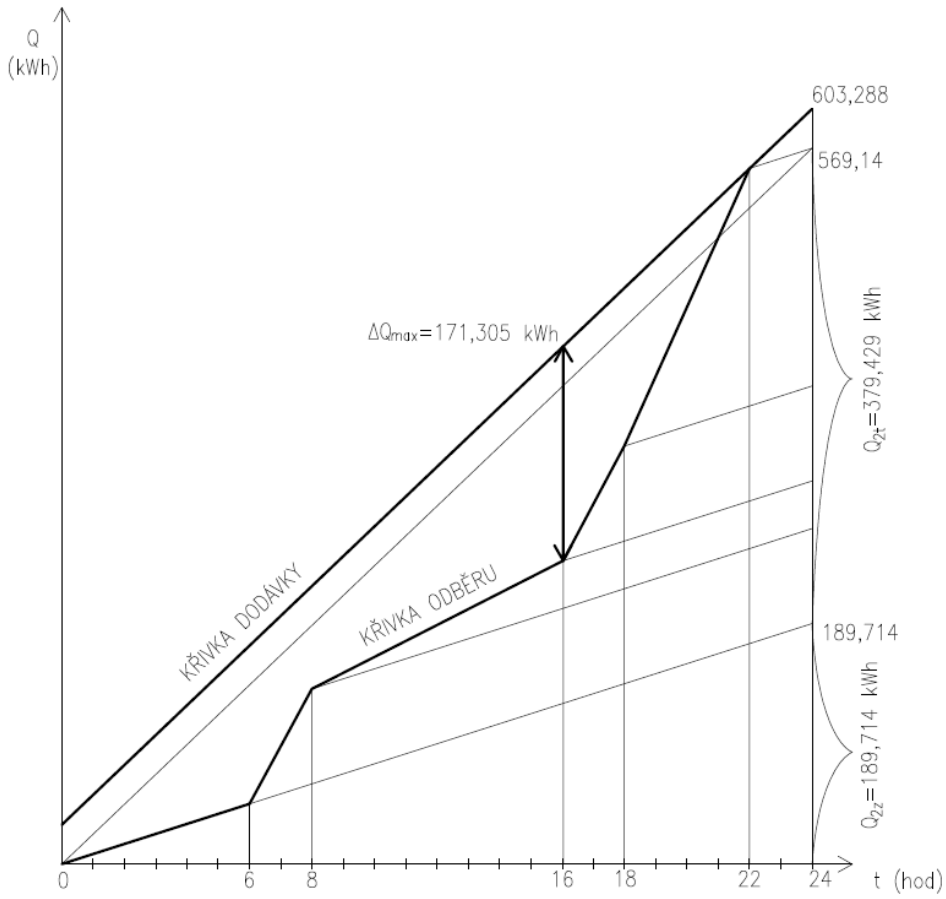
Průběh odběru TV

ROZLOŽENÍ BĚHEM DNE		TEPLO ODEBRANÉ	TEPLO CELKEM
[hod.]	[%]	[kWh]	[kWh]
6-8	20	75,886	113,828
8-16	10	37,943	56,914
16-18	20	75,886	113,828
18-22	50	189,715	284,570
		Σ379,429	**Σ569,14**

Tabulka 22: Odběr teplé vody během dne

Stanovení odběru a dodávky tepla

$$Q_{max} = 171{,}305\ kWh$$



Obrázek 24: Křivka odběru a dodávky tepla

ZÁSOBNÍKOVÝ OHŘEV TEPLÉ VODY

Stanovení objemu zásobníku

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \times (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{171{,}305}{1{,}163 \times (55 - 10)} = 3{,}27\ m^3 = 3\ 270\ l$$

Stanovení tepelného výkonu pro ohřev vody

$$Q_{ln} = \left(\frac{Q_1}{t}\right)_{max} = \frac{603{,}288}{24} = 25{,}137\ kW$$

Potřebná teplosměnná plocha

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(70 - 55) - (60 - 10)}{\ln\left(\frac{70 - 55}{60 - 10}\right)} = 29{,}07°\mathrm{C}$$

$$A = \frac{(Q_{ln} \times 10^3)}{U \times \Delta t} = \frac{25{,}137 \times 10^3}{420 \times 29{,}07} = 2{,}06\ m^2$$

SMÍŠENÝ OHŘEV TEPLÉ VODY

Hodinová špička: 18-22h

Kapacita zásobníku

$$\frac{7{,}25 \times 0{,}5}{4} = 0{,}906\ m^3 = 906\ l$$

Požadavek výkonu zdroje tepla

$$Q_{ln} = \frac{Q_1}{t} = \frac{284{,}57}{4} = 71{,}143\ kW$$

Potřebná teplosměnná plocha výměníku

$$A = \frac{(Q_{ln} \times 10^3)}{U \times \Delta t} = \frac{71{,}143 \times 10^3}{420 \times 29{,}07} = 5{,}827\ m^2$$

Z hlediska objemu zásobníku by byl výhodnější smíšený ohřev teplé vody. Požadavek na výkon zdroje tepla je však příliš vysoký, proto v dalších výpočtech budu uvažovat zásobníkový ohřev teplé vody se dvěma nepřímotopnými zásobníky o celkovém objemu 3 500 l. Tyto informace jsou důležité pro další výpočty energetické náročnosti budovy.

B.3.2 Vytápění

Totéž platí i pro zdroje tepla na vytápění. Je nutné znát jejich přibližný výkon, proto je proveden orientační výpočet.

VSTUPNÍ ÚDAJE

Tepelné ztráty objektu: 135,29 kW

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody: 25,137 kW

Potřeba tepla pro vzduchotechniku: 0 kW

- Vytápění objektu s přerušovaným větráním a přípravou teplé vody

$$Q_{PRIP} = 0{,}7Q_{VYT} + 0{,}7Q_{VZT} + Q_{TV} + (Q_{TECH})$$
$$Q_{PRIP} = 0{,}7 \times 135{,}29 + 0{,}7 \times 0 + 25{,}137$$
$$Q_{PRIP} = 119{,}84\ kW$$

- Vytápění objektu s trvalým větráním nebo technologickým ohřevem

$$Q_{PRIP} = Q_{VYT} + Q_{VZT} + (Q_{TECH})$$
$$Q_{PRIP} = 135{,}29 + 0$$
$$Q_{PRIP} = 135{,}29\ kW$$

Na stranu bezpečnou uvažuji větší z hodnot - dva plynové kotle o celkovém výkonu 140 kW.

Řešený objekt má tedy navrženo samostatné vytápění, není napojen na centrální zásobování teplem. Zdroje tepla jsou umístěny v plynové kotelně III. kategorie, která se nachází v samostatné místnosti v podzemním podlaží. Jedná se o dva stacionární plynové kotle o výkonu 70 kW. Celkový výkon tedy činí 140 kW. Zdroje tepla slouží pro vytápění objektu i pro přípravu teplé vody. Palivem kotlů je zemní plyn.

Odvod spalin je od každého kotle zajištěn koaxiálním kouřovodem, který bude vyveden přes plochou střechu do venkovního prostředí, kde bude ve výšce 50 cm nad horním lícem střešní konstrukce zakončen hlavicí.

V kotelně se nachází také zásobníky pro ohřev teplé vody, rozdělovač + sběrač, expanzní nádoba a akumulační nádoba. Zabezpečovací zařízení bude chránit otopnou soustavu proti překročení nejvyššího pracovního tlaku nebo podtlaku, nejvyšší pracovní teploty a nedostatku vody.

Z místnosti je zajištěna minimální výměna vzduchu větracími otvory. Větrání je přirozené, v letních měsících je doplněno nuceným přívodem vzduchu nástěnným axiálním ventilátorem.

Otopná soustava je dvoutrubková, uzavřená, protiproudá s nuceným oběhem a rozdělena do devíti větví. Každá větev vede do jednoho bytu na podlaží, poslední větev slouží pro vytápění chodby se schodištěm. V objektu jsou navržena otopná tělesa článková a trubková, opatřena termostatickými hlavicemi.

B.3.3 Větrání

Všechny zóny jsou větrány přirozeně okny. V zóně č. 1 jsou navíc v hygienických místnostech umístěny malé odtahové ventilátory. Příkon jednoto ventilátoru činí 13 W.

B.3.4 Chlazení

V objektu se nenachází žádný systém chlazení.

B.3.5 Úprava vlhkosti

Úprava vlhkosti v objektu není řešena.

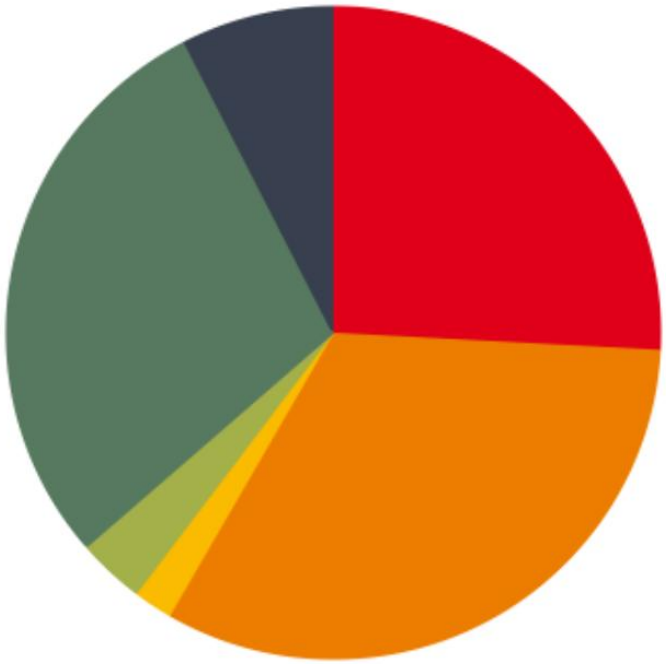
B.3.6 Osvětlení

V celém objektu jsou použity obyčejné žárovky. Způsob ovládání v zóně č. 1 a 3 je ruční, v zóně č. 2 - na chodbě se schodištěm je systém s ADO (ruční zapínání a automatické vypínání). V této zóně se také nachází umělé nouzové osvětlení.

B.4 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV

Na následujících výsečových grafech jsou uvedeny jednotlivé ztráty, popř. zisky prostupem konstrukcí a větráním do venkovního prostředí. Z obou grafů je patrné, že největší podíl na tepelných ztrátách mají svislé konstrukce, konkrétně stěny a výplně otvorů a také větrání.

Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1



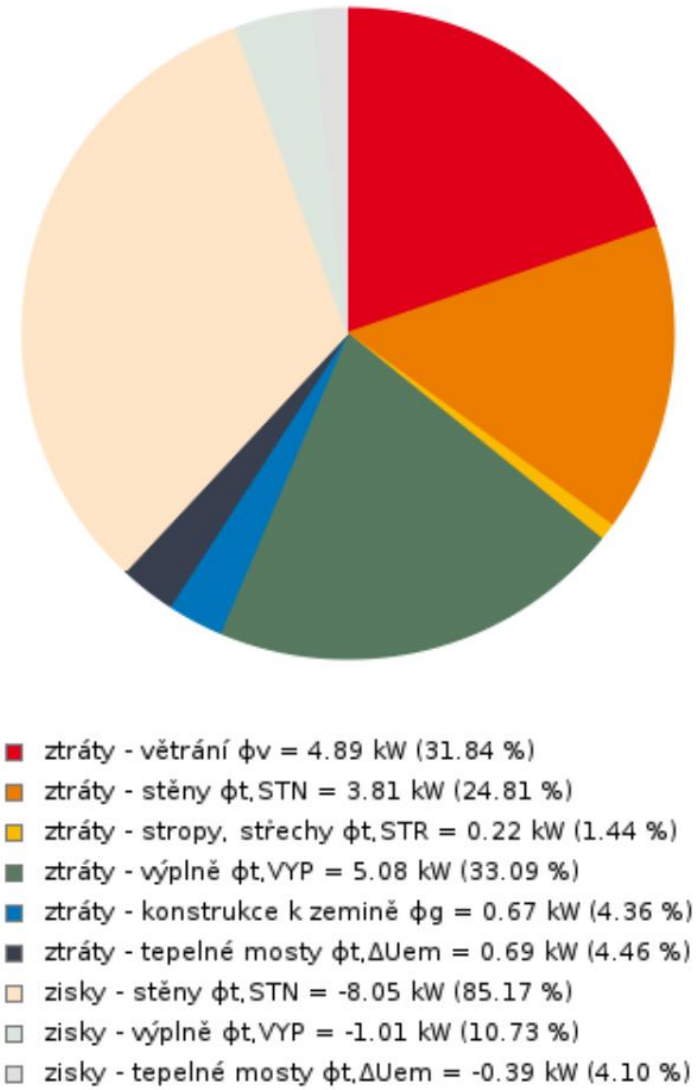
- ztráty - větrání ϕv = 33.58 kW (25.95 %)
- ztráty - stěny ϕt,STN = 42.05 kW (32.50 %)
- ztráty - stropy, střechy ϕt,STR = 2.27 kW (1.76 %)
- ztráty - podlahy ϕt,PDL = 4.39 kW (3.39 %)
- ztráty - výplně ϕt,VYP = 37.25 kW (28.79 %)
- ztráty - tepelné mosty ϕt,ΔUem = 9.84 kW (7.60 %)

Graf 1: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1 - výchozí stav

Pro vnější návrhovou teplotu -15 °C a vnitřní návrhovou teplotu zóny 20 °C činí celkové tepelné ztráty 129,38 kW.

Na rozdíl od prvního grafu se u druhého grafu se objevují i tepelné zisky. Je to dáno tím, že do této zóny proudí teplo ze zóny č. 1. Vnitřní návrhová teplota zóny č. 1 je 20 °C, pro zónu č. 2 je to 16 °C. To znamená, že tepelný tok se pohybuje ze zóny vytápěné do zóny temperované.

Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2



Graf 2: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2 - výchozí stav

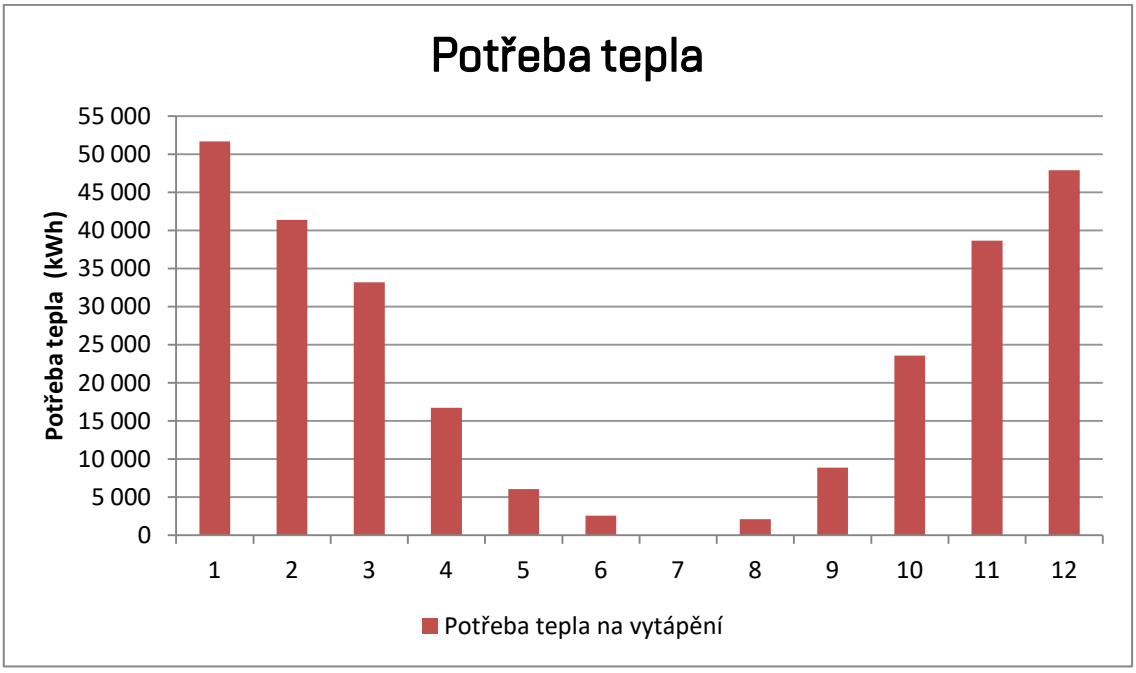
Pro vnější návrhovou teplotu -15 °C a vnitřní návrhovou teplotu zóny 16 °C činí celkové tepelné ztráty 5,91 kW.

Celkové tepelné ztráty budovy jsou 135,29 kW.

B.4.1 Energetické toky pro celou budovu - výchozí stav

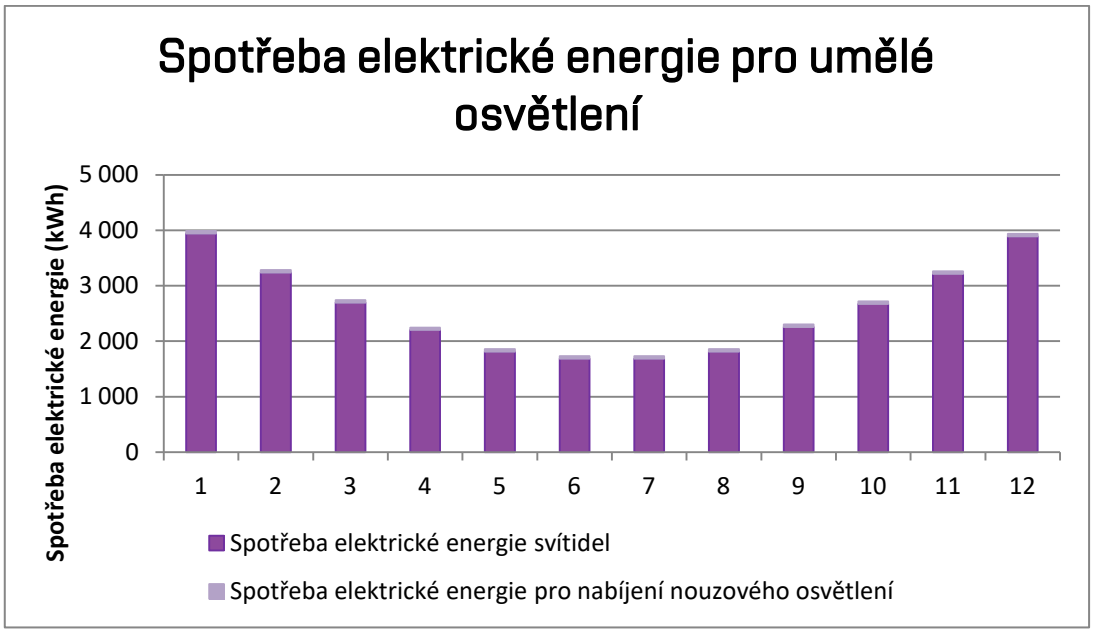
Jednotlivé sloupcové grafy udávají potřebu tepla, spotřebu elektrické energie na osvětlení a provoz vzduchotechniky, tepelné ztráty bez vlivů tepelných mostů a tepelné zisky. Údaje jsou rozloženy do jednotlivých měsíců v roce.

Z grafu potřeby tepla vyplývá, že pouze v měsíci červenci není potřeba tepla na vytápění. To je dáno špatnou obálkou budovy, převážně absencí tepelné izolace obvodových konstrukcí a nedostačujících výplní otvorů.



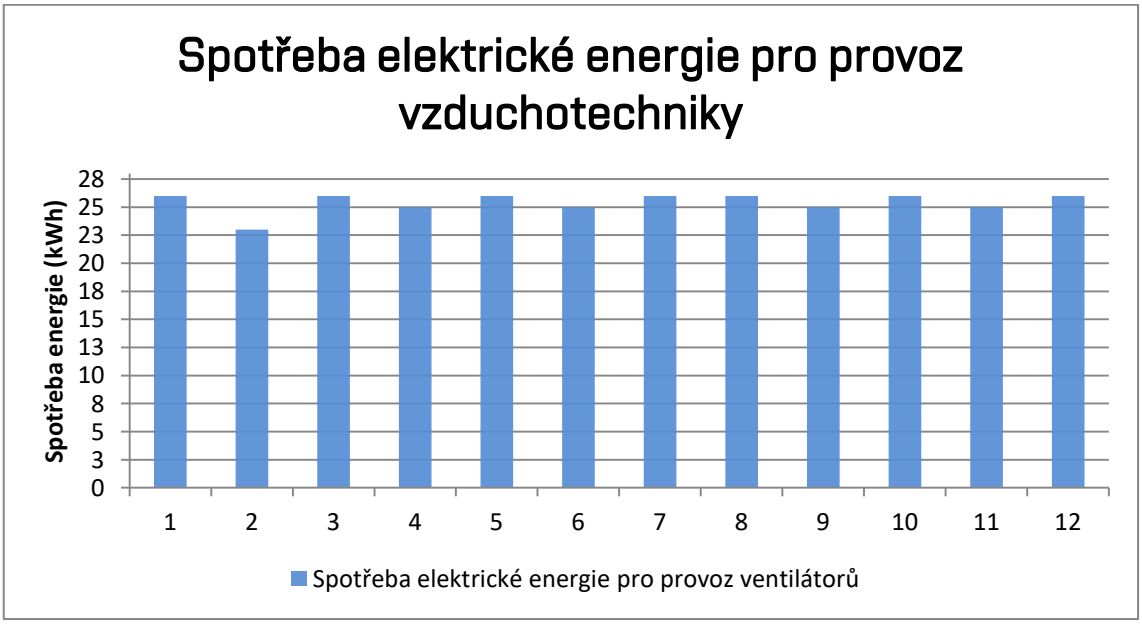
Graf 3: Potřeba tepla na vytápění - výchozí stav

Spotřeba elektrické energie na umělé osvětlení v průběhu roku kolísá v závislosti na počtu hodin přirozeného světla. I přesto jsou spotřeby na obyčejné žárovky poměrně značné.



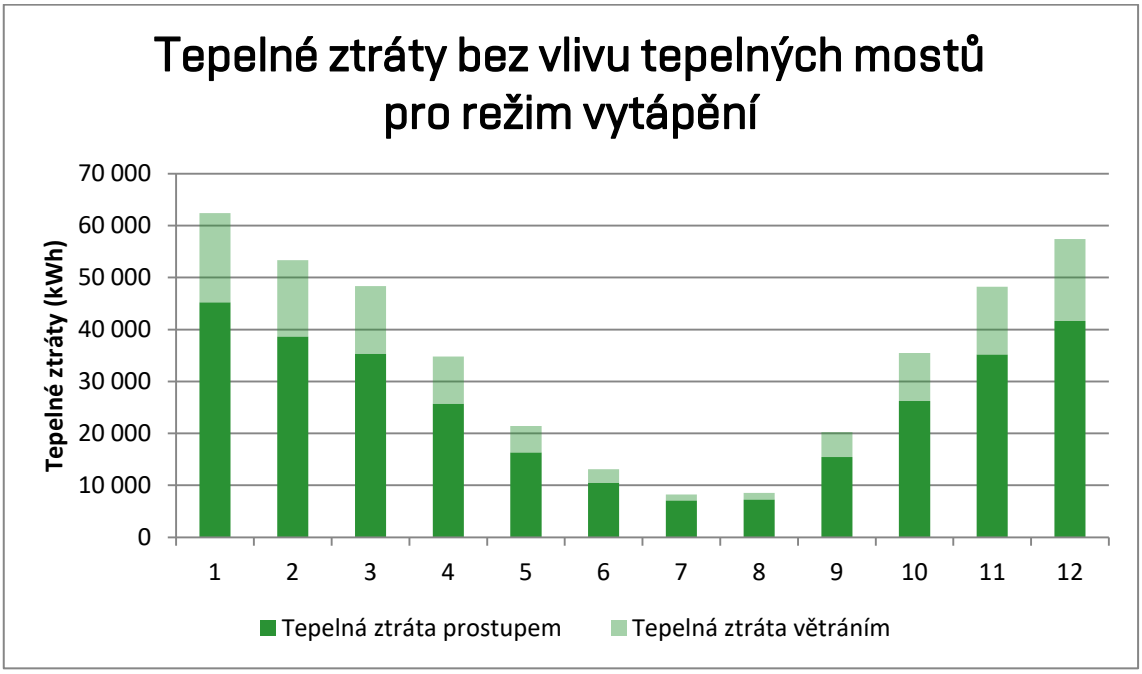
Graf 4: Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení - výchozí stav

Provoz ventilátorů v hygienických místnostech nezávisí na charakteru venkovního prostředí, proto je spotřeba elektrické energie vzduchotechniky po celý rok konstantní.



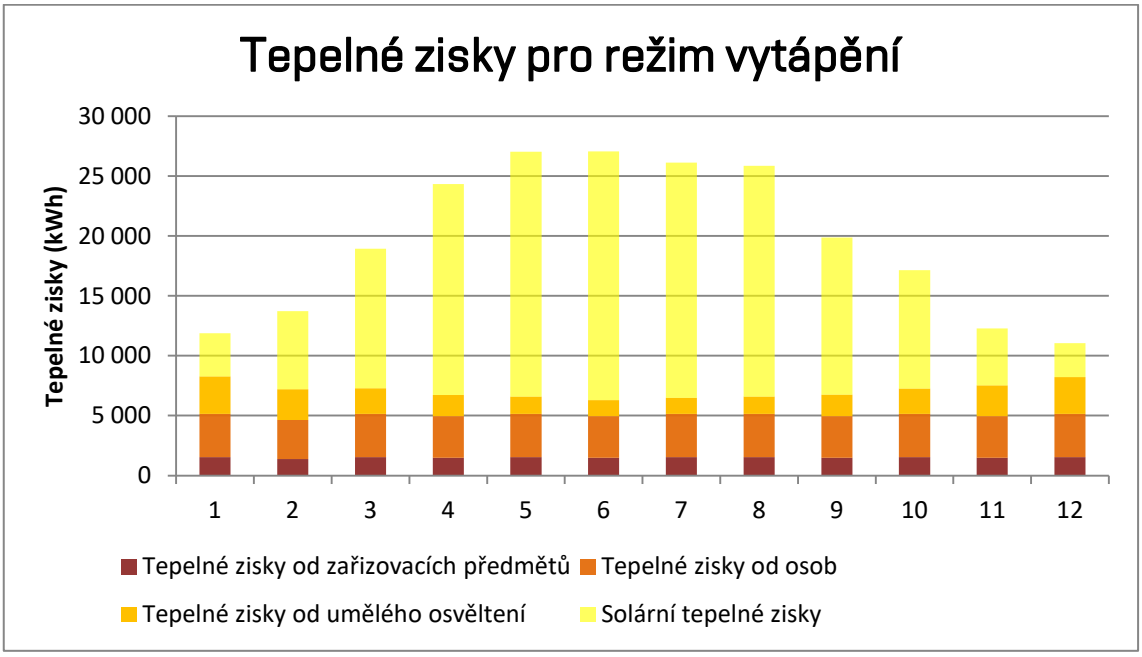
Graf 5: Spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky - výchozí stav

Tepelné ztráty prostupem a větráním úměrně klesají s narůstající venkovní teplotou.



Graf 6: Tepelné ztráty bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění - výchozí stav

Z grafu pro tepelné zisky je jasné, že největší zisky budovy jsou v letních měsících a jsou to převážně solární tepelné zisky. V těchto měsících jsou proto zisky od zařizovacích předmětů a umělého osvětlení téměř zanedbatelné. Naproti tomu v zimních měsících se poměr tepelných zisků od jednotlivých objektů vyrovnává.



Graf 7: Tepelné zisky pro režim vytápění - výchozí stav

B.5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VÝCHOZÍ STAV

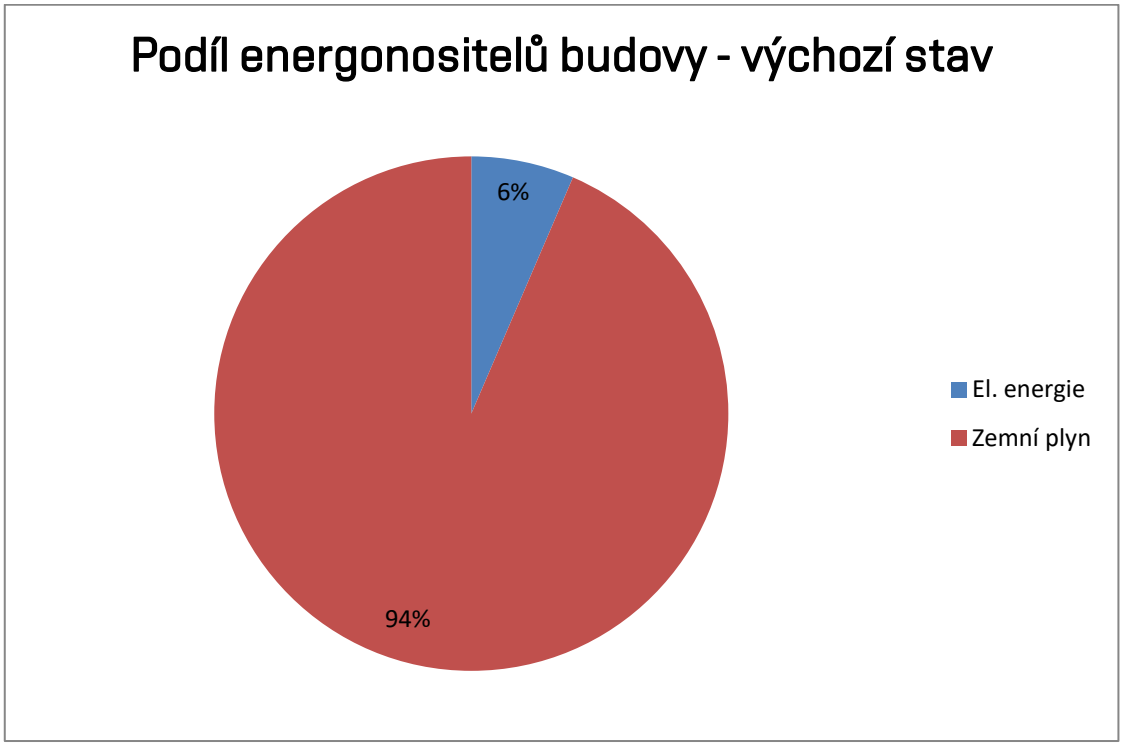
Elektrickou energii dodává společnost E.ON, zemní plyn zajišťuje innogy Energie, s.r.o. Celkové roční náklady na provoz bytového domu dosahují 821 665 Kč. Ceny energií jsou uvažovány pro rok 2019 (jednotarifová sazba, pro střední potřebu).

Energonositel	Cena za 1 kWh v Kč
El. energie	4,61
Zemní plyn	1,21

Tabulka 23: Ceny energií

Energonositel	Náklady [kWh/rok]	Cena [Kč/rok]
El. energie	43 007,91	198 266,47
Zemní plyn	621 799,65	752 377,58
Celkem	**664 807,56**	**950 644,04**

Tabulka 24: Náklady budovy - výchozí stav



Graf 8: Podíl energonositelů budovy - výchozí stav

B.6 NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ - VARIANTA I.

Jak již bylo zmíněno, objekt má největší tepelné ztráty prostupem konstrukcemi. Z tohoto důvodu navrhuji celkové zateplení obalových konstrukcí budovy kontaktním zateplovacím systémem ETICS. Budou použity izolační desky s grafitem EPS GreyWall z expandovaného polystyrenu. Součinitel tepelné vodivosti činí λ = 0,032 W/m.K. Tímto výrobkem s tloušťkou 200 mm budou opatřeny obvodové stěny zóny č. 1 a 2. Střešní konstrukce je již zateplena.

Dále navrhuji zateplení vnitřních příček umístěných mezi zónou č. 1 a 2 (mezi byty a chodbou se schodištěm). Aplikovány budou desky Isover MULTIPLAT 35 ze skelné vlny se součinitelem tepelné vodivosti λ = 0,035 W/m.K a tloušťkou 100 mm. Tato tepelná izolace má navíc výborné akustické vlastnosti. Příčky budou nakonec opatřeny SDK konstrukcí.

Na zateplení stropní konstrukce nad podzemním podlažím (mezi zónou č. 1 a 3) budou sloužit desky Isover N z čedičové vlny s tloušťkou 100 mm. Součinitel tepelné vodivosti je λ = 0,036 W/m.K. Isover EPS Perimeter se součinitelem tepelné vodivosti λ = 0,034 W/m.K a tloušťkou 100 mm pak bude použit na zateplení konstrukce nad terénem.

Budou také vyměněny veškeré výplně otvorů. Stávající okna budou nahrazena novými plastovými s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla U = 0,6 W/m^2.K. Dveře budou taktéž plastové se součinitelem prostupu tepla U = 0,8 W/m^2.K.

Veškerá technická zařízení budovy zůstávají původní.

B.6.1 Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - varianta I.

SVISLÉ KONSTRUKCE

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely)

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m^2·K/W]	R_{si} [m^2·K/W]	R_{se} [m^2·K/W]	R_T [m^2·K/W]	U [W/m^2·K]
STN-1	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,04	7,716	**0,130**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				
	5	Vnější omítka	0,005	0,750	0,007				
	6	Lepící tmel weber.therm klasik	0,010	-	-				
	7	Tepelná izolace Isover EPS GreyWall	0,200	0,032	6,250				
	8	Stěrková hmota weber.tmel 700 + skleněná síťovina weber.therm 117	0,003	-	-				
	9	Vnější omítka weber.pas akrylát	0,002	0,750	0,003				

Tabulka 25: Skladba obvodové stěny - varianta I.

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna nevytápěného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-2	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,04	1,463	**0,684**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				
	5	Vnější omítka	0,005	0,750	0,007				

Tabulka 26: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru - varianta I.

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna nevytápěného prostoru přilehlá k zemině

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN(z)-3	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0	1,416	**0,706**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				

Tabulka 27: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru přilehlé k zemině - varianta I.

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna schodiště

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-4	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,04	6,515	**0,153**
	2	Betonová vrstva	0,075	1,230	0,061				
	3	Vnější omítka	0,005	0,750	0,007				
	4	Lepící tmel weber.therm klasik	0,010	-	-				
	5	Tepelná izolace Isover EPS GreyWall	0,200	0,032	6,250				
	6	Stěrková hmota weber.tmel 700 + skleněná síťovina weber.therm 117	0,003	-	-				
	7	Vnější omítka weber.pas akrylát	0,002	0,750	0,003				

Tabulka 28: Skladba obvodové stěny schodiště - varianta I.

Obvodová stěna (sendvičové betonové panely) - stěna schodiště přilehlá k zemině

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN(z)-5	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0	1,416	**0,706**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,060	0,055	1,091				
	4	Betonová vrstva	0,060	1,230	0,049				

Tabulka 29: Skladba obvodové stěny schodiště přilehlé k zemině - varianta I.

Stěna vnitřní nosná (sendvičové betonové panely) - stěna z temperovaného do nevytápěného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-11	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,13	0,431	**2,319**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				

Tabulka 30: Skladba vnitřní nosné stěny z temperovaného do nevytápěného prostoru - varianta I.

Stěna vnitřní nosná (sendvičové betonové panely) - stěna přilehlá k sousedními budově

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-9	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,13	1,462	**0,684**
	2	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	3	Tepelná izolace	0,050	0,055	0,909				
	4	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	5	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				

Tabulka 31: Skladba vnitřní nosné stěny přilehlé k sousední budově - varianta I.

Stěna vnitřní nosná (sendvičové betonové panely) - stěna z vytápěného do temperovaného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STN-10	1	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025	0,13	0,13	3,358	**0,298**
	2	SDK deska RIGIPS RB 9,5mm	0,010	0,210	0,045				
	3	Tepelná izolace Isover MULTIPLAT 35	0,100	0,035	2,857				
	4	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				
	5	Betonová vrstva	0,150	1,230	0,122				
	6	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				

Tabulka 32: Skladba vnitřní nosné stěny z vytápěného do temperovaného prostoru - varianta I.

VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Střecha (plochá jednoplášťová) - po rekonstrukci

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
STR-7	1	Hydroizolace (modifikovaný asf. pás)	0,004	0,160	0,025	0,10	0,04	8,120	**0,123**
	2	Podkladní betonová mazanina	0,050	1,230	0,041				
	3	Pomocná hydroizolace	0,002	0,210	0,010				
	4	Tepelná izolace Isover EPS Grey 100	0,240	0,031	7,742				
	5	Parozábrana	0,001	0,350	0,003				
	6	Spádový beton (vyrovnávací vrstva)	0,050	1,23	0,041				
	7	ŽB stropní konstrukce	0,150	1,58	0,095				
	8	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				

Tabulka 33: Skladba střešní konstrukce - varianta I.

Stop nad 1PP - z vytápěného do nevytápěného prostoru

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
PDL-8	1	Keramická/Teracová dlažba	0,007	1,010	0,007	0,17	0,17	3,313	**0,302**
	2	Cementové lepidlo Cemis Flex	0,008	-	-				
	3	Cementový potěr	0,030	1,160	0,026				
	4	Separační PE folie	0,001	0,21	0,005				
	5	Tepelná izolace Isover N	0,100	0,036	2,778				
	6	ŽB stropní konstrukce	0,210	1,58	0,133				
	7	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				

Tabulka 34: Skladba stropní konstrukce - varianta I.

Stop nad instalačním prostorem (uvažuji jako podlahu na zemině)

Kce	Č.v.	Materiál	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]	R_{si} [m²·K/W]	R_{se} [m²·K/W]	R_T [m²·K/W]	U [W/m²·K]
PDL(z)-6	1	Keramická/Teracová dlažba	0,007	1,010	0,007	0,17	0,00	3,306	**0,302**
	2	Cementové lepidlo Cemis Flex	0,008	-	-				
	3	Cementový potěr	0,030	1,160	0,026				
	4	Separační PE folie	0,001	0,21	0,005				
	5	Tepelná izolace Isover EPS Perimeter	0,100	0,034	2,941				
	6	ŽB stropní konstrukce	0,210	1,58	0,133				
	7	Vnitřní vápenocementová omítka	0,015	0,610	0,025				

Tabulka 35: Skladba stropní konstrukce na zemině - varianta I.

VÝPLNĚ OTVORŮ

Označení	Název	Rozměr [m]	U_w [W/m²·K]
VYP-12 - VYP-15	Okno 1	1,6 x 1,6	0,6
VYP-13 - VYP-17	Okno 2	2,6 x 2,0	0,6
VYP-18 - VYP-19	Okno 3	3,25 x 2,2	0,6
VYP-20	Vstupní dveře	2,8 x 2,4	0,8
VYP-21 - VYP-23	Okno 4	1,0 x 0,45	0,6
VYP-24	Okno 5	1,15 x 1,15	0,6
VYP-25	Dveře zadní 1	2,05 x 2,0	0,8
VYP-26	Dveře zadní 2	2,07 x 1,0	0,8

Tabulka 36: Výplně otvorů - varianta I.

B.6.2 Tepelně-technické posouzení varianty I.

Typ konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/m^2·K]				Posouzení
Označení	Název	Vypočtené hodnoty U	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$	
STN-1	Obvodová stěna	0,13	0,30	0,25	0,18 - 0,12	VYHOVUJE
STN-2	Obvodová stěna - stěna nevytápěného prostoru	0,684	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
SN(z)-3	Obvodová stěna - stěna nevytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,706	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
STN-4	Obvodová stěna - stěna schodiště	0,153	0,75	0,50	0,38 - 0,25	VYHOVUJE
STN(z)-5	Obvodová stěna - stěna schodiště přilehlá k zemině	0,706	0,85	0,60	0,45 - 0,30	VYHOVUJE
STN-9	Stěna vnitřní nosná - stěna přilehlá k sousední budově	0,684	1,05	0,70	0,50	VYHOVUJE
STN-10	Stěna vnitřní nosní - stěna z vytápěného do temperovaného prostoru	0,298	0,75	0,50	0,38 - 0,25	VYHOVUJE
STN-11	Stěna vnitřní nosná - stěna z temperovaného do nevytápěného prostoru	2,319	1,30	0,90	-	NEVYHOVUJE
STR-7	Střešní konstrukce	0,123	0,24	0,16	0,15 - 0,10	VYHOVUJE
PDL-8	Stropní konstrukce nad 1.PP - strop z vytápěného do nevytápěného prostoru	0,302	0,60	0,40	0,30 - 0,20	VYHOVUJE
PDL(z)-6	Stropní konstrukce nad instalačním prostorem - z temperovaného prostoru	0,302	0,85	0,60	0,45 - 0,30	VYHOVUJE
PDL(z)-6	Stropní konstrukce nad instalačním prostorem - z nevytápěného prostoru	0,302	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
VYP-12 - VYP-15	Okno 1 - z vytápěného prostoru	0,6	1,50	1,20	0,8 - 0,6	VYHOVUJE
VYP-13 - VYP-17	Okno 2 - z temperovaného prostoru	0,6	3,50	2,30	1,70	VYHOVUJE
VYP-18 - VYP-19	Okno 3 - z vytápěného prostoru	0,6	1,50	1,20	0,8 - 0,6	VYHOVUJE
VYP-20	Vstupní dveře - z temperovaného prostoru	0,8	3,50	2,30	1,70	VYHOVUJE
VYP-21 - VYP-23	Okno 4 - z temperovaného prostoru	0,6	3,50	2,30	1,70	VYHOVUJE
VYP-24	Okno 5 - z nevytápěného prostoru	0,6	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
VYP-25	Dveře zadní 1 - z nevytápěného prostoru	0,8	-	-	-	BEZ POŽADAVKU
VYP-26	Dveře zadní 2 - z nevytápěného prostoru	0,8	-	-	-	BEZ POŽADAVKU

Tabulka 37: Posouzení jednotlivých konstrukcí - varianta I.

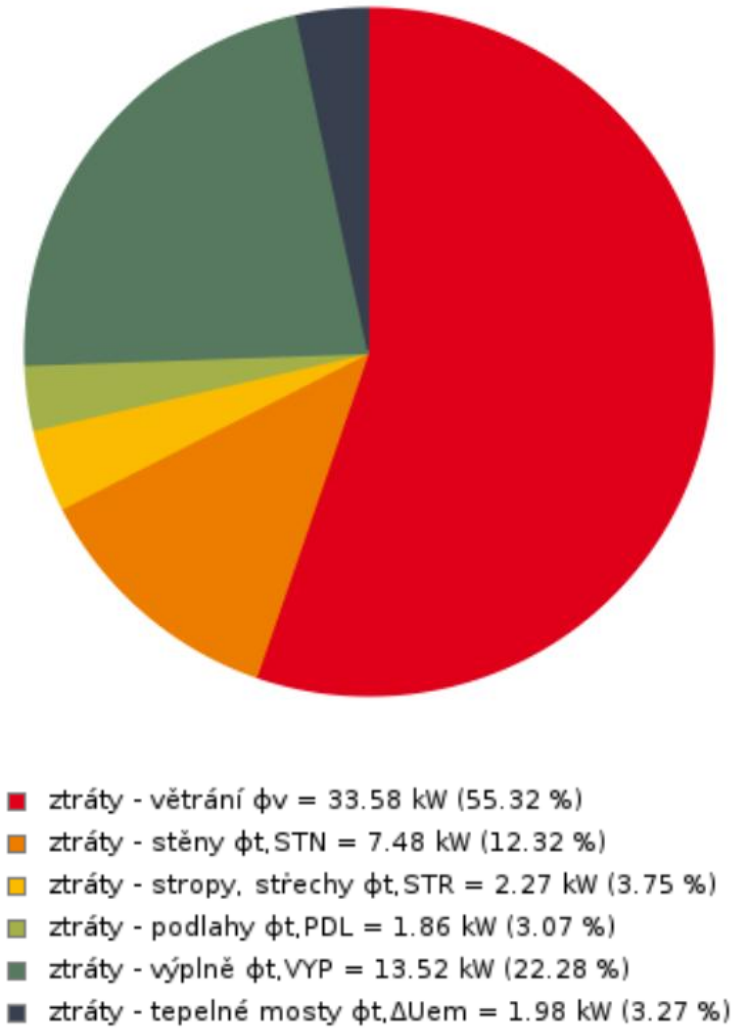
B.7 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - VARIANTA I.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy:			Bytový dům		Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):			Polní 330 625 00, Brno			
Katastrální území:			612006			
Parcelní číslo:			124			
Celková podlahová plocha A_c = 4276,2 [m²]					stávající	doporučení
CI velmi úsporná A 0,50 B 0,75 C 1,00 D 1,50 E 2,00 F 2,50 G mimořádně nehospodárná					0,45	0,45
KLASIFIKACE					A	A
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/(m²K)] $U_{em}=H_T/A$					0,18	0,18
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ [W/(m²K)]					0,39	0,39
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,19	0,29	0,39	0,58	0,78	0,97
Platnost štítku do (datum):				28.12.2029 (nebo do změny obálky budovy)		
Jméno a příjmení:				Bc. Veronika Ryšavá		

B.8 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA I.

Díky zateplení konstrukcí a výměně výplní otvorů došlo k výraznému poklesu tepelných ztrát prostupem konstrukcemi do venkovního prostředí - viz následující grafy.

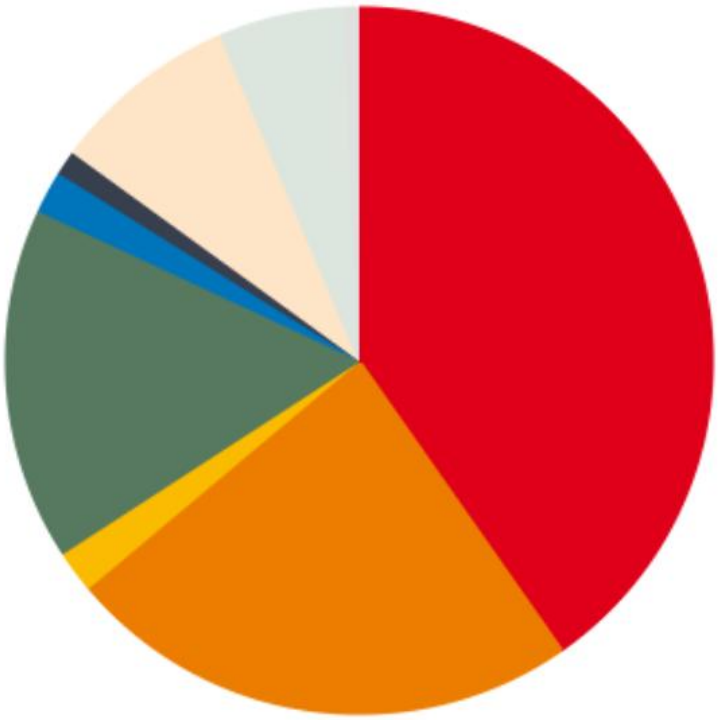
Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1



Graf 9: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1 - varianta I.

Pro vnější návrhovou teplotu -15 °C a vnitřní návrhovou teplotu zóny 20 °C činí celkové tepelné ztráty 60,70 kW. Ve výchozím stavu dosahovaly tepelné ztráty 129,38 kW.

Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2



- ztráty - větrání ϕv = 4.89 kW (47.42 %)
- ztráty - stěny ϕt,STN = 2.87 kW (27.78 %)
- ztráty - stropy, střechy ϕt,STR = 0.22 kW (2.15 %)
- ztráty - výplně ϕt,VYP = 1.95 kW (18.91 %)
- ztráty - konstrukce k zemině ϕg = 0.24 kW (2.37 %)
- ztráty - tepelné mosty ϕt,ΔUem = 0.14 kW (1.38 %)
- zisky - stěny ϕt,STN = -1.04 kW (57.57 %)
- zisky - výplně ϕt,VYP = -0.69 kW (38.14 %)
- zisky - tepelné mosty ϕt,ΔUem = -0.08 kW (4.29 %)

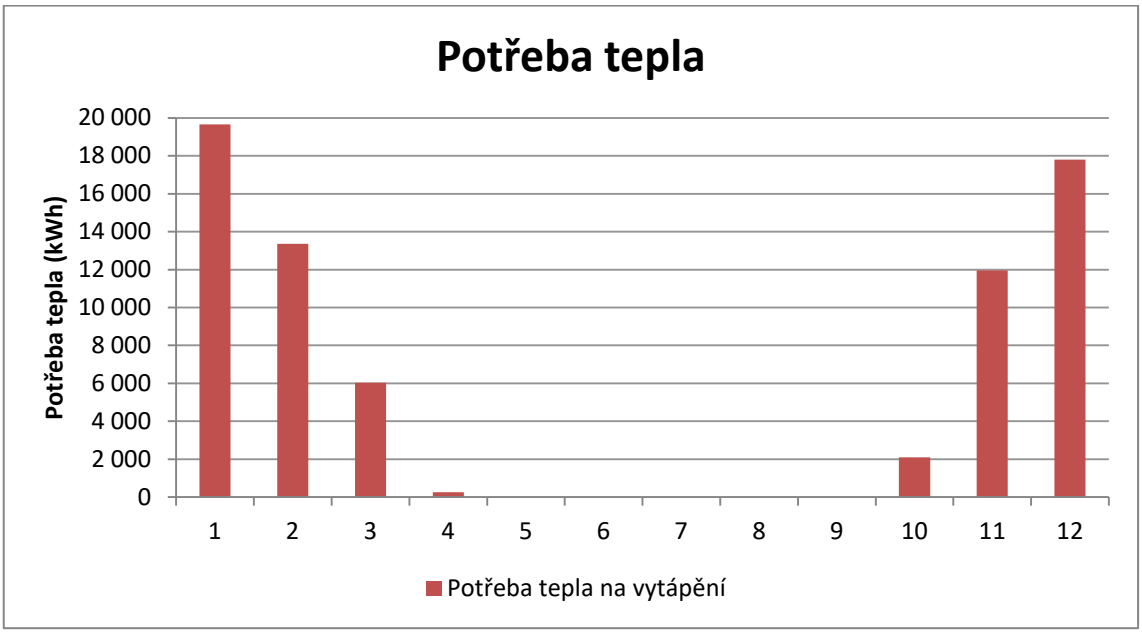
Graf 10: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2 - varianta I.

Pro vnější návrhovou teplotu -15 °C a vnitřní návrhovou teplotu zóny 16 °C činí celkové tepelné ztráty 8,51 kW. Ve výchozím stavu dosahovaly tepelné ztráty 5,91 kW. Nárůst tepelných ztrát je způsoben tím, že došlo k zateplení konstrukcí stěn mezi zónami č. 1 a 2. To znamená, že se snížily tepelné zisky proudící z vytápěné zóny.

Celkové tepelné ztráty budovy jsou 69,21 kW. Ve výchozím stavu to bylo 135,29 kW. To je pokles o více jak 51 %.

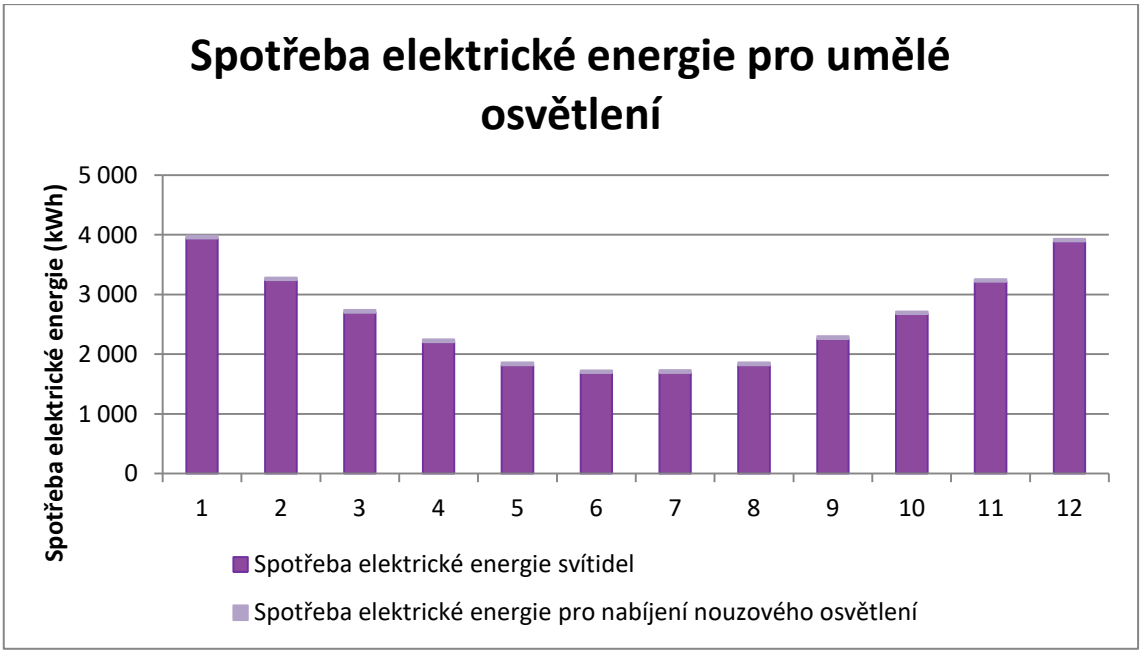
B.8.1 Energetické toky pro celou budovu - varianta I.

Ve výchozím stavu byla potřeba vytápět téměř celoročně, kromě měsíce července. Nyní se otopná doba výrazně zkrátila, a to od října do března. Značně klesla i maximální potřeba. Z dřívějších 51 645 kWh se dostala až na 19 655 kWh. Úspora 62 %.



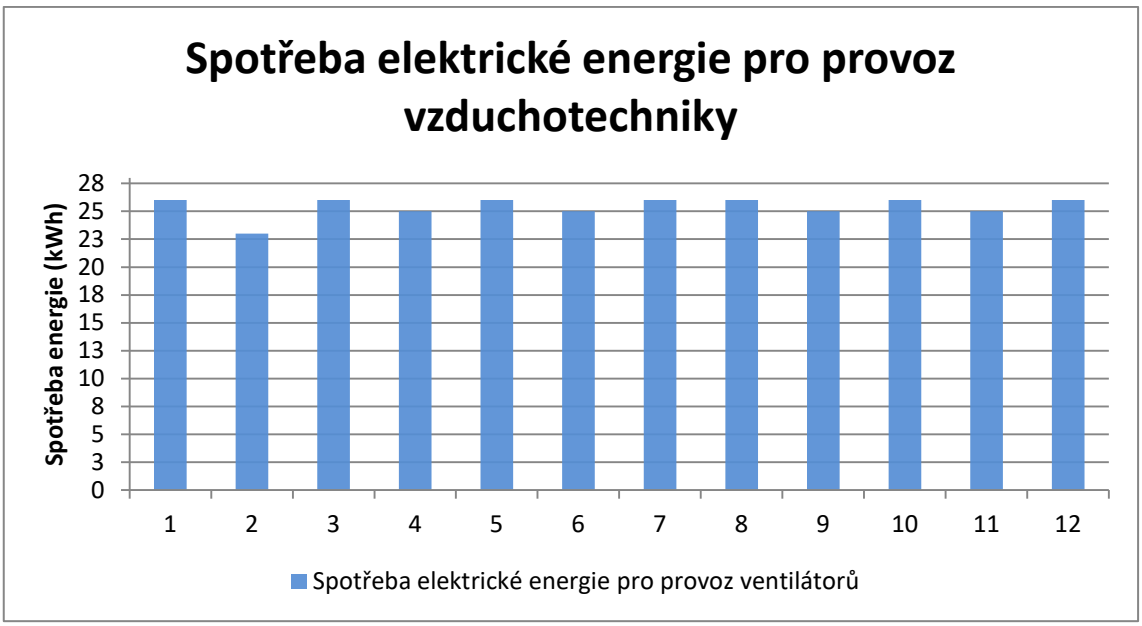
Graf 11: Potřeba tepla na vytápění - varianta I.

Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení se nezměnila. Nedošlo k výměně zdrojů osvětlení. Maximální spotřeba elektrické energie činí 3 939 kWh.



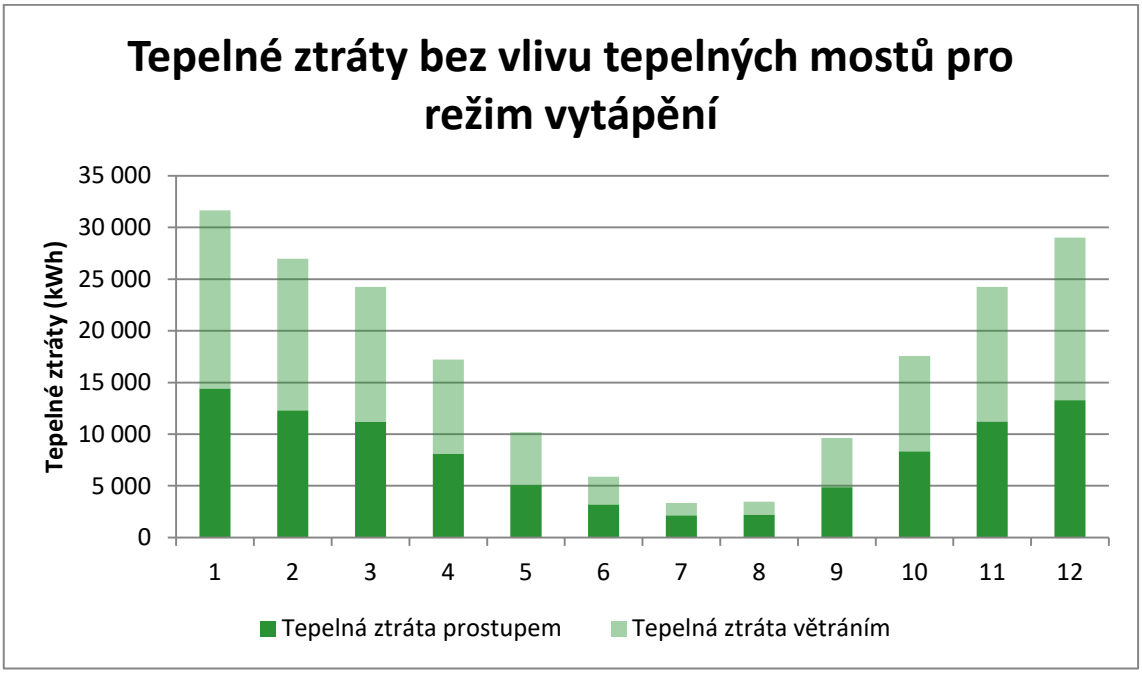
Graf 12: Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení - varianta I.

Spotřeba elektrické energie vzduchotechniky se také nezměnila. V hygienických místnostech zůstávají odtahové ventilátory.



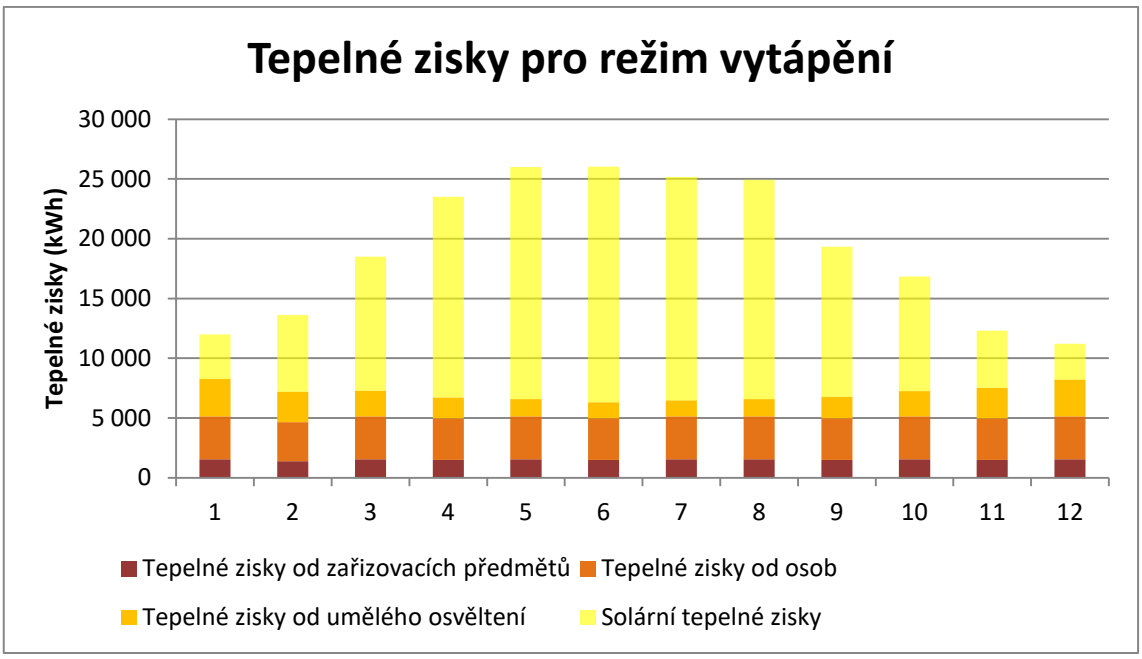
Graf 13: Spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky - varianta I.

Tepelné ztráty větráním zůstaly beze změn, a to maximálně 15 739 kWh. Tepelné ztráty prostupem se však díky zlepšení obálky budovy snížily. Ve výchozím stavu byla maximální hodnota 45 179 kWh, nyní je to pouze 14 403 kWh. Úspora 68 %. Tím se změnil poměr jednotlivých ztrát budovy, po většinu roku převažují ztráty větráním.



Graf 14: Tepelné ztráty bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění - varianta I.

Z tepelných zisků nepatrně klesly pouze solární tepelné zisky, a to díky výměně výplní otvorů. Ostatní parametry zůstávají stejné.



Graf 15: Tepelné zisky pro režim vytápění - varianta I.

B.9 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA I.

Dodavatelé jednotlivých energií se nemění. Ceny energií jsou uvažovány pro rok 2019 (jednotarifová sazba, pro střední potřebu).

V následujících tabulkách jsou uvedeny přibližné ceny konstrukcí za m^2 a jejich celkové ceny pro celou plochu daných konstrukcí.

Energonositel	Cena za 1 kWh v Kč
El. energie	4,61
Zemní plyn	1,21

Tabulka 38: Ceny energií

Zateplované konstrukce	Cena Kč za m^2
Obvodové stěny	2 300
Konstrukce k nevytápěným prostorům	1 000
Podlaha na zemině	2 500
Výplně otvorů	6 000

Tabulka 39: Cena zateplení jednotlivých konstrukcí

Označení a název	Plocha v m^2	Cena v Kč
STN-1 Obvodová stěna	1 384,62	3 184 628,30
STN-4 Obvodová stěna-schodiště	12,68	29 168,60
VYP-12 - VYP-26 Výplně otvorů	714,79	4 288 740,00
PDL(z)-6 Podlaha nad instalačním prostorem	499,53	1 248 820,00
PDL-8 Strop do nevtápěněh prostoru	439,96	439 960,00
Celkem		**9 191 316,90**

Tabulka 40: Celková cena zateplení

Výpočet ekonomické efektivnosti hodnotí dosažené výnosy ve srovnání s náklady na realizaci posuzované investice: [16]

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu	20	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	9191317	[Kč] ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka)	0	[Kč]
Úroková sazba	0	[%]
Doba splácení úvěru	0	[počet let]

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořizovaného zařízení	457651,55	[Kč]
Roční změna výnosu z pořizovaného zařízení	3	[%]

Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	0	0
č. 2	0	0

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice	1	% ???

Bude se danit zisk z projektu? ??? ◉ Ne ○ Ano

VÝSLEDKY	
NPV - čistá současná hodnota projektu:	**1796633 Kč** ???
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	**99561 Kč** ???
Doba návratnosti:	**16 let** ???
Diskontovaná doba návratnosti:	**18 let** ???
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	**3 %** ???

Obrázek 25: Výpočet ekonomické efektivnosti [16]

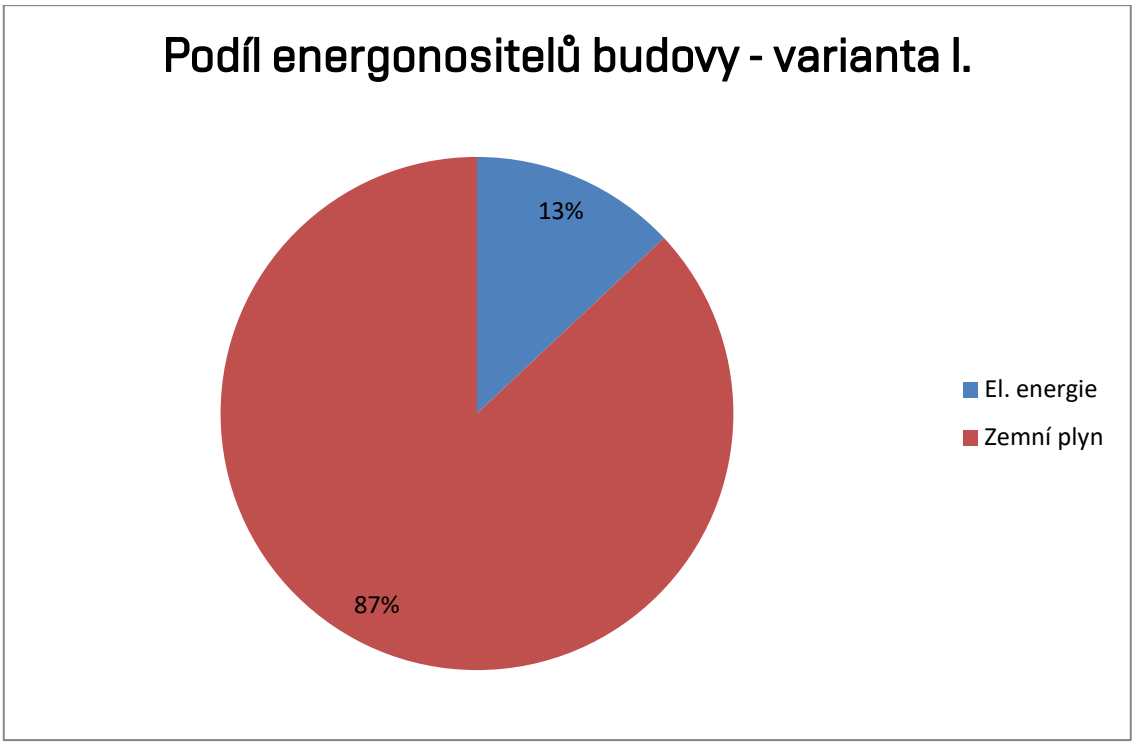
NPV a IRR jsou jedny z nejčastěji využívaných nástrojů pro hodnocení a výběr investic. Čistá současná hodnota je ukazatel, který nám říká, kolik peněz nám za zvolenou dobu životnosti projektu daný projekt přinese anebo sebere.

	Náklady před opatřením [kWh/rok]	Náklady po opatření [kWh/rok]	Cena před opatřením [Kč/rok]	Cena po opatření [Kč/rok]
El. energie	43 007,91	38 805,99	198266,47	178895,61
Zemní plyn	517 457,01	155 241,56	626122,98	187842,29
Celkem	560 464,92	194 047,55	824389,45	366737,90

Celková cena opatření [Kč]	Roční úspora [Kč]	Doba návratnosti
9191300	**457651,55**	**18 let**

Tabulka 41: Ekonomické vyhodnocení varianty I.

Ve výchozím stavu dosahoval roční provoz budovy 950 644 Kč, po zateplení klesla cena na 492 992 Kč s dobou návratnosti 18 let. To je úspora o 48,1 %, především se snížily náklady na zemní plyn. Je zřejmé, že zlepšení kvality obálky budovy má významný vliv.



Graf 16: Podíl energonositelů budovy - varianta I.

B.9.1 Dotace programu Nová zelená úsporám - varianta I.

Program Ministerstva životního prostředí patří k nejefektivnějším programům v České republice zaměřeným na úspory energií v rodinných a bytových domech.

Podporuje snižování energetické náročnosti obytných budov (komplexní nebo dílčí zateplení), výstavbu domů s velmi nízkou energetickou náročností, environmentálně šetrné a efektivní využití zdrojů energie a obnovitelné zdroje energie (OZE).

Z programu Nová zelená úsporám můžete získat dotace na:

- zateplení obvodových stěn, střechy, stropu, podlah,
- výměnu oken a dveří,
- výměnu zdrojů tepla na vytápění na tuhá fosilní paliva za efektivní ekologicky šetrné zdroje,
- výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem,
- výměnu plynového vytápění za systém s plynovým tepelným čerpadlem nebo za jednotku kombinované výroby elektřiny a tepla využívající jako palivo zemní plyn,
- solární termické systémy,
- fotovoltaické systémy,
- řízené větrání s rekuperací tepla.

Tento program lze bohužel využít pouze na území hlavního města Prahy. V budoucnu by se však mohl rozšířit. Pro zajímavost jsem spočítala výši dotace a úspor. Také bylo nutné ověřit splnění požadavků pro dotaci na zateplení bytového domu.

B.9.1.1 Ověření splnění požadavků na dotaci

Potřebné dotace spadají do oblasti A - snižování energetické náročnosti stávajících bytových domů. V této oblasti jsou podporována opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti stávajících bytových domů. Jedná se o realizaci opatření ke zlepšení tepelně-technických vlastností obálky budovy, která lze kombinovat s výměnou neekologických zdrojů tepla za efektivní a ekologicky šetrné zdroje, s instalací technologií využívajících obnovitelné zdroje energie a ZZT z odpadního vzduchu.

Dle dosažených energetických parametrů budovy po realizaci úsporných opatření se oblast podpory A dělí na tři hlavní podoblasti podpory: A.0, A.1, A.2.

Podmínkou pro poskytnutí podpory je dosažení sledovaných technických parametrů. [17]

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	A.0	A.1	A.2
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W.m^{-2}. K^{-1}]	≤ 0,95 × U_{rec}	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.	
Dosažená klasifikační třída neobnovitelné primární energie $E_{pN,A}$ nebo celkové dodané energie $E_{P,A}$	[–]	bez požadavku	C	A–B
Procentní snížení vypočtené měrné neobnovitelné primární energie $E_{pN,A}$ nebo celkové dodané energie $E_{P,A}$ oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 %	≥ 30 %	≥ 40 %

Obrázek 26: Požadované parametry v oblasti podpory A [17]

1. *Měněné stavební prvky obálky budovy*
   Nové konstrukce jsou navrženy na doporučené hodnoty pro pasivní budovy (viz kapitola Tepelně-technické posouzení) → POŽADAVEK SPLNĚN

2. *Dosažená klasifikační třída neobnovitelné nebo celkové dodané energie*
   Obě energie spadají podle grafického znázornění PENB do klasifikační třídy B (viz příloha) → POŽADAVEK SPLNĚN

3. *Procentní snížení vypočtené měrné neobnovitelné primární energie nebo celkové dodané energie oproti stavu před realizací*

	Původní stav	Varianta I.	Procentní snížení [%]
Neobnovitelná primární energie [kWh/rok]	813 003,34	401 960,57	50,56
Celková dodaná energie [kWh/rok]	664 807,56	298 390,18	55,12

Tabulka 42: Procentní snížení energií varianty I.

→ POŽADAVEK SPLNĚN

Sledované technické parametry pro poskytnutí podpory jsou dosaženy a výše podpory pro bytový dům spadá do oblasti A.2.

B.9.1.2 Stanovení výše podpory

Maximální výše podpory v oblasti A se stanoví jako součet dílčích podpor na jednotlivé konstrukce, na kterých je prováděno opatření, tj. dle vzorce:

$$výše\ podpory = \sum_{i=1}^{j} k\ x\ S_i\ x\ výše\ podpory\ i - tého\ opatření$$

S_i - plocha i-té konstrukce v m^2 na obálce budovy zaokrouhlená na jedno desetinné místo směrem dolů [18]

k - koeficient upravující výši podpory [19]

j - počet konstrukcí na obálce budovy, na kterých je realizováno podporované opatření

Typ konstrukce	A.0 a A.1 (Kč/m²)	A.2 (Kč/m²)
Obvodová stěna	430	510
Střešní konstrukce	380	450
Výplně otvorů	1 250	1 500
Podlaha na terénu	500	600
Ostatní konstrukce, stropy	200	240

Obrázek 27: Jednotková výše podpory v oblasti podpory A [18]

Popis	Podmínky	Koeficient k
Budovy a konstrukce bez zvýhodnění	–	1,0
Památkově chráněná budova	kapitola 2.2.3	1,3
Použití materiálu s vydaným environmentálním prohlášením typu III	kapitola 2.2.4	1,05

Obrázek 28: Koeficienty upravující výši podpory v oblasti podpory A [19]

Označení a název	Plocha v m^2	Výše podpory v Kč/m^2	Cena v Kč
STN-1 Obvodová stěna	1 384,6	510	706 146
STN-4 Obvodová stěna-schodiště	12,6	510	6 426
VYP-12 - VYP-26 Výplně otvorů	714,7	1 500	1 072 050
PDL(z)-6 Podlaha nad instalačním prostorem	499,5	600	299 700
PDL-8 Strop do nevtápěného prostoru	439,9	240	105 576
Cena celkem			**2 189 898**

Tabulka 43: Celková výše dotace varianty I.

Původní cena navrhovaných opatření činila 9 191 317 Kč. Výše úspory by dosahovala 2 189 898 Kč, to je úspora celých 23,8 % původní ceny. Náklady by klesly na 7 001 419 Kč.

B.10 NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ - VARIANTA II.

V první variantě navrhovaného opatření bylo zjištěno, že zateplení obálky bytového domu má značný dopad na únik tepla z budovy, a tudíž i potřebu tepla na vytápění. S tímto opatřením budu uvažovat i ve variantě II.

V druhé variantě se budu věnovat především technickým zařízením budovy. Bude se jednat o výměnu tepelného zdroje, zásobníků teplé vody, vzduchotechniky a zdrojů pro osvětlení. Vzhledem k tomu, že většina uvedených přístrojů bude poháněna elektrickou energií, navrhuji také instalaci fotovoltaických panelů na střešní konstrukci budovy, které budou vyrábět elektrickou energii. Podrobný popis je uveden v následující kapitole.

B.11 SPECIFIKACE ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ BUDOVY - VARIANTA II.

B.11.1 Příprava teplé vody

Velikost zásobníků na teplou vodu budu uvažovat stejnou, jaká je ve výchozím stavu (celkem 3 500 l). Orientační výpočet je uveden v kapitole B.2.1. Dojde ovšem k výměně současných zásobníků za nové, tím se sníží jejich tepelná ztráta.

Navrhuji nepřímotopný zásobník Regulus ROBC 2000 a Regulus ROBC 1500, které budou umístěny v technické místnosti v podzemním podlaží.

Technický list

Zásobník R0BC 2000

v1.3_12/2017

R0BC 2000

Elektrické topné těleso

typ A

typ M

Magnesiová anoda

Základní charakteristika	
Použití	příprava teplé vody
Popis	zásobníkový ohřívač vody s možností připojení el. topného tělesa
Pracovní kapalina	voda
Objednací kód	**8 884**

Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 812/2013)	
	R0BC 2000
Třída energetické účinnosti	**neudává se**
Statická ztráta	**172 W**
Užitný objem	**2013 l**

Technické údaje	
Celkový objem zásobníku	2013 l
Max. teplota v zásobníku	95 °C
Max. tlak v zásobníku	10 bar

Materiály	
Materiál zásobníku	S235JR, vnitřní povrch smaltovaný (DIN 4756)
Materiál izolace	flís
Vnější povrch izolace	plast

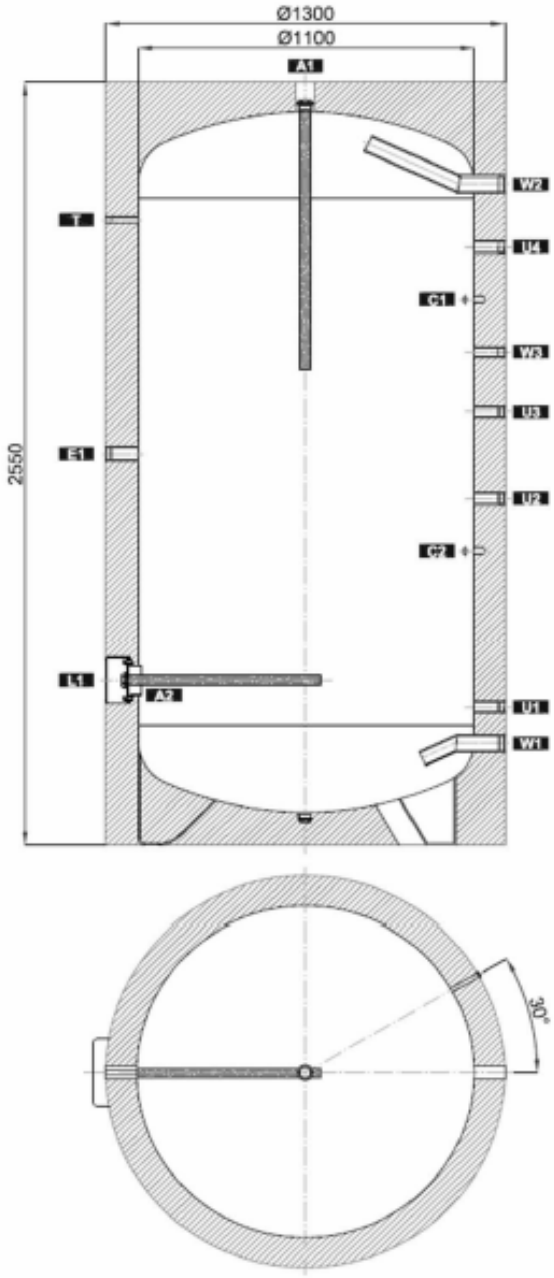
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr zásobníku	1100 mm
Průměr zásobníku s izolací	1300 mm
Celková výška zásobníku	2550 mm
Klopná výška	2870 mm
Hmotnost prázdného zásobníku	280 kg

Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12,0 kW
Elektronická anoda	objednací kód 14 429

Náhradní díly (magneziové anody)	
Mg anoda (A1), G 5/4"	objednací kód 3 698
Mg anoda - řetízková, G 5/4"	objednací kód 13 112
Mg anoda - do přiruby (A2), G 5/4"	objednací kód 464

Rozměrové schéma

Klopná výška 2870 mm.



NÁVARKY		
ozn.	připojení	výška [mm]
Příprava teplé vody		
W1	G 2" F	340
W2	G 2" F	2210
W3	G 1" F	1650
Elektrické topné těleso		
E1	G 6/4" F	1310
Regulace a zabezpečení		
C1	G 1/2" F	1825
C2	G 1/2" F	985
T	G 1/2" F	2090
Univerzální vstup / výstup		
U1	G 5/4" F	460
U2	G 5/4" F	1160
U3	G 5/4" F	1450
U4	G 5/4" F	2000
Příruba		
L1	8 x M10	550
Magneslová anoda		
A1	G 5/4" F	2470
A2	G 5/4" F	550

Regulus

Technický list

Zásobník R0BC 1500

v1.3_12/2017

R0BC 1500

Elektrické topné těleso

typ A

typ M

Magnesiová anoda

Základní charakteristika	
Použití	příprava teplé vody
Popis	zásobníkový ohřívač vody s možností připojení el. topného tělesa
Pracovní kapalina	voda
Objednací kód	**10 366**

Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 812/2013)	
	R0BC 1500
Třída energetické účinnosti	**neudává se**
Statická ztráta	**146 W**
Užitný objem	**1494 l**

Technické údaje	
Celkový objem zásobníku	1494 l
Max. teplota v zásobníku	95 °C
Max. tlak v zásobníku	10 bar

Materiály	
Materiál zásobníku	S235JR, vnitřní povrch smaltovaný (DIN 4756)
Materiál izolace	flís
Vnější povrch izolace	plast

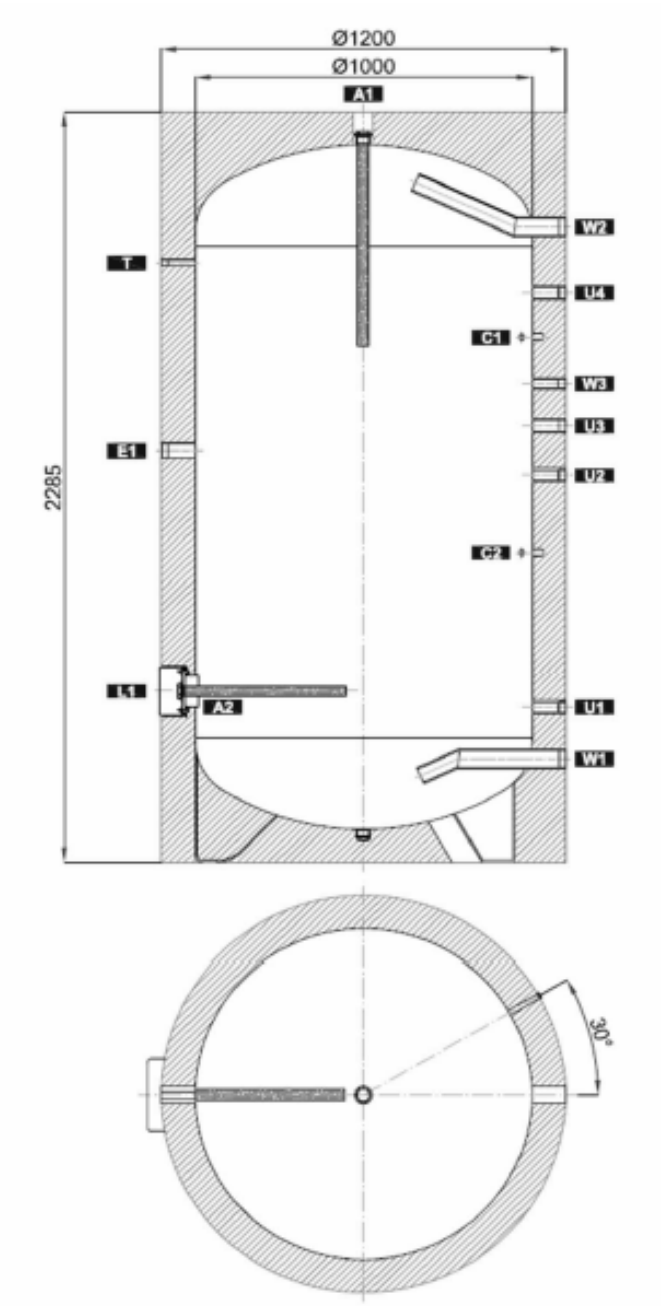
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr zásobníku	1000 mm
Průměr zásobníku s izolací	1200 mm
Celková výška zásobníku	2285 mm
Klopná výška	2590 mm
Hmotnost prázdného zásobníku	230 kg

Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12,0 kW
Elektronická anoda	objednací kód 14 429

Náhradní díly (magneziové anody)	
Mg anoda (A1), G 5/4"	objednací kód 464
Mg anoda - řetízková, G 5/4"	objednací kód 13 112
Mg anoda - do příruby (A2), G 5/4"	objednací kód 448

Rozměrové schéma

Klopná výška 2590 mm.



NÁVARKY		
ozn.	připojení	výška [mm]
Příprava teplé vody		
W1	G 2" F	315
W2	G 2" F	1935
W3	G 1" F	1460
Elektrické topné těleso		
E1	G 6/4" F	1255
Regulace a zabezpečení		
C1	G 1/2" F	1600
C2	G 1/2" F	945
T	G 1/2" F	1825
Univerzální vstup / výstup		
U1	G 5/4" F	470
U2	G 5/4" F	1180
U3	G 5/4" F	1330
U4	G 5/4" F	1735
Příruba		
L1	8 x M10	520
Magneslová anoda		
A1	G 5/4" F	2205
A2	G 5/4" F	520

B.11.2 Vytápění

Stávající dva plynové kotle o tepelném výkonu 140 kW budou nahrazeny venkovními tepelnými čerpadly vzduch-voda a pomocným elektrokotlem.

VSTUPNÍ ÚDAJE

Tepelné ztráty objektu: 47,3 kW

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody: 25,137 kW

Potřeba tepla pro vzduchotechniku: 0 kW

- Vytápění objektu s přerušovaným větráním a přípravou teplé vody

$$Q_{PRIP} = 0{,}7Q_{VYT} + 0{,}7Q_{VZT} + Q_{TV} + (Q_{TECH})$$
$$Q_{PRIP} = 0{,}7 \times 47{,}3 + 0{,}7 \times 0 + 25{,}137$$
$$Q_{PRIP} = 58{,}247\ kW$$

- Vytápění objektu s trvalým větráním nebo technologickým ohřevem

$$Q_{PRIP} = Q_{VYT} + Q_{VZT} + (Q_{TECH})$$
$$Q_{PRIP} = 47{,}3 + 0$$
$$Q_{PRIP} = 47{,}3\ kW$$

Na stranu bezpečnou uvažuji s vyšší hodnotou.

Navrhuji dvě tepelná čerpadla vzduch-voda alpha innotec řady ALIRA LWA typ LW-251 o tepelném výkonu 24 kW. Celkový výkon tepelných čerpadel činí 48 kW. Budou umístěna ve venkovním prostředí před technickou místností.

Dále navrhuji k čerpadlům přídavný zdroj tepla. Jedná se o elektrokotel Thermona THERM EL 15 o tepelném výkonu 15 kW umístěný v technické místnosti v podzemním podlaží.

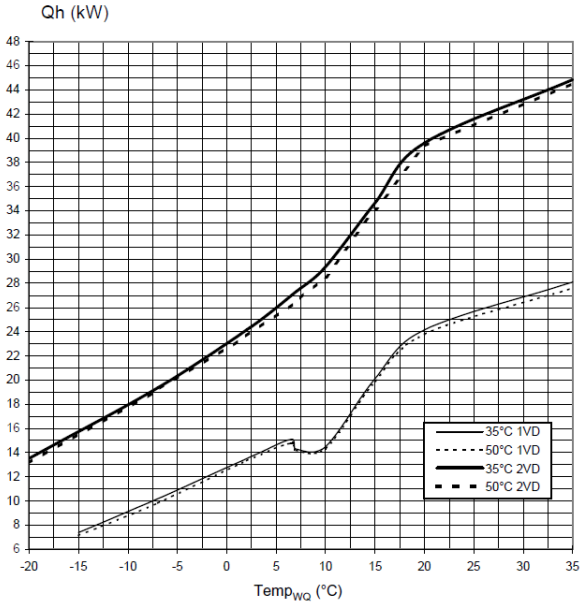
Obrázek 29: TČ vzduch-voda alpha innotec ALIRA LWA LW-251

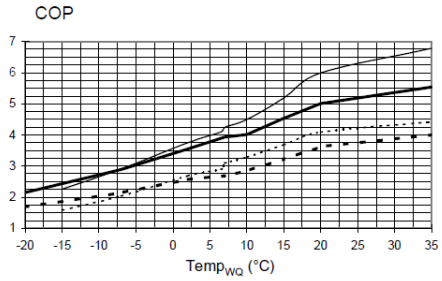
Technické údaje

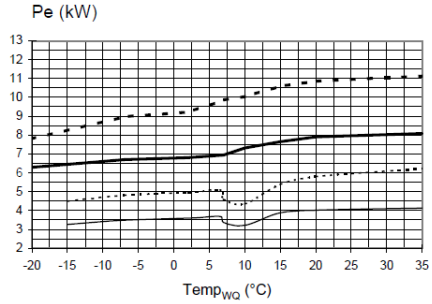
Objednací číslo	10054602
Tepelný výkon (kW)	24
Jmenovitý tepelný výkon P_{rated} (kW)	25
Topný faktor (COP)	3.6 při A2/W35 - EN 14511
Max. výstupní teplota (°C)	60
Chlazení	ne
Zdroj tepla	L/W
Typ instalace	Venkovní instalace
Rodinný dům	ne
Bytový dům	ano

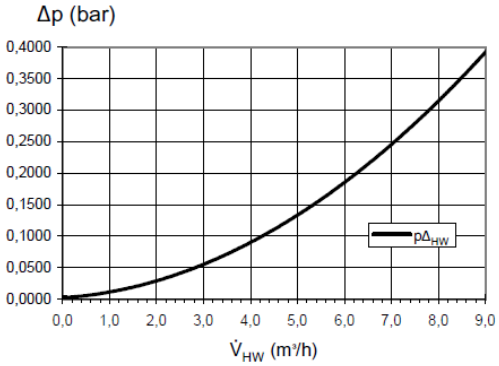
Průmyslové využití	ne
Novostavba	ano
Rekonstrukce	ano
Typ chladiva	R407C
Hodnota GWP	1774
Plnící množství (kg)	9.8
Hermetický okruh	Y
SVT kód	SVT1740
Třída energetické účinnosti pro vytápění (35 °C)	A++
Třída energetické účinnosti pro vytápění (55 °C)	A+
Třída energetické účinnosti pro vytápění (s regulátorem)	A+

					LW 251A
Heat pump type	Brine/water ı Air/water ı Water/ground			• applicable ı — not applicable	— ı • ı —
Installation location	Indoors ı Outdoors			• applicable ı — not applicable	— ı •
Conformity				CE	•
Performance data	Heating capacity/COP at				
	A7/W35	Standard point acc. to EN14511	2 Compressors	kW ı ...	27,3 ı 3,9
			1 Compressor	kW ı ...	14,1 ı 4,2
	A7/W45	Standard point acc. to EN14511	2 Compressors	kW ı ...	26,1 ı 3,3
			1 Compressor	kW ı ...	13,7 ı 3,4
	A2/W35	Operating point according to EN14511	2 Compressors	kW ı ...	24,0 ı 3,6
			1 Compressor	kW ı ...	13,2 ı 3,8
	A10/W35	Operating point according to EN14511	2 Compressors	kW ı ...	29,2 ı 4,0
			1 Compressor	kW ı ...	14,2 ı 4,5
	A-7/W35	Operating point according to EN14511	2 Compressors	kW ı ...	19,4 ı 2,8
			1 Compressor	kW ı ...	10,1 ı 2,9
	A-15/W65		2 Compressors	kW ı ...	—
			1 Compressor	kW ı ...	—
Limits of application	Heating circuit			°C	20[1] – 50[2]
	Heat source			°C	-20 – 35
	Additional operating points			°C	A> -7 / 60[2]
Sound	Internal sound pressure level (open air test field, distance of 1m around the engine, average)			dB(A)	—
	External sound pressure level (open air test field, distance of 1m around the air supplies, average)			dB(A)	57
	Sound power inside			dB(A)	—
	Sound power outside			dB(A)	65
Heat source	Air volume flow at maximum external compression			m³/h	7800
	Maximum external pressure			Pa	—
Heating circuit	Volume flow: minimum flow rate ı nominal flow rate A7/W35 EN14511 ı maximum flow rate			l/h	2500 ı 5000 ı 6200
	Pressure loss heat pump Δp ı volume flow			bar ı l/h	0,12 ı 5000
	Free compression heat pump Δp ı volume flow			bar ı l/h	— ı —
	Content of buffer tank			l	—
	3-way valve, heating/hot water			...	—
General unit data	Dimensions (see dimensional drawing for the specified unit size)			unit size	5
	Total weight			kg	540
	Connections	Heating circuit		...	R5/4"AG
		Heat source		...	—
	Refrigerant	Refrigerant type ı Quantity		ı kg	R407C ı 9,8
	Free cross section, air channels			mm	—
	Cross section, condensate water / length from unit			mm ı m	30 ı 1
Electric	Voltage code ı all-pole circuit breaker heat pump **)			... ı A	3~/N/PE/400V/50Hz ı C25
	Voltage code ı circuit breaker control voltage **)			... ı A	1~/N/PE/230V/50Hz ı B10
	Voltage code ı circuit breaker electric heating element **)			ı A	3~/N/PE/400V/50Hz ı B16
Heat Pump	Effective power consumption in standard point A7/W35 according to EN14511: Power consumption ı current consumption ı cosφ			kW ı A ı ...	7,0 (3,4) ı 14,4 (7,0) ı 0,7 (0,7)
	Maximum device current within the limits of application			A	24,5
	Starting current: direct ı with soft starter			A ı A	74 ı 30
	Protection type			IP	24
	Output electric heating element 3 ı 2 ı 1 phase			kW ı kW ı kW	9 ı 6 ı 3
Components	Circulating pump heating circuit at nominal flow rate: Power consumption ı current consumption			kW ı A	— ı —
Safety equipment	Safety component heating circuit ı Safety component heat source			Includ. in sc. of del.: • yes — no	— ı —
Heating and heat pump regulator				Includ. in scope of delivery: • yes — no	—
Control and sensor wire				Includ. in scope of delivery: • yes — no	—
Power cable to unit				Includ. in scope of delivery: • yes — no	—
Electronic soft starter				integrated: • yes — no	•
Expansion vessels	Heat source: Scope of delivery ı Volume ı Initial pressure			• yes — no ı l ı bar	— ı — ı —
Overflow valve				integrated: • yes — no	—
Vibration decouplers	Heating circuit ı heat source			Included in scope of delivery: • yes — no	—

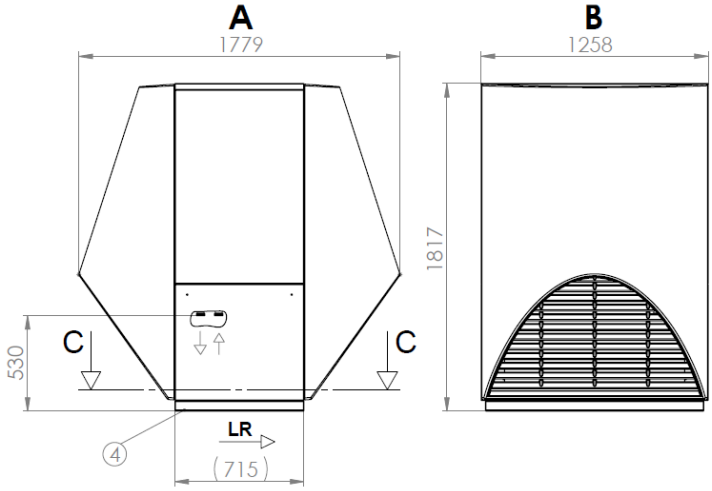


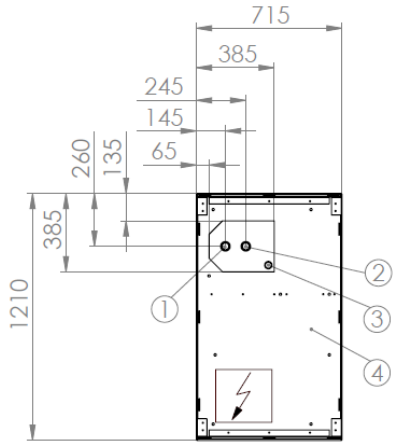






Legend:	UK823129L/170408
$\dot{V}_{HW}$	Volume flow, heating water
Temp$_{WQ}$	Temperature, heat source
Qh	Heating capacity
Pe	Power consumption
COP	Coefficient of performance / efficiency rating
Δp_{HW}	Pressure loss heat pump
VD	Compressor(s)

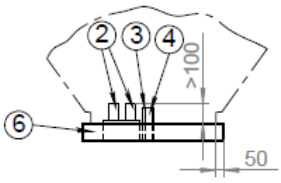




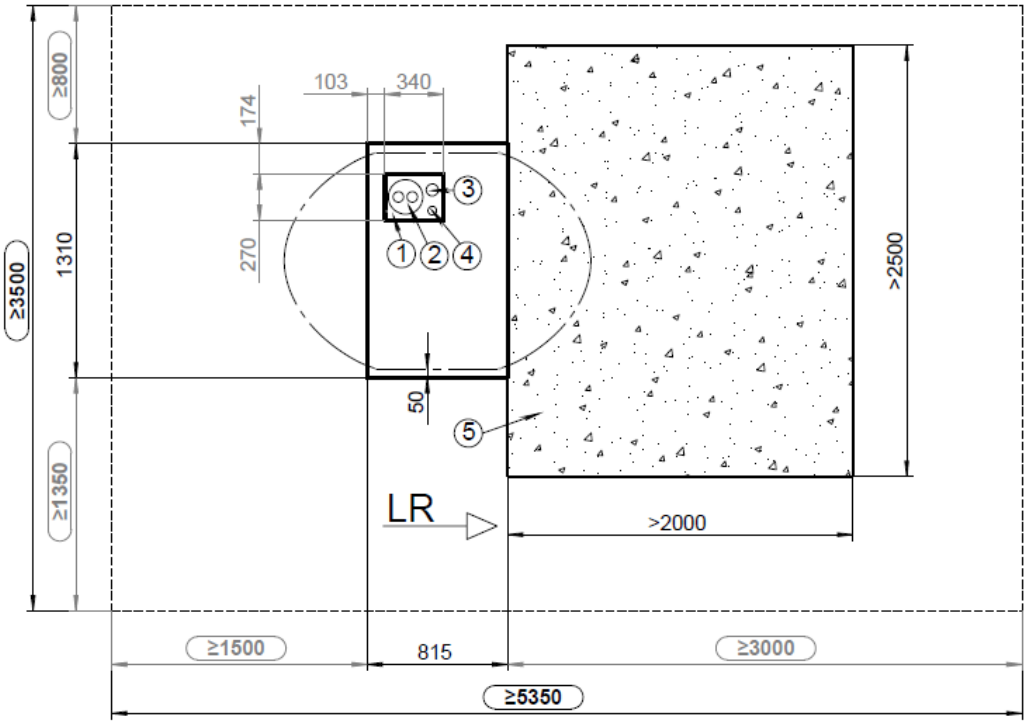
Key: UK819437
Subject to technical change without notice.
All dimensions in mm.

A	Front view
B	Side view
C	Plan view (Section, without façade and shrouds)
1	Heating water outlet (flow) R 1 1/4"
2	Heating water inlet (return) R 1 1/4"
3	Condensate hose, outside - 36x3
4	Baseplate
LR	Air direction

A



C



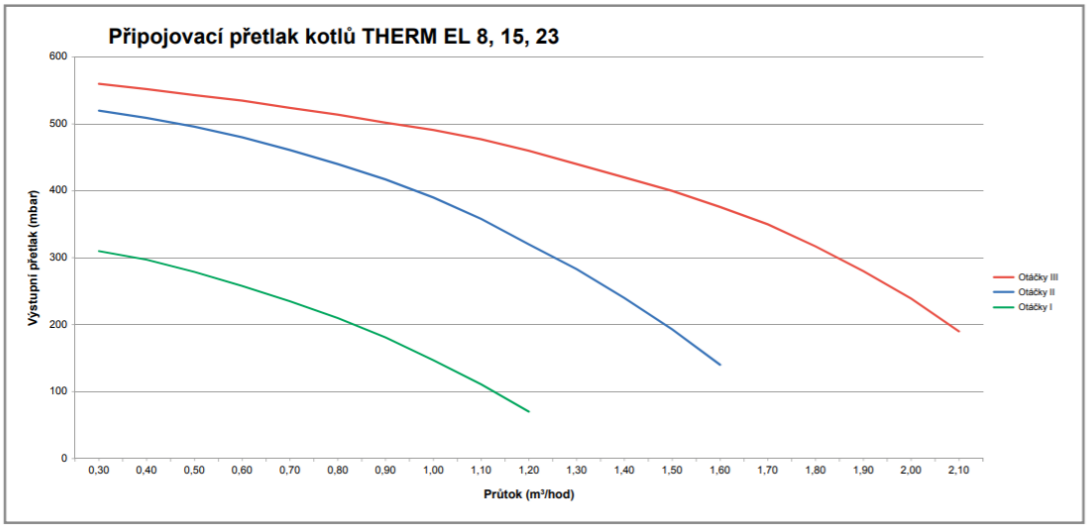
Legend: UK819378
All dimensions in mm.

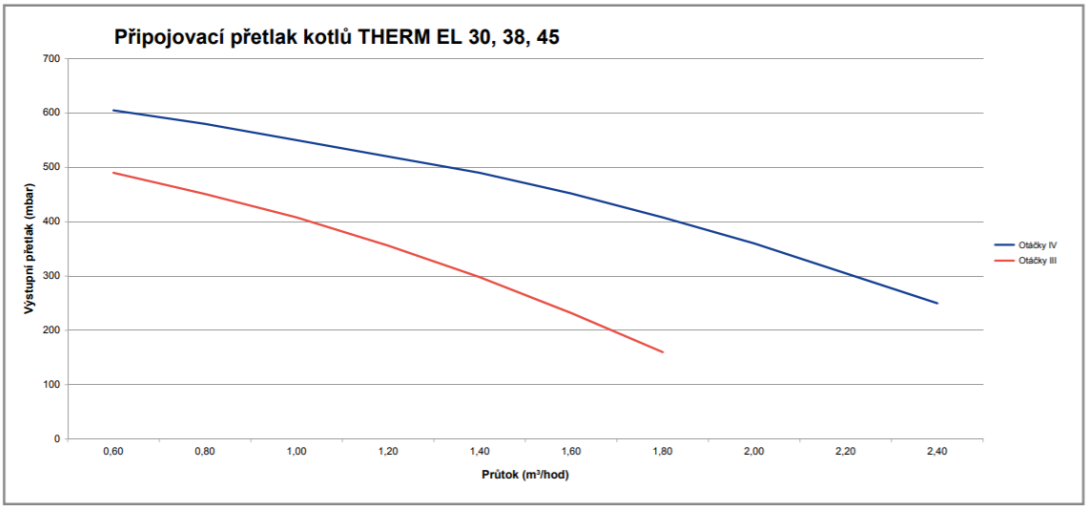
A	Front view
C	Top view
≥ …	Minimum clearances
1	Recess in base
2	Local heat pipe for heating water forward/return flow
3	Empty pipe for electric cables, minimum diameter 70mm
4	Condensate discharge, minimum diameter 50mm
5	Water-permeable surface (gravel, …) in the air outlet area
6	Base
LR	Air direction

Technické informace - elektrokotel Thermona THERM EL 15

Technický popis	Jedn.	THERM EL 8	THERM EL 15	THERM EL 23	THERM EL 30	THERM EL 38	THERM EL 45
Jmenovitý tepelný výkon	kW	7,5	15,0	22,5	30,0	37,5	45,0
Minimální regulační stupeň výkonu	W	2500	2500	2500	2500/5000	2500/5000	2500/5000
Počet stupňů regulace výkonu	-	3	6	9	9	9	9
Jmenovitý proud (jednofázové připojení)	A	11 (33)	22 (66)	33	44	55	66
Stupeň elektrického krytí	-	IP 40	IP 40	IP 40	IP 40	IP 40	IP 40
Jmenovité napájecí napětí / frekvence	V / Hz	3 x 400 / 230 + N + PE / 50 ~		3 x 400 + N + PE / 50 ~			
Maximální jmenovitý proud	A	3 x12 (1 x 36)	3 x 24	3 x 36	3 x 48	3 x 60	3 x 72
Maximální jmenovitý proud	A	3 x12 (1 x 36)	3 x 24	3 x 36	3 x 48	3 x 60	3 x 72
Hlavní jistič elektroinstalace	A	16 (40)	25 (80)	40	50	63	80
Jmenovitý proud pojistky ovládání	A	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Elektrická životnost relé	-	1.10^5 cyklů (16 A, 250 V / 50 Hz)					
Mechanická životnost relé	-	10.10^6 cyklů					
Vstup - výstup topné vody	G	3/4" vnější			G 1" vnější		
Min. pracovní přetlak otopné soustavy	bar	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Max. pracovní přetlak otopné soustavy	bar	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Maximální teplota otopné vody	°C	80	80	80	80	80	80
Vodní objem kotle	l	14,5	14,5	14,5	28,0	28,0	28,0
Účinnost při jmenovitém výkonu	%	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
Objem expanzní nádoby	l	7	7	7	-	-	-
Maximální počet kotlů v kaskádě	ks	32	32	32	32	32	32
Rozměry: výška / šířka / hloubka	mm	820 / 475 / 238			805 / 475 / 238		
Hmotnost kotle bez vody	kg	37	38	39	43	44	45
Třída sezonní energetické účinnosti vytápění	-	D	D	D	D	D	D

GRAFY PŘIPOJOVACÍCH PŘETLAKŮ TOPNÉ VODY

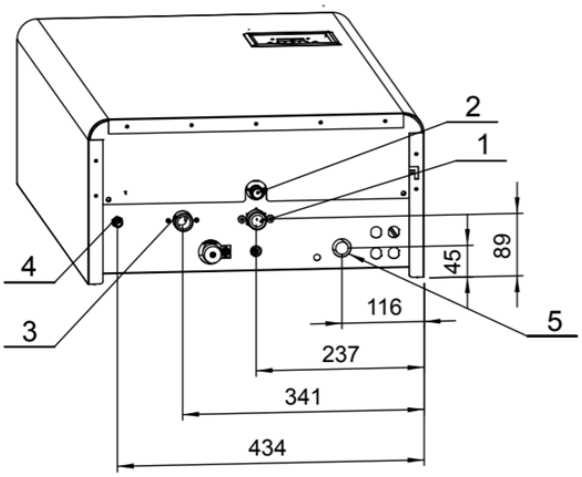


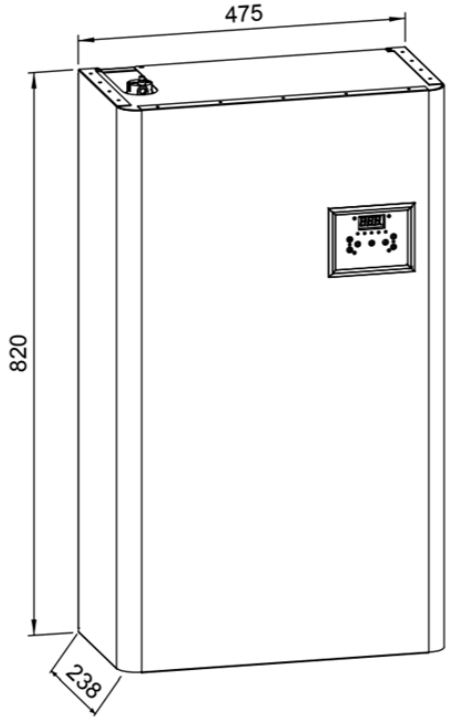


Minimální průtok při max. výkonu a teplotním spádu 20 °C (m³/hod)			
THERM EL 8	0,35	THERM EL 30	1,35
THERM EL 15	0,70	THERM EL 38	1,70
THERM EL 23	1,05	THERM EL 45	2,00

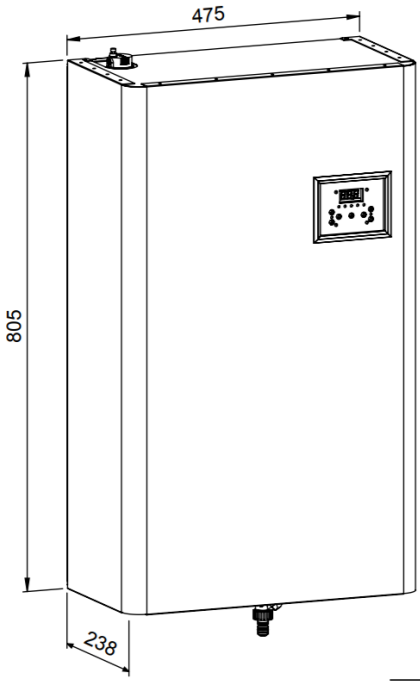
ROZMĚRY A PŘIPOJENÍ

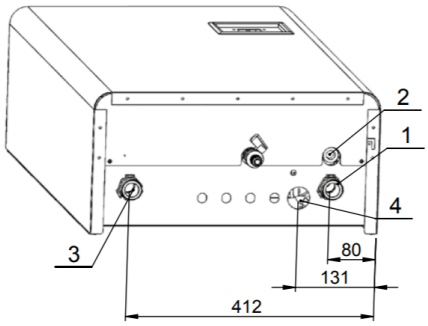
THERM EL 8, 15, 23





THERM EL 30, 38, 45





PŘIPOJENÍ KOTLŮ	TYP KOTLE			
	ROZMĚR	TYP ZÁVITU	EL 8, 15, 23	EL 30, 38, 45
Vstup vratné vody	G 3/4"	vnější	1	-
	G 1"	vnější	-	1
Výstup pojistného ventilu	-	-	2	2
Výstup topné vody	G 3/4"	vnější	3	
	G 1"	vnější		3
Připojení dopouštění	G 1/2"	vnější	4	-
Kabelová průchodka	-	-	5	4

B.11.3 Větrání

Stávající odtahové ventilátory v hygienických místnostech budou nahrazeny VZT jednotkami. V každém bytě bude osazena jedna VZT jednotka s řízeným rovnotlakým větráním. Jde tedy o změnu způsobu větrání celého objektu - z přirozeného na nucené. Výpočet výměny vzduchu v jednotlivých bytech je uveden v následujících tabulkách.

BYT 3+1							
Místnost	Plocha [m^2]	Objem [m^3]	Požadavky [x/h]	Počet [ks]	Výměna [m^3]	Přívod [m^3]	Odvod [m^3]
pokoj dětstký	12,02325	31,26045	40/osoba	2	80	80	-
ložnice	12,02325	31,26045	40/osoba	2	80	80	-
obývací pokoj	19,92525	51,80565	40/osoba	4	160	80	-
kuchyně	8,499375	22,0984	40/osoba	2	80	-	80
koupelna	2,7634	7,18484	30/um + 80/vana	1+1	110	-	110
WC	1,051	2,7326	50/WC	1	50	-	50
Celkem						240	240

Tabulka 44: Výměna vzduchu v bytech 3+1

BYT 1+KK							
Místnost	Plocha [m^2]	Objem [m^3]	Požadavky [x/h]	Počet [ks]	Výměna [m^3]	Přívod [m^3]	Odvod [m^3]
kuchyně + pokoj	20,3264	52,84864	40/osoba	1	40	200	40
koupelna	4,026	10,4676	30/um + 50/WC + 80/sprcha	1+1+1	160	-	160
Celkem						200	200

Tabulka 45: Výměna vzduchu v bytech 1+kk

VZT jednotky jsou navrženy přívodní s odtahem. V bytech 3+1 jde o jednotku ATREA typ DUPLEX Easy 300 s objemovým průtokem ventilátoru 330 m^3/h a příkonem 60 W. V bytech 1+kk bude instalována jednotka ATREA typ DUPLEX Easy 250 s objemovým průtokem ventilátoru 280 m^3/h a příkonem 60 W. Obě jednotky využívají systému zpětného získávání tepla s účinností 77 %.

Obrázek 30: VZT jednotka ATREA DUPLEX Easy

1 Protiproudý rekuperační výměník nové generace s účinností až 93 %

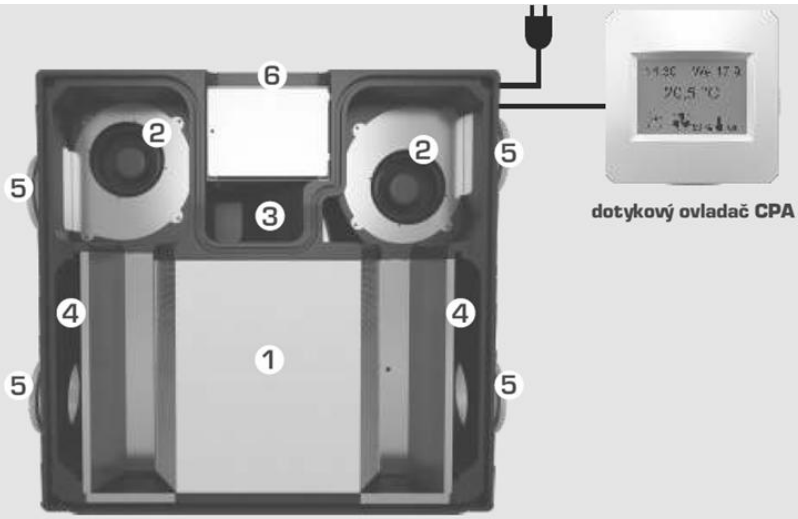
2 EC ventilátory odpadního a přívodního vzduchu

3 Klapka by-passu se servopohonem

4 Filtr třídy G4 nebo F7

5 Kruhová hrdla

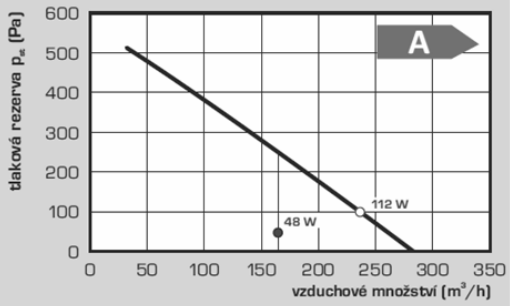
6 Plášť jednotky z materiálu EPP



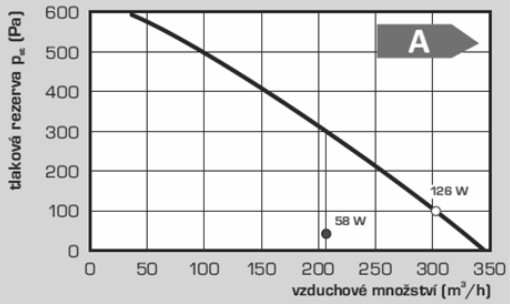
A

VÝKONOVÉ PARAMETRY

DUPLEX 250 EASY



DUPLEX 300 EASY



Legenda:

tlaková rezerva s filtrem G4*

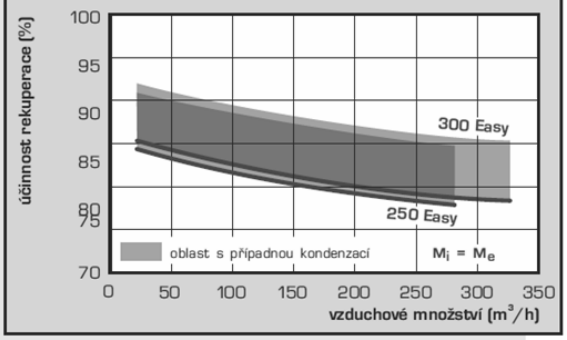
● Qref referenční průtok

○ Qmax maximální průtok

* je uváděna křivka max. tlakové rezervy

* je uváděn el. příkon celé jednotky (obou ventilátorů včetně regulace)

ÚČINNOST REKUPERACE



TECHNICKÁ DATA

DUPLEX Easy		250	300
energetická třída	–	A [1]	A [1]
maximální průtok [2]	m³/h	230	300
akustický výkon do okolí L_{WA}	dB	55 / 48 [4]	51 / 45 [4]
max. účinnost rekuperace	%	93	93
šířka **B**	mm	660	820
rozměr **D**	mm	425	435
průměr připojovacích hrdel	mm	ø 160	ø 160
hmotnost	kg	20	21
by-pass	–	ano (se servopohonem)	
napětí	V	230 / 50 Hz	
třída filtrace přívodní vzduch	–	G4 (alter. F7)	
odvod kondenzátu	mm	6x ø 14 (využití dle polohy)	

[1] Všechny typy regulace vestavěné v jednotce standardně obsahují minimálně dva vstupy pro připojení elektrických signálů, které jsou důsledkem manipulace člověka se světlem, nebo jiných zařízení, které automaticky regulují výkony jednotky. Tyto vstupy musí být vždy zapojeny, nebo místo nich zapojeny jiné typy snímačů (např. CO_2, VOC, rH a pod.).

[2] maximální průtok je stanoven při tlakové dispozici 100 Pa

[3] uvedená hodnota se vztahuje k referenčnímu průtoku tj. 70 % maximálního

[4] akustické hodnoty s osazeným krytem SK – viz příslušenství

HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU L_w A AKUSTICKÉHO TLAKU L_p

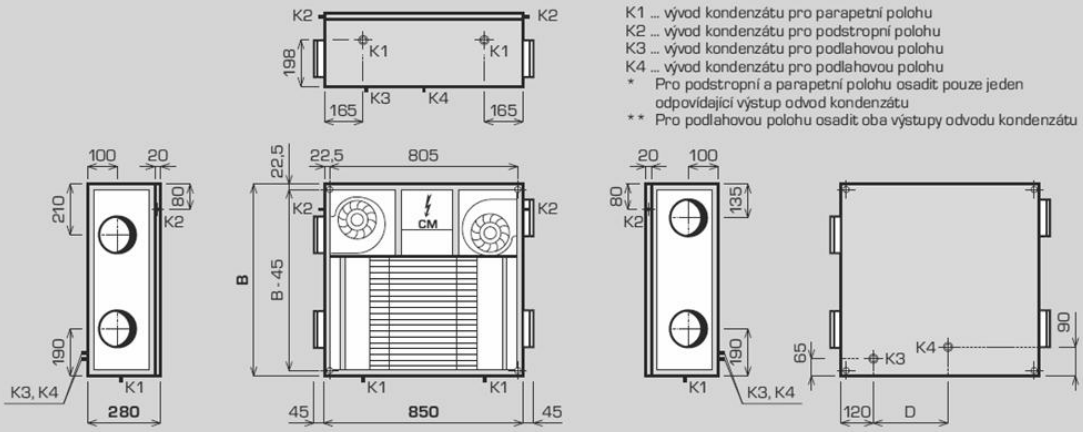
Typ	Pracovní bod	Akustický výkon L_w [dB(A)]					Akustický tlak L_p [dB(A)] ve vzdálenosti 3 m
		sání e_1	sání i_1	výtlak e_2	výtlak i_2	jednotka	
DUPLEX 250 Easy	200 m^3/h (100 Pa)	53	53	74*	74*	60 / 54**	40 / 33**
DUPLEX 300 Easy	250 m^3/h (100 Pa)	51	51	74*	74*	61 / 54**	40 / 34**

Pro dosažení přípustných výsledných akustických hodnot je nutné vždy instalovat VZT rozvody s garantovaným akustickým útlumem.

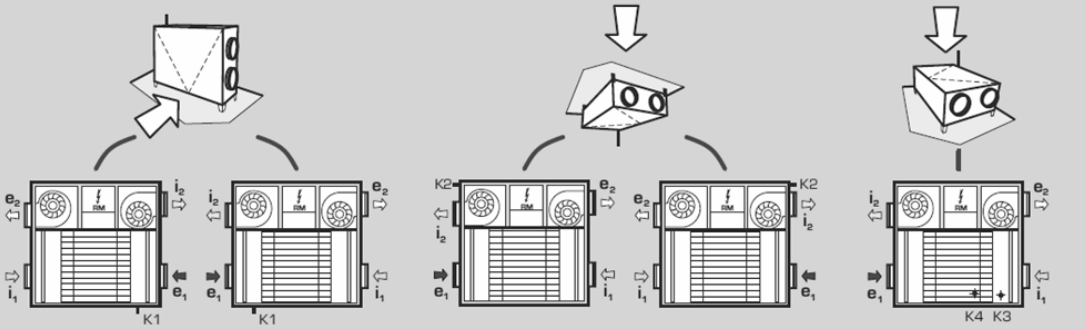
* Orientačně lze při instalaci zvukově izol. potrubí dosáhnout snížení akustického výkonu na výtlaku jednotky DUPLEX 250, 300 Easy e_2, i_2 na hodnoty:
- L_w = 52 dB (A) – při délce 1 m akusticky utlumeného potrubí
- L_w = 43 dB (A) – při délce 2 m akusticky utlumeného potrubí
- L_w = 37 dB (A) – při délce 3 m akusticky utlumeného potrubí

** Akustické hodnoty s osazeným krytem SK – viz příslušenství

ROZMĚROVÉ SCHÉMA



MONTÁŽNÍ POLOHY



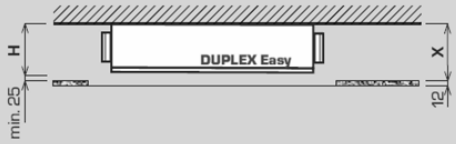
Poznámka:
Jednotky DUPLEX Easy se dodávají v univerzálním provedení – jednotku lze osadit ve všech polohách (parapetní, podstropní a podlahové). Volba mezi „pravou" a „levou" orientací, dle obrázku výše, se provádí přemístěním provozního čidla a přepojením ventilátorů.

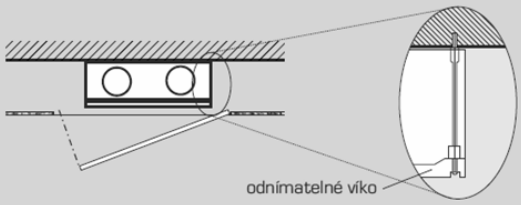
LEGENDA

- ➡ e_1 sání čerstvého venkovního vzduchu
- ⇨ e_2 výstup čerstvého filtrovaného vzduchu
- ⇨ i_1 sání odpadního vzduchu
- ⇨ i_2 výstup odpadního vzduchu
- RM regulační modul
- K1 vývod kondenzátu pro parapetní polohu
- K2 vývod kondenzátu pro podstropní polohu
- K3 vývod kondenzátu pro podlahovou polohu
- K4 vývod kondenzátu pro podlahovou polohu

INSTALACE JEDNOTEK

DUPLEX Easy – podstropní poloha
Nové jednotky DUPLEX Easy se vyznačují velmi plochou konstrukcí, která umožňuje jednotky instalovat i do velmi nízkých podhledů. Minimimální požadavek na výšku dutiny je 305 mm.
Pod jednotku lze osadit sádrokartonový poklop, v koupelnách nutno zajistit poklop vzduchotěsný a celý podhled parotěsný.



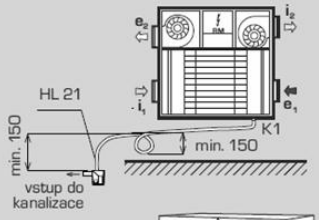


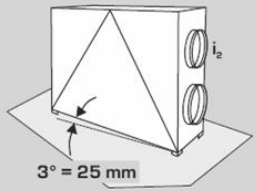
ODVOD KONDENZÁTU A SPÁDOVÁNÍ JEDNOTEK

Odvod kondenzátu

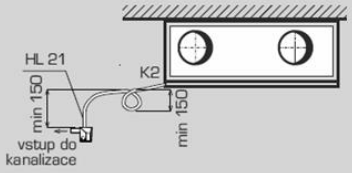
Při rekuperaci, zpětném získávání tepla, dochází při ochlazení odpadního vzduchu ke kondenzaci vlhkosti. Voda se sráží na stěnách rekuperačního výměníku, čímž dále zvyšuje účinnost rekuperace. Kondenzát ve směru proudu odváděného vzduchu vytéká z rekuperačního výměníku a je z jednotky DUPLEX odváděn do kanalizace. Pro správnou funkci a odvod je nutné vytvořit oddělení jednotky a kanalizace pomocí sifonu s dostatečnou výškou – doporučuje se min. 150 mm. Možné je i použití malých čerpadel odvodu kondenzátu. Zařízení musí být osazeno v uvedeném spádu pro jednotlivé polohy.

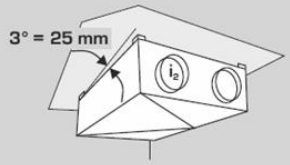
PARAPETNÍ POLOHA



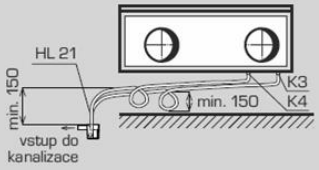


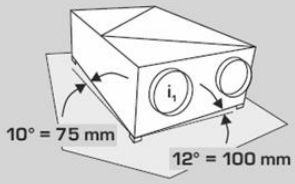
PODSTROPNÍ POLOHA





PODLAHOVÁ POLOHA

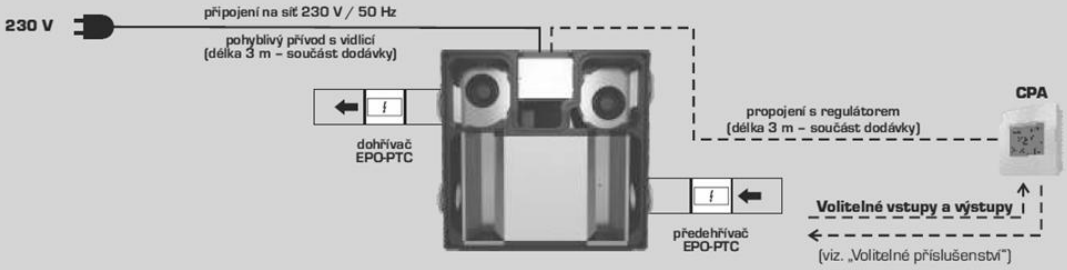




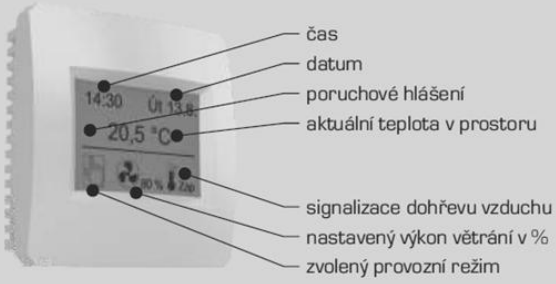
DUPLEX EASY – POPIS SYSTÉMU REGULACE

Komfortní regulace nabízí intuitivní ovládání a širokou škálu nastavitelných parametrů. Systém umožňuje připojení externího vstupu pro zvýšení výkonu větrání (signály z místností, např: WC, koupelna, kuchyň), vstup 0–10 V pro řízení výkonu podle čidel kvality vzduchu (CO_2, RH). Rovněž je možné připojit externí elektrický předehřívač (pro ochranu rekuperačního výměníku před namrzáním) i dohřívač vzduchu (pro dosažení požadované teploty přiváděného vzduchu). Standardní regulace dále poskytuje možnost ovládání uzavíracích klapek na přívodu i odtahu.

Unikátnost systému podtrhuje nástěnný digitální dotykový ovladač CPA, který je spolu s komunikačním kabelem a přívodním kabelem standardní součástí dodávky.



Dotykový ovladač CPA – základní funkce
(90 x 90 x 32 mm)



Přehled funkcí dotykového ovladače CPA

- Manuální nebo automatický režim
- Týdenní program
- Plynulé řízení ventilátorů
- Automatické ovládání klapky bypassu
- Protimrazová ochrana rekuperačního výměníku
- Spínání externího elektrického předehřívače a dohřívače
- Přepnutí na zvolený výkon podle externího signálu
- Možnost automatického provozu podle čidel (CO_2, RH) s výstupem 0–10 V
- Ovládání uzavírací klapky na přívodu a odtahu
- Režim „party" – požadavek na vyšší výkon větrání
- Režim „dovolená" – automatická deaktivace a aktivace chodu podle nastaveného datumu
- Upozornění na nutnost výměny filtru
- Možnost přednastavení min. a max. dovolených otáček
- Možnost regulace na konstantní vstupní signál (např: regulace na konstatní tlak)

DUPLEX EASY – ZÁKLADNÍ SESTAVA

A	**DUPLEX 250 Easy**	obj. č. A161900	Větrací jednotka s protiproudým rekuperačním výměníkem, automatickým by-passem včetně servopohonu, elektronicky řízenými EC motory a vestavěným modulem digitální regulace s dotykovým ovladačem (včetně 3 m komunikačního kabelu), integrovanými čidly teploty pro ovládání by-passové klapky a protimrazové ochrany rekuperátoru, filtry s třídou G4 na obou vstupech, 3 m napájecím kabelem s vidlicí, návodem k obsluze a údržbě a příslušenstvím pro napojení odvodu kondenzátu.
	DUPLEX 300 Easy	obj. č. A161901	

B.11.3 Chlazení

V objektu není navržen systém chlazení.

B.11.4 Úprava vlhkosti

Úprava vlhkosti v objektu není řešena.

B.11.5 Osvětlení

Původní klasické žárovky budou v celém bytovém domě nahrazeny úsporným LED osvětlením.

LED žárovky mají extrémně dlouhou životnost, a to až 50 000 hodin, malé rozměry a velmi nízkou spotřebu. Nevadí jim časté vypínání a zapínání. Vyžadují nulovou údržbu, jsou vysoce odolné proti otřesům, nárazům i vůči chladu. Nevydávají žádné infračervené a ultrafialové záření ani žádné teplo. Jsou vysoce účinné a představují bezkonkurenčně nejvýhodnější světelné zdroje.

Způsob ovládání zůstává zachován - v zóně č. 1 a 3 je ruční, v zóně č. 2 je systém s ADO (ruční zapínání a automatické vypínání). V této zóně se také nachází umělé nouzové osvětlení.

Tabulka shrnující parametry jednotlivých světelných zdrojů

	Klasická žárovka	Halogenová žárovka	Úsporná žárovka (kompaktní zářivka)	LED
Životnost (hod.)	1000	2000	8 000	50 000
Úspornost provozu	nízká	nízká	střední	vysoká
Svítivost (lm/W)	13	13	50	80 a více
Funkční i v nízkých teplotách	ano	ano	ne	ano
Rychlý náběh světla	ano	ano	ne	ano
Vhodné pro časté zapínání	ano	ano	ne	ano
Ekologická zátěž (rtuť)	ne	ne	ano	ne

Tabulka 46: Parametry jednotlivých zdrojů osvětlení

Orientační přepočet				
Orientační svítivost	**Klasická žárovka**	**Halogenová žárovka**	**Úsporná žárovka (kompaktní zářivka)**	**LED**
500 lumenů	40 W	35 W	11 W	7 W
750 lumenů	60 W	42 W	15 W	9 W
1300 lumenů	10 0W	70 W	23 W	15 W

Tabulka 47: Přepočet lumenů na Watty

B.11.6 Fotovoltaika

Z důvodu potřeby elektrické energie na systém vytápění, větrání a osvětlení, doporučuji návrh fotovoltaických panelů na střešní konstrukci. FV panely jsou navrženy na cca 20 % spotřeby elektrické energie.

$$20\ \%\ elekrické\ energie = 14\ 255{,}78\ kWh/rok$$

$$1\ kWp = 980\ kWh$$
$$\rightarrow 14\ 255{,}78\ kWh = \ 14{,}55\ kWp = 14\ 550\ Wp$$

$$výkon\ 1\ FV\ panelu = 270\ Wp$$
$$\rightarrow 54\ ks\ panelů = \ 89{,}5\ m^2$$

Navrhuji polykrystalické fotovoltaické panely GCL 270 Wp. Budou umístěny na střešní konstrukci v ploše 89,5 m^2. Celková plocha střechy je cca 601,12 m^2. Panely budou namontovány na nosnou konstrukci určené pro plochou střechu, na střeše bude umístěn také AC/DC měnič. Orientace panelů bude jižním směrem, ve sklonu 45°.

Obrázek 31: FV panel GCL 270 Wp

Technické informace - FV panel GCL270 Wp

- Výkon: 270Wp
- Jmenovité napětí: 31,20V
- Napětí na prázdno: 38,30V
- Jmenovitý proud: 8,65A
- Proud nakrátko: 9,29A
- Účinnost modulu: 16,60%
- Tolerance výkonu: 0~+5Wp
- Rozměry: 1640 x 992 x 35mm
- Hmotnost: 18,1kg

Electrical Specification (STC*)

Maximum Power	Pmax(W)	270	275	280	285	290	295	300	305
Maximum Power Voltage	Vmp(V)	31.20	31.40	31.60	31.80	32.20	32.40	32.60	32.80
Maximum Power Current	Imp(A)	8.65	8.76	8.86	8.96	9.01	9.10	9.20	9.30
Open Circuit Voltage	Voc(V)	38.30	38.50	38.70	38.90	39.70	40.00	40.30	40.60
Short Circuit Current	Isc(A)	9.29	9.38	9.46	9.54	9.69	9.74	9.79	9.84
Module Efficiency	(%)	16.6	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1	18.4	18.7
Power Output Tolerance	(W)	0~+5							

* Irradiance 1000W/m², Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Electrical Specification (NOCT*)

Maximum Power	Pmax (W)	201.02	204.45	207.90	211.39	215.92	219.60	222.57	226.75
Maximum Power Voltage	Vmp (V)	28.80	29.00	29.20	29.40	29.70	30.00	30.20	30.60
Maximum Power Current	Imp (A)	6.98	7.05	7.12	7.19	7.27	7.32	7.37	7.41
Open Circuit Voltage	Voc(V)	35.60	35.80	36.00	36.10	36.90	37.20	37.40	37.70
Short Circuit Current	Isc (A)	7.50	7.57	7.64	7.70	7.83	7.87	7.91	7.95

* Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s

Mechanical Data

Solar Cell Type	Poly 156.75×156.75mm
Number of Cells	60 Cells (6×10)
Dimensions of Module L*W*H (mm)	1640×992×35mm (64.56 × 39.05 × 1.38 inches)
Weight (kg)	18.1kg
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminium alloy
J-Box	IP68 Rated
Cable	4.0mm² (0.006 inches2), 900mm (35.4 inches)
Number of diodes	3
Wind/ Snow Load	2400Pa/5400Pa*
Connector	MC4 Compatible

* For more details please check the installation manual of GCLSI

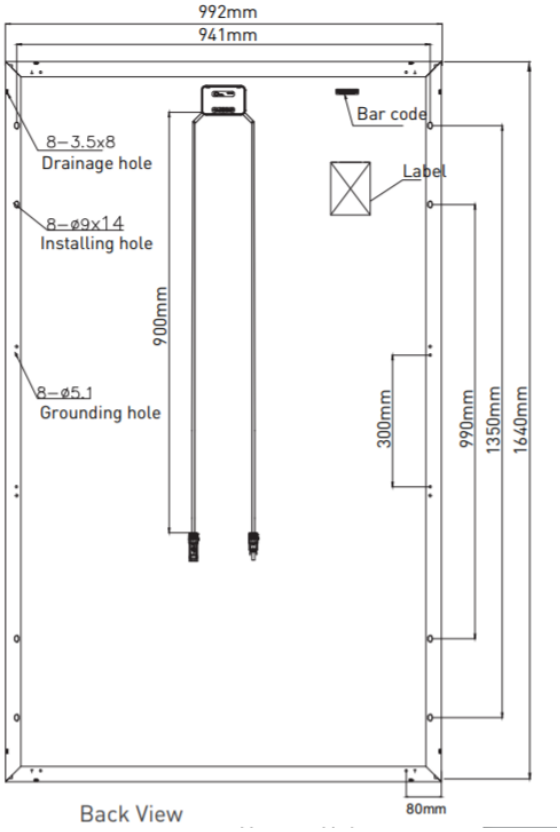
Temperature Ratings

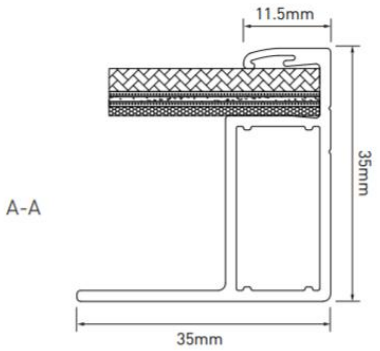
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C

Maximum Ratings

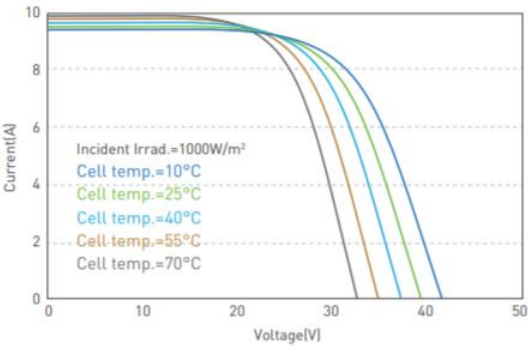
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC
	1500V DC-(H)
Max Series Fuse Rating	15A

Module Dimension

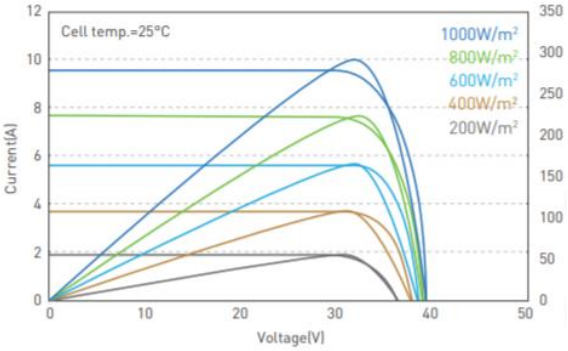




U-I Curve at Different Temperature (290W)



U-I/P-U Curve at Different Irradiation (290W)



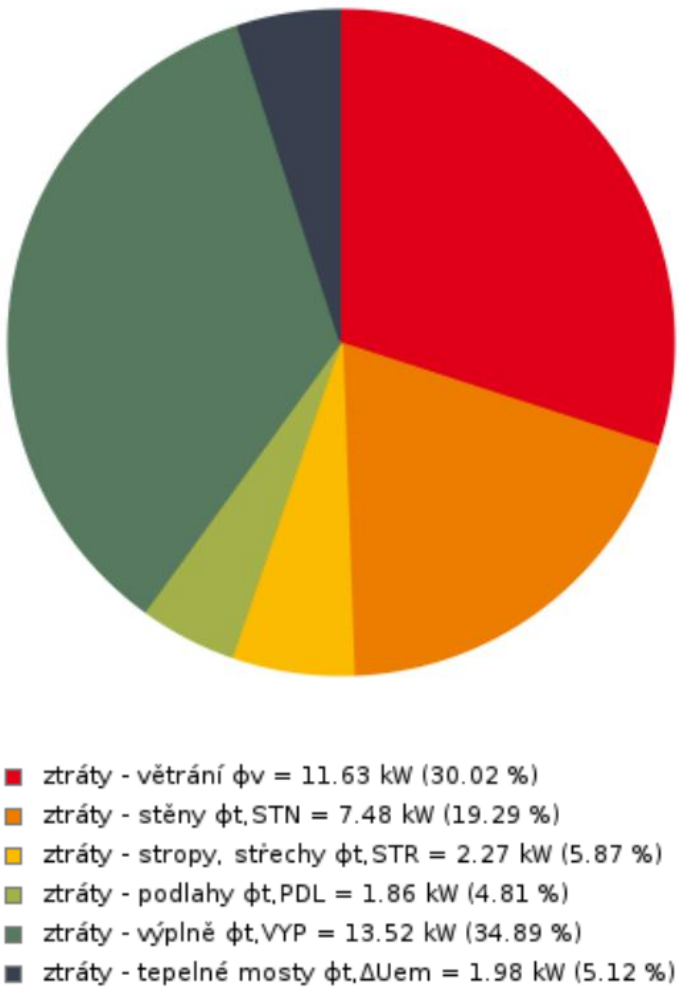
B.12 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY - VARIANTA II.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy:				Bytový dům	Hodnocení obálky budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):				Polní 330 625 00, Brno		
Katastrální území:				612006		
Parcelní číslo:				124		
Celková podlahová plocha A_c = 4276,2 [m²]					stávající	doporučení
CI velmi úsporná A 0,50 B 0,75 C 1,00 D 1,50 E 2,00 F 2,50 G mimořádně nehospodárná					0,45	0,45
KLASIFIKACE					A	A
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/(m²K)] $U_{em}=H_T/A$					0,18	0,18
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ [W/(m²K)]					0,39	0,39
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,19	0,29	0,39	0,58	0,78	0,97
Platnost štítku do (datum):				28.12.2029 (nebo do změny obálky budovy)		
Jméno a příjmení:				Bc. Veronika Ryšavá		

B.13 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA II.

Díky dalším navrženým opatřením došlo především ke snížení tepelných ztrát větráním, jak ukazují následující grafy. To je dáno návrhem VZT jednotek a jejich nuceným větráním.

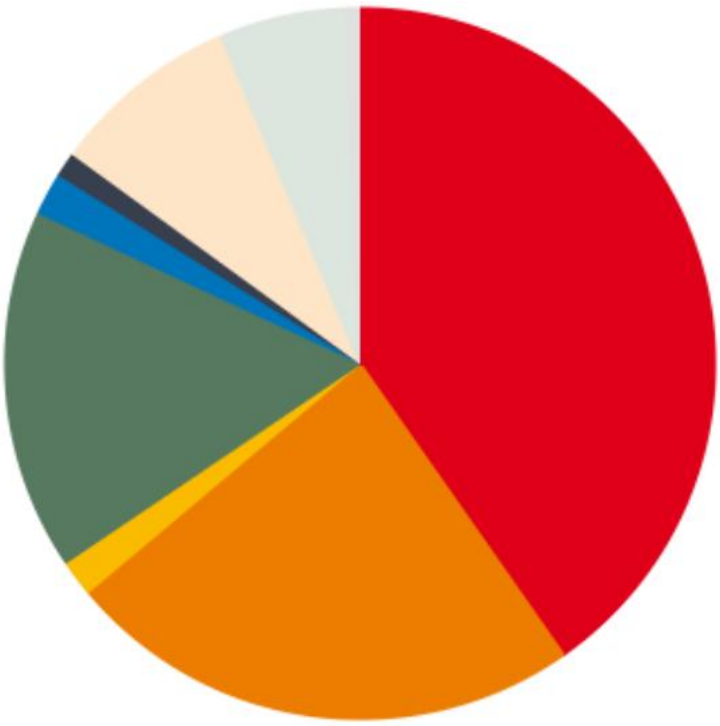
Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1



Graf 17: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1 - varianta II.

Pro vnější návrhovou teplotu -15 °C a vnitřní návrhovou teplotu zóny 20 °C činí celkové tepelné ztráty 38,75 kW. Ve výchozím stavu dosahovaly tepelné ztráty 129,38 kW, ve variantě I. 60,70 kW.

Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2



- ztráty - větrání ϕv = 4.89 kW (47.22 %)
- ztráty - stěny ϕt,STN = 2.87 kW (27.74 %)
- ztráty - stropy, střechy ϕt,STR = 0.22 kW (2.14 %)
- ztráty - výplně ϕt,VYP = 1.99 kW (19.18 %)
- ztráty - konstrukce k zemině ϕg = 0.24 kW (2.36 %)
- ztráty - tepelné mosty ϕt,ΔUem = 0.14 kW (1.38 %)
- zisky - stěny ϕt,STN = -1.04 kW (57.57 %)
- zisky - výplně ϕt,VYP = -0.69 kW (38.14 %)
- zisky - tepelné mosty ϕt,ΔUem = -0.08 kW (4.29 %)

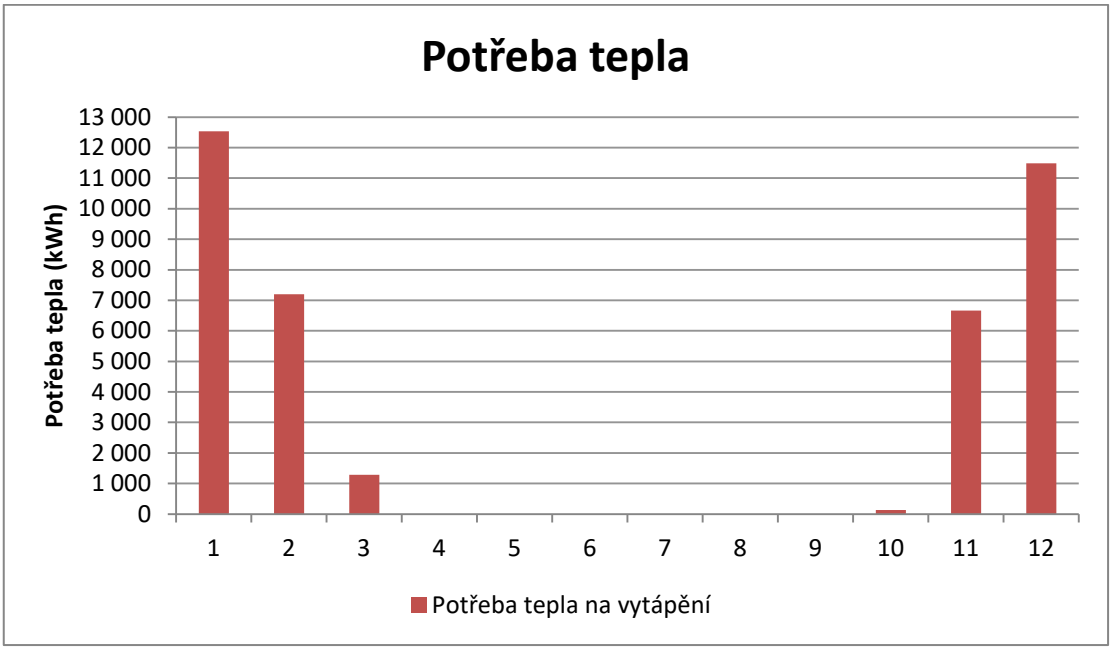
Graf 18: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2 - varianta II.

Pro vnější návrhovou teplotu -15 °C a vnitřní návrhovou teplotu zóny 16 °C činí celkové tepelné ztráty 8,55 kW. Ve výchozím stavu dosahovaly tepelné ztráty 5,91 kW, ve variantě I. 8,51 kW.

Celkové tepelné ztráty budovy jsou 47,3 kW. Ve výchozím stavu to bylo 135,29 kW, ve variantě I. 69,21 kW. To je pokles o více jak 65 % oproti původnímu stavu.

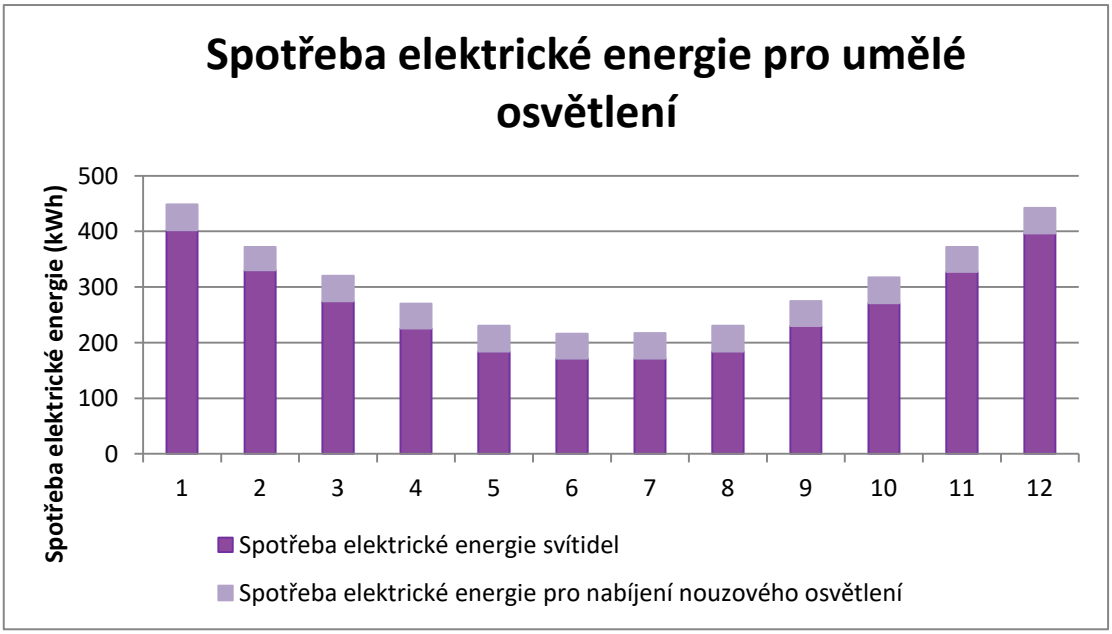
B.13.1 Energetické toky pro celou budovu - varianta II.

Maximální potřeba tepla na vytápění dalšími navrženými opatřeními ještě klesla, a to na 12 535 kWh. Ve výchozím stavu potřeba dosahovala 51 645 kWh, ve variantě I. 19 655 kWh. Úspora 76 % oproti výchozímu stavu. Potřeba vytápět v jednotlivých měsících se také zúžila, a to na listopad-březen, to je snížení o další měsíc.



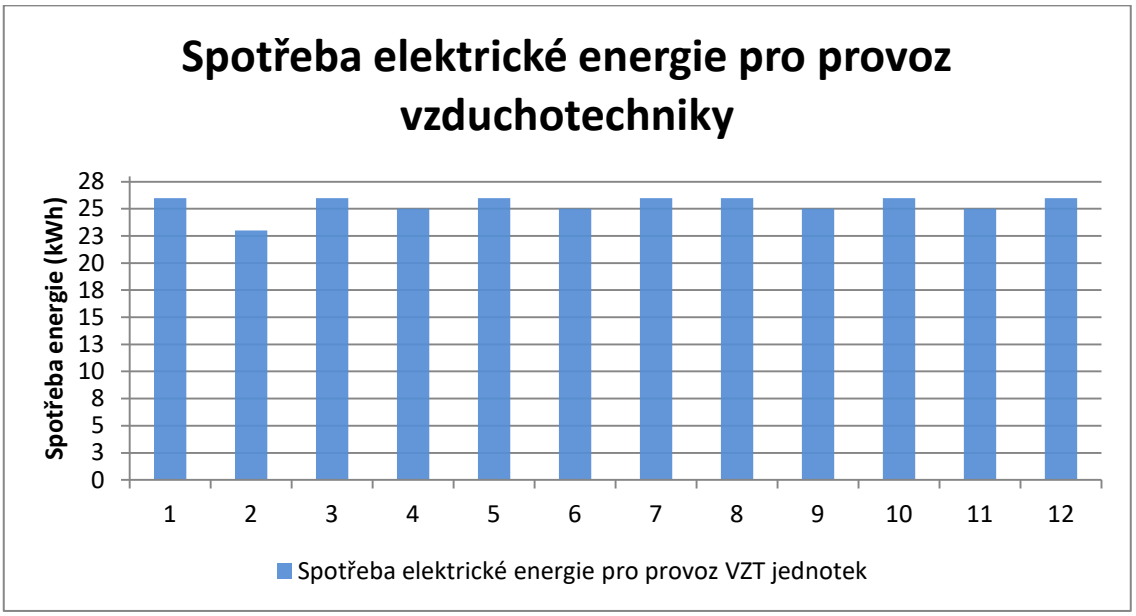
Graf 19: Potřeba tepla na vytápění - varianta II.

Výměnou žárovek za LED osvětlení došlo k velkému úbytku spotřeby elektrické energie. Díky úsporným LED žárovkám je maximální spotřeba 402 kWh, ve výchozím stavu s žárovkami dosahovala spotřeba elektrické energie 3 939 kWh. Úspora o 90 %.



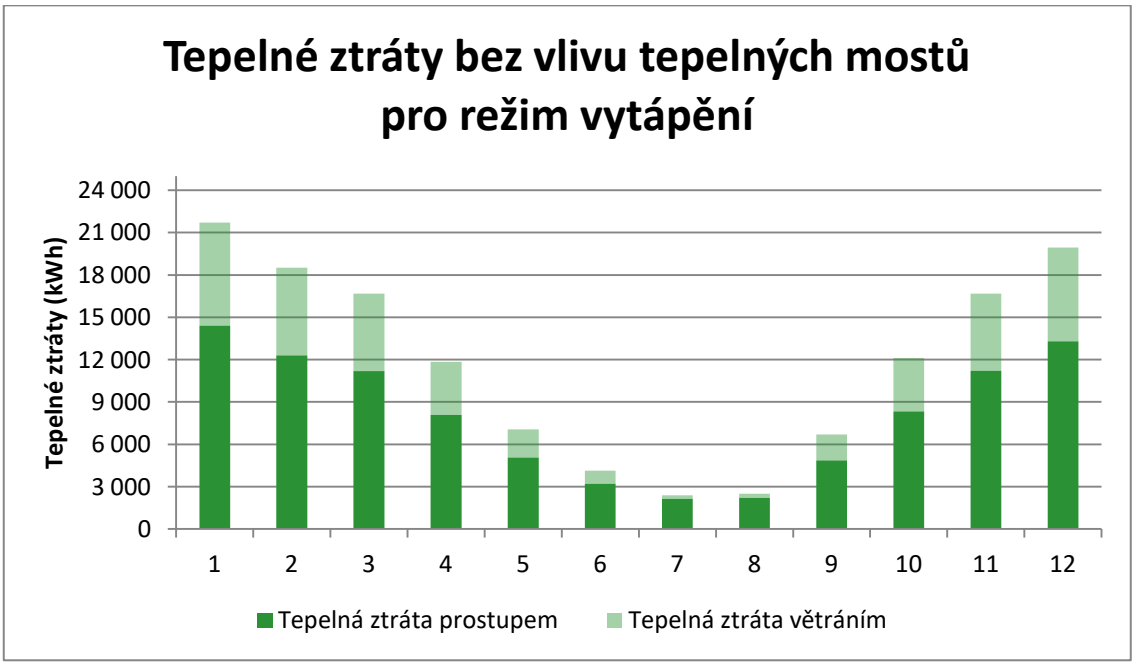
Graf 20: Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení - varianta II.

Výrazně se změnila také spotřeba elektrické energie vzduchotechniky. Tady naopak došlo k nárůstu díky instalaci VZT jednotek. Ty mají oproti původním ventilátorům značně vyšší příkon. Přívodní i odvodní ventilátor VZT jednotky má 60 W, u samostatných odtahových ventilátorů to bylo jen 13 W.



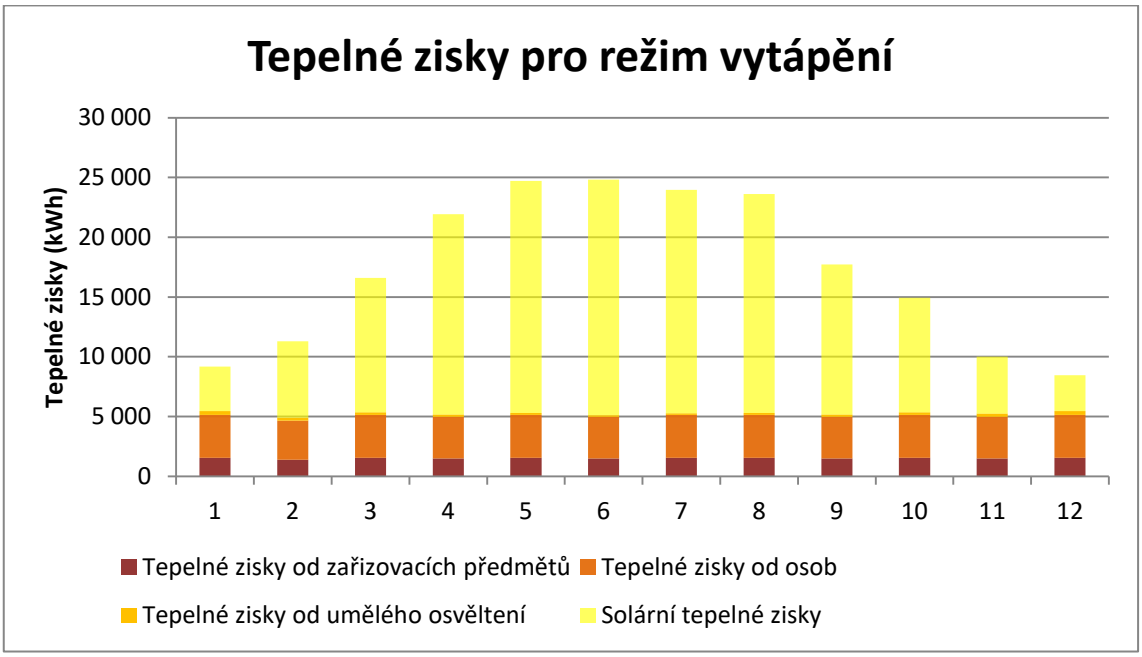
Graf 21: Spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky - varianta II.

Jak už bylo zřejmé z koláčových grafů, tepelné ztráty větráním díky instalaci vzduchotechniky klesly. Ve výchozím stavu byla maximální hodnota tepelných ztrát větráním 15 204 kWh, nyní dosahuje pouze 5 267 kWh. Úspora 65 %. Oproti variantě I. se opět změnil poměr jednotlivých ztrát budovy, nyní zase převažují tepelné ztráty prostupem.



Graf 22: Tepelné ztráty bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění - varianta II.

Z tepelných zisků se změnily jen zisky od umělého osvětlení, protože LED osvětlení nevydává téměř žádné teplo. Ve výchozím stavu se maximální hodnota pohybovala kolem 3 124 kWh, po výměně zdrojů osvětlení činí zisky 317 kWh, což je vzhledem o ostatním ziskům zanedbatelná hodnota. Úspora 90 %.



Graf 23: Tepelné zisky pro režim vytápění - varianta II.

B.14 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY - VARIANTA II.

Instalací tepelného čerpadla se dosáhla výhodná sazba elektrické energie pro bytový dům. Jedná se o dvoutarifovou sazbu. Zatímco v případě jednotarifových sazeb je cena elektřiny účtována ve stejné výši po celých 24 hodin denně, v případě dvoutarifových sazeb jsou dodávky elektřiny rozlišeny do dvou cenových pásem. V době platnosti nízkého tarifu jsou dávky elektřiny účtovány za nižší cenu, v době platnosti vysokého tarifu za vyšší cenu. Platnost nízkého tarifu je stanovena po dobu minimálně 22 hodin denně.

Energonositel	Cena za 1 kWh v Kč
Elektrická energie	4,61
Elektrická enegie - nízký tarif	2,81
Elektrická enegie - vysoký tarif	3,61
Zemní plnyn	1,21
Slunce, energie prostředí	0

Tabulka 48: Ceny energií

	Náklady	Počet [ks]	Cena za kus [Kč]	Cena celkem [Kč]
FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM	FV panel GCL 270 Wp	54	3 412	184 248
	AC/DC měnič	1	20 000	20 000
	Střešní kce + kabely + ochranné prvky	1	30 000	30 000
	Práce, montáž	1	50 000	50 000
	Celkem			**284 248**

	Náklady	Počet [ks]	Cena za kus [Kč]	Cena celkem [Kč]
VYTÁPĚNÍ	Zásobník TV 2000 l	1	99 700	99 700
	Zásobník TV 1500 l	1	68 300	68 300
	Tepelné čerpadlo	2	419 000	838 000
	Elektrokotel	1	22 869	22 869
	Akumulační nádrž	1	21 648	21 648
	Regulátor TČ	1	21 990	21 990
	Práce, montáž	1	200 000	200 000
	Celkem			**1 272 507**

	Náklady	Počet [ks]	Cena za kus [Kč]	Cena celkem [Kč]
VZDUCHOTECHNIKA	DUPLEX EASY 300	32	32300	1 033 600
	DUPLEX EASY 250	31	30 200	936 200
	Práce, montáž, rozvody	63	15 000	945 000
	Celkem			**2 914 800**

Celkem za technická zařízení	**4 471 555**

Tabulka 49: Ceny navržených technických zařízení budovy

Opatření	Cena [Kč]
Zateplení obálky budovy	9 191 317
Technická zařízení budovy	4 471 555
Celkem	**13 662 872**

Tabulka 50: Celková cena navržených opatření varianty II.

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu	20	[počet let] ???
Celková investice do zařízení	13662872	[Kč] ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka)	0	[Kč]
Úroková sazba	0	[%]
Doba splácení úvěru	0	[počet let]

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořizovaného zařízení	745600,60	[Kč]
Roční změna výnosu z pořizovaného zařízení	3	[%]

Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	0	0
č. 2	0	0

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice	1	% ???

Bude se danit zisk z projektu? ??? ◉ Ne ○ Ano

VÝSLEDKY	
NPV - čistá současná hodnota projektu:	**4238569 Kč** ???
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	**234882 Kč** ???
Doba návratnosti:	**15 let** ???
Diskontovaná doba návratnosti:	**16 let** ???
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	**4 %** ???

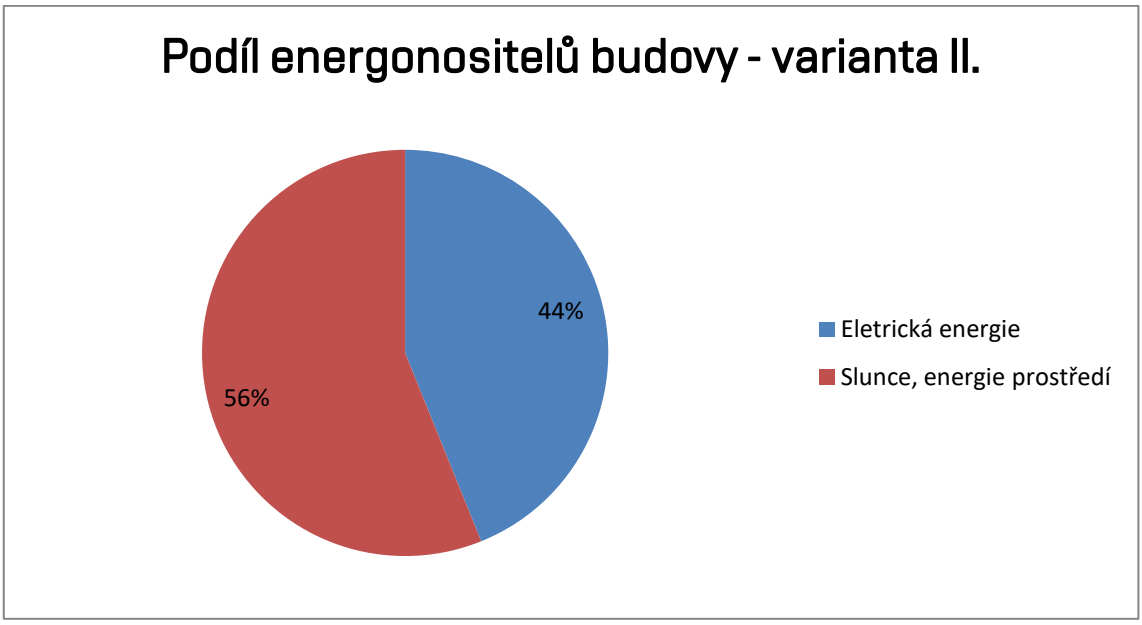
Obrázek 32: Výpočet ekonomické efektivnosti

Energonositel	Náklady před opatřením [kWh/rok]	Náklady po opatření [kWh/rok]	Cena před opatřením [Kč/rok]	Cena po opatření [Kč/rok]
Eletrická energie	43 007,91	71 278,90	198 266,47	205 043,44
Zemní plyn	621 799,65	0,00	752 377,58	0,00
Slunce, energie prostředí	0,00	91 126,63	0,00	0,00
Celkem	664 807,56	162 405,53	950 644,04	205 043,44

Celková cena opatření [Kč]	Roční úspora [Kč]	Doba návratnosti
13 662 872	**745 600,60**	**16 let**

Tabulka 51: Ekonomické vyhodnocení varianty II.

Ve výchozím stavu dosahoval roční provoz budovy 950 644 Kč, po zateplení obálky budovy a návrhu nových technických zařízení budovy klesla cena na 205 043 Kč s dobou návratnosti 16 let. To je úspora o 78,4 %. Zemní plyn již není využíván, naopak přibyla obnovitelná energie z prostředí - sluneční energie.



Graf 24: Podíl energonositelů budovy - varianta II.

B.14.1 Dotace programu Nová zelená úsporám - varianta II.

Program Nová zelená úsporám poskytuje dotace i na výměnu zdroje tepla nebo fotovoltaický systém. Budu uvažovat i se stávající podporou o oblasti A na zateplení bytového domu, jak je uvedeno v kapitole B.7.1. To znamená, že využiji kombinaci dvou navrhovaných opatření - zateplení + výměna zdroje tepla nebo zateplení + fotovoltaika.

B.14.1.1 Kombinace zateplení obálky budovy a výměna zdroje tepla

Výměna zdroje tepla spadá do oblasti podpory C - efektivní využití zdrojů tepla. V této oblasti jsou podporována opatření, která zajistí efektivní využití energie v bytových domech.

Oblast se dělí na podoblasti C.1 a C.2, přičemž opatření v podoblasti podpory C.1 lze žádat současně s opatřením z oblasti podpory A.

- *Požadavky na podporované zdroje tepla - tepelná čerpadla*

Podporována jsou tepelná čerpadla s elektrickým pohonem, která splňují požadavky na ekodesign dle bodu 1b), 2), 3 a 5 přílohy č. II nařízení Komise č. 813/2013.

→ POŽADAVEK SPLNĚN

- *Výše podpory pro podoblasti C.1 aC.2*

Maximální výše podpory se stanoví jako součin jednotkové výše podpory a počtu bytových jednotek, které budou na tento zdroj napojeny. [20]

Podoblast podpory	Typ zdroje	Jednotková výše podpory [Kč/b.j.]	
		C.1	C.2
C.1.1/C.2.1	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	20 000	17 000
C.1.2/C.2.2	Tepelné čerpadlo voda–voda	25 000	21 000
C.1.3/C.2.3	Tepelné čerpadlo země–voda	25 000	21 000
C.1.4/C.2.4	Tepelné čerpadlo vzduch–voda	15 000	13 000
C.1.5/C.2.5	Plynový kondenzační kotel	10 000	8 000
C.1.6/C.2.6	Napojení na soustavu zásobování teplem	7 000	6 000
C.1.7/C.2.7	Plynové tepelné čerpadlo	20 000	17 000
C.1.8/C.2.8	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	25 000	21 000

Obrázek 33: Jednotková výše podpory v oblasti podpory C.1 a C.2 [20]

Tepelné čerpadlo vzduch-voda
63 bytových jednotek

$$15\,000 \times 63 = 945\,000\ Kč$$

Celková výše podpory včetně zateplení budovy by činila 3 134 898 Kč.

B.14.1.1 Kombinace zateplení obálky budovy a fotovoltaického systému

Fotovoltaický systém spadá do oblasti podpory C.3 - instalace solárních termických a fotovoltaických systémů do dokončených bytových domů. Konkrétně se jedná o podoblast C.3.2, která lze žádat současně s opatřením z oblasti podpory A.

- *Požadavky na instalaci fotovoltaických systémů*

→ Maximální celkový instalovaný výkon systémů nesmí být vyšší než 30 kWp na číslo popisné dané budovy.
→ Podporované jsou pouze fotovoltaické systémy propojené s distribuční sítí.
→ Systém musí být umístěn na stavbě evidované v katastru nemovitostí.
→ Systém musí být vybaven měničem s účinností stanovenou v metodickém pokynu pro podoblast podpory C.3.
→ Minimální účinnost při standardních testovacích podmínkách je:
15 % pro panely a moduly složené z mono- a polykrystalických článků.
→ Míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby musí být alespoň 70 % z celkového teoretického zisku systému.

- *Výše podpory pro podoblast C.3.2*

Maximální výše podpory se stanoví jako součin jednotkové výše podpory a velikostí instalovaného výkonu zaokrouhleného na jedno desetinné místo nahoru. [21]

Podoblast podpory	Typ systému	Jednotková výše podpory [Kč/kW$_p$]
C.3.2	Fotovoltaické systémy	12 500

Obrázek 34: Výše podpory na instalaci fotovoltaických systémů [21]

Instalovaný výkon FV panelů činí 14,58 kWp

$$14{,}58 \times 12\,500 = 182\,250\ Kč$$

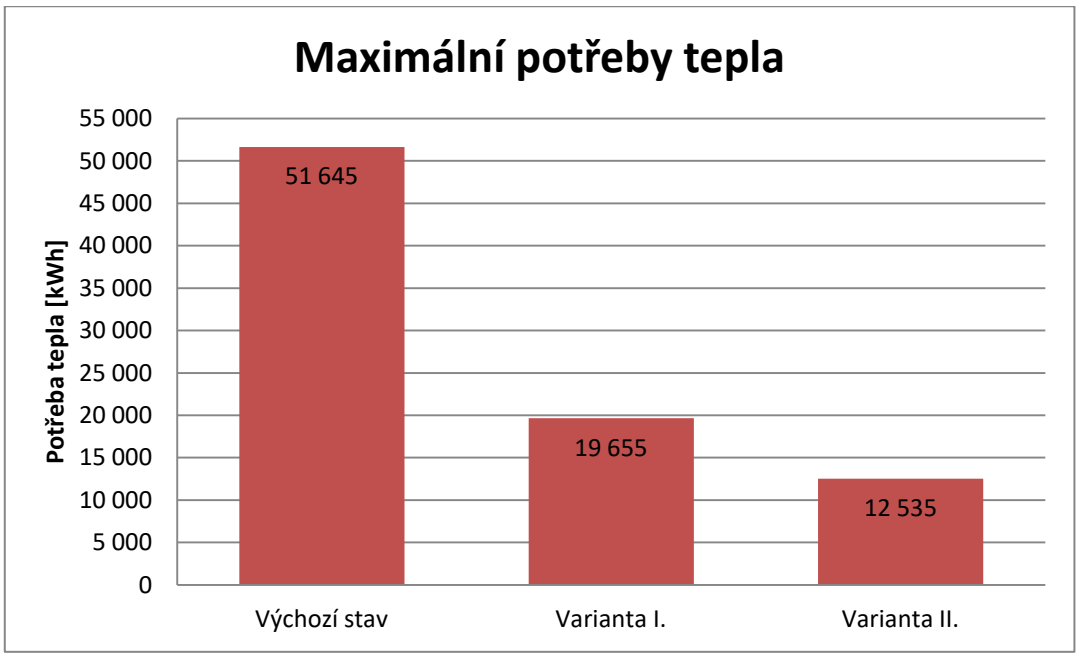
Celková výše podpory včetně zateplení budovy by činila 2 372 148 Kč.

Pokud by se dalo využít dotace programu Nová zelená úsporám, určitě by bylo výhodnější zvolit kombinaci zateplení obálky budovy a výměny zdroje tepla. Z původních 13 662 872 Kč bychom se díky podpoře dostali na 10 527 974 Kč. To je úspora o 23 %.

B.15 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH NAVRHOVANÝCH VARIANT OPATŘENÍ

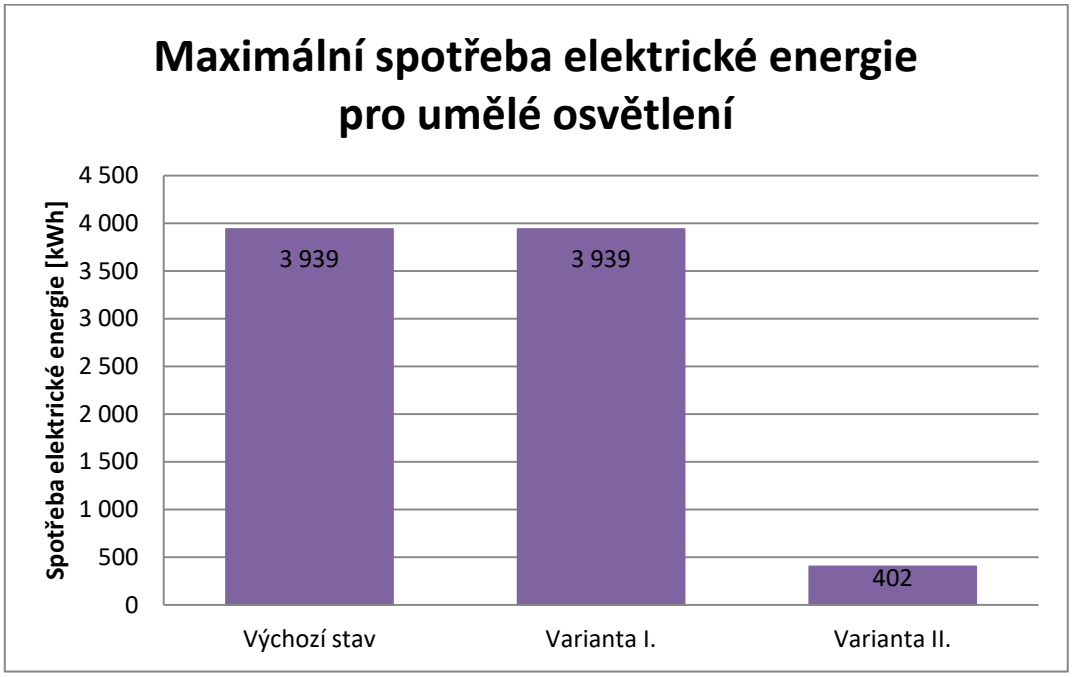
B.15.1 Energetické hledisko

Výchozí stav - nezatepleno, přirozené větrání
Varianta I. - zatepleno, výměna výplní otvorů, přirozené větrání
Varianta II. - zatepleno, výměna výplní otvorů, výměna zdroje tepla, nucené větrání



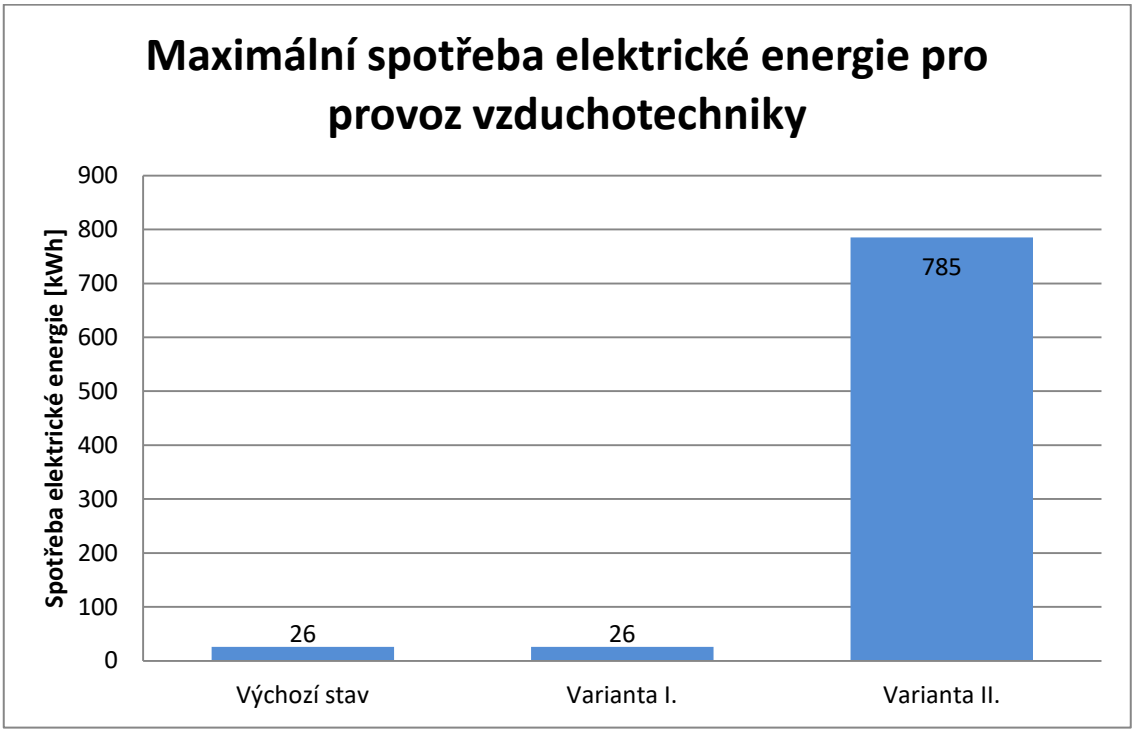
Graf 25: Maximální potřeby tepla na vytápění

Výchozí stav, varianta I. - obyčejné žárovky
Varianta II. - LED osvětlení



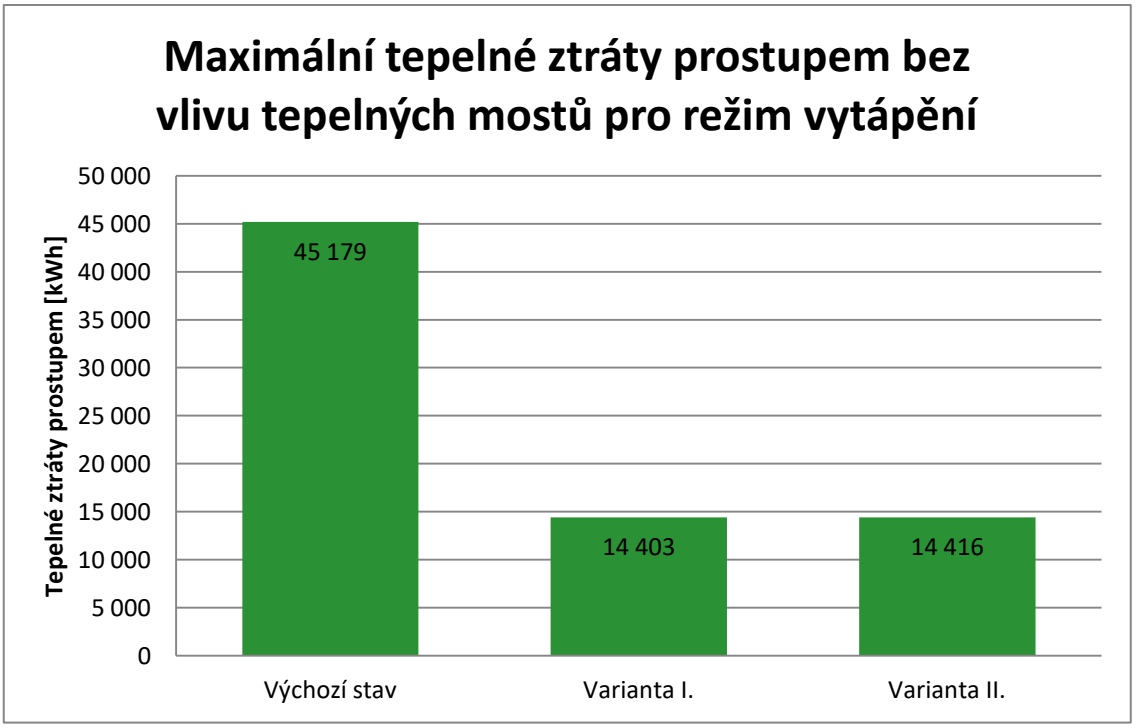
Graf 26: Maximální spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení

Výchozí stav, varianta I. - odtahové ventilátory
Varianta II. - VZT jednotky



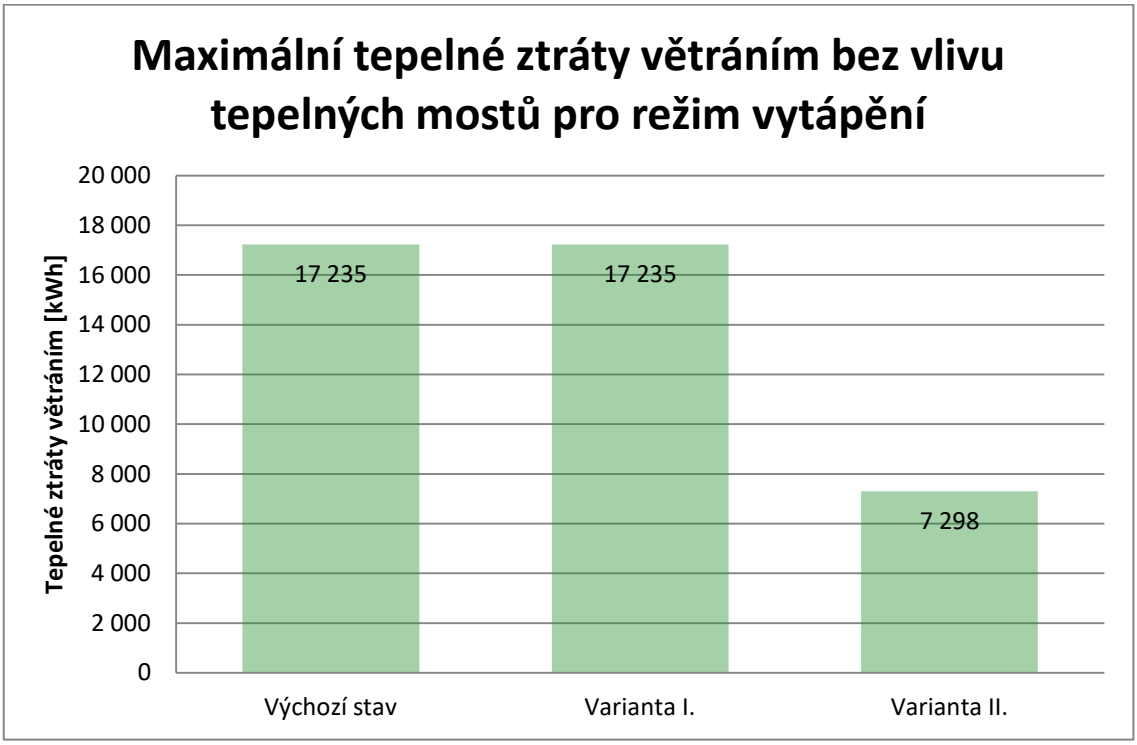
Graf 27: Maximální spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky

Výchozí stav - nezatepleno
Varianta I., varianta II. - zatepleno, výměna výplní otvorů



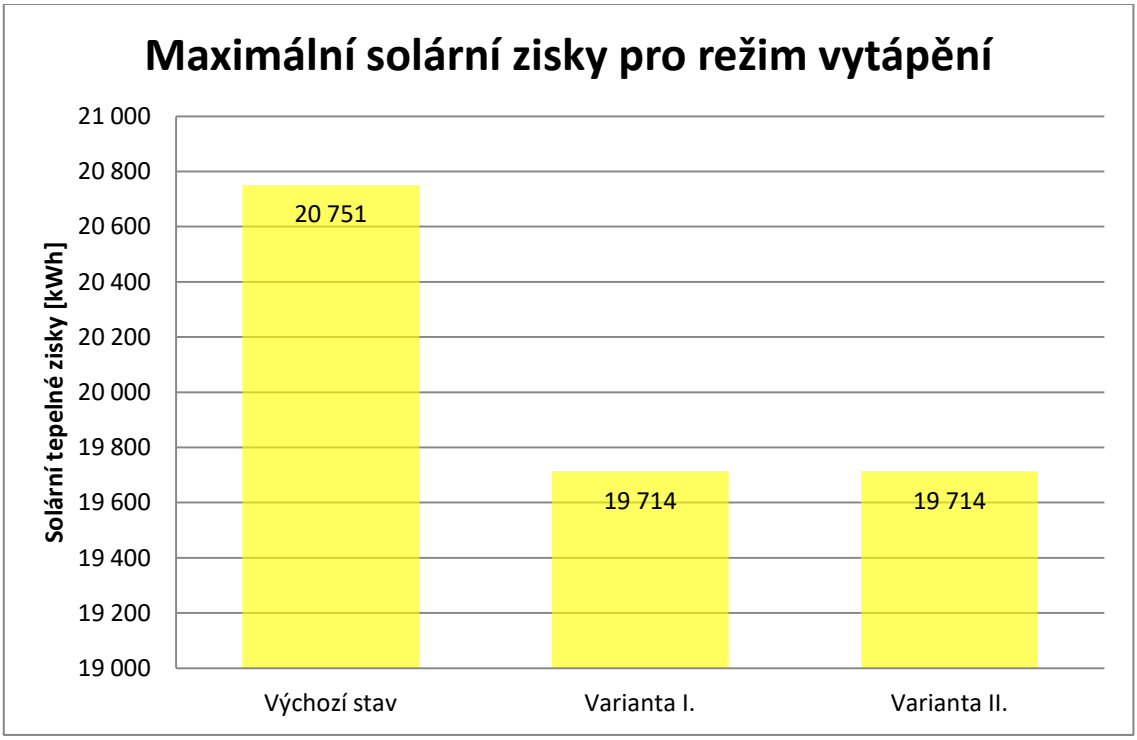
Graf 28: Maximální tepelné ztráty prostupem bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění

Výchozí stav, varianta I. - odtahové ventilátory
Varianta II. - VZT jednotky



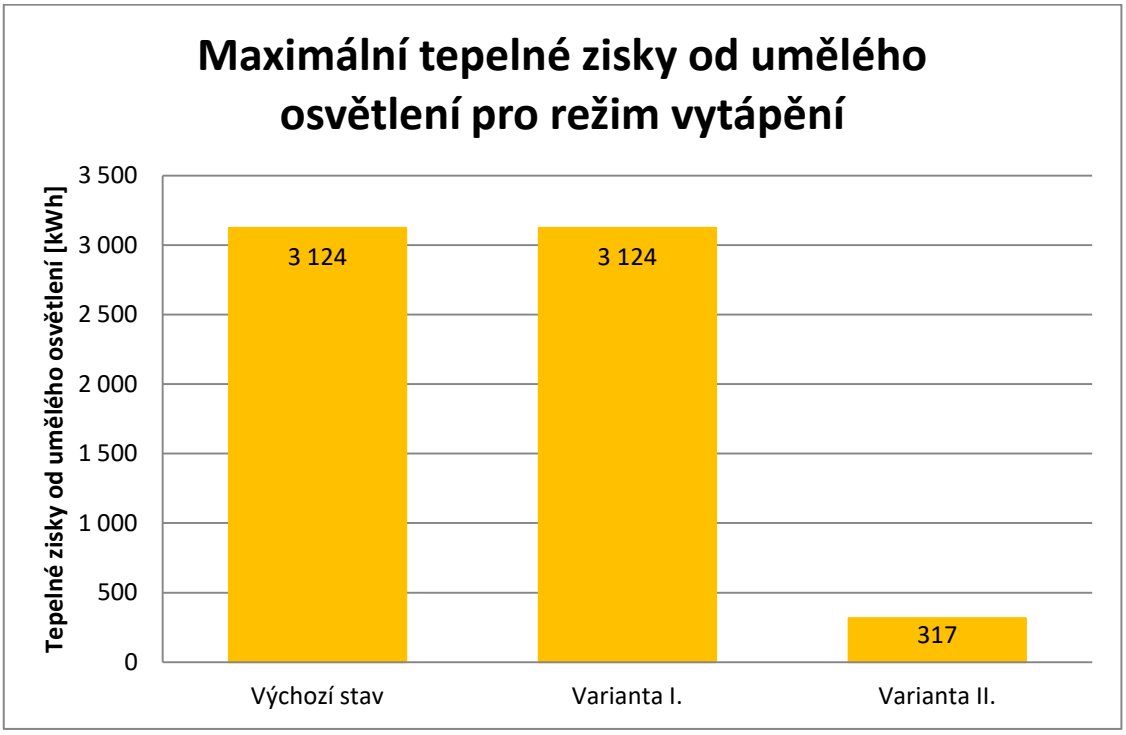
Graf 29: Maximální tepelné ztráty větráním bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění

Výchozí stav - nezatepleno
Varianta I., varianta II. - zatepleno, výměna výplní otvorů



Graf 30: Maximální solární zisky pro režim vytápění

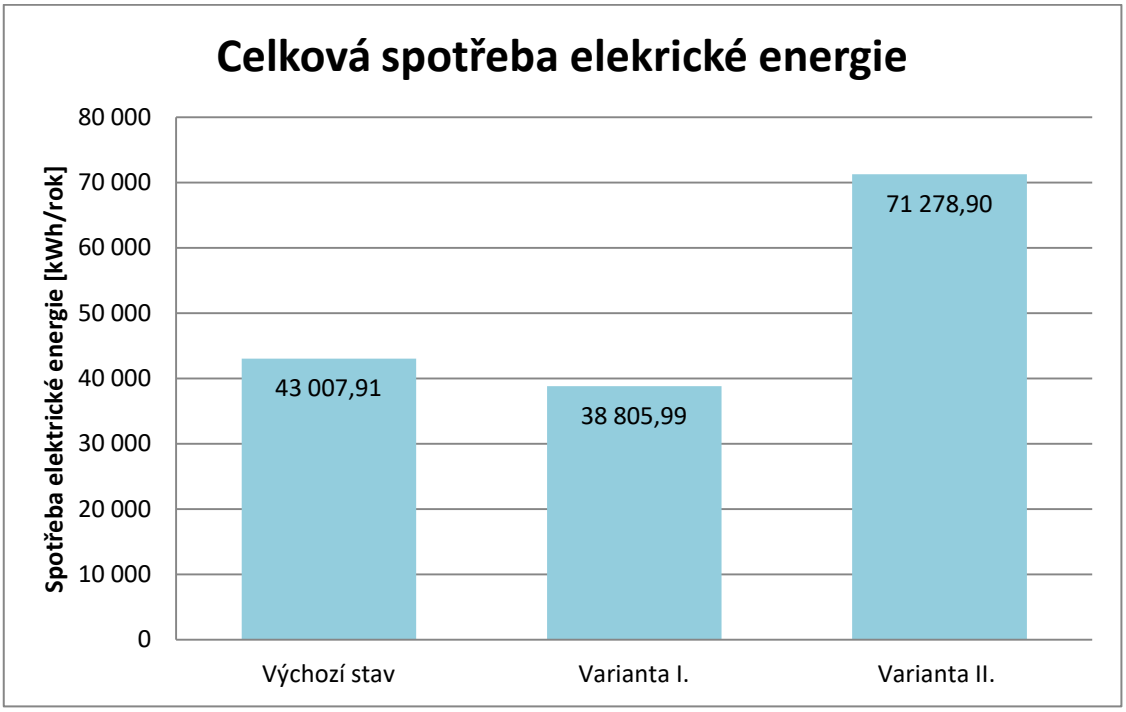
Výchozí stav, varianta I. - obyčejné žárovky
Varianta II. - LED osvětlení



Graf 31: Maximální tepelné zisky od umělého osvětlení pro režim vytápění

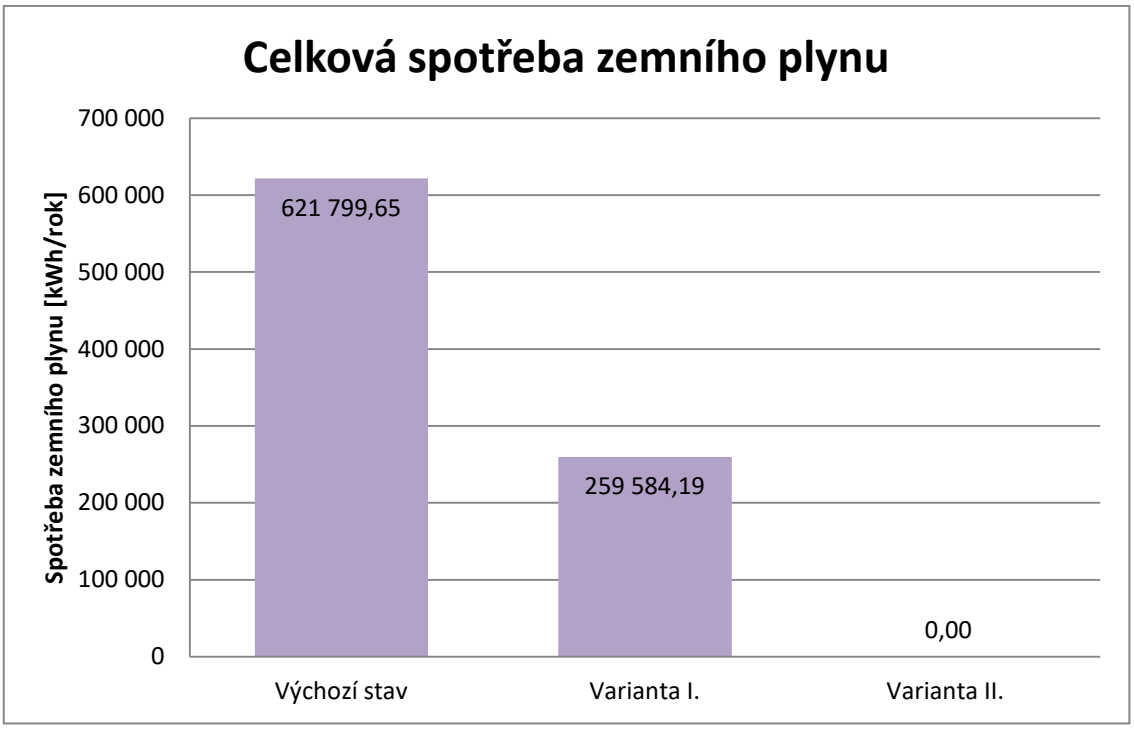
B.15.1 Ekonomické hledisko

Nárůst elektrické energie u varianty II. je způsoben instalací vzduchotechniky a tepelných čerpadel, které kromě energie prostředí využívají i energii elektrickou.



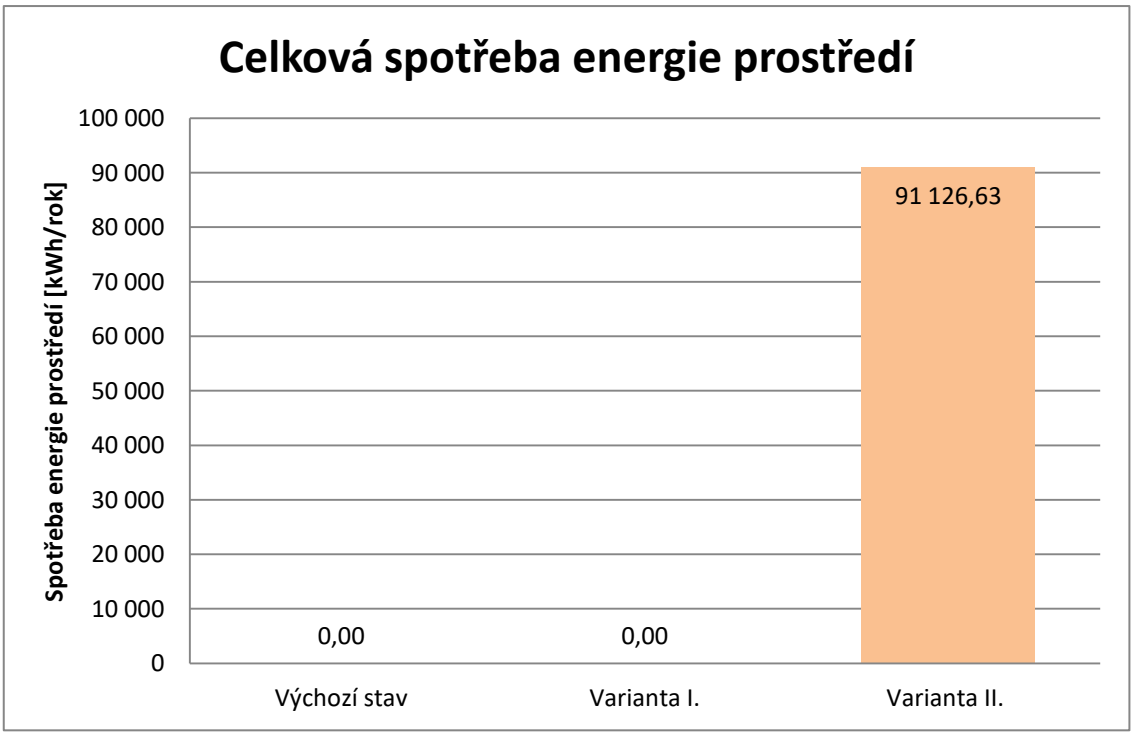
Graf 32: Celková spotřeba elektrické energie

Spotřeba zemního plynu naopak klesá. U varianty I. díky zateplení obálky budovy, u varianty II. díky výměně plynových kotlů za tepelná čerpadla není již zemní plyn potřebný.



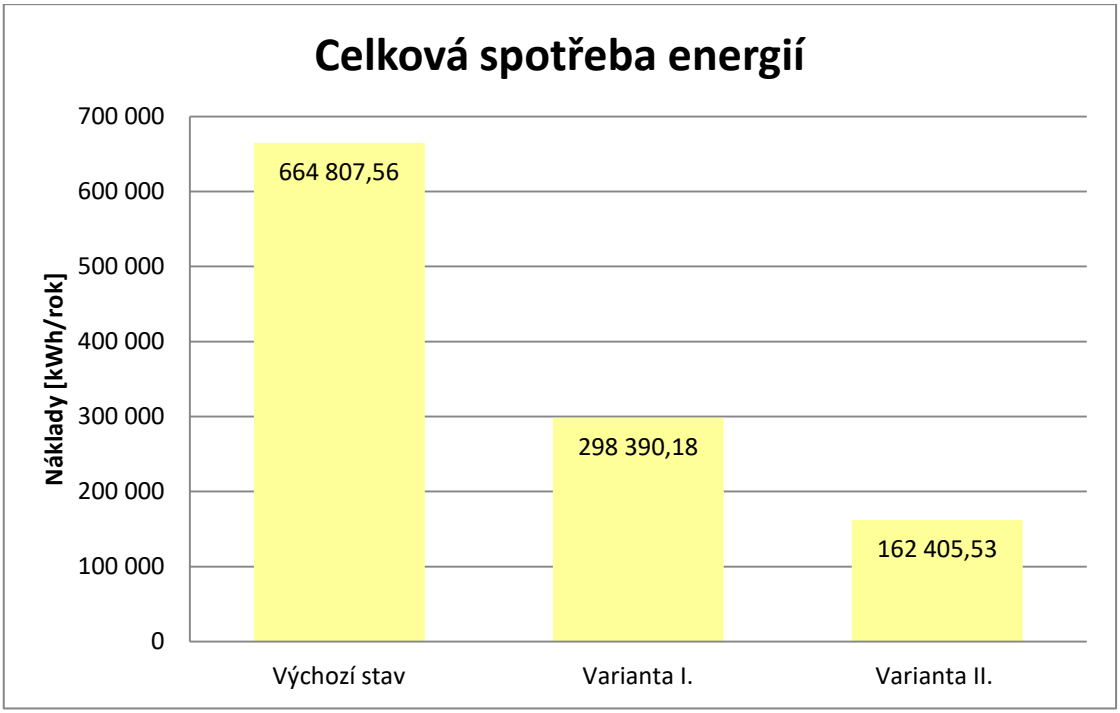
Graf 33: Celková spotřeba zemního plynu

Energie prostředí je naopak využita jen v případě varianty II. na provoz tepelných čerpadel.



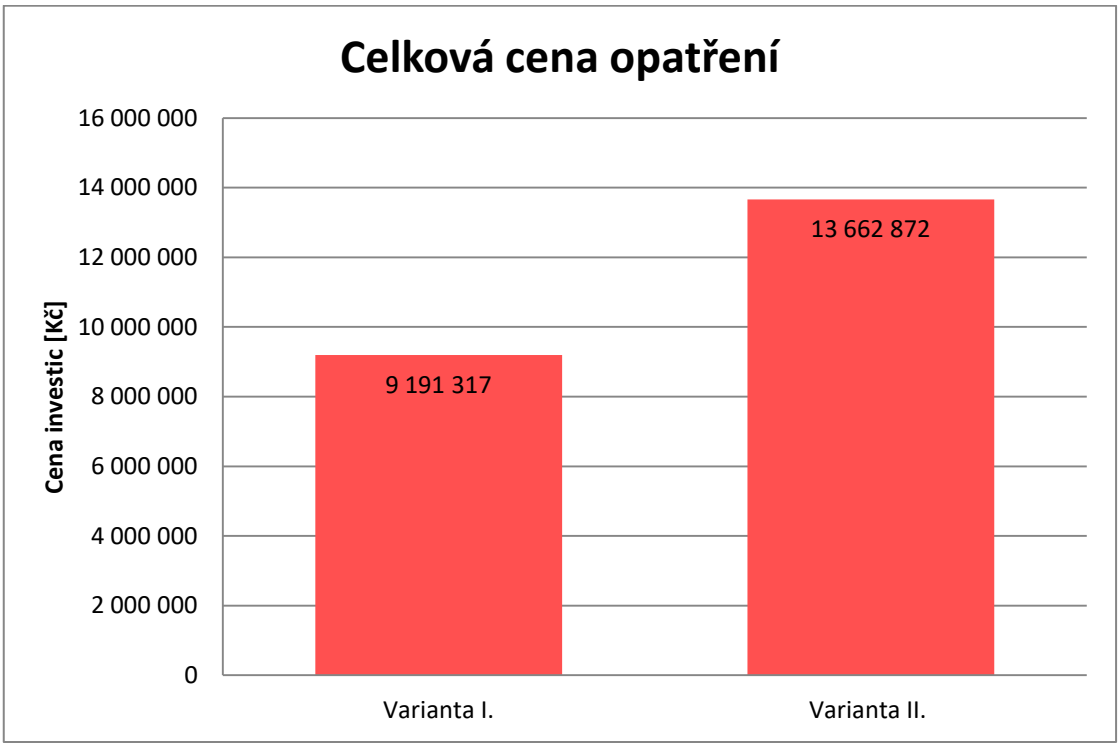
Graf 34: Celková spotřeba energie prostředí

Celková spotřeba energií je pak nejnižší u varianty II.



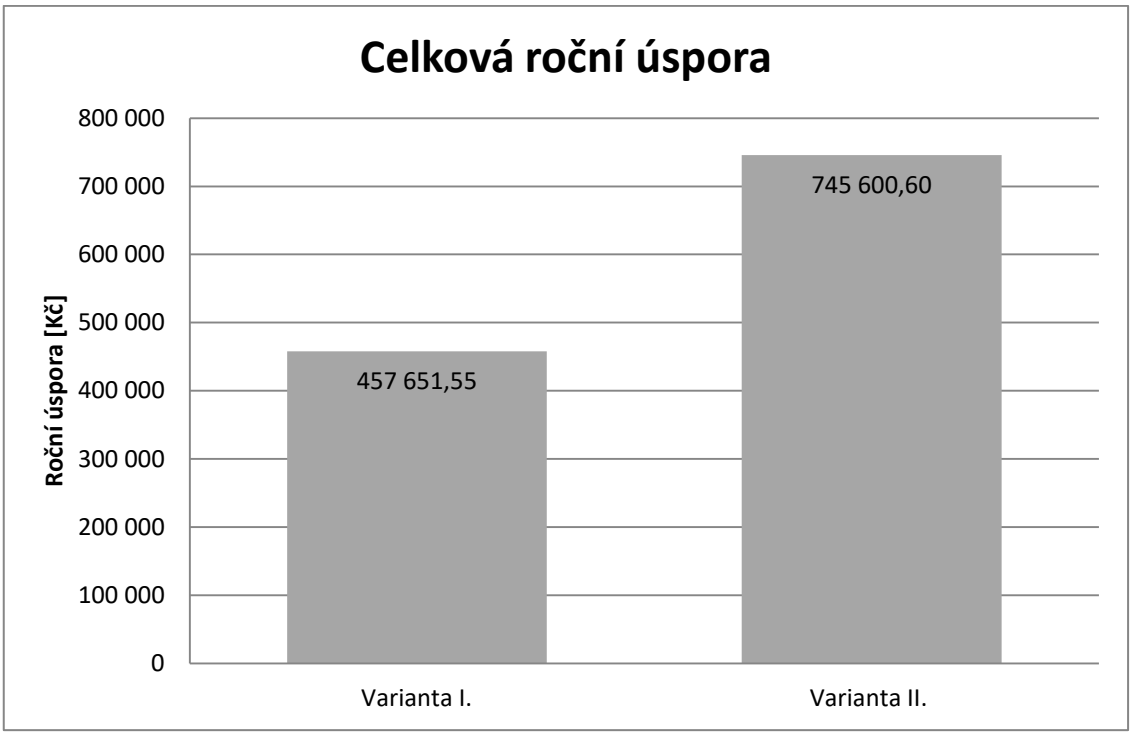
Graf 35: Celková spotřeba energií

Varianta I. zahrnuje zateplení budovy a výměnu výplní otvorů, varianta II. navíc ještě výměnu zdrojů tepla, zásobníků teplé vody, instalaci vzduchotechniky, fotovoltaiky a výměnu osvětlení.



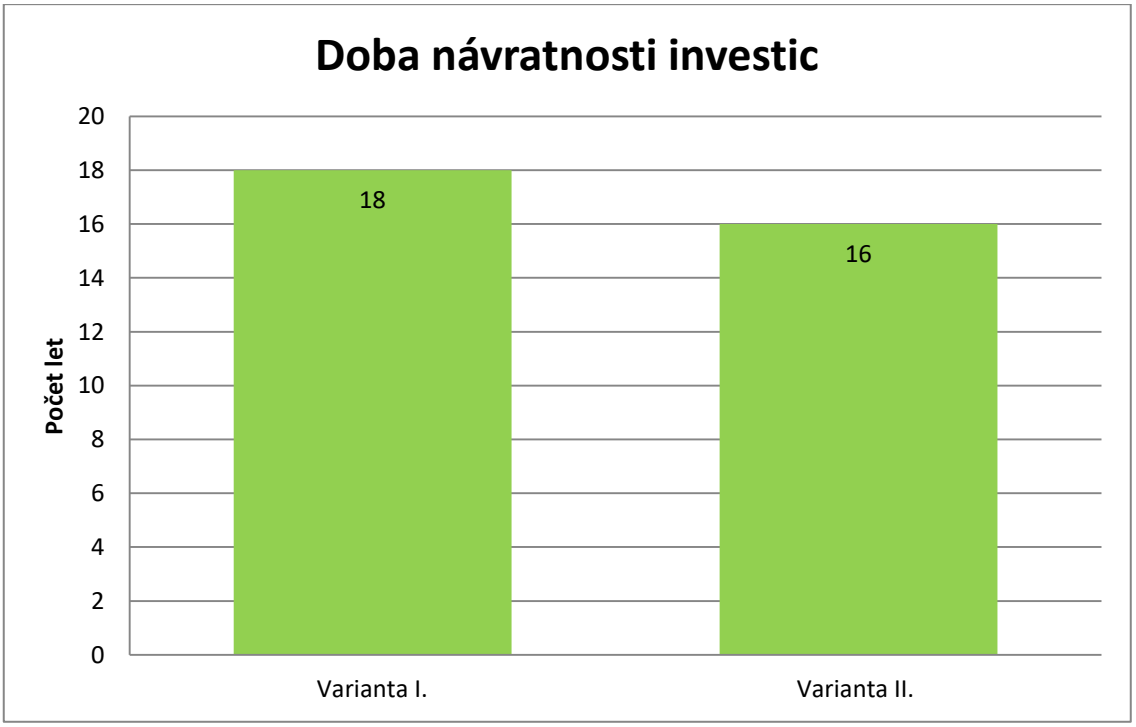
Graf 36: Celková cena opatření

Roční úspora provozu budovy se pohybuje u varianty I. kolem půl milionu Kč, u varianty II. dokonce kolem tři čtvrtě milionu Kč.



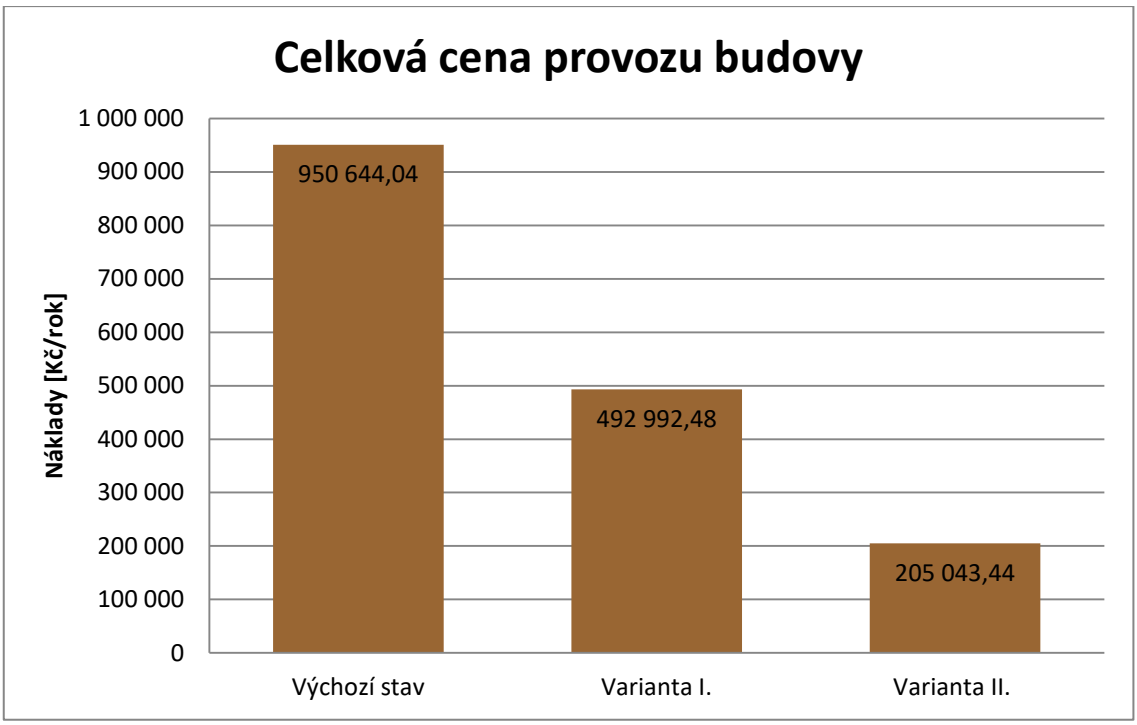
Graf 37: Celková roční úspora

I přes finančně náročná opatření varianty II. se návratnost oproti variantě I. snížila o 2 roky.



Graf 38: Doba návratnosti investic

Z následujícího grafu je patrné, že výchozí stav má cca 5x vyšší náklady na roční provoz budovy než je tomu u varianty II. Jde o důkaz, že navržená opatření mají smysl a přinášejí velké finanční úspory.



Graf 39: Celková cena provozu budovy

B.16 DOPORUČENÁ VARIANTA

Největší vliv na úsporu energií má jednoznačně zateplení obálky budovy spolu s výměnou výplní otvorů ve variantě I. I přes vyšší finanční náklady však doporučuji variantu II., kde jsem kromě zateplení řešila i technická zařízení budovy. Je to především kvůli čistšímu ovzduší v bytovém domě díky instalované vzduchotechnice s nuceným větráním, kvůli navrženým tepelných čerpadlům, které představují zdroj obnovitelné energie z ovzduší a také kvůli fotovoltaickému systému zajišťující výrobu elektrické energie pro provoz zařízení. V neposlední řadě i kvůli úspornému LED osvětlení.

Doporučená varianta II. má dobu návratnosti 16 let, celkovou spotřebu energií 162 406 kWh/rok. Roční úspora se pohybuje kolem 745 601 Kč, celková cena provozu budovy činí 205 043 Kč/rok. Navržené opatření stojí 13 662 872 Kč.

B.17 TERMOVIZNÍ SNÍMKOVÁNÍ BUDOVY

Pro experimentální měření jsem si vybrala snímkování termokamerou. Konkrétně se jedná o kameru FLUKE Ti300.

Budovy pro snímkování jsem si zvolila podobné jako je můj řešený objekt - panelový bytový dům. Měření proběhlo v Brně v městské části Žabovřesky dne 5. 12. 2019.

Obrázek 35: Termokamera FLUKE Ti300

KLIMATICKÉ ÚDAJE

Obloha: zataženo

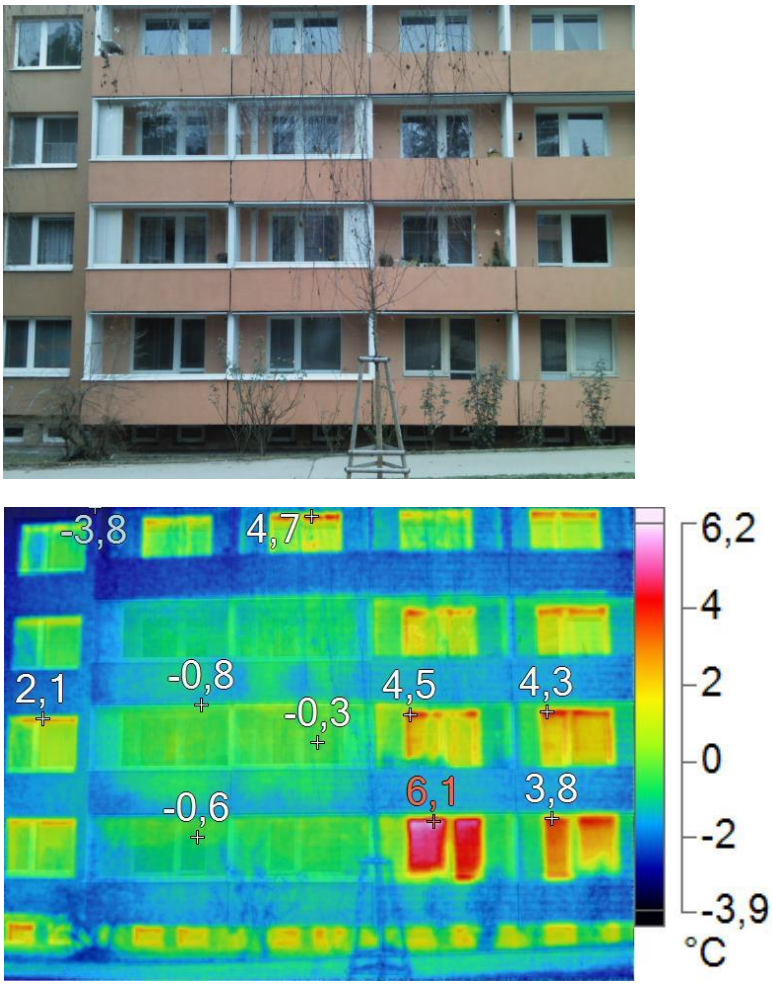
Maximální teplota: -1,4 °C

Minimální teplota: -3,6 °C

Nejvyšší vlhkost: 78 %

Nejvyšší tlak: 1027 hPa

Cílem termovize je nalézt defekty měřených objektů. Na následujících fotografiích je zachyceno rozložení teplot povrchu budovy včetně barevné škály a tabulky s jednotlivými body teplot. Emisivita povrchu je stanovena na 0,92.



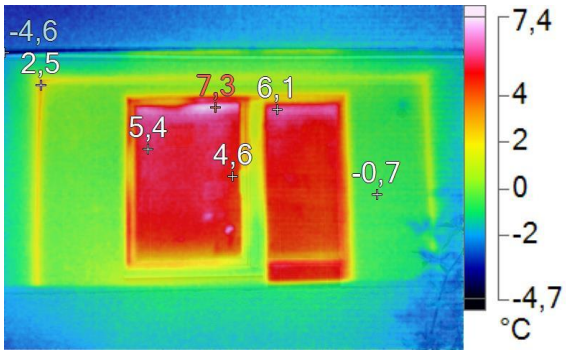
Obrázek 36: Zateplená budova - celý pohled

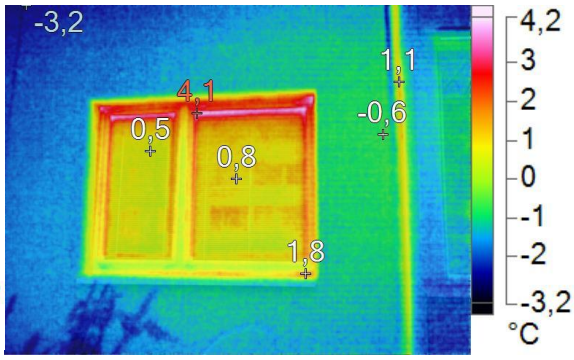
Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	-0,3°C	0,92
Teplá	6,1°C	0,92
Studená	-3,8°C	0,92
P0	-0,8°C	0,92
P1	3,8°C	0,92
P2	4,3°C	0,92
P3	4,5°C	0,92
P4	2,1°C	0,92
P5	4,7°C	0,92
P6	-0,6°C	0,92

Tabulka 52: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 36

Na snímku je znázorněn zateplený bytový dům. Největší rozdíly teplot jsou patrné mezi okenními otvory. Dvě okna vpravo v prvním nadzemním podlaží jsou stará dřevená, u kterých dochází k největšímu úniku tepla, ostatní okenní výplně jsou nové plastové. Za zmínku stojí také zasklení některých lodžií, které zabraňuje tepelným ztrátám.





Obrázek 37: Zateplená budova - detail okna

Obrázek 38: Zateplená budova - detail okna

Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	4,6°C	0,92
Teplá	7,3°C	0,92
Studená	-4,6°C	0,92
P0	5,4°C	0,92
P1	2,5°C	0,92
P2	6,1°C	0,92
P3	-0,7°C	0,92

Tabulka 53: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 37

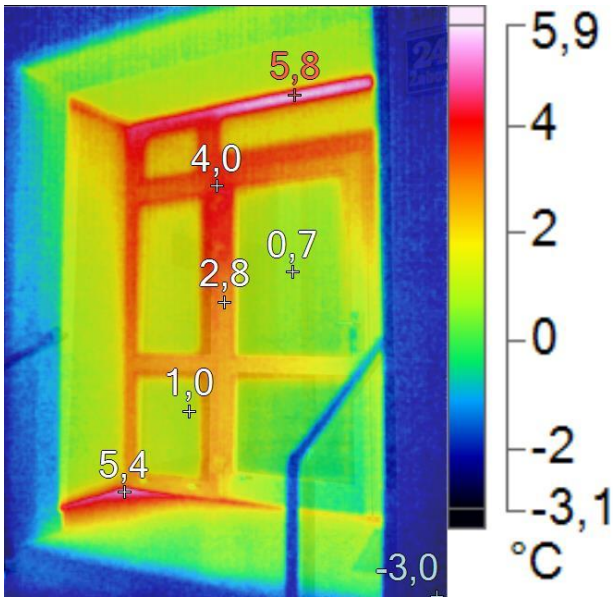
Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	0,8°C	0,92
Teplá	4,1°C	0,92
Studená	-3,2°C	0,92
P0	0,5°C	0,92
P1	1,1°C	0,92
P2	-0,6°C	0,92
P3	1,8°C	0,92

Tabulka 54: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 38

Detailnější pohled na okenní otvory. Vlevo staré dřevěné okno, vpravo nové plastové. Rozdíl povrchových teplot těchto okenních výplní se pohybuje okol 4-5 °C. Obecně dochází k největším tepelným mostům u distančního rámečku a rámu výplní otvorů.

Lze si povšimnout také nezateplené části obvodové zdi kolem otvoru na levé fotografii, na pravém obrázku zase vedení tepla potrubím.



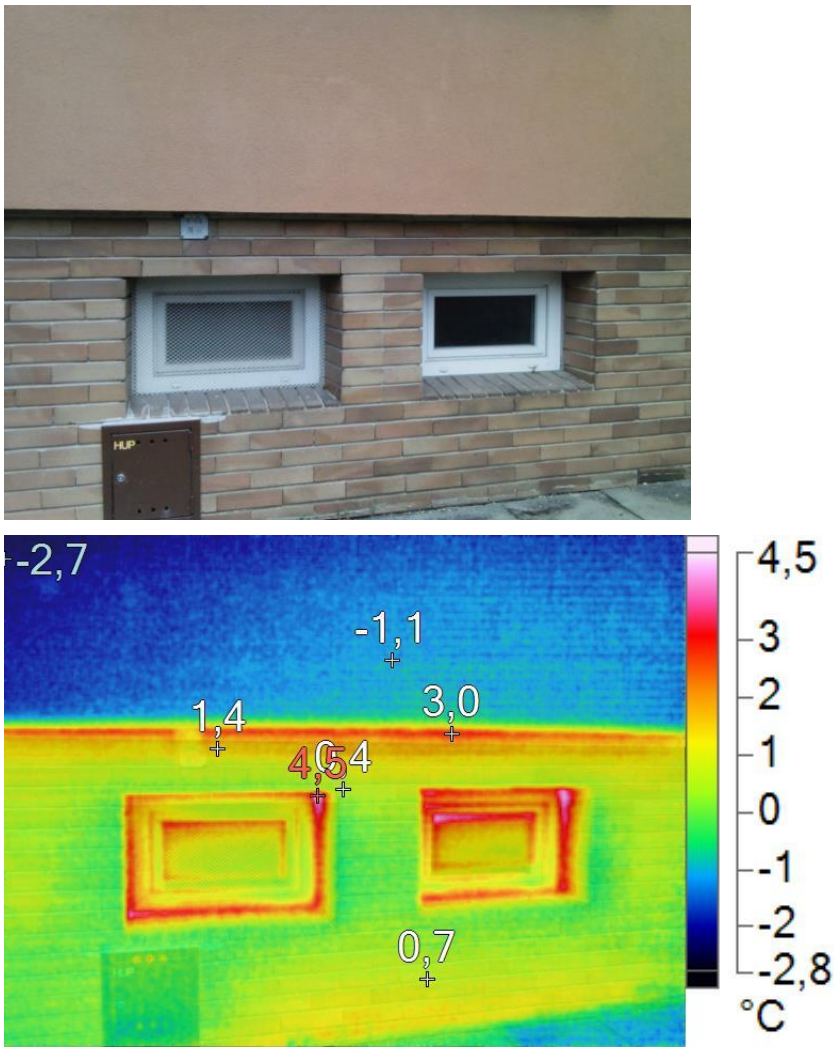
Obrázek 39: Zateplená budova - detail vstupu

Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	2,8°C	0,92
Teplá	5,8°C	0,92
Studená	-3,0°C	0,92
P0	1,0°C	0,92
P1	5,4°C	0,92
P2	4,0°C	0,92
P3	0,7°C	0,92

Tabulka 55: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 39

Detail na vchodové dveře objektu. Opět dochází k největším tepelným ztrátám skrz rám dveřní výplně, značný únik tepla je také v rozích závětří skrz stavební konstrukci.



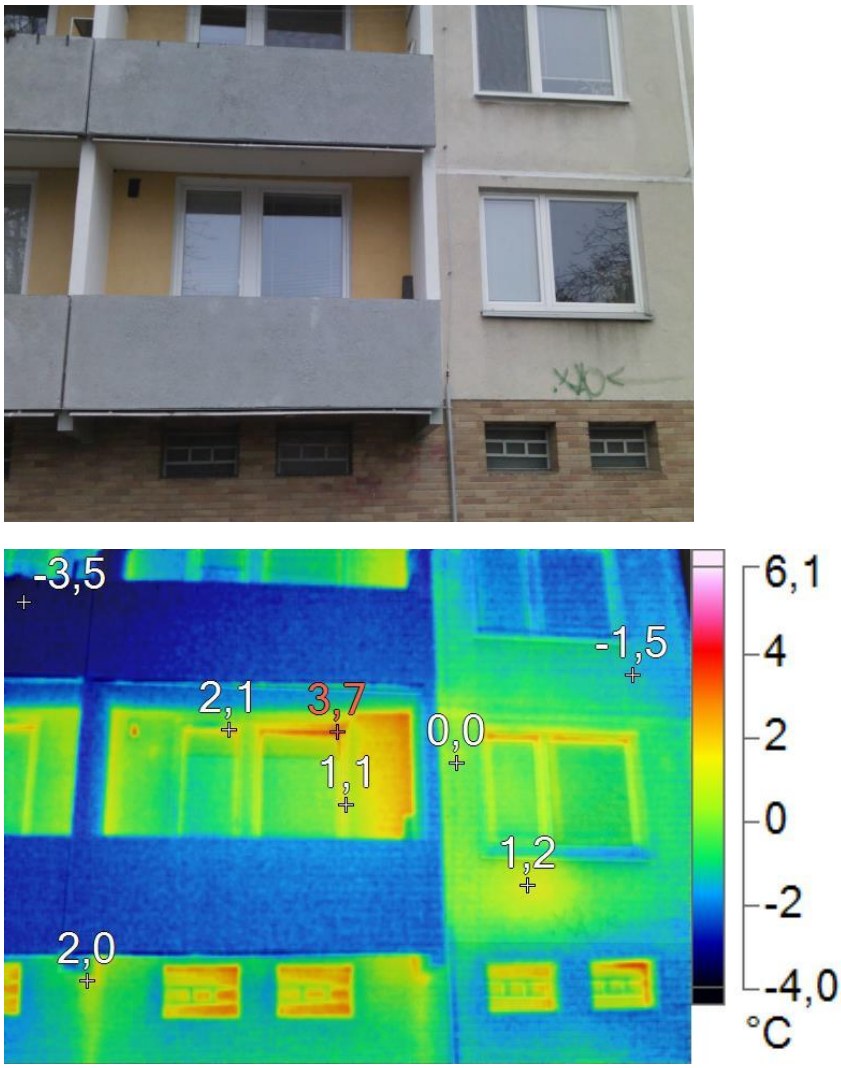
Obrázek 40: Zateplená budova - podzemní podlaží

Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	0,4°C	0,92
Teplá	4,5°C	0,92
Studená	-2,7°C	0,92
P0	1,4°C	0,92
P1	3,0°C	0,92
P2	0,7°C	0,92
P3	-1,1°C	0,92

Tabulka 56: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 40

Pohled na okenní otvory v podzemním podlaží. Suterén je pravděpodobně nevytápěný, to znamená, že zde dochází větším únikům tepla. Liniový tepelný most mezi podlažími je způsoben prouděním tepla ze spodní části konstrukce nadzemního podlaží, popř. kovovou ukončovací lištou tepelné izolace.



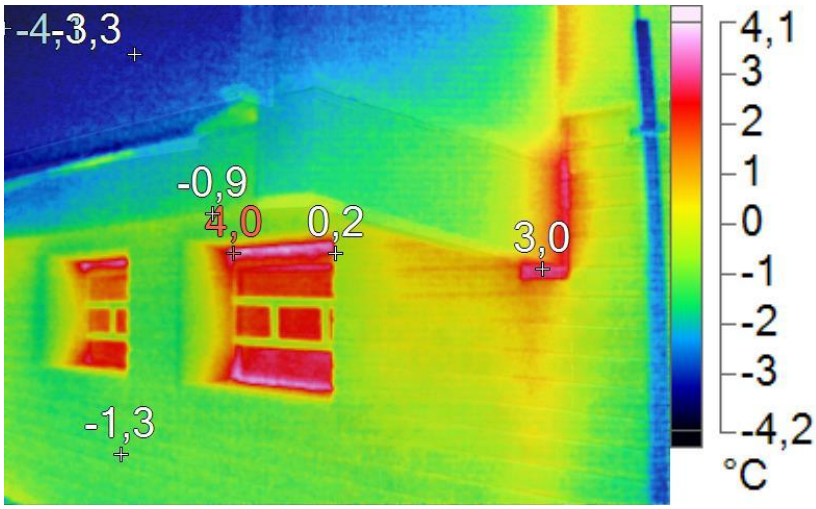
Obrázek 41: Nezateplená budova

Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	1,1°C	0,92
Teplá	3,7°C	0,92
P0	2,1°C	0,92
P1	1,2°C	0,92
P2	-3,5°C	0,92
P3	-1,5°C	0,92
P4	0,0°C	0,92
P5	2,0°C	0,92

Tabulka 57: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 41

Na daném snímku se nachází nezateplený bytový dům. Zatímco u zatepleného objektu se teplota povrchu obvodové stěny pohybuje kolem -3 až -4 °C, zde je to pouze -1 až +2 °C.



Obrázek 42: Nezateplená budova - detail lodžie

Značky k hlavnímu obrázku

Název	Teplota	Emisivita
Středový bod	0,2°C	0,92
Teplá	4,0°C	0,92
Studená	-4,1°C	0,92
P0	-0,9°C	0,92
P1	3,0°C	0,92
P2	-3,3°C	0,92
P3	-1,3°C	0,92

Tabulka 58: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 42

Detail nezatepleného objektu. Tepelný most je dobře viditelný v okolí navazující konstrukce lodžie.

C. PROJEKT

C.1 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A PROTOKOL PENB - VÝCHOZÍ STAV

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Polní 330/16, k.ú. 612006, p.č. 124**

PSČ, místo: **625 00, Brno**

Typ budovy: **Bytový dům**

Plocha obálky budovy: **3505.48** m^2

Objemový faktor tvaru A/V: **0.29** m^2/m^3

Celková energeticky vztažná plocha: **4276.2** m^2

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

	Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)
Měrné hodnoty kWh/(m^2·rok)		
Mimořádně úsporná A		
Velmi úsporná B (51)		61
Úsporná C (76)	84	92 / 110
Méně úsporná D (102)		122
Nehospodárná E (152)	155	183 / 190
Velmi nehospodárná F (203)		244
Mimořádně nehospodárná G (254)		305
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	664.8	813.0

Toto je studentská verze PENB. Tuto verzi není možné používat pro komerční účely.

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	☑
Okna a dveře:	☑
Střechu:	☐
Podlahu:	☑
Vytápění:	☐
Chlazení/klimatizaci:	☐
Větrání:	☐
Přípravu teplé vody:	☐
Osvětlení:	☐
Jiné:	☐

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou Doporučení

PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu [MWh/rok]

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m²·K)	Dílčí dodané energie Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)					
A							
B	0.21	45.8		0.07 / 0.07			
C							
D						30.8 / 30.9	
E	0.59	117					
F							7.4 / 7.4
G							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		501.0		0.3		132.0	31.6

Mimořádně úsporná — Mimořádně nehospodárná

Toto je studentská verze programu. Tuto verzi není možné používat pro komerční účely.

Zpracovatel: Bc. Veronika Ryšavá
Kontakt: Bučovická 361, 68401, Slavkov u Brna
176448@vutbr.cz

Osvědčení č.:
Vyhotoveno dne: 28.12.2019
Podpis:

PROTOKOL PRŮKAZU

Identifikační číslo dokumentu:

Evidenční číslo z databáze ENEX:

Účel zpracování průkazu

☐ Nová budova	☐ Budova užívaná orgánem veřejné moci
☐ Prodej budovy nebo její části	☐ Pronájem budovy nebo její části
☒ Větší změna dokončené budovy	
☐ Jiný účel zpracování:	

Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Brno, Polní 330/16, 625 00
Katastrální území:	612006
Parcelní číslo:	124
Datum uvedení budovy do provozu (nebo předpokládané datum uvedení do provozu):	
Vlastník nebo stavebník:	Statutární město Brno
Adresa:	Dominikánské náměstí 196/1 60167 Brno
IČ:	
Tel./e-mail:	/

Typ budovy		
☐ Rodinný dům	☒ Bytový dům	☐ Budova pro ubytování a stravování
☐ Administrativní budova	☐ Budova pro zdravotnictví	☐ Budova pro vzdělávání
☐ Budova pro sport	☐ Budova pro obchodní účely	☐ Budova pro kulturu
☐ Jiné druhy budovy:		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m³]	11 941,8
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m²]	3 505,5
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m²/m³]	0,29
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_c	[m²]	4 276,2

Druhy energie (energonositelé) užívané v budově	
☐ Hnědé uhlí	☐ Černé uhlí
☐ Topný olej	☐ Propan-butan/LPG
☐ Kusové dřevo, dřevní štěpka	☐ Dřevěné peletky
☒ Zemní plyn	☒ Elektřina
☐ Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): *podíl OZE:* ☐ *do 50% včetně,* ☐ *nad 50% do 80%,* ☐ *nad 80%*	
☐ Energie okolního prostředí (např. sluneční energie) *účel:* ☐ *na vytápění,* ☐ *pro přípravu teplé vody,* ☐ *na výrobu elektrické energie*	
☐ Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:	

Druhy energie dodávané mimo budovu		
☐ Elektřina	☐ Teplo	☒ Žádné

Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z1)	Plocha A_j	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce b_j	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota U_j	Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$	Splněno		
	[m²]	[W/(m².K)]	[W/(m².K)]	(ANO/NE)	[-]	[W/K]
STN-1 1-EXT Obvodová stěna	1 384,6	0,68	-	-	1,00	941,54
STR-7 1-EXT Střecha	541,6	0,12	-	-	1,00	64,99
VYP-12 1-EXT Okno 1	99,8	1,70	-	-	1,00	169,73
VYP-13 1-EXT Okno 1	41,0	1,70	-	-	1,00	69,63
VYP-14 1-EXT Okno 1	20,5	1,70	-	-	1,00	34,82
VYP-15 1-EXT Okno 1	81,9	1,70	-	-	1,00	139,26
VYP-18 1-EXT Okno 3	181,8	1,70	-	-	1,00	309,02
VYP-19 1-EXT Okno 3	181,8	1,70	-	-	1,00	309,02
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	253,30

PDL-8 1-3 Strop do nevytápěného prostoru	440,0	0,82	-	-	0,35	125,44
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	15,30
STN-9 1-S Stěna přilehlá k sousední budově	0,0	0,68	-	-	-	-
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-
STN-10 1-2 Vnitřní stěna mezi zónami	979,7	2,32	-	-	0,11	259,75
VYP-27 1-2 Dveře vnitřní	114,5	2,50	-	-	0,11	32,72
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	12,51
Celkem	**4 067,1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**2 737,04**

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě požadavku na energetickou náročnost budovy podle §6 odst. 2 písm. c).

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z2)	**Plocha A_j**	**Součinitel prostupu tepla**			**Činitel teplotní redukce b_j**	**Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$**
		Vypočtená hodnota U_j	**Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$**	**Splněno**		
	[m²]	**[W/(m².K)]**	**[W/(m².K)]**	**(ANO/NE)**	**[-]**	**[W/K]**
STN-4 2-EXT Obvodová stěna - schodiště	12,7	3,91	-	-	1,00	49,59
STR-7 2-EXT Střecha	59,6	0,12	-	-	1,00	7,15
VYP-16 2-EXT Okno 2	41,8	1,70	-	-	1,00	71,07
VYP-17 2-EXT Okno 2	41,8	1,70	-	-	1,00	71,07
VYP-20 2-EXT Vstupní dveře	5,7	1,80	-	-	1,00	10,30
VYP-21 2-EXT Okno 4	0,5	1,70	-	-	1,00	0,77
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	16,20

STN(z)-5 2-ZEM Obvodová stěna přilehlá k zemině - schodiště	4,2	0,71	-	-	0,52	1,54
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,22
PDL(z)-6 2-ZEM Podlaha nad instalačním prostorem	59,6	0,95	-	-	0,35	20,08
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	2,11
STN-11 2-3 Vnitřní stěna mezi zónami	120,0	2,32	-	-	0,26	73,37
VYP-28 2-3 Dveře vnitřní	16,4	2,50	-	-	0,26	10,78
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,59
STN-10 2-1 Vnitřní stěna mezi zónami	979,7	2,32	-	-	-0,11	-259,75
VYP-27 2-1 Dveře vnitřní	114,5	2,50	-	-	-0,11	-32,72
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-12,51
Celkem	**1 456,4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**32,86**

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě požadavku na energetickou náročnost budovy podle §6 odst. 2 písm. c).

Konstrukce nevytápěného prostoru (NEVYTÁPĚNÝ PROSTOR Z3)	**Plocha A_j**	**Součinitel prostupu tepla**			**Činitel teplotní redukce b_j**	**Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$**
		Vypočtená hodnota U_j	**Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$**	**Splněno**		
	[m²]	**[W/(m².K)]**	**[W/(m².K)]**	**(ANO/NE)**	**[-]**	**[W/K]**
STN-2 3-EXT Obvodová stěna - nevytápěný prostor	139,7	0,68	-	-	1,00	94,97
VYP-22 3-EXT Okno 4	5,0	1,70	-	-	1,00	8,42
VYP-23 3-EXT Okno 4	4,5	1,70	-	-	1,00	7,65
VYP-24 3-EXT Okno 5	2,7	1,70	-	-	1,00	4,62

VYP-25 3-EXT Dveře zadní 1	4,0	1,80	-	-	1,00	7,20
VYP-26 3-EXT Dveře zadní 2	2,1	1,80	-	-	1,00	3,73
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	15,79
STN(z)-3 3-ZEM Obvodová stěna přilehlá k zemině	80,3	0,71	-	-	0,34	19,56
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	2,75
PDL(z)-6 3-ZEM Podlaha nad instalačním prostorem	440,0	0,95	-	-	0,12	51,81
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	5,45
STN-9 3-S Stěna přilehlá k sousední budově	19,7	0,68	-	-	-0,35	-4,65
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-0,68
PDL-8 3-1 Strop do nevytápěného prostoru	440,0	0,82	-	-	-0,35	-125,44
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-15,30
STN-11 3-2 Vnitřní stěna mezi zónami	120,0	2,32	-	-	-0,26	-73,37
VYP-28 3-2 Dveře vnitřní	16,4	2,50	-	-	-0,26	-10,78
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,10 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-3,59
Celkem	**1 274,2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-11,86**

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Zóna	**Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{im,j}$**	**Objem zóny V_j**	**Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny $U_{em,R,j}$**
	[°C]	**[m³]**	**[W/(m².K)]**
zóna 1 - Obytné prostory	20,0	10379,46	0,43
zóna 2 - Komunikace	16,0	1562,34	0,12

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota U_{em} ($U_{em} = H_T/A$)	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ($U_{em,R} = \Sigma(V_j \cdot U_{em,R,j})/V$)	Splněno
	[W/(m²K)]	[W/(m²K)]	(ANO/NE)
Budova celkem	0,59	0,39	NE

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm.b).

B) technické systémy

b.1.a) vytápění

Hodnocená budova/zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla[2] $\eta_{H,gen}$ / $COP_{H,gen}$	Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[%] / [-]	[%]	[%]
Referenční budova	**x[1]**	**x**	**x**	**x**	**80 / -**	**85**	**80**
Z1	K 1	zemní plyn	50	70	77 / -	85	85
	K 2	zemní plyn	50	70	77 / -		
Z2	K 1	zemní plyn	50	70	77 / -	85	85
	K 2	zemní plyn	50	70	77 / -		

Poznámka: [1] symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,
[2] v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla $\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[%] nebo [-]	[%] nebo [-]	(ANO/NE)
Z1 , Z2	K 1 - Kotel 1	80	-	-
Z1 , Z2	K 2 - Kotel 2	80	-	-

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.2.a) chlazení

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energo-nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na chlazení	Jmenovitý chladicí výkon	Chladicí faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Účinnost distribuce energie na chlazení $\eta_{C,dis}$	Účinnost sdílení energie na chlazení $\eta_{C,em}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[-]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	-	-	-

b.2.b) požadavky na účinnost technického systému k chlazení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému chlazení	Chladící faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Chladící faktor referenčního zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[-]	[-]	(ANO/NE)

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.3.) větrání

Hodnocená budova / zóna	Typ větracího systému	Energo-nositel	Tepelný výkon	Chladící výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání SFP_{ahu}
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[m³/h]	[Ws/m³]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	x	**1750**
Z1	VZT 1 - odvodní	elektřina			100	0,819	5 985	493

b.4.a) úprava vlhkosti vzduchu - vlhčení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému vlhčení	Energo-nositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí dodané energie na úpravu vlhkosti	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému vlhčení $\eta_{RH+,gen}$
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	x	**70**
Z1	-	-	-	-	-	-
Z2	-	-	-	-	-	-

b.4.b) úprava vlhkosti vzduchu - odvlhčení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému odvlhčení	Energo-nositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na úpravu odvlhčení	Jmenovitý chladící výkon	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému odvlhčení $\eta_{RH-,gen}$
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[%]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**65**
Z1	-	-	-	-	-	-	-
Z2	-	-	-	-	-	-	-

b.5.a) příprava teplé vody (TV)

Hodnocená budova / zóna	Systém přípravy TV v budově	Energo-nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ / $COP_{W,gen}$ [2)]	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztažená k objemu zásobníku v litrech $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody vztažená k délce rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[litry]	[%] / [-]	[kWh/(lden)]	[kWh/(mden)]
Referenční budova	**x[1)]**	**x**	**x**	**x**	**x**	**85 / -**	**0,0070 (0,0050)**	**0,1500**
TV 1 (Z1)	$TV_{sys}1$	zemní plyn	50	K-1 [70]	2000.00 1500.00	K-1 [77/-]	0.0055 0.0065	0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733
		zemní plyn	50	K-2 [70]		K-2 [77/-]		

Poznámka: [1)] symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,
[2)] v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody

Hodnocená budova / zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen,rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[%] nebo [-]	[%] nebo [-]	(ANO/NE)
TV 1 (Z1)	K 1 - Kotel 1	80	-	-
TV 1 (Z1)	K 2 - Kotel 2	80	-	-

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.6) osvětlení

Hodnocená budova / zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztažený k osvětlenosti zóny $p_{L,lx}$
	(-)	[%]	[kW]	[W/(m²lx)]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**0,05**
Zóna 1	1	100,0	P_n = 20,992	0,027
Zóna 2	2	100,0	P_n = 1,215 P_{em} = 0,200	0,026
Zóna 3	3	100,0	P_n = 0,635	0,026

Energetická náročnost hodnocené budovy

a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova/zóna	Vytápěná EP_H	Chlazení EP_C	Nucené větrání EP_F		Příprava teplé vody EP_W	Osvětlení EP_L	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			Bez úpravy vlhčení	S úpravou vlhčení			Pro budovu	i dodávku mimo budovu
Z1	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐
Z2	☒	☐	☐	☐	☐	☒		
Z3	☐	☐	☐	☐	☐	☒		

b) dílčí dodané energie

ř.			Vytápění		Chlazení		Větrání		Úprava vlhkosti vzduchu		Příprava teplé vody		Osvětlení	
			Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova
(1)	Potřeba energie	[kWh/rok]	199 652	272 678	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	70 760	70 760	-	-
(2)	Vypočtená spotřeba energie	[kWh/rok]	367 007	490 142	0,00	0,00	485,73	301,33	0,00	0,00	115 470	131 658	14 596	31 644
(3)	Pomocná energie	[kWh/rok]	8 529,5	10 809	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168,04	253,04	-	-
(4)	Dílčí dodaná energie (ř.4) = (ř.2) + (ř.3)	[kWh/rok]	375 537	500 951	0,00	0,00	485,73	301,33	0,00	0,00	115 638	131 911	14 596	31 644
(5)	Měrná dílčí dodaná energie na celkovou energeticky vztažnou plochu (ř.4) / m²	[kWh/(m²rok)]	87,82	117,15	0,00	0,00	0,11	0,07	0,00	0,00	27,04	30,85	3,41	7,40

c) výrobna energie umístěná v budově, na budově nebo pomocných objektech

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
jednotky		**[kWh/rok]**	**[-]**	**[-]**	**[kWh/rok]**	**[kWh/rok]**
Kogenereční jednotka EP_{CHP} teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Kogenereční jednotka EP_{CHP} elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP_{PV} elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Solární termické systémy $Q_{H,sc,sys}$ teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu	-	-	-	-	-
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie / Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	**[-]**	**[-]**	**[kWh/rok]**	**[kWh/rok]**
elektrická energie	43 007,91	3,2	3,0	137 625,31	129 023,73
zemní plyn	621 799,65	1,1	1,1	683 979,61	683 979,61
Celkem	**664 807,56**	**x**	**x**	**821 604,92**	**813 003,34**

e) požadavek na celkovou dodanou energii

(6)	Referenční budova	[kWh/rok]	506 256,01	Splněno (ANO/NE)	NE
(7)	Hodnocená budova		664 807,56		
(8)	Referenční budova	[kWh/(m²rok)]	118,39		
(9)	Hodnocená budova		155,47		

f) požadavek na neobnovitelnou primární energii

(10)	Referenční budova	[kWh/rok]	602 061,46	Splněno (ANO/NE)	NE
(11)	Hodnocená budova		813 003,34		
(12)	Referenční budova (ř.10 / m^2)	[kWh/(m^{2}rok)]	140,79		
(13)	Hodnocená budova (ř.11 / m^2)		190,12		

g) primární energie hodnocené budovy

(14)	Celková primární energie	[kWh/rok]	821 604,92
(15)	Obnovitelná primární energie (ř.14-ř.11)	[kWh/rok]	8 601,58
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie (ř.15 / ř.14 x 100)	[%]	1,05

Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie u nových budov a u větší změny dokončených budov

Posouzení proveditelnosti				
Alternativní systémy	**Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE**	**Kombinovaná výroba elektřiny a tepla**	**Soustava zásobování tepelnou energií**	**Tepelné čerpadlo**
Technická proveditelnost	ANO	NE	NE	ANO
Ekonomická proveditelnost	ANO	NE	NE	NE
Ekologická proveditelnost	ANO	NE	NE	NE
Doporučení k realizaci a zdůvodnění	Systémy kogenerace a CZT nejsou vhodné pro bytový dům. Pro snížení energetické náročnosti budovy doporučuji: 1) Návrh fotovoltaických panelů. Tento systém by pokrýval cca 20 % z celkové potřeby elektrické energie. 2) Osazení tepelných čerpadel vzduch-voda. Na tyto tepelné zdroje by byl připojen i ohřev teplé vody.			
Datum zpracování analýzy	15.10.2019			
Zpracovatel analýzy	Bc. Veronika Ryšavá			
Energetický posudek	povinnost vypracovat energetický posudek			NE
	energetický posudek je součást analýzy			NE
	datum vypracování energetického posudku			-
	zpracovatel energetického posudku			-

Stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy

Popis opatření	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie
	[MWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Stavební prvky a konstrukce budovy:			
OP_S 1 - Zateplení obálky budovy	-	305 223,90	340 640,82
Technické systémy budovy:			
vytápění	-	-	-
chlazení	-	-	-
větrání	-	-	-
úprava vlhkosti vzduchu	-	-	-
příprava teplé vody	-	-	-
osvětlení	-	-	-
Obsluha a provoz systémů budovy:			
-	-	-	-
Ostatní - uveďte jaké:			
-	-	-	-
Celkově	**359,58**	**305 223,9**	**340 640,8**

Posouzení vhodnosti doporučených opatření				
Opatření	**Stavební prvky a konstrukce budovy**	**Technické systémy budovy**	**Obsluha a provoz systémů budovy**	**Ostatní - uvést jaké**
Technická vhodnost	ANO	-	-	-
Funkční vhodnost	ANO	-	-	-
Ekonomická vhodnost	ANO	-	-	-
Doporučení k realizaci a zdůvodnění	Doporučuji provedení zateplení obálky budovy. Součinitele prostupu tepla jednotlivých obalových konstrukcí bytového domu (kromě střešní konstrukce) budou zlepšeny na doporučené hodnoty pro pasivní domy.			
Datum vypracování doporučených opatření	15.10.2019			
Zpracovatel navržených doporučených opatření	Bc. Veronika Ryšavá			
Energetický posudek	Energetický posudek je součástí posouzení navržených doporučených opatření			NE
	Datum vypracování energetického posudku			-
	Zpracovatel energetického posudku			-

Závěrečné hodnocení energetického specialisty

Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie	
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 1	-
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy	
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. a)	NE
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. b)	NE
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. c)	ANO
- Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	NE
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	E
Budova užívaná orgánem věřejné moci	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Prodej nebo pronájem budovy nebo její části	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Jiný účel zpracování průkazu	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-

Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz

Jméno a příjmení	Bc. Veronika Ryšavá
Číslo oprávnění MPO	
Podpis energetického specialisty	

Datum vypracování průkazu

Datum vypracování průkazu	28.12.2019

Zdroj informací

Zdroj informací	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/

C.2 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A PROTOKOL PENB - VARIANTA I.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Polní 330/16, k.ú. 612006, p.č. 124**

PSČ, místo: **625 00, Brno**

Typ budovy: **Bytový dům**

Plocha obálky budovy: **3505.48** m^2

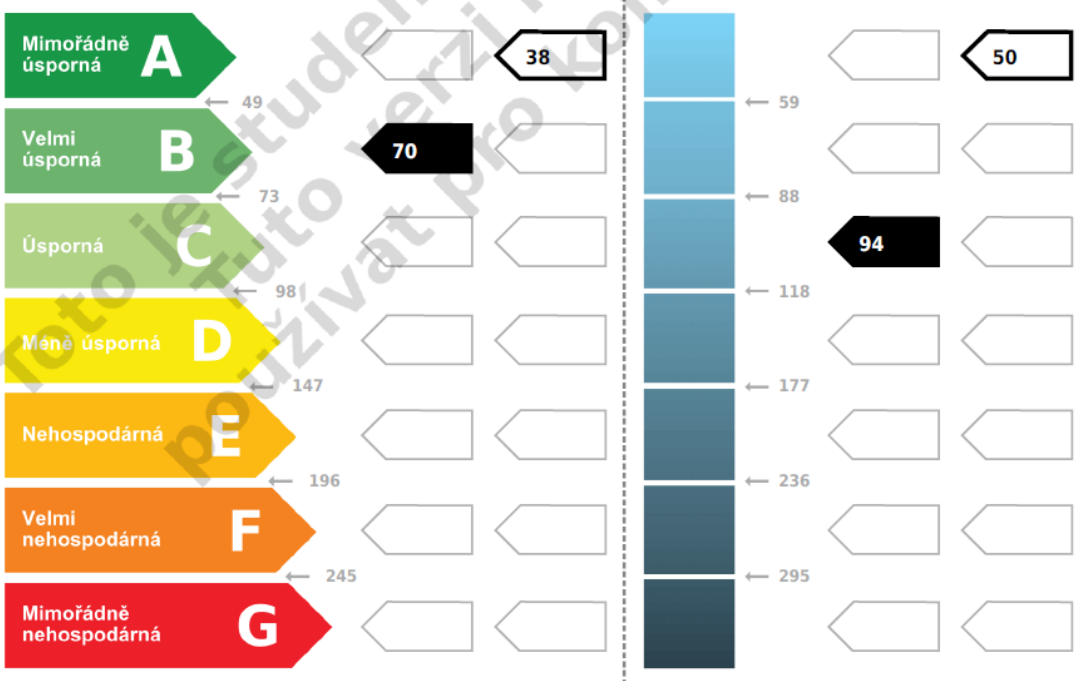
Objemový faktor tvaru A/V: **0.29** m^2/m^3

Celková energeticky vztažná plocha: **4276.2** m^2

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m^2·rok)



Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	298.4	402.0

Toto je studentská verze programu. Tuto verzi není možné používat pro komerční účely.

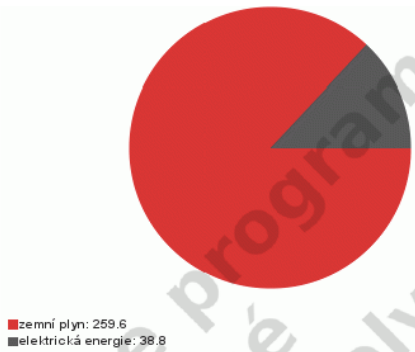
DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	☐
Okna a dveře:	☐
Střechu:	☐
Podlahu:	☐
Vytápění:	☑
Chlazení/klimatizaci:	☐
Větrání:	☑
Přípravu teplé vody:	☑
Osvětlení:	☑
Jiné:	☐

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou Doporučení

PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu [MWh/rok]



UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m²·K)	Dílčí dodané energie Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)					
A	0.18 / 0.19	31.5 / 13.5					0.87
B				0.07			
C						21.4	
D						30.9	
E							
F							7.4
G				2.2			
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		135.0		0.3		132.0	31.6

Mimořádně úsporná — Mimořádně nehospodárná

Toto je studentská verze programu. Tuto verzi není možné používat pro komerční účely.

Zpracovatel: **Bc. Veronika Ryšavá**
Kontakt: **Bučovická 361, 68401, Slavkov u Brna**
176448@vutbr.cz

Osvědčení č.:
Vyhotoveno dne: **28.12.2019**
Podpis:

PROTOKOL PRŮKAZU

Identifikační číslo dokumentu:

Evidenční číslo z databáze ENEX:

Účel zpracování průkazu

☐ Nová budova	☐ Budova užívaná orgánem veřejné moci
☐ Prodej budovy nebo její části	☐ Pronájem budovy nebo její části
☒ Větší změna dokončené budovy	
☐ Jiný účel zpracování:	

Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Brno, Polní 330/16, 625 00
Katastrální území:	612006
Parcelní číslo:	124
Datum uvedení budovy do provozu (nebo předpokládané datum uvedení do provozu):	
Vlastník nebo stavebník:	Statutární město Brno
Adresa:	Dominikánské náměstí 196/1 60167 Brno
IČ:	
Tel./e-mail:	/

Typ budovy		
☐ Rodinný dům	☒ Bytový dům	☐ Budova pro ubytování a stravování
☐ Administrativní budova	☐ Budova pro zdravotnictví	☐ Budova pro vzdělávání
☐ Budova pro sport	☐ Budova pro obchodní účely	☐ Budova pro kulturu
☐ Jiné druhy budovy:		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m³]	11 941,8
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m²]	3 505,5
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m²/m³]	0,29
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_c	[m²]	4 276,2

Druhy energie (energonositelé) užívané v budově	
☐ Hnědé uhlí	☐ Černé uhlí
☐ Topný olej	☐ Propan-butan/LPG
☐ Kusové dřevo, dřevní štěpka	☐ Dřevěné peletky
☒ Zemní plyn	☒ Elektřina
☐ Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): *podíl OZE:* ☐ *do 50% včetně,* ☐ *nad 50% do 80%,* ☐ *nad 80%*	
☐ Energie okolního prostředí (např. sluneční energie) *účel:* ☐ *na vytápění,* ☐ *pro přípravu teplé vody,* ☐ *na výrobu elektrické energie*	
☐ Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:	

Druhy energie dodávané mimo budovu		
☐ Elektřina	☐ Teplo	☒ Žádné

Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z1)	Plocha A_j	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce b_j	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota U_j	Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$	Splněno		
	[m²]	[W/(m².K)]	[W/(m².K)]	(ANO/NE)	[-]	[W/K]
STN-1 1-EXT Obvodová stěna	1 384,6	0,13	-	-	1,00	180,00
STR-7 1-EXT Střecha	541,6	0,12	-	-	1,00	64,99
VYP-12 1-EXT Okno 1	99,8	0,60	-	-	1,00	59,90
VYP-13 1-EXT Okno 1	41,0	0,60	-	-	1,00	24,58
VYP-14 1-EXT Okno 1	20,5	0,60	-	-	1,00	12,29
VYP-15 1-EXT Okno 1	81,9	0,60	-	-	1,00	49,15
VYP-18 1-EXT Okno 3	181,8	0,60	-	-	1,00	109,07
VYP-19 1-EXT Okno 3	181,8	0,60	-	-	1,00	109,07
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	50,66

PDL-8 1-3 Strop do nevytápěného prostoru	440,0	0,30	-	-	0,40	53,21
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,55
STN-9 1-S Stěna přilehlá k sousední budově	0,0	0,68	-	-	-	-
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-
STN-10 1-2 Vnitřní stěna mezi zónami	979,7	0,30	-	-	0,11	33,59
VYP-27 1-2 Dveře vnitřní	114,5	1,70	-	-	0,11	22,25
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	2,50
Celkem	**4 067,1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**774,81**

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě požadavku na energetickou náročnost budovy podle §6 odst. 2 písm. c).

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z2)	**Plocha A_j**	**Součinitel prostupu tepla**			**Činitel teplotní redukce b_j**	**Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$**
		Vypočtená hodnota U_j	**Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$**	**Splněno**		
	[m²]	**[W/(m².K)]**	**[W/(m².K)]**	**(ANO/NE)**	**[-]**	**[W/K]**
STN-4 2-EXT Obvodová stěna - schodiště	12,7	0,15	-	-	1,00	1,90
STR-7 2-EXT Střecha	59,6	0,12	-	-	1,00	7,15
VYP-16 2-EXT Okno 2	41,8	0,60	-	-	1,00	25,08
VYP-17 2-EXT Okno 2	41,8	0,60	-	-	1,00	25,08
VYP-20 2-EXT Vstupní dveře	5,7	0,80	-	-	1,00	4,58
VYP-21 2-EXT Okno 4	0,5	0,60	-	-	1,00	0,27
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,24

STN(z)-5 2-ZEM Obvodová stěna přilehlá k zemině - schodiště	4,2	0,71	-	-	0,52	1,54
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,04
PDL(z)-6 2-ZEM Podlaha nad instalačním prostorem	59,6	0,30	-	-	0,35	6,34
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,42
STN-11 2-3 Vnitřní stěna mezi zónami	120,0	2,32	-	-	0,33	90,80
VYP-28 2-3 Dveře vnitřní	16,4	1,70	-	-	0,33	9,07
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,89
STN-10 2-1 Vnitřní stěna mezi zónami	979,7	0,30	-	-	-0,11	-33,59
VYP-27 2-1 Dveře vnitřní	114,5	1,70	-	-	-0,11	-22,25
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-2,50
Celkem	**1 456,4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**118,07**

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě požadavku na energetickou náročnost budovy podle §6 odst. 2 písm. c).

Konstrukce nevytápěného prostoru (NEVYTÁPĚNÝ PROSTOR Z3)	**Plocha A_j**	**Součinitel prostupu tepla**			**Činitel teplotní redukce b_j**	**Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$**
		Vypočtená hodnota U_j	**Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$**	**Splněno**		
	[m²]	**[W/(m².K)]**	**[W/(m².K)]**	**(ANO/NE)**	**[-]**	**[W/K]**
STN-2 3-EXT Obvodová stěna - nevytápěný prostor	139,7	0,68	-	-	1,00	94,97
VYP-22 3-EXT Okno 4	5,0	0,60	-	-	1,00	2,97
VYP-23 3-EXT Okno 4	4,5	0,60	-	-	1,00	2,70
VYP-24 3-EXT Okno 5	2,7	0,60	-	-	1,00	1,63

VYP-25 3-EXT Dveře zadní 1	4,0	0,80	-	-	1,00	3,20
VYP-26 3-EXT Dveře zadní 2	2,1	0,80	-	-	1,00	1,66
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,16
STN(z)-3 3-ZEM Obvodová stěna přilehlá k zemině	80,3	0,71	-	-	0,28	16,08
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,45
PDL(z)-6 3-ZEM Podlaha nad instalačním prostorem	440,0	0,30	-	-	0,04	5,62
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,37
STN-9 3-S Stěna přilehlá k sousední budově	19,7	0,68	-	-	-0,40	-5,39
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-0,16
PDL-8 3-1 Strop do nevytápěného prostoru	440,0	0,30	-	-	-0,40	-53,21
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-3,55
STN-11 3-2 Vnitřní stěna mezi zónami	120,0	2,32	-	-	-0,33	-90,80
VYP-28 3-2 Dveře vnitřní	16,4	1,70	-	-	-0,33	-9,07
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-0,89
Celkem	**1 274,2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-30,26**

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Zóna	**Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{im,j}$**	**Objem zóny V_j**	**Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny $U_{em,R,j}$**
	[°C]	**[m³]**	**[W/(m².K)]**
zóna 1 - Obytné prostory	20,0	10379,46	0,43
zóna 2 - Komunikace	16,0	1562,34	0,12

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota U_{em} ($U_{em} = H_T/A$)	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ($U_{em,R} = \Sigma(V_j \cdot U_{em,R,j})/V$)	Splněno
	[W/(m²K)]	[W/(m²K)]	(ANO/NE)
Budova celkem	0,18	0,39	ANO

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm.b).

B) technické systémy

b.1.a) vytápění

Hodnocená budova/zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla[2] $\eta_{H,gen}$ / $COP_{H,gen}$	Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[%] / [-]	[%]	[%]
Referenční budova	**x[1]**	**x**	**x**	**x**	**80 / -**	**85**	**80**
Z1	K 1	zemní plyn	50	70	77 / -	85	85
	K 2	zemní plyn	50	70	77 / -		
Z2	K 1	zemní plyn	50	70	77 / -	85	85
	K 2	zemní plyn	50	70	77 / -		

Poznámka: [1] symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,
[2] v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla $\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[%] nebo [-]	[%] nebo [-]	(ANO/NE)
Z1 , Z2	K 1 - Kotel 1	80	-	-
Z1 , Z2	K 2 - Kotel 2	80	-	-

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.2.a) chlazení

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energo-nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na chlazení	Jmenovitý chladicí výkon	Chladicí faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Účinnost distribuce energie na chlazení $\eta_{C,dis}$	Účinnost sdílení energie na chlazení $\eta_{C,em}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[-]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	-	-	-

b.2.b) požadavky na účinnost technického systému k chlazení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému chlazení	Chladící faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Chladící faktor referenčního zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[-]	[-]	(ANO/NE)

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.3.) větrání

Hodnocená budova / zóna	Typ větracího systému	Energo-nositel	Tepelný výkon	Chladící výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání SFP_{ahu}
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[m³/h]	[Ws/m³]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	x	**1750**
Z1	VZT 1 - odvodní	elektřina			100	0,819	5 985	493

b.4.a) úprava vlhkosti vzduchu - vlhčení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému vlhčení	Energo-nositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí dodané energie na úpravu vlhkosti	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému vlhčení $\eta_{RH+,gen}$
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	x	**70**
Z1	-	-	-	-	-	-
Z2	-	-	-	-	-	-

b.4.b) úprava vlhkosti vzduchu - odvlhčení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému odvlhčení	Energo-nositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na úpravu odvlhčení	Jmenovitý chladící výkon	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému odvlhčení $\eta_{RH-,gen}$
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[%]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**65**
Z1	-	-	-	-	-	-	-
Z2	-	-	-	-	-	-	-

b.5.a) příprava teplé vody (TV)

Hodnocená budova / zóna	Systém přípravy TV v budově	Energo-nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ / $COP_{W,gen}$ [2)]	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztažená k objemu zásobníku v litrech $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody vztažená k délce rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[litry]	[%] / [-]	[kWh/(lden)]	[kWh/(mden)]
Referenční budova	**x[1)]**	**x**	**x**	**x**	**x**	**85 / -**	**0,0070 (0,0050)**	**0,1500**
TV 1 (Z1)	$TV_{sys}1$	zemní plyn	50	K-1 [70]	2000.00 1500.00	K-1 [77/-]	0.0055 0.0065	0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733 0.1733
		zemní plyn	50	K-2 [70]		K-2 [77/-]		

Poznámka: [1)] symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,
[2)] v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody

Hodnocená budova / zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen,rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[%] nebo [-]	[%] nebo [-]	(ANO/NE)
TV 1 (Z1)	K 1 - Kotel 1	80	-	-
TV 1 (Z1)	K 2 - Kotel 2	80	-	-

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.6) osvětlení

Hodnocená budova / zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztažený k osvětlenosti zóny $p_{L,lx}$
	(-)	[%]	[kW]	[W/(m²lx)]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**0,05**
Zóna 1	1	100,0	P_n = 20,992	0,027
Zóna 2	2	100,0	P_n = 1,215 P_{em} = 0,200	0,026
Zóna 3	3	100,0	P_n = 0,635	0,026

Energetická náročnost hodnocené budovy

a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova/zóna	Vytápěná EP_H	Chlazení EP_C	Nucené větrání EP_F		Příprava teplé vody EP_W	Osvětlení EP_L	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			Bez úpravy vlhčení	S úpravou vlhčení			Pro budovu	i dodávku mimo budovu
Z1	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐
Z2	☒	☐	☐	☐	☐	☒		
Z3	☐	☐	☐	☐	☐	☒		

b) dílčí dodané energie

ř.			Vytápění		Chlazení		Větrání		Úprava vlhkosti vzduchu		Příprava teplé vody		Osvětlení	
			Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova
(1)	Potřeba energie	[kWh/rok]	187 383	71 169	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	70 760	70 760	-	-
(2)	Vypočtená spotřeba energie	[kWh/rok]	344 455	127 926	0,00	0,00	485,73	301,33	0,00	0,00	115 470	131 658	14 596	31 644
(3)	Pomocná energie	[kWh/rok]	8 109,7	6 586,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	169,62	274,43	-	-
(4)	Dílčí dodaná energie (ř.4) = (ř.2) + (ř.3)	[kWh/rok]	352 565	134 512	0,00	0,00	485,73	301,33	0,00	0,00	115 639	131 932	14 596	31 644
(5)	Měrná dílčí dodaná energie na celkovou energeticky vztažnou plochu (ř.4) / m²	[kWh/(m²rok)]	82,45	31,46	0,00	0,00	0,11	0,07	0,00	0,00	27,04	30,85	3,41	7,40

c) výrobna energie umístěná v budově, na budově nebo pomocných objektech

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
jednotky		**[kWh/rok]**	**[-]**	**[-]**	**[kWh/rok]**	**[kWh/rok]**
Kogenereční jednotka EP_{CHP} teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Kogenereční jednotka EP_{CHP} elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP_{PV} elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Solární termické systémy $Q_{H,sc,sys}$ teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu	-	-	-	-	-
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie / Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	**[-]**	**[-]**	**[kWh/rok]**	**[kWh/rok]**
elektrická energie	38 805,99	3,2	3,0	124 179,16	116 417,96
zemní plyn	259 584,19	1,1	1,1	285 542,61	285 542,61
Celkem	**298 390,18**	**x**	**x**	**409 721,77**	**401 960,57**

e) požadavek na celkovou dodanou energii

(6)	Referenční budova	[kWh/rok]	483 285,29	Splněno (ANO/NE)	ANO
(7)	Hodnocená budova		298 390,18		
(8)	Referenční budova	[kWh/(m²rok)]	113,02		
(9)	Hodnocená budova		69,78		

f) požadavek na neobnovitelnou primární energii

(10)	Referenční budova	[kWh/rok]	575 999,12	Splněno (ANO/NE)	ANO
(11)	Hodnocená budova		401 960,57		
(12)	Referenční budova (ř.10 / m²)	[kWh/(m²rok)]	134,70		
(13)	Hodnocená budova (ř.11 / m²)		94,00		

g) primární energie hodnocené budovy

(14)	Celková primární energie	[kWh/rok]	409 721,77
(15)	Obnovitelná primární energie (ř.14-ř.11)	[kWh/rok]	7 761,20
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie (ř.15 / ř.14 x 100)	[%]	1,89

Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie u nových budov a u větší změny dokončených budov

Posouzení proveditelnosti				
Alternativní systémy	**Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE**	**Kombinovaná výroba elektřiny a tepla**	**Soustava zásobování tepelnou energií**	**Tepelné čerpadlo**
Technická proveditelnost	ANO	NE	NE	ANO
Ekonomická proveditelnost	ANO	NE	NE	NE
Ekologická proveditelnost	ANO	NE	NE	NE
Doporučení k realizaci a zdůvodnění	Systémy kogenerace a CZT nejsou vhodné pro bytový dům. Pro snížení energetické náročnosti budovy doporučuji: 1) Návrh fotovoltaických panelů. Tento systém by pokrýval cca 20 % z celkové potřeby elektrické energie. Navrhuji fotovoltaické panely GCL 270 Wp (55 ks) o celkové ploše 89,5 m2. 2) Osazení tepelných čerpadel vzduch-voda. Na tyto tepelné zdroje by byl připojen i ohřev teplé vody. Navrhuji dvě tepelná čerpadla alpha innotec - řada ALIRA LWA - typ LW 251A-LUX 2.0 o výkonu 24 kW.			
Datum zpracování analýzy	15.10.2019			
Zpracovatel analýzy	Bc. Veronika Ryšavá			
Energetický posudek	povinnost vypracovat energetický posudek			NE
	energetický posudek je součást analýzy			NE
	datum vypracování energetického posudku			-
	zpracovatel energetického posudku			-

Stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy

Popis opatření	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie
	[MWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Stavební prvky a konstrukce budovy:			
-	-	-	-
Technické systémy budovy:			
vytápění	57,77	76 745,00	120 000,00
chlazení	-	-	-
větrání	9,25	-8 945,00	13 000,00
úprava vlhkosti vzduchu	-	-	-
příprava teplé vody	91,68	40 255,00	50 000,00
osvětlení	3,72	27 929,00	5 000,00
Obsluha a provoz systémů budovy:			
-	-	-	-
Ostatní - uveďte jaké:			
-	-	-	-
Celkově	**162,41**	**135 985,0**	**188 124,0**

Posouzení vhodnosti doporučených opatření				
Opatření	**Stavební prvky a konstrukce budovy**	**Technické systémy budovy**	**Obsluha a provoz systémů budovy**	**Ostatní - uvést jaké**
Technická vhodnost	-	ANO	-	-
Funkční vhodnost	-	ANO	-	-
Ekonomická vhodnost	-	ANO	-	-
Doporučení k realizaci a zdůvodnění	Pro snížení energetické náročnosti budovy doporučuji návrh tepelného čerpadla vzduch-voda.			
Datum vypracování doporučených opatření	22.10.2019			
Zpracovatel navržených doporučených opatření	Bc. Veronika Ryšavá			
Energetický posudek	Energetický posudek je součástí posouzení navržených doporučených opatření			NE
	Datum vypracování energetického posudku			-
	Zpracovatel energetického posudku			-

Závěrečné hodnocení energetického specialisty

Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie	
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 1	-
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy	
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. a)	ANO
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. b)	ANO
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. c)	ANO
- Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	NE
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	B
Budova užívaná orgánem věřejné moci	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Prodej nebo pronájem budovy nebo její části	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Jiný účel zpracování průkazu	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-

Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz

Jméno a příjmení	Bc. Veronika Ryšavá
Číslo oprávnění MPO	
Podpis energetického specialisty	

Datum vypracování průkazu

Datum vypracování průkazu	28.12.2019

Zdroj informací

Zdroj informací	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/

C.3 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ A PROTOKOL PENB - VARIANTA II.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Polní 330/16, k.ú. 612006, p.č. 124**

PSČ, místo: **625 00, Brno**

Typ budovy: **Bytový dům**

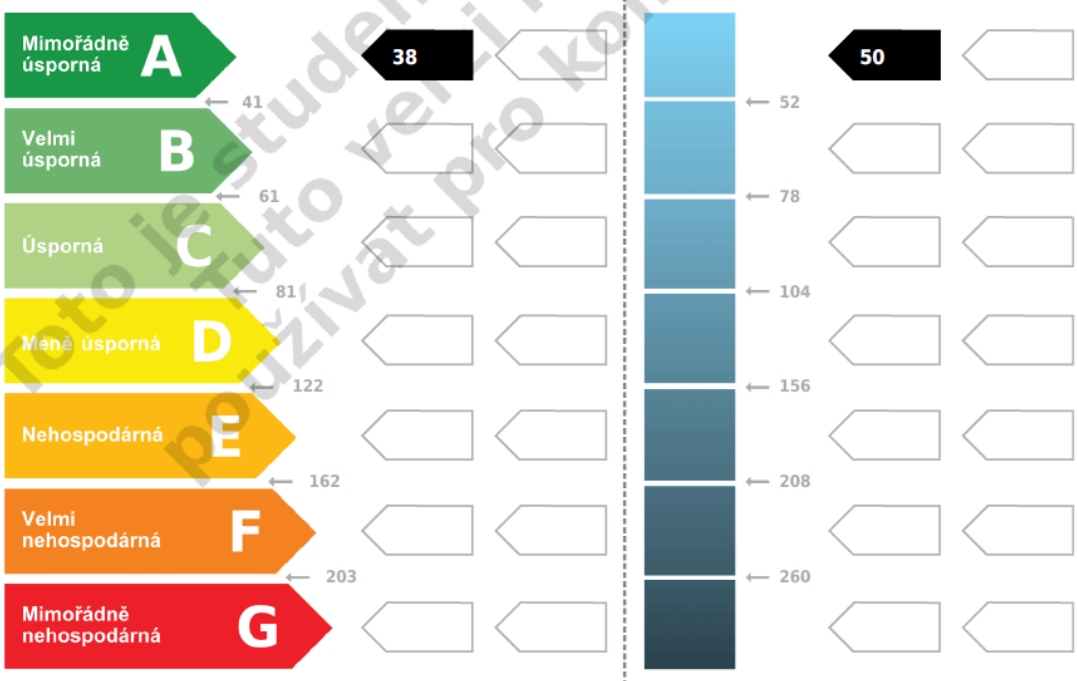
Plocha obálky budovy: **3505.48** m^2

Objemový faktor tvaru A/V: **0.29** m^2/m^3

Celková energeticky vztažná plocha: **4276.2** m^2

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

	Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)
Měrné hodnoty kWh/(m^2·rok)	38	50



Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	162.4	213.8

Toto je studentská verze programu. Tuto verzi není možné používat pro komerční účely.

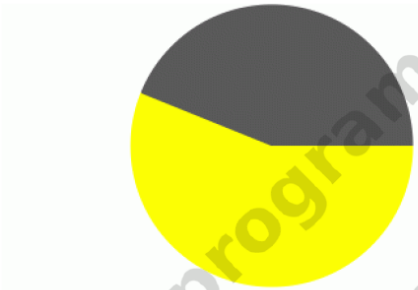
DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	☐
Okna a dveře:	☐
Střechu:	☐
Podlahu:	☐
Vytápění:	☐
Chlazení/klimatizaci:	☐
Větrání:	☐
Přípravu teplé vody:	☐
Osvětlení:	☐
Jiné:	☐

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou Doporučení

PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu [MWh/rok]



UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m²·K)	Dílčí dodané energie Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)					
Mimořádně úsporná A	0.18	13.5					0.87
B							
C				2.2		21.4	
D							
E							
F							
G Mimořádně nehospodárná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		57.8		9.2		91.7	3.7

Toto je studentská verze programu. Tuto verzi není možné používat pro komerční účely.

Zpracovatel: **Bc. Veronika Ryšavá**
Kontakt: **Bučovická 361, 68401, Slavkov u Brna**
176448@vutbr.cz

Osvědčení č.:
Vyhotoveno dne: **28.12.2019**
Podpis:

PROTOKOL PRŮKAZU

Identifikační číslo dokumentu:

Evidenční číslo z databáze ENEX:

Účel zpracování průkazu

☐ Nová budova	☐ Budova užívaná orgánem veřejné moci
☐ Prodej budovy nebo její části	☐ Pronájem budovy nebo její části
☒ Větší změna dokončené budovy	
☐ Jiný účel zpracování:	

Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Brno, Polní 330/16, 625 00
Katastrální území:	612006
Parcelní číslo:	124
Datum uvedení budovy do provozu (nebo předpokládané datum uvedení do provozu):	
Vlastník nebo stavebník:	Statutární město Brno
Adresa:	Dominikánské náměstí 196/1 60167 Brno
IČ:	
Tel./e-mail:	/

Typ budovy		
☐ Rodinný dům	☒ Bytový dům	☐ Budova pro ubytování a stravování
☐ Administrativní budova	☐ Budova pro zdravotnictví	☐ Budova pro vzdělávání
☐ Budova pro sport	☐ Budova pro obchodní účely	☐ Budova pro kulturu
☐ Jiné druhy budovy:		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	**jednotky**	**hodnota**
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m³]	11 941,8
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m²]	3 505,5
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m²/m³]	0,29
Celková energeticky vztažná plocha budovy A_c	[m²]	4 276,2

Druhy energie (energonositelé) užívané v budově		
☐ Hnědé uhlí	☐ Černé uhlí	
☐ Topný olej	☐ Propan-butan/LPG	
☐ Kusové dřevo, dřevní štěpka	☐ Dřevěné peletky	
☐ Zemní plyn	☒ Elektřina	
☐ Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): *podíl OZE:* ☐ *do 50% včetně,* ☐ *nad 50% do 80%,* ☐ *nad 80%*		
☒ Energie okolního prostředí (např. sluneční energie) *účel:* ☒ *na vytápění,* ☒ *pro přípravu teplé vody,* ☒ *na výrobu elektrické energie*		
☐ Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:		
Druhy energie dodávané mimo budovu		
☒ Elektřina	☐ Teplo	☐ Žádné

Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

A) stavební prvky a konstrukce

a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z1)	Plocha A_j	Součinitel prostupu tepla			Činitel teplotní redukce b_j	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota U_j	Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$	Splněno		
	[m²]	[W/(m².K)]	[W/(m².K)]	(ANO/NE)	[-]	[W/K]
STN-1 1-EXT Obvodová stěna	1 384,6	0,13	-	-	1,00	180,00
STR-7 1-EXT Střecha	541,6	0,12	-	-	1,00	64,99
VYP-12 1-EXT Okno 1	99,8	0,60	-	-	1,00	59,90
VYP-13 1-EXT Okno 1	41,0	0,60	-	-	1,00	24,58
VYP-14 1-EXT Okno 1	20,5	0,60	-	-	1,00	12,29
VYP-15 1-EXT Okno 1	81,9	0,60	-	-	1,00	49,15
VYP-18 1-EXT Okno 3	181,8	0,60	-	-	1,00	109,07
VYP-19 1-EXT Okno 3	181,8	0,60	-	-	1,00	109,07
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	50,66

PDL-8 1-3 Strop do nevytápěného prostoru	440,0	0,30	-	-	0,40	53,21
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,55
STN-9 1-S Stěna přilehlá k sousední budově	0,0	0,68	-	-	-	-
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-
STN-10 1-2 Vnitřní stěna mezi zónami	979,7	0,30	-	-	0,11	33,59
VYP-27 1-2 Dveře vnitřní	114,5	1,70	-	-	0,11	22,25
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	2,50
Celkem	**4 067,1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**774,81**

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě požadavku na energetickou náročnost budovy podle §6 odst. 2 písm. c).

Konstrukce obálky budovy (ZÓNA Z2)	**Plocha A_j**	**Součinitel prostupu tepla**			**Činitel teplotní redukce b_j**	**Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$**
		Vypočtená hodnota U_j	**Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$**	**Splněno**		
	[m²]	**[W/(m².K)]**	**[W/(m².K)]**	**(ANO/NE)**	**[-]**	**[W/K]**
STN-4 2-EXT Obvodová stěna - schodiště	12,7	0,15	-	-	1,00	1,90
STR-7 2-EXT Střecha	59,6	0,12	-	-	1,00	7,15
VYP-16 2-EXT Okno 2	41,8	0,60	-	-	1,00	25,08
VYP-17 2-EXT Okno 2	41,8	0,60	-	-	1,00	25,08
VYP-20 2-EXT Vstupní dveře	5,7	0,80	-	-	1,00	4,58
VYP-21 2-EXT Okno 4	0,5	0,60	-	-	1,00	0,27
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,24

STN(z)-5 2-ZEM Obvodová stěna přilehlá k zemině - schodiště	4,2	0,71	-	-	0,52	1,54
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,04
PDL(z)-6 2-ZEM Podlaha nad instalačním prostorem	59,6	0,30	-	-	0,35	6,34
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,42
STN-11 2-3 Vnitřní stěna mezi zónami	120,0	2,32	-	-	0,33	90,80
VYP-28 2-3 Dveře vnitřní	16,4	1,70	-	-	0,33	9,07
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,89
STN-10 2-1 Vnitřní stěna mezi zónami	979,7	0,30	-	-	-0,11	-33,59
VYP-27 2-1 Dveře vnitřní	114,5	1,70	-	-	-0,11	-22,25
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-2,50
Celkem	**1 456,4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**118,07**

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě požadavku na energetickou náročnost budovy podle §6 odst. 2 písm. c).

Konstrukce nevytápěného prostoru (NEVYTÁPĚNÝ PROSTOR Z3)	**Plocha A_j**	**Součinitel prostupu tepla**			**Činitel teplotní redukce b_j**	**Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$**
		Vypočtená hodnota U_j	**Referenční hodnota $U_{N,rq,j}$**	**Splněno**		
	[m²]	**[W/(m².K)]**	**[W/(m².K)]**	**(ANO/NE)**	**[-]**	**[W/K]**
STN-2 3-EXT Obvodová stěna - nevytápěný prostor	139,7	0,68	-	-	1,00	94,97
VYP-22 3-EXT Okno 4	5,0	0,60	-	-	1,00	2,97
VYP-23 3-EXT Okno 4	4,5	0,60	-	-	1,00	2,70
VYP-24 3-EXT Okno 5	2,7	0,60	-	-	1,00	1,63

VYP-25 3-EXT Dveře zadní 1	4,0	0,80	-	-	1,00	3,20
VYP-26 3-EXT Dveře zadní 2	2,1	0,80	-	-	1,00	1,66
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	3,16
STN(z)-3 3-ZEM Obvodová stěna přilehlá k zemině	80,3	0,71	-	-	0,28	16,08
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,45
PDL(z)-6 3-ZEM Podlaha nad instalačním prostorem	440,0	0,30	-	-	0,04	5,62
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	0,37
STN-9 3-S Stěna přilehlá k sousední budově	19,7	0,68	-	-	-0,40	-5,39
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-0,16
PDL-8 3-1 Strop do nevytápěného prostoru	440,0	0,30	-	-	-0,40	-53,21
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-3,55
STN-11 3-2 Vnitřní stěna mezi zónami	120,0	2,32	-	-	-0,33	-90,80
VYP-28 3-2 Dveře vnitřní	16,4	1,70	-	-	-0,33	-9,07
Přirážka na tepelné vazby ΔU_{em}= 0,02 [W/(m²K)]	-	-	-	-	-	-0,89
Celkem	**1 274,2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-30,26**

a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Zóna	**Převažující návrhová vnitřní teplota $\theta_{im,j}$**	**Objem zóny V_j**	**Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny $U_{em,R,j}$**
	[°C]	**[m³]**	**[W/(m².K)]**
zóna 1 - Obytné prostory	20,0	10379,46	0,43
zóna 2 - Komunikace	16,0	1562,34	0,12

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota U_{em} ($U_{em} = H_T/A$)	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ($U_{em,R} = \Sigma(V_j \cdot U_{em,R,j})/V$)	Splněno
	[W/(m²K)]	[W/(m²K)]	(ANO/NE)
Budova celkem	0,18	0,39	ANO

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm.b).

B) technické systémy

b.1.a) vytápění

Hodnocená budova/zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla[2] $\eta_{H,gen}$ / $COP_{H,gen}$	Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[%] / [-]	[%]	[%]
Referenční budova	**x[1]**	**x**	**x**	**x**	**80 / -**	**85**	**80**
Z1	TČ 1	elektrická energie	45	24.00	- / 2,99	89 (85)	85 (100)
		Slunce, energie prostředí					
	TČ 2	elektrická energie	45	24.00	- / 2,99		
		Slunce, energie prostředí					
	K 3	elektrická energie	10	15	94 / -		
Z2	TČ 1	elektrická energie	45	24.00	- / 2,99	89	85
		Slunce, energie prostředí					
	TČ 2	elektrická energie	45	24.00	- / 2,99		
		Slunce, energie prostředí					
	K 3	elektrická energie	10	15	94 / -		

Poznámka: [1] symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,
[2] v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla $\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[%] nebo [-]	[%] nebo [-]	(ANO/NE)
Z1 , Z2	TČ 1 - Tepelné čerpadlo	3,60	3,00	ANO
Z1 , Z2	TČ 2 - Tepelné čerpadlo	3,60	3,00	ANO
Z1 , Z2	K 3 - Elektrokotel	94	80	ANO

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.2.a) chlazení

Hodnocená budova / zóna	Typ zdroje	Energo-nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na chlazení	Jmenovitý chladicí výkon	Chladicí faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Účinnost distribuce energie na chlazení $\eta_{C,dis}$	Účinnost sdílení energie na chlazení $\eta_{C,em}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[-]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	-	-	-

b.2.b) požadavky na účinnost technického systému k chlazení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému chlazení	Chladící faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Chladící faktor referenčního zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[-]	[-]	(ANO/NE)

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.3.) větrání

Hodnocená budova / zóna	Typ větracího systému	Energo-nositel	Tepelný výkon	Chladící výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	Jmenovitý objemový průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru systému nuceného větrání SFP_{ahu}
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[m³/h]	[Ws/m³]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	x	**1750**
Z1	VZT 1 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 2 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 3 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 4 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 5 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 6 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 7 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 8 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 9 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 10 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 11 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 12 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 13 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 14 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 15 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 16 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 17 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 18 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 19 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 20 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 21 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 22 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 23 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 24 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 25 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 26 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 27 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 28 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 29 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 30 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 31 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 32 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	330	1 309
	VZT 33 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 34 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 35 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 36 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 37 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 38 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 39 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 40 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 41 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 42 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 43 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 44 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 45 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 46 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 47 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 48 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 49 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 50 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 51 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 52 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 53 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 54 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 55 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 56 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 57 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 58 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 59 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 60 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 61 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 62 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543
	VZT 63 - přívodně odvodní	elektřina			100	0,120	280	1 543

b.4.a) úprava vlhkosti vzduchu - vlhčení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému vlhčení	Energo-nositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí dodané energie na úpravu vlhkosti	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému vlhčení $\eta_{RH+,gen}$
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[%]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**70**
Z1	-	-	-	-	-	-
Z2	-	-	-	-	-	-

b.4.b) úprava vlhkosti vzduchu - odvlhčení

Hodnocená budova / zóna	Typ systému odvlhčení	Energo-nositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na úpravu odvlhčení	Jmenovitý chladící výkon	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému odvlhčení $\eta_{RH-,gen}$
	(-)	(-)	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[%]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**65**
Z1	-	-	-	-	-	-	-
Z2	-	-	-	-	-	-	-

b.5.a) příprava teplé vody (TV)

Hodnocená budova / zóna	Systém přípravy TV v budově	Energo-nositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ / $COP_{W,gen}$ [2)]	Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody vztažená k objemu zásobníku v litrech $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody vztažená k délce rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
	(-)	(-)	[%]	[kW]	[litry]	[%] / [-]	[kWh/(lden)]	[kWh/(mden)]
Referenční budova	**x[1)]**	**x**	**x**	**x**	**x**	**85 / -**	**0,0070 (0,0050)**	**0,1500**
TV 1 (Z1)	$TV_{sys}1$	elektrická energie	45	TČ-1 [24,00]	2000.00 1500.00	TČ-1 [-/2,77]	0.0031 0.0034	0.1388 0.1388 0.1388 0.1388 0.1388 0.1388 0.1388 0.1388
		Slunce, energie prostředí						
		elektrická energie	45	TČ-2 [24,00]		TČ-2 [-/2,77]		
		Slunce, energie prostředí						
		elektrická energie	10	K-3 [15]		K-3 [94/-]		

Poznámka: [1)] symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,
[2)] v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody

Hodnocená budova / zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen,rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	(-)	[%] nebo [-]	[%] nebo [-]	(ANO/NE)
TV 1 (Z1)	TČ 1 - Tepelné čerpadlo	3,60	3,00	ANO
TV 1 (Z1)	TČ 2 - Tepelné čerpadlo	3,60	3,00	ANO
TV 1 (Z1)	K 3 - Elektrokotel	94	85	ANO

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

b.6) osvětlení

Hodnocená budova / zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztažený k osvětlenosti zóny $p_{L,lx}$
	(-)	[%]	[kW]	[W/(m²lx)]
Referenční budova	**x**	**x**	**x**	**0,05**
Zóna 1	1	100,0	P_n = 2,132	0,027
Zóna 2	2	100,0	P_n = 0,123 P_{em} = 0,200	0,026
Zóna 3	3	100,0	P_n = 0,085	0,026

Energetická náročnost hodnocené budovy

a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova/zóna	Vytápěná EP_H	Chlazení EP_C	Nucené větrání EP_F		Příprava teplé vody EP_W	Osvětlení EP_L	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			Bez úpravy vlhčení	S úpravou vlhčení			Pro budovu	i dodávku mimo budovu
Z1	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☐
Z2	☒	☐	☐	☐	☐	☒		
Z3	☐	☐	☐	☐	☐	☒		

b) dílčí dodané energie

ř.			Vytápění		Chlazení		Větrání		Úprava vlhkosti vzduchu		Příprava teplé vody		Osvětlení	
			Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova	Ref. Budova	Hod. budova
(1)	Potřeba energie	[kWh/rok]	144 019	39 305	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	70 760	70 760	-	-
(2)	Vypočtená spotřeba energie	[kWh/rok]	264 741	52 288	0,00	0,00	11 550	9 246,1	0,00	0,00	110 602	91 347	14 596	3 715,0
(3)	Pomocná energie	[kWh/rok]	7 648,6	5 479,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	203,33	330,56	-	-
(4)	Dílčí dodaná energie (ř.4) = (ř.2) + (ř.3)	[kWh/rok]	272 389	57 767	0,00	0,00	11 550	9 246,1	0,00	0,00	110 805	91 677	14 596	3 715,0
(5)	Měrná dílčí dodaná energie na celkovou energeticky vztažnou plochu (ř.4) / m^2	[kWh/(m^2rok)]	63,70	13,51	0,00	0,00	2,70	2,16	0,00	0,00	25,91	21,44	3,41	0,87

c) výrobna energie umístěná v budově, na budově nebo pomocných objektech

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
jednotky		**[kWh/rok]**	**[-]**	**[-]**	**[kWh/rok]**	**[kWh/rok]**
Kogenereční jednotka EP_{CHP} teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Kogenereční jednotka EP_{CHP} elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP_{PV} elektřina: FVE 1	Budova	7 794,7	1,0	0,0	7 794,7	0,00
	Dodávka mimo budovu	0,00	-3,2	-3,0	0,00	0,00
Solární termické systémy $Q_{H,sc,sys}$ teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu	-	-	-	-	-
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie / Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[kWh/rok]	**[-]**	**[-]**	**[kWh/rok]**	**[kWh/rok]**
elektrická energie	71 278,90	3,2	3,0	228 092,48	213 836,70
Slunce, energie prostředí	91 126,63	1,0	0,0	91 126,63	0,00
Celkem	**162 405,53**	**x**	**x**	**319 219,11**	**213 836,70**

e) požadavek na celkovou dodanou energii

(6)	Referenční budova	[kWh/rok]	409 339,88	Splněno (ANO/NE)	ANO
(7)	Hodnocená budova		162 405,53		
(8)	Referenční budova	[kWh/(m²rok)]	95,73		
(9)	Hodnocená budova		37,98		

f) požadavek na neobnovitelnou primární energii

(10)	Referenční budova	[kWh/rok]	514 869,05	Splněno (ANO/NE)	ANO
(11)	Hodnocená budova		213 836,70		
(12)	Referenční budova (ř.10 / m²)	[kWh/(m²rok)]	120,40		
(13)	Hodnocená budova (ř.11 / m²)		50,01		

g) primární energie hodnocené budovy

(14)	Celková primární energie	[kWh/rok]	319 219,11
(15)	Obnovitelná primární energie (ř.14-ř.11)	[kWh/rok]	105 382,41
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie (ř.15 / ř.14 x 100)	[%]	33,01

Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie u nových budov a u větší změny dokončených budov

Posouzení proveditelnosti				
Alternativní systémy	**Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE**	**Kombinovaná výroba elektřiny a tepla**	**Soustava zásobování tepelnou energií**	**Tepelné čerpadlo**
Technická proveditelnost	NE	NE	NE	NE
Ekonomická proveditelnost	NE	NE	NE	NE
Ekologická proveditelnost	NE	NE	NE	NE
Doporučení k realizaci a zdůvodnění	Systém kogenerace a CZT není vhodný pro bytový dům. Obnovitelé zdroje energie jsou již navrženy. Fotovoltaické panely GCL 270 Wp (55 ks) o celkové ploše 89,5 m2 vyrábí cca 20% potřebné elektrické energie. Tepelné čerpadlo je již navrženo. Jedná se o systém dvou tepelných čerpadel vzduch-voda alpha innotec - řada ALIRA LWA - typ LW 251A-LUX 2.0 o výkonu 24 kW.			
Datum zpracování analýzy	22.10.2019			
Zpracovatel analýzy	Bc. Veronika Ryšavá			
Energetický posudek	povinnost vypracovat energetický posudek			NE
	energetický posudek je součást analýzy			NE
	datum vypracování energetického posudku			-
	zpracovatel energetického posudku			-

Stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy

Popis opatření	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie
	[MWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Stavební prvky a konstrukce budovy:			
OP_S 1 -	-	-	-
Technické systémy budovy:			
vytápění	-	-	-
chlazení	-	-	-
větrání	-	-	-
úprava vlhkosti vzduchu	-	-	-
příprava teplé vody	-	-	-
osvětlení	-	-	-
Obsluha a provoz systémů budovy:			
-	-	-	-
Ostatní - uveďte jaké:			
-	-	-	-
Celkově	**162,41**	**0,0**	**-0,0**

Posouzení vhodnosti doporučených opatření				
Opatření	**Stavební prvky a konstrukce budovy**	**Technické systémy budovy**	**Obsluha a provoz systémů budovy**	**Ostatní - uvést jaké**
Technická vhodnost	-	-	-	-
Funkční vhodnost	-	-	-	-
Ekonomická vhodnost	-	-	-	-
Doporučení k realizaci a zdůvodnění				
Datum vypracování doporučených opatření				
Zpracovatel navržených doporučených opatření				
Energetický posudek	Energetický posudek je součástí posouzení navržených doporučených opatření			NE
	Datum vypracování energetického posudku			-
	Zpracovatel energetického posudku			-

Závěrečné hodnocení energetického specialisty

Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie	
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 1	-
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy	
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. a)	ANO
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. b)	ANO
- Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. c)	ANO
- Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	NE
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	A
Budova užívaná orgánem věřejné moci	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Prodej nebo pronájem budovy nebo její části	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-
Jiný účel zpracování průkazu	
- Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	-

Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz

Jméno a příjmení	Bc. Veronika Ryšavá
Číslo oprávnění MPO	
Podpis energetického specialisty	

Datum vypracování průkazu

Datum vypracování průkazu	28.12.2019

Zdroj informací

Zdroj informací	https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis/

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout energetická opatření pro bytový dům.

Varianta I. řešila zateplení obalových konstrukcí budovy. Součinitele prostupu tepla řešených konstrukcí byly zlepšeny na doporučenou hodnotu pro pasivní domy, aby se dosáhlo co nejlepších tepelně-technických vlastností bytového domu.

Ve variantě II. se navíc posuzoval i návrh nových technických systémů budovy. Dva plynové kotle byly nahrazeny dvěma tepelnými čerpadly vzduch-voda doplněné pomocným elektrokotlem. Došlo také k výměně starých zásobníků teplé vody za nové. Nahrazeny byly i obyčejné žárovky za LED osvětlení, a to v celém bytovém domě. Nově byl navržen systém vzduchotechniky a fotovoltaiky.

K energetickému a ekonomickému porovnání výchozího stavu a jednotlivých navržených variant jsem použila data z vypočtených průkazů energetické náročnosti budovy. I přes nákladnější investice jsem doporučila variantu II., která má kratší dobu návratnosti, nižší roční provoz budovy a čistější vnitřní prostředí.

Diplomová práce byla sepsána dle příslušných norem a platných předpisů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura

1. POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům*. Brno: ERA, 2004, x, 183 s. : il., (některé barev.). ISBN 80-86517-96-9.

2. PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. : il. (některé barev.) ; 31 cm. ISBN 978-80-8076-069-4.

3. SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. : il. ISBN 80-7366-031-8.

Normy

4. ČSN 73 0540-2:2011 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

5. Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

6. Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

7. Vyhláška č. 194/2007 Sb.

8. ČSN 73 0331-1 *Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data*

9. Zákon č. 103/2015 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.

10. Vyhláška č. 230/2015 Sb. kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

Internetové zdroje

11. http://teplotechnika.cz/funkce-tepelneho-cerpadla

12.https://www.imaterialy.cz/rubriky/informace-vyrobcu/trubky-pipelife-pro-vyuziti-geotermalni-energie_45614.html

13. https://www.okhelp.cz/presny-cas/predpoved-pocasi.php

14.https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vytapeni/historie-avyvoj-tepelnych-cerpadel-vcr-aeu

15. http://tc.blueteam.cz/historie-tepelneho-cerpadla.html

16.https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/technicka-zarizeni/3557-strucna-historie-tepelnych-cerpadel-technologie-vznikla-v-cesku

17. https://www.revel-pex.com/princip-tepelneho-cerpadla.html

18.https://tzb-info.cz

19. https://www.slideserve.com/yank/obnoviteln-zdroje-energie

20. http://www.ekovy.cz/ekvitermni-regulace.htm

21. http://www.benkoklima.cz/tepelna-cerpadla.html

22. https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/ekvitermni-regulace

23. https://publi.cz/books/93/02.html

24. http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/hodnoceni-investic-cista-soucasna-hodnota-npv-strucne-a-jasne

25. https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/bytove-domy-zatepleni-zdroje/

26. https://www.atrea.cz/cz/systemy-d3#tab3

27.https://www.alpha-innotec.cz/katalog-tepelnych-cerpadel/vzduch-voda/alira-lwa/#lw-251a-lux-2-0

28. https://www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada/kotel-therm-el-15

29.https://www.koupelny-venta.cz/75356,atmos-akumulacni-nadrz-dh-1000-l-s-izolaci-p0177.html

30. https://www.regulus.cz/cz/zasobniky-teple-vody

31. https://www.t-led.cz/blog/srovnani-klasickych-a-led-zarovek/

32. https://www.solar-eshop.cz/c/fotovoltaika-1/fotovoltaicke-moduly/

33. https://www.solarniexperti.cz/kolik-solarnich-panelu-na-strechu-potrebujete/

34.https://www.cenyenergie.cz/d55d-a-d56d-sazba-pro-tepelne-cerpadlo/#/promo-ele-mini

35.https://www.in-pocasi.cz/archiv/

Software

AutoCAD 2018
MS Excel 2007
MS Word 2007
DEKSOFT: Program Energetika

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A ZKRATEK

Značky

Q	[kW]	tepelný výkon odevzdaný tepelným čerpadlem
P	[kW]	příkon dodaný tepelnému čerpadlu
Q_{ch}	[W]	chladicí výkon tepelného čerpadla
$Q_{tč}$	[W]	topný výkon tepelného čerpadla
$P_{tč}$	[W]	příkon tepelného čerpadla
P_k	[m^2]	potřebná plocha pro uložení zemního kolektoru
q_z	[W/m^2]	měrné výkony jímání
V	[m^3]	objem budovy
A	[m^2]	celková plocha obálky budovy
A/V	[m^2/m^3]	objemový faktor budovy
A_c	[m^2]	celková energeticky vztažná plocha budovy
U	[W/m^2K]	součinitel prostupu tepla
d	[m]	tloušťka vrstvy konstrukce
λ	[W/mK]	součinitel tepelné vodivosti
R_{si}	[m^2K/W]	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R	[m^2K/W]	odpor konstrukce
R_{se}	[m^2K/W]	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_T	[m^2K/W]	tepelný odpor celé konstrukce
U_w	[W/m^2K]	součinitel prostupu okna
H_T	[W/K]	měrná ztráta prostupem
$U_{n,20}$	[W/m^2K]	požadované hodnoty součinitele prostupu tepla
$U_{rec,20}$	[W/m^2K]	doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla
$U_{pas,20}$	[W/m^2K]	doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy
V_o	[m^3]	denní potřeba teplé vody pro mytí osob
V_j	[m^3]	denní potřeba teplé vody pro mytí nádobí
V_u	[m^3]	denní potřeba teplé vody pro úklid a mytí podlah
V_{2p}	[m^3]	celková denní potřeba teplé vody
Q_{2p}	[kWh]	potřeba tepla odebraného z ohřívače během 1 periody
Q_{2t}	[kWh/periodu]	teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody
Q_{2z}	[kWh/periodu]	teplo ztracené při ohřevu a distribuci v době periody
Q_{max}	[kWh]	maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a křivkou odběru
V_z	[l]	objem zásobníku
Q_{ln}	[kW]	tepelný výkon zdroje tepla pro ohřev vody
A	[m^2]	teplosměnná plocha výměníku
Q_{VYT}	[kW]	potřeba tepla pro vytápění
Q_{VZT}	[kW]	potřeba tepla pro provoz vzduchotechniky
Q_{TV}	[kW]	potřeba tepla pro ohřev teplé vody
Q_{TECH}	[kW]	technologický ohřev
S_i	[m^2]	plocha i-té konstrukce v m^2 na obálce budovy
k	[-]	koeficient upravující výši podpory

Zkratky

TČ	tepelné čerpadlo
ε	topný faktor tepelného čerpadla
COP	topný faktor tepelného čerpadla
SCOP	sezónní topný faktor tepelného čerpadla
ČR	Česká republika
PE	polyethylen
FC, CFC, HCFC, HFC	freony
NT	nízký tarif
VT	vysoký tarif
STN	stěna obvodová/vnitřní
STN(z)	stěna obvodová/vnitřní ve styku se zeminou
STR	střešní konstrukce
PLD	stropní konstrukce
PLD(z)	stropní konstrukce ve styku se zeminou
VYP	výplně otvorů
EPS	expandovaný polystyren
ETICS	external thermal insulation composite system (vnější kontaktní zateplovací systém)
SDK	sádrokarton
NPV	čistá současná hodnota projektu
IRR	vnitřní výnosové procento
OZE	obnovitelné zdroje tepla
ZZT	zpětné získávání tepla
PENB	průkaz energetické náročnosti budovy
VZT	vzduchotechnika
FV	fotovoltaika
LED	Light-Emitting Diode (světelná dioda)
ADO	ruční zapínání a automatické vypínání umělého osvětlení
AC	střídavý proud
DC	stejnosměrný proud

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Počet instalací tepelných čerpadel v Německu v uplynulých letech [1] 14
Obrázek 2: Počet instalací tepelných čerpadel v Evropě v 21. století [2]....15
Obrázek 3: Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v ČR v uplynulých letech [3]....16
Obrázek 4: Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v ČR v uplynulých letech [4]....17
Obrázek 5: Princip funkce tepelného čerpadla [5]....17
Obrázek 6: Ideální Rankinův oběh [6]....18
Obrázek 7: Reálný oběh [6]....19
Obrázek 8: Výkonové parametry TČ [7]....20
Obrázek 9: Využití zdrojů tepla tepelným čerpadlem [8]....22
Obrázek 10: TČ nemrznoucí kapalina/voda 23
Obrázek 11: TČ voda/voda 25
Obrázek 12: TČ nemrznoucí kapalina/voda 26
Obrázek 13: TČ nemrznoucí kapalina/voda....27
Obrázek 14: Roční průběh teplot v půdě [9]....28
Obrázek 15: TČ vzduch/voda 29
Obrázek 16: Průměrná teplota v ČR v jednotlivých měsících [10]....30
Obrázek 17: TČ vzduch/voda 30
Obrázek 18: Pracovní způsoby vytápění TČ [11]....33
Obrázek 19: Ekvitermní regulace [12]....35
Obrázek 20: Emise produkované při dodávce energie 90 GJ [13]....36
Obrázek 21: Tarify pro tepelné čerpadlo [14]....37
Obrázek 22: Letecký pohled na umístění řešené budovy [15]....39
Obrázek 23: Schéma bloku bytových domů [15]....39
Obrázek 24: Křivka odběru a dodávky tepla 51
Obrázek 25: Výpočet ekonomické efektivnosti [16] 73
Obrázek 26: Požadované parametry v oblasti podpory A [17]....75
Obrázek 27: Jednotková výše podpory v oblasti podpory A [18] 76
Obrázek 28: Koeficienty upravující výši podpory v oblasti podpory A [19]....76
Obrázek 29: TČ vzduch-voda alpha innotec ALIRA LWA LW-251 82
Obrázek 30: VZT jednotka ATREA DUPLEX Easy....91
Obrázek 31: FV panel GCL 270 Wp....96
Obrázek 32: Výpočet ekonomické efektivnosti....106
Obrázek 33: Jednotková výše podpory v oblasti podpory C.1 a C.2 [20]....108
Obrázek 34: Výše podpory na instalaci fotovoltaických systémů [21]....109
Obrázek 35: Termokamera FLUKE Ti300 118
Obrázek 36: Zateplená budova - celý pohled....119
Obrázek 37: Zateplená budova - detail okna....120
Obrázek 38: Zateplená budova - detail okna....120
Obrázek 39: Zateplená budova - detail vstupu....121
Obrázek 40: Zateplená budova - podzemní podlaží....122
Obrázek 41: Nezateplená budova 123
Obrázek 42: Nezateplená budova - detail lodžie....124

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Teplonosné látky pro TČ 21
Tabulka 2: Použití tepelných čerpadel 21
Tabulka 3: Tepelná vodivost hornin 24
Tabulka 4: Potřebná vydatnost zdroje spodní vody 25
Tabulka 5: Měrný výkon půdy 27
Tabulka 6: Návrhové teploty 40
Tabulka 7: Geometrické charakteristiky budovy 40
Tabulka 8: Skladba obvodové stěny - výchozí stav 45
Tabulka 9: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru - výchozí stav 45
Tabulka 10: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru přilehlé k zemině - výchozí stav....45
Tabulka 11: Skladba obvodové stěny schodiště - výchozí stav....45
Tabulka 12: Skladba obvodové stěny schodiště přilehlé k zemině - výchozí stav....46
Tabulka 13: Skladba vnitřní nosné stěny z temperovaného do nevytápěného prostoru - výchozí stav 46
Tabulka 14: Skladba vnitřní nosné stěny přilehlé k sousední budově - výchozí stav 46
Tabulka 15: Skladba vnitřní nosné stěny z vytápěného do temperovaného prostoru - výchozí stav....46
Tabulka 16: Skladba střešní konstrukce - výchozí stav 47
Tabulka 17: Skladba stropní konstrukce - výchozí stav....47
Tabulka 18: Skladba stropní konstrukce na zemině - výchozí stav 47
Tabulka 19: Výplně otvorů - výchozí stav 47
Tabulka 20: Posouzení jednotlivých konstrukcí - výchozí stav 48
Tabulka 21: Dávka teplé vody pro jednotlivé činnosti....50
Tabulka 22: Odběr teplé vody během dne 51
Tabulka 23: Ceny energií 60
Tabulka 24: Náklady budovy - výchozí stav 60
Tabulka 25: Skladba obvodové stěny - varianta I. 61
Tabulka 26: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru - varianta I. 62
Tabulka 27: Skladba obvodové stěny nevytápěného prostoru přilehlé k zemině - varianta I. 62
Tabulka 28: Skladba obvodové stěny schodiště - varianta I. 62
Tabulka 29: Skladba obvodové stěny schodiště přilehlé k zemině - varianta I. 62
Tabulka 30: Skladba vnitřní nosné stěny z temperovaného do nevytápěného prostoru - varianta I. 62
Tabulka 31: Skladba vnitřní nosné stěny přilehlé k sousední budově - varianta I. 63
Tabulka 32: Skladba vnitřní nosné stěny z vytápěného do temperovaného prostoru - varianta I. 63
Tabulka 33: Skladba střešní konstrukce - varianta I. 63
Tabulka 34: Skladba stropní konstrukce - varianta I. 63
Tabulka 35: Skladba stropní konstrukce na zemině - varianta I. 64
Tabulka 36: Výplně otvorů - varianta I. 64

Tabulka 37: Posouzení jednotlivých konstrukcí - varianta I. 65
Tabulka 38: Ceny energií 71
Tabulka 39: Cena zateplení jednotlivých konstrukcí....71
Tabulka 40: Celková cena zateplení 72
Tabulka 41: Ekonomické vyhodnocení varianty I. 73
Tabulka 42: Procentní snížení energií varianty I. 75
Tabulka 43: Celková výše dotace varianty I. 76
Tabulka 44: Výměna vzduchu vy bytech 3+1 91
Tabulka 45: Výměna vzduchu vy bytech 1+kk 91
Tabulka 46: Parametry jednotlivých zdrojů osvětlení 95
Tabulka 47: Přepočet lumenů na Watty 96
Tabulka 48: Ceny energií 104
Tabulka 49: Ceny navržených technických zařízení budovy 105
Tabulka 50: Celková cena navržených opatření varianty II. 105
Tabulka 51: Ekonomické vyhodnocení varianty II. 107
Tabulka 52: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 36 119
Tabulka 53: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 37 120
Tabulka 54: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 38 120
Tabulka 55: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 39 121
Tabulka 56: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 40 122
Tabulka 57: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 41 123
Tabulka 58: Jednotlivé teplotní body k obrázku č. 42 124

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1 - výchozí stav 55
Graf 2: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2 - výchozí stav 56
Graf 3: Potřeba tepla na vytápění - výchozí stav 57
Graf 4: Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení - výchozí stav 58
Graf 5: Spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky - výchozí stav 58
Graf 6: Tepelné ztráty bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění - výchozí stav 59
Graf 7: Tepelné zisky pro režim vytápění - výchozí stav 59
Graf 8: Podíl energonositelů budovy - výchozí stav 60
Graf 9: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1 - varianta I. 67
Graf 10: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2 - varianta I. 68
Graf 11: Potřeba tepla na vytápění - varianta I. 69
Graf 12: Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení - varianta I. 69
Graf 13: Spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky - varianta I. 70
Graf 14: Tepelné ztráty bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění - varianta I. 70
Graf 15: Tepelné zisky pro režim vytápění - varianta I. 71
Graf 16: Podíl energonositelů budovy - varianta I. 74
Graf 17: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 1 - varianta II. 100
Graf 18: Tepelné ztráty a zisky prostupem a větráním pro zónu č. 2 - varianta II. 101
Graf 19: Potřeba tepla na vytápění - varianta II. 102

Graf 20: Spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení - varianta II. 102
Graf 21: Spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky - varianta II. 103
Graf 22: Tepelné ztráty bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění - varianta II. 103
Graf 23: Tepelné zisky pro režim vytápění - varianta II. 104
Graf 24: Podíl energonositelů budovy - varianta II. 107
Graf 25: Maximální potřeby tepla na vytápění 110
Graf 26: Maximální spotřeba elektrické energie pro umělé osvětlení 110
Graf 27: Maximální spotřeba elektrické energie pro provoz vzduchotechniky 111
Graf 28: Maximální tepelné ztráty prostupem bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění 111
Graf 29: Maximální tepelné ztráty větráním bez vlivu tepelných mostů pro režim vytápění 112
Graf 30: Maximální solární zisky pro režim vytápění 112
Graf 31: Maximální tepelné zisky od umělého osvětlení pro režim vytápění 113
Graf 32: Celková spotřeba elektrické energie 113
Graf 33: Celková spotřeba zemního plynu 114
Graf 34: Celková spotřeba energie prostředí 114
Graf 35: Celková spotřeba energií 115
Graf 36: Celková cena opatření 115
Graf 37: Celková roční úspora 116
Graf 38: Doba návratnosti investic 116
Graf 39: Celková cena provozu budovy 117

PŘÍLOHY

C.4 Výkres č. 1 - PŮDORYS 1.PP

C.5 Výkres č. 2 - PŮDORYS 1.NP

C.6 Výkres č. 3 - PŮDORYS 2. - 8.NP

C.7 Výkres č. 4 - ŘEZ

C.8 Výkres č. 5 - POHLED SEVERNÍ, POHLED ZÁPADNÍ

C.9 Výkres č. 6 - POHLED JIŽNÍ, POHLED VÝCHODNÍ

C.10 Výkres č. 7 - SCHÉMA ZAPOJENÍ ZDROJE TEPLA - VARIANTA II.

C.11 Výkres č. 8 - PŮDORYS TECHNICKÉ MÍSTNOSTI - VARIANTA II.

C.12 Výkres č. 9 - SCHÉMA ROZVODŮ VZDUCHOTECHNIKY