

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Elektrické otopné systémy

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan ŠTAJER**
Osobní číslo: **E17B0034K**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Téma práce: **Elektrické otopné systémy**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Zásady pro vypracování

1. Objasněte význam „tepelné pohody“ pro otopné systémy.
2. Uveďte elektrické otopné systémy, jejich výhody a nevýhody pro vytápění rodinných domů.
3. Určete energetickou náročnost vytápění modelového rodinného domu nezatepleného a zatepleného s otopným systémem teplovzdušným a sálavým.
4. Proveďte porovnání kriteriem 3E.
5. Uveďte závěry pro praxi.

Prof. Ing. Jiří Káňka, Ph.D.
vedoucí katedryProf. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan

V Plzni dne 4. října 2019

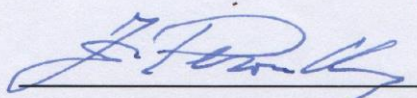
Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

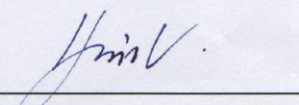
1. Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **4. října 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **11. června 2020**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 4. října 2019

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá popisem elektrických otopných systémů, hodnotí jejich vliv na tepelnou pohodu a vhodnost pro rodinný dům. Teoretická část je poté aplikována na modelový rodinný dům. Nejprve je pro tento konkrétní rodinný dům vypočítána tepelná náročnost budovy a následně jsou navrženy dva otopné systémy, teplovzdušný a sálavý. Vytápění elektrickými otopnými systémy je porovnáno kritériem 3E, tedy ze tří hledisek, a to energetického, ekonomického a ekologického. Závěrem je shrnut postup práce a její výsledky.

Klíčová slova

Otopné systémy, elektrické otopné systémy, tepelná pohoda, akumulční kamna, přímotop, elektrické podlahové vytápění, sálavý panel, elektrický kotel, tepelné čerpadlo, energetická náročnost, tepelné ztráty, sálavé vytápění, teplovzdušné vytápění, kritérium 3E.

Abstract

The bachelor thesis deals with electrical heating systems and evaluates, what effect electrical heating systems have on thermal comfort and which are convenient for family house. The theoretical part is applied on the sample family house. At first there is calculated the energy intensity for given house, after that there are projected two heating systems, the warm air and the radiant heating. The electrical heating systems are compared through 3E criterion, which means comparison with three aspects, aspect of energy, economy and ecology. In the last part there is summary of the work process and its results.

Key words

Heating systems, electrical heating systems, thermal comfort, storage heater, convector heater, electrical underfloor heating, radiant heating, electrical boiler, heat pump, energy intensity, heat loss, warm air heating, 3E criterion.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 16.6.2020

Jan Štajer

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Jiřímu Koženému, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce i přes náročné podmínky za nouzového stavu vyhlášeného vládou České republiky z důvodu rizika nákazy onemocněním COVID-19.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 OBJASNĚNÍ POJMU „TEPELNÁ POHODA“ PRO OTOPNÉ SYSTÉMY	12
1.1 OTOPNÉ SYSTÉMY	12
1.2 TEPELNÁ POHODA	12
1.2.1 <i>Objasnění pojmu „tepelná pohoda“</i>	12
1.2.2 <i>Hodnotící metody pro tepelnou pohodu</i>	12
1.2.3 <i>Faktory ovlivňující tepelnou pohodu</i>	13
2 ELEKTRICKÉ OTOPNÉ SYSTÉMY	16
2.1 AKUMULAČNÍ KAMNA	16
2.1.1 <i>Princip činnosti akumulčních kamen a jejich využití</i>	16
2.1.2 <i>Rozdělení akumulčních kamen</i>	17
2.1.3 <i>Výhody a nevýhody akumulčních kamen</i>	17
2.2 PŘÍMOTOPY	18
2.2.1 <i>Princip činnosti přímotopů a jejich využití</i>	18
2.2.2 <i>Výhody a nevýhody přímotopů</i>	18
2.3 ELEKTRICKÉ PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ.....	19
2.3.1 <i>Princip činnosti elektrického podlahového vytápění a jeho využití</i>	19
2.3.2 <i>Rozdělení elektrického podlahového vytápění</i>	20
2.3.3 <i>Výhody a nevýhody elektrického podlahového vytápění</i>	21
2.4 SÁLAVÉ PANELE.....	21
2.4.1 <i>Princip činnosti sálavých panelů a jejich využití</i>	22
2.4.2 <i>Výhody a nevýhody sálavých panelů</i>	22
2.5 ELEKTRICKÉ KOTLE.....	23
2.5.1 <i>Princip činnosti elektrického kotle a jeho využití</i>	23
2.5.2 <i>Výhody a nevýhody elektrického kotle</i>	23
2.6 TEPELNÁ ČERPADLA	24
2.6.1 <i>Princip činnosti tepelného čerpadla</i>	24
2.6.2 <i>Rozdělení tepelných čerpadel</i>	25
2.6.2.1 <i>Země/voda</i>	25
2.6.2.2 <i>Voda/voda</i>	27
2.6.2.3 <i>Vzduch/voda</i>	28
2.6.2.4 <i>Vzduch/vzduch</i>	30
3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST VYTÁPĚNÍ MODELOVÉHO RODINNÉHO DOMU	31
3.1 MODELOVÝ RODINNÝ DŮM.....	31
3.2 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI VYTÁPĚNÍ ZATEPLENÉHO A NEZATEPLENÉHO DOMU	32
3.2.1 <i>Lokalita/umístění objektu</i>	33
3.2.2 <i>Charakteristika objektu</i>	33
3.2.3 <i>Ochlazované konstrukce objektu</i>	34
3.2.4 <i>Lineární tepelné mosty</i>	35
3.2.5 <i>Větrání</i>	35
3.2.6 <i>Roční spotřeba energie na vytápění</i>	37
3.3 NÁVRH SÁLAVÉHO VYTÁPĚNÍ V PROGRAMU HEFAISTOS.....	38
3.3.1 <i>Vstupní hodnoty programu Hefaistos</i>	39
3.4 NÁVRH TEPELVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ V PROGRAMU HERMES	46
4 POROVNÁNÍ KRITÉRIEM 3E	51

4.1	ENERGETICKÉ KRITÉRIUM	51
4.2	EKONOMICKÉ KRITÉRIUM	51
4.3	EKOLOGICKÉ KRITÉRIUM	55
	ZÁVĚR	56
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	58
	PŘÍLOHY	1

Seznam symbolů a zkratek

Tj.	To je
Tzv.	Takzvaný
Tzn.	To znamená
ASHRAE Engineers	The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning
PVC	Polyvinylchlorid
HFC	Fluorované uhlovodíky
N.P.	Nadzemní podlaží
SDK	Sádrokarton
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Převzatá norma
H+	Trvalý tepelný zisk

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na elektrické otopné systémy. Je rozdělena do čtyř hlavních částí. První část se zabývá úvodem do základů dané problematiky. Druhá část řeší konkrétní elektrické otopné systémy s ohledem na jejich výhody a nevýhody pro vytápění rodinných domů, přičemž hodnotí jejich vliv na tepelnou pohodu. Pro každý z těchto elektrických otopných systémů je vysvětlen jeho princip. Následně je ve třetí, teoretické části uveden modelový rodinný dům, ke kterému je doložena veškerá projektová dokumentace, která byla poskytnuta majitelem onoho domu. Nejprve jsou z dostupných materiálů získány základní údaje, které jsou poté použity pro výpočet energetické náročnosti budovy pomocí online kalkulačky a následně jsou pro tento objekt navrženy dva otopné systémy, teplovzdušný a sálavý. Návrh těchto otopných systémů je proveden pomocí volně dostupných programů. Prvním programem je Hefaistos, který umožňuje vytvořit návrh plynových sálavých panelů, a druhým použitým programem je Hermes, ve kterém je možné vytvořit návrh teplovzdušného vytápění. Ve čtvrté části je uvedena problematika energetické náročnosti a elektrických otopných systémů včetně konkrétních výsledků této práce a porovnání kritériem 3E, což v kontextu elektrotechniky označuje energetické, ekonomické a ekologické hledisko.

1 Objasnění pojmu „tepelná pohoda“ pro otopné systémy

1.1 Otopné systémy

V dnešní době máme mnoho otopných systémů, tj. způsobů, jak můžeme vytápět různé prostory. Primárním úkolem každého otopného systému je zajistit, aby vnitřní teplota vytápěného prostoru zajišťovala jeho obyvatelům tzv. tepelnou pohodu.

1.2 Tepelná pohoda

Ačkoli je dnes pro většinu z nás tepelná pohoda každodenní součástí všedního života, v nedávné minulosti bylo její dosažení pro běžného člověka nemožné, ba dokonce většinou jsme si ani neuvědomovali, že něco takového existuje. Dříve pro nás bylo v podstatě nepředstavitelné, že existuje něco jiného než teplo nebo zima, jen pár osvětlených intelektuálů se o vytvoření tepelné pohody pokoušelo, avšak neměli dostatek prostředky. Technologický pokrok, který by jim to umožnil, měl teprve přijít.

V následujících podkapitolách objasním, co přesně tepelná pohoda je, jaký význam má pro každého z nás a jaké následky může nedodržení tepelné pohody mít. V neposlední řadě uvedu různé faktory, které mohou mít na tepelnou pohodu značný vliv, a poté mezi sebou porovnáám elektrické otopné systémy z hlediska jejich vlivu na tepelnou pohodu a ke každému uvedu jejich výhody a nevýhody.

1.2.1 Objasnění pojmu „tepelná pohoda“

Tepelná pohoda je stav, který vzniká součinností několika vlivů v daném prostředí. Můžeme ji charakterizovat jako teplotní podmínky, které musí být vyvážené tak, aby vyhovovaly člověku, tzn., že člověk v prostředí tepelné pohody nepocítuje ani tělesný chlad ani horko.^[1] Jelikož cílem je, aby člověk nepříjemnou teplotu nepocíťoval, bavíme se pouze pocitu, a ne o skutečné teplotě. Jinými slovy, tepelná pohoda neoznačuje stav, který je měřitelný přístroji ale stav, kdy se člověk v daném prostředí cítí příjemně a je spokojený s okolní teplotou.

1.2.2 Hodnotící metody pro tepelnou pohodu

Vyhodnocení tepelné pohody lze provést dvěma způsoby, a to je způsobem dotazníku nebo měřením.^[2]

Způsob vyhodnocení pomocí dotazníku spočívá v tom, že subjekt odpovídá na dotazy týkající se jím vnímané teploty, přičemž jsou zároveň v místnosti měřeny parametry vzduchu. Tímto způsobem se provádí měření tepelné pohody převážně v prostorech, kde bydlí lidé, tzn. například v prostorách firmy v průběhu práce nebo jakémkoli jiném prostoru za běžných podmínek. Druhý způsob, jak provádět vyhodnocení, je metoda měření. Ta se provádí v klimatické komoře, kde se pozorují a měří fyziologické změny lidského těla, jako je regulace teploty pokožky, například pocením.^[2]

Ke zjištění tepelné pohody se většinou používají dvě sedmibodové stupnice, jedna z nich je známá po názvem ASHRAE stupnice, a druhá nese stejné jméno jako muž, který ji sestavil, a to Bedford. Zatímco ASHRAE stupnice udává míru spokojenosti člověka s teplotou prostředí, Bedfordova stupnice vychází více z pocitů vnímaných člověkem. Tento rozdíl je dobře patrný v Tabulce 1, kde jsou obě tyto stupnice porovnány.^[2]

Nesmíme ale zapomínat, že vnímání tepelné pohody je vždy subjektivní. A proto, i když se naše tepelná pohoda nachází uprostřed stupnic ASHRAE i Bedford, jinými slovy v rovnováze, nemůže být zaručeno, že je tepelná pohoda zajištěna všem. Může to být zapříčiněno například genetickými předpoklady nebo prostředím, ve kterém člověk vyrůstal. Pokud bychom to chtěli uvést na příkladu, můžeme porovnat nároky na ideální prostředí a teplotu v něm u člověka s exotickým původem například s člověkem s původem v severoevropských zemích. První člověk je po generace uzpůsoben vyšším teplotám, a proto bude pravděpodobně vyžadovat teplejší prostředí než člověk narozený v nadměrně chladné oblasti a je proto pravděpodobně spíše otužilý.^[2]

Proto je důležité si uvědomit, že ačkoli jde teplotní rovnováha a tepelná pohoda ruku v ruce, nemusí nutně znamenat, že pokud zajistíme rovnováhu, zajistíme tím tepelnou pohodu.

ASHRAE		Bedford
Horko	3	Velmi teplo
Teplo	2	Teplo
Tepleji	1	Příjemně teplo
Neutrálně	0	Příjemně
Chladněji	-1	Příjemně chladno
Chladno	-2	Chladno
Zima	-3	Velmi chladno

Tabulka 1 Měřítka tepelné pohody

1.2.3 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu

Tepelná pohoda je ovlivněna následujícími faktory:

Jedním z nejdůležitějších faktorů majících vliv na tepelnou pohodu je rozložení teploty vzduchu v daném prostoru. Proto se snažíme zajistit, aby teplota vzduchu ve vytápěném prostoru byla rovnoměrně rozprostřena, tj. aby se v určitých místech nadržela chlad nebo naopak přílišné teplo.

Dalším faktorem je teplota okolních ploch, tzn. jakou teplotu má strop, podlaha a stěny v místnosti. To je ovlivněno např. tepelným odporem stěn budov nebo izolačními vlastnostmi oken a dveří. To, aby nedocházelo k energetickým únikům, je důležité, protože studené stěny a strop u nás vyvolávají pocit chladu. Ve výsledku tyto špatné izolační vlastnosti vedou k výkyvům teplot a způsobují nestálost tepelné setrvačnosti, a proto v některých špatně zkonstruovaných prostorách takřka nelze dosáhnout tepelné pohody.

Jedna z věcí, která také ovlivňuje tepelnou pohodu, je rychlost proudění vzduchu neboli průvan, který může mít za následek nepříjemný pocit chladu. Rychlost a směr proudění vzduchu může být způsobena nevhodným umístěním otopných systému, nerovnoměrným ochlazováním vzduchu od okolních stěn a špatným rozmístěním vybavení v prostoru místnosti. Pokud dovolíme, aby došlo k zabránění přirozené cirkulace vzduchu, může to navíc vysoce snížit efektivnost tepelného systému.

K vnímání tepelné pohody přispívá i vlhkost vzduchu. Doporučená vlhkost pro běžně obydlené prostory se v zimě pohybuje v rozpětí 45% až 60% a v létě v rozpětí 40% až 55%. Pokud je hodnota vlhkosti vzduchu příliš nízká, je-li tedy vzduch příliš suchý, může mít za následky zdravotní problémy způsobené vysycháním dýchacích cest, ale naopak vlhký vzduch může vést ke tvoření plísní a pobyt v takovém prostředí může být pro člověka značně nepříjemný.

Dalším faktorem ovlivňujícím tepelnou pohodu je čistota vzduchu, která závisí na míře přísunu čerstvého studeného vzduchu z vnějšího prostředí. Takto dosáhneme toho, že se vymění vzduch v místnosti. U objektů bez rekuperace by se mělo větrat krátce a intenzivně přibližně jednou za hodinu, výměna vzduchu by měla odpovídat požadavkům na hygienický

provoz místnosti. V místnostech s netěsnostmi dveří a okem kde je stálý průvan se vzduch vyvětrá samovolně až třikrát za hodinu. Bohužel to má ale za následek vysokou spotřebu tepelné energie.

Poslední v řadě faktorů ovlivňujících tepelnou pohodu je kromě samotného metabolismu člověka neopominutelná také tzv. vědomá termoregulace. Jedná se uvědomělé konání, jehož prostřednictvím si člověk záměrně snaží navodit tepelnou pohodu. Pojmem vědomá termoregulace se rozumí následující okolnosti:

- druh oděvu člověka
 - Oblékáním různého množství oblečení z různých materiálů nejběžnější formou záměrné termoregulace. Vliv druhu oděvu na tepelný odpor viz Tabulka 2.

Druh oblečení	Tepelný odpor R_{cl}	
	($m^2 \cdot K/W$)	(clo)
Nahý člověk	0	0
Šortky	0,015	0,1
Šortky, košile s krátkým rukávem	0,047	0,3
Dlouhé kalhoty, košile	0,078	0,5
Kalhoty, košile, bunda, tenisky	0,124	0,8
Běžný oblek	0,155	1,0
Vlněný oblek s vestou	0,233	1,5
Polární oděv	0,465 – 0,620	3,0 – 4,0

Tabulka 2 Tepelný odpor různých druhů oblečení^[4]

- jeho momentální pracovní nasazení
 - Obecně známý jev, při kterém zvýšení fyzické aktivity a následné rozprůdění krve v lidském organismu má za následek pocit náhlého přívalu tepla. Přehled několika činností a množství jimi produkovaného tepla viz Tabulka 3 Vnitřní produkce tepla lidmi

Činnost člověka	Produkce tepla	
	(W/m^2)	(met)
Ležící	46	0,8
Sedící, odpočívající	58	1,0
Sedící, aktivní (kancelář, byt, škola, laboratoř)	70	1,2
Stojící, mírně aktivní (nákup, laboratoř, lehký průmysl)	93	1,6
Stojící, středně aktivní (prodavač, domácí práce, práce u stroje)	116	2,0
Chodící rychlostí:		
• 2 km/h	110	1,9
• 3 km/h	140	2,4
• 4 km/h	165	2,8
• 5 km/h	200	3,4

Tabulka 3 Vnitřní produkce tepla lidmi^[4]

- velikost povrchu těla, která je účastníkem výměny tepla
 - Příkladem zmíněného může být například vrozený lidský pud, a to stočení se do klubíčka při pocitu chladu. Povrch těla, na kterém se ztrácí teplo, se zmenší, tudíž je tepelná ztráta těla nižší.

2 Elektrické otopné systémy

Cest, jak ovlivnit tepelnou pohodu je mnoho, avšak tím nejvýraznějším je, už od prvního ohně v prvním obydlí, způsob vytápění. V dnešní době existuje řada otopných systémů, které tuto funkci zastávají a mimo jiné nám poskytují i další vymoženosti dnešní doby, jako je například ohřev vody. V této práci se zaměřuji na elektrické otopné systémy, jejich typologii a zároveň se snažím vysvětlit u každého jeho princip, výhody a nevýhody a určit, pro jaké stavby se nejvíce hodí. V našem případě, zda jsou vhodné pro rodinný dům. Druhy elektrických otopných systémů jsou následující:

- Akumulační kamna
- Přímotopy
- Podlahové elektrické vytápění
- Sálavé panely
- Elektrické kotle
- Tepelná čerpadla

2.1 Akumulační kamna

2.1.1 Princip činnosti akumulčních kamen a jejich využití

Základním principem tohoto elektrického otopného systému je využívání elektrické energie v době, kdy je za nízkou sazbu, tedy nočního proudu, čímž se značně šetří náklady na provoz. Kamna v době, kdy je elektřina levnější, odebírají elektrickou energii a hromadí ji ve formě tepla v akumulčním jádře. Toto jádro tvoří magnezitové cihly, které mají schopnost uchovávat teplo^[5]. To je následně uvolňováno do prostoru.^[6]

Tento typ elektrického otopného systému můžeme použít pro vytápění menších domácností a bytů, kde není zaveden plyn a není možnost provozu kotlů na tuhá paliva.

2.1.2 Rozdělení akumulčních kamen

Akumulační kamna se dělí na dva hlavní typy, podle způsobu, jakým uvolňují teplo, následovně:

Dynamická akumulční kamna

Dynamická akumulční kamna obsahují ventilátor, díky kterému proudí vzduch přes akumulční jádro. To umožňuje lepší regulaci teploty ve vytápěném objektu, prostřednictvím termostatu.^[6] Opláštění těchto kamen je vyrobeno z kvalitní tepelné izolace, obsahuje složitější systém průduchů pro proudění vzduchu, takže celková hmotnost je vyšší než u kamen statických. Tato kamna lze doplnit přídatnou topnou spirálou (přímotopem), která je umístěna ve výduchu vzduchu a čerpá elektrickou energii za vysoký tarif.^[5] Díky přímotopu je možné tato kamna provozovat i při neočekávaných změnách teplot.

Statická akumulční kamna

Statická akumulční kamna oproti dynamickým neobsahují ventilátor a jsou konstruována tak, aby ochlazování jádra probíhalo samovolně. Díky konstrukci s menší povrchovou izolací a jednodušším systémem průduchů jsou tato kamna levnější než kamna dynamická.^[6] Statická akumulční kamna předávají teplo do prostor obytné budovy jednak přirozeným prouděním vzduchu přes akumulční jádro, ale také sáláním z celého povrchu kamen do okolí. Pro tyto vlastnosti se používají u objektů s méně náročnými podmínkami pro řízení teploty.^[5]

2.1.3 Výhody a nevýhody akumulčních kamen

Výhodou jsou nízké pořizovací náklady, montáž akumulčních kamen je poměrně jednoduchá. Přináší finanční úsporu, jelikož využívají noční proud.^[6]

Regulace akumulčních kamen je obtížná a nepřesná^[6]. Není možné si teplotu přizpůsobovat momentálnímu pocitu chladu nebo tepla, jakékoli změny se provádí s několika hodinovým předstihem, pokud tedy kamna nejsou doplněna například o topnou spirálu, která už ovšem snižuje jejich finanční úsporu^[5]. Také je potřeba pořídit kamna do každé místnosti zvlášť, protože tento typ topného systému neumožňuje žádný rozvod tepla do ostatních

místností. Proto je nutné mít na každou vytápěnou místnost jednu kamna. Pro mnohé může nevýhodu představovat i plocha zastavěná akumulací kamny.

2.2 Přímotopy

Přímotopy, nebo také přímotopné konvektory, jsou plochá nástěnná topidla, jejichž montáž je velmi jednoduchá. Vzduch je ohříván při průchodu přes topná tělesa. Přímotopy se nejčastěji umísťují na nejchladnější místa objektu, například pod okna.^[7]

2.2.1 Princip činnosti přímotopů a jejich využití

Přímotop využívá přirozeného pohybu vzduchu o různých teplotách, což vede k jeho cirkulaci, studený vzduch je nasáván v dolní části přímotopu, při průchodu přes zahřátá topná tělesa se zahřeje a poté samovolně vychází ven průduchy v horní části. U některých přímotopů se může objevit vestavěný ventilátor, který napomáhá proudění vzduchu.^[7]

V malých prostorách či v málo obývaných místnostech je využití přímotopu vhodné. Pro potřeby každodenního vytápění větších prostor je však přímotop zcela nevhodný z hlediska efektivnosti ale i po finanční stránce.

2.2.2 Výhody a nevýhody přímotopů

Výhodami jsou velmi nízké pořizovací náklady a tichý chod přímotopu. Teplotu lze řídit velice přesně pomocí termostatu, který je umístěn na plášti přímotopu a tím zajistit požadovanou teplotu.

Provozní náklady jsou vysoké a je zde nulová akumulace tepla. Při provozu dochází k nepřetržitému víření prachu, což může způsobovat velké problémy lidem trpícím alergiemi.^[7]



Obrázek 1 Elektrický přímotop^[8]

2.3 Elektrické podlahové vytápění

Podlahové vytápění je v současné době velmi rozšířené. Dochází zde k zahřátí celé plochy, v našem případě podlahy, ale někdy také stropu či stěny^[9]. Teplo je rovnoměrněji rozprostřeno po ploše objektu oproti například akumulacním kamnům. V porovnání s klasickými radiátory nebo elektrickými konvektory, které teplo vydávají konvekcí, je v případě podlahového vytápění teplo předáváno částečně sáláním, což také přispívá k rovnoměrnějšímu rozložení teplot ve vytápěném prostoru^[9].

2.3.1 Princip činnosti elektrického podlahového vytápění a jeho využití

Základním prvkem podlahového elektrického vytápění jsou topné odporové vodiče, které jsou vyrobeny ze slitiny mědi a manganu, nebo mědi a niklu a následně obaleny silikonem nebo kaučukem, jejich vnější plášť je PVC nebo mohou být obaleny kovovým opletem.^[10]

Uložení vodičů do podlahy je možné provést dvěma způsoby. Topné vodiče mohou být uloženy přímo, přičemž jsou rovnou zalaty mazaninou, nebo nepřímo, kdy se ukládají do kanálů či trubek.^[10]

Topné vodiče jsou konstruovány buď ve formě topných kabelů, nebo topných rohoží, což jsou v podstatě kabely již rozprostřené po ploše rohože, což následně umožňuje jejich snazší pokládku. Topné kabely se totiž nesmějí křížit nebo navzájem dotýkat, a proto je zapotřebí si před pokládkou rozmyslet jejich rozložení.^[10]

Dále je důležité neumisťovat topné vodiče blízko okrajů místnosti nebo tam, kde bude

umístěn nábytek, aby nedocházelo k přehřívání podlahy nad provozní teplotu danou výrobcem, které vede ke snížení životnosti podlahového vytápění. Důležité je také umístění termostatu, který se ukládá do ochranné trubky mezi dvěma vodiči tak, aby byla možná jeho budoucí výměna.^[10]

Umístění je vhodnější spíše v obytných prostorách než například v provozních halách, pro které je největší výhoda podlahového vytápění, tepelná pohoda, téměř nadbytečná. Aby podlahové vytápění bylo dostatečně efektivní, umisťuje se do obytných novostaveb nebo řádně zateplených budov.

2.3.2 Rozdělení elektrického podlahového vytápění

Dle způsobu předávání tepla do objektu rozlišujeme dva různé druhy podlahového vytápění:

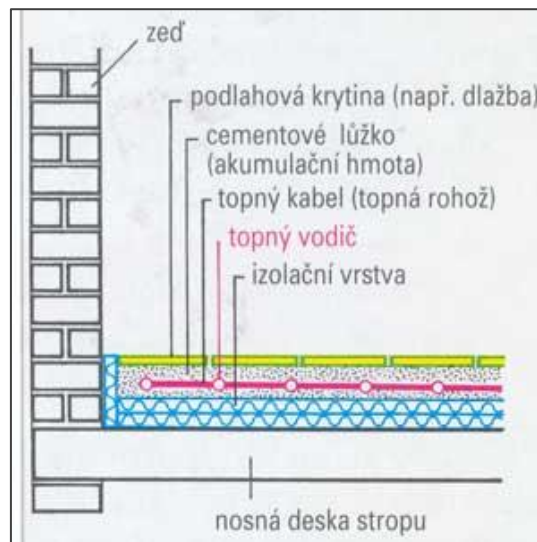
Přímé elektrické podlahové vytápění

U varianty přímého elektrického vytápění je zvýšení teploty téměř okamžité ale vychladnutí a ztráta teploty je rychlejší. Tuto variantu používáme jako doplňkovou pro méně obývané místnosti v objektu, například pro koupelny.^[10]

Akumulační elektrické podlahové vytápění

Častější varianta je akumulční podlahové vytápění. Jak může název napovídat, má akumulční podlahové vytápění podobnou výhodu jako akumulční kamna. K ohřevu dochází při levnějším tarifu, tedy nočním proudem, což přináší značnou finanční úsporu na provozních nákladech, oproti přímé variantě, nicméně oproti jiným variantám vytápění je provoz finančně stále velmi nákladný^[10]. Navíc tato varianta s sebou nese horší regulovatelnost teploty.

Akumulační schopnost se odvíjí od druhu použité podlahové krytiny, izolační vrstvy a jiných faktorů viz Obrázek 2.^[10]



Obrázek 2 Faktory ovlivňující akumulaci schopnost^[10]

2.3.3 Výhody a nevýhody elektrického podlahového vytápění

Pořizovací náklady elektrického podlahového vytápění jsou relativně nízké, jejich montáž je snadná a provoz je bezúdržbový, zároveň u tohoto druhu vytápění můžeme předpokládat dlouhou životnost. Velkým přínosem je to, že přináší rovnoměrné rozložení tepla a zároveň vyhřátá podlaha a teplo tzv. od nohou přispívá k pocitu tepelné pohody.

Největší nevýhodou je drahý provoz, v důsledku vysoké spotřeby elektrické energie. Podlahové vytápění se navíc vyplatí pouze v dobře zatepleném objektu.^[9]



Obrázek 3 Uložení podlahového vytápění^[11]

2.4 Sálavé panely

Teplo, jenž získáváme prostřednictvím tohoto otopného systému, bychom mohli, co se

tepelné pohody týče, umístit na první místo našeho seznamu otopných systémů. To je způsobeno jednak malým pohybem vzduchu (průvan tepelné pohodě škodí, jak bylo již výše uvedeno) a zároveň využitím tepla, které nám jiné, než sálavé otopné systémy nenabídnou.

2.4.1 Princip činnosti sálavých panelů a jejich využití:

V panelech bývá umístěno uhlíkové vlákno, které díky svým vlastnostem zahřívá své okolí, tedy jádro a povrch panelu, když jím prochází elektrický proud. Kromě zdroje, který teplo vytváří, jsou sálavé panely dle téměř všech parametrů shodné s kachlovými kamny, která jsou proto často využívána při propagaci sálavých panelů, jako vhodné srovnání a přirovnání.^[12]

Úkolem sálavého panelu není ohřívat vzduch, jak je tomu u výše zmíněných druhů otopných systémů, nýbrž předávat teplo okolním předmětům, které převzaté teplo předávají do vzduchu prouděním v místnosti. Nejdříve jsou tedy ohřívány blízké plochy (stěny, podlaha, strop) a ostatní objekty v místnosti, tedy vybavení domu, a to poté ohřeje vzduch. Proto zde necirkuluje vzduch jako u jiných otopných systémů. Pocit tepla není z teplého vzduchu, ale z dopadajícího tepelného záření.^[12]

Komfort, který sálavé panely přinášejí, vychází z tzv. infračerveného záření, které známe spíše ve spojitosti se slunečním zářením. Infračervené záření je totiž součástí právě slunečního záření a je tím důvodem, proč nás sluneční paprsky hřejí. To je důvod, proč nám sálavé teplo je příjemnější než jiné druhy. Je přirozenější.^[12]

Sálavé panely je vhodné použít pro vytápění jak bytů, tak rodinných domů i výrobních hal. Je také vhodné je využívat, pokud potřebujeme zajistit určité podmínky v daném prostoru. Využívají se například ve výrobních prostorách, kde je cirkulace vzduchu nežádoucí, protože by mohla způsobit zviření prachu a jiných drobných částic.^[12]

2.4.2 Výhody a nevýhody sálavých panelů

Jelikož při použití sálavých panelů nedochází k cirkulaci vzduchu, je snáze dosaženo tepelné pohody, a proto teplota potřebná k vytápění může být o několik stupňů nižší. Navíc mají vysokou účinnost a nízké provozní náklady. Pomocí sálavých panelů je také možno eliminovat problémy s vlhkostí a plísní v daném objektu.^[12]

Mezi nevýhody patří, že sálavé panely jsou oproti teplovzdušným pomalejší. Jejich umístění často omezuje využití prostoru jiným způsobem, například pokud je umístíme na stěnu, přijdeme o prostor k umístění nábytku. Tepelná pohoda je získávána z tepelného záření, nikoli ze vzduchu.

2.5 Elektrické kotle

Často završované elektrické kotle přinášejí mnoho výhod při správném využití. Fungují takřka okamžitě, proto je snadné jejich pomocí upravovat teplotu individuálně. Díky tomu můžeme teplotu přizpůsobovat aktuálním okolnostem, a tedy lépe dosáhnout tepelné pohody.

Pokud si majitelé vyberou pro svůj objekt vytápění pomocí elektrického kotle, energetická společnost jim často poskytne zvýhodněný tarif.

2.5.1 Princip činnosti elektrického kotle a jeho využití

Princip fungování elektrokotle využívá systém teplovodního vytápění. Voda je ohřata pomocí topných tyčí a ta je následně rozvedena po celém objektu pomocí čerpadla. Toto teplo může být předáváno buď prostřednictvím radiátorů, nebo podlahového vytápění.

Elektrokotel je možné využít takřka ve všech objektech, ale aby jeho provoz nebyl příliš nákladný, využívá se zejména k vytápění menších domů, bytů nebo větších pasivních domů. Také je vhodné používat elektrokotel k vytápění málo obývaných objektů, nebo jako přídatný otopný systém pro tepelná čerpadla nebo kotle na tuhá paliva v přechodných obdobích^[13].

2.5.2 Výhody a nevýhody elektrického kotle

Pořídit si elektrokotel není příliš nákladné. Montáž elektrokotle je snadná, není zapotřebí komín a jeho malé rozměry umožňují téměř libovolně zvolit jeho umístění v objektu. Hlučnost elektrokotle je velmi nízká. Pokud je elektrokotel využíván ve vhodném objektu, je jeho provoz po finanční stránce přijatelný.^[13]

Pokud je ale elektrokotel umístěn do starého, nezatepleného, obecně energeticky náročného objektu, je jeho provoz velmi nákladný.^[13]

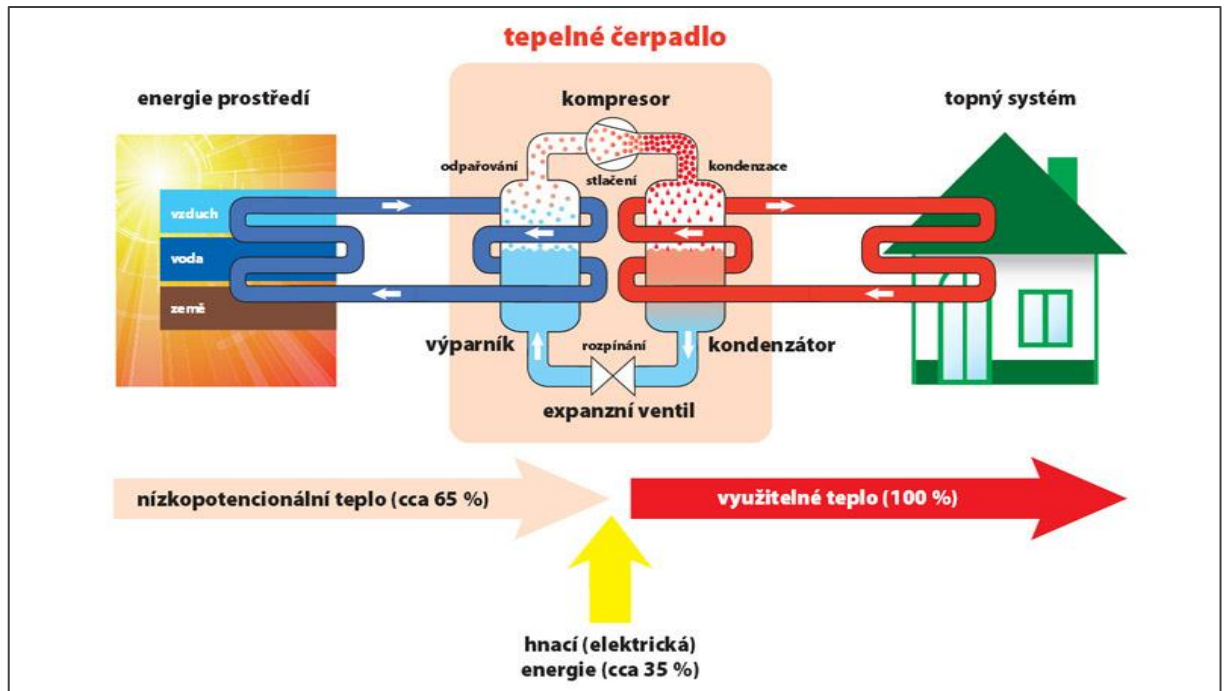
2.6 Tepelná čerpadla

2.6.1 Princip činnosti tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla jsou založena na využívání netradičních zdrojů energie. Přečerpávají nízkoteplotní energii na vyšší teplotní úroveň, a díky tomu se dají tyto zdroje patřičně využít.^[1] Princip tepelného čerpadla lze popsat jako obrácený princip chladicího zařízení. Pokud je produktem chladicího zařízení chlad, produktem tepelného čerpadla bude pravý opak čili teplo. Základním principem je tedy v obou případech tvorba termodynamických změn a liší se jen finálním produktem.^[14]

Každé tepelné čerpadlo, ať se jedná o jakýkoli typ, přebírá teplo z okolí objektu, a to nejčastěji ze vzduchu, vody, slunečního záření nebo země, a k tomu využívá chladicí kapaliny s velmi nízkým bodem varu, nejlépe bodem mrazu.^[14] Tato kapalina nesmí být jedovatá ani hořlavá a nesmí chemicky reagovat s materiálem použitým v daného zařízení a tím snižovat jeho životnost nebo jej zcela zničit. Dříve jsme mohli v tepelném čerpadle jako použitou kapalinu nalézt freony, ale v dnešní době jsme se v zájmu životního prostředí uchýlili k plynům HFC.^[15] Tato chladicí kapalina proudí potrubím, kde do sebe vstřebává teplo okolního prostředí. Následně je odvedena do výparníku, kde se teplo přenese na tzv. chladivo, které koluje vnitřkem zařízení. Poté se toto chladivo ve výparníku začne odpařovat a výsledný plyn pojme kompresor, který tento plyn prudce stlačí a tím díky principu komprese dosáhne zvýšení teploty na cirká 80°C. Další postup se odvíjí od konkrétního typu tepelného čerpadla, protože v případě čerpadla vzduch-vzduch dochází v této fázi k předání tepla přímo vnitřnímu vzduchu objektu. Oproti tomu u ostatních typů čerpadel se chladivo přesune do kondenzátoru a zde předá své teplo topné vodě k vytápění objektu, nebo ohřeje vodu v zásobníku. V obou variantách se poté chladivo stane opět kapalným a přesune se z kondenzátoru přes expanzní ventil, který slouží k jeho ochlazení, až zpět do výparníku, kde začíná celý cyklus znovu.^[16]

2.6.2 Rozdělení tepelných čerpadel



Obrázek 4 Základní cyklus tepelného čerpadla^[17]

Tepelná čerpadla se dělí podle zdroje, ze kterého přejímají teplo a podle toho, čemu teplo předávají. Čtyři základní typy čerpadel jsou:

- Země/voda
- Voda/voda
- Vzduch/voda
- Vzduch/vzduch

2.6.2.1 Země/voda

Při popisování tohoto typu čerpadla můžeme vycházet z obecného principu práce tepelného čerpadla již uvedeného výše. Tomuto čerpadlu slouží jako vnější zdroj tepla země. Teplo ze země se získává zemním kolektorem nebo geotermálními vrty. Je zapotřebí umístit plastové potrubí, které je uloženo v zemi, způsobem odpovídajícím tomu, o jaký typ čerpadla země-voda se jedná. Plastové potrubí je naplněno nemrznoucí směsí, ta přejímá teplo ze země, které následně odvádí do výměníku čerpadla a následně pracuje dle výše zmíněného principu činnosti tepelného čerpadla^[19]. Volba mezi zemním kolektorem a geotermálními vrty se většinou odvíjí od geologických podmínek daného místa. V obou případech je dostatečný přísun tepla zajištěn

celoročně, protože prostředí, z něhož je teplo odebíráno je oproti například typu vzduch/vzduch nebo vzduch/voda stabilní.^[18]

Zemní kolektor

Při volbě zemního neboli horizontálního kolektoru je zapotřebí vybudovat plošný kolektor, což znamená, že potrubí se rozprostírá v relativně mělkých, ale rozsáhlých výkopech pod povrchem v hloubce cca 1,5m, může se však lišit v závislosti na specifických podmínkách. Proto je pro tento typ čerpadla země-voda nezbytná velká nezastavěná plocha, kde by mohlo být potrubí rozvinuto, protože délka potrubí může dosahovat několik stovek metrů. Na výrobu 1kW je zapotřebí plochy cca 30 m² a více.^{[19][20]}

Geotermální vrty

Pokud má být čerpadlo země-voda vybudováno na pozemku, který nemá příznivé podmínky pro zavedení plošného kolektoru, je zapotřebí vybudovat o něco dražší geotermální vrt, neboli vertikální kolektor. V závislosti na geologických podmínkách lze vybudovat buď jeden hlubší vrt, nebo několik vrtů menší hloubky, kam je spuštěno plastové potrubí. Přidanou hodnotou, oproti variantě horizontálního kolektoru, je možnost využití vrtu i k chlazení.^[18]

Využití

Toto čerpadlo se dá využít téměř všude, a to bez ohledu na klimatické podmínky. U čerpadla země-voda se vhodné využití posuzuje převážně podle velikosti povrchu nezastavěné plochy pro plošný kolektor, a geologické podmínky pro vybudování vrtu. Pokud je hornina, v níž má vrt být kompaktní, pak je možné vybudovat jeden hluboký vrt, v opačném případě, kdy je podloží méně stabilní, musíme vybudovat více mělkých vrtů, abychom dosáhli dostatečného výkonu.^{[18][21]}

Výhody a nevýhody tepelného čerpadla země/voda

Největší kladnou hodnotou čerpadel země voda je až 80% úspora na provozních nákladech oproti tradičnímu topnému systému a až 30% úspora oproti tepelnému čerpadlu vzduch/voda^{[18][19]}. Z toho důvodu je označován za nejefektivnější typ tepelného čerpadla.

Mimo to, jak bylo již výše zmíněno, má výkon čerpadla poměrně velkou stabilitu, protože i jeho zdroj tepla je díky poměrně vyrovnaným teplotám již pár metrů pod zemí stabilní. V momentě, kdy čerpadlo nečelí množství znatelných výkyvů, je jeho předpokládaná životnost velmi dlouhá. Navíc má čerpadlo země-voda, které využívá vrt, také možnost již zmíněného chlazení.

Vzhledem k potřebné rozsáhlé ploše, je v mnoha případech nemožné vybudovat horizontální kolektor a je nutné se uchýlit k pořízení geotermálního vrtu, ale ten vyžaduje značně vyšší počáteční investici. Vysoká pořizovací cena může být pro mnohé zájemce zásadním faktorem. V případě, že zvolíme horizontální kolektor, protože pozemek je dostatečně velký, je potřeba předem počítat s tím, že později již nebude možné plochu využít pro účely jiných staveb, například bazénu^[19].

2.6.2.2 Voda/voda

Stejně jako u ostatních čerpadel, přebírá toto čerpadlo teplo z přírodního zdroje, v tomto případě z vody. Voda povrchová má v dostatečné hloubce konstantně teplotu cca 4°C a voda podzemní mezi 7 až 12°C^[22]. Ve většině případů mluvíme o čerpání tepla z vodního vrtu, k čemuž je zapotřebí zbudovat dvě studny, zdrojovou a vsakovací, jejichž minimální vzdálenost by měla být 15 m^[23]. V tomto případě na rozdíl od ostatních typů čerpadel není ohřívána kapalina v potrubí, ale teplá voda je ze zdrojové studny nasáta a dopravena až do tepelného čerpadla, kde předá své teplo. Poté už ochlazená je odvedena do vsakovací studny. V méně časté situaci, je zdrojem voda povrchová a v takovém případě se využívá stejný postup jako u plošného kolektoru čerpadla země/voda s tím rozdílem, že plastové potrubí není umístěno v zemi, ale na dně vodní plochy. Po tom, co se kapalina v potrubí ohřeje je postup shodný s postupem uvedeným již v obecném principu práce tepelného čerpadla.^{[24][22]}

Využití

K využití je pro všechny typy budov podmínkou přítomnost povrchové nebo podzemní vody v dostatečném množství. K zjištění tzv. vydatnosti pramene, tedy zda je tato podmínka splněna, slouží čerpací zkoušky.^[23]

Výhody a nevýhody tepelného čerpadla voda/voda

Toto tepelné čerpadlo má nejvyšší topný faktor, navíc u geotermální vody může být její teplota až trojnásobná než u běžné podzemní vody.^[23]

Většina lokalit není pro tento typ čerpadel vhodná, a proto nejsou tolik rozšířené. V případě čerpání tepla z vody je nutné získat všechna povolení a při čerpání z vodních ploch často i souhlas majitele nebo správce vodní plochy, pokud tedy není plocha naším majetkem.^[23]

2.6.2.3 Vzduch/voda

V případě tohoto tepelného čerpadla princip odpovídá již výše všeobecně popsanému principu práce tepelného čerpadla. Chladicí kapalina je ohřata zdrojem tepla, v našem případě vzduchem, a po odpaření je její teplota zvýšena jejím stlačením v kompresoru. Následně je toto teplo předáno topné vodě a zároveň i vodě užitkové.

Výkon tohoto čerpadla může být proměnlivý, protože v případech, kdy je zdrojem tepla vzduch, je teplota zdroje nestálá. Výkon tohoto tepelného čerpadla závisí na teplotě okolního vzduchu, stoupá-li teplota venkovního vzduchu, stoupá i výkon tepelného čerpadla, naopak klesá-li teplota, klesá i výkon. Stejná omezení se týkají i čerpadla vzduch/vzduch zmíněného níže.^[25]

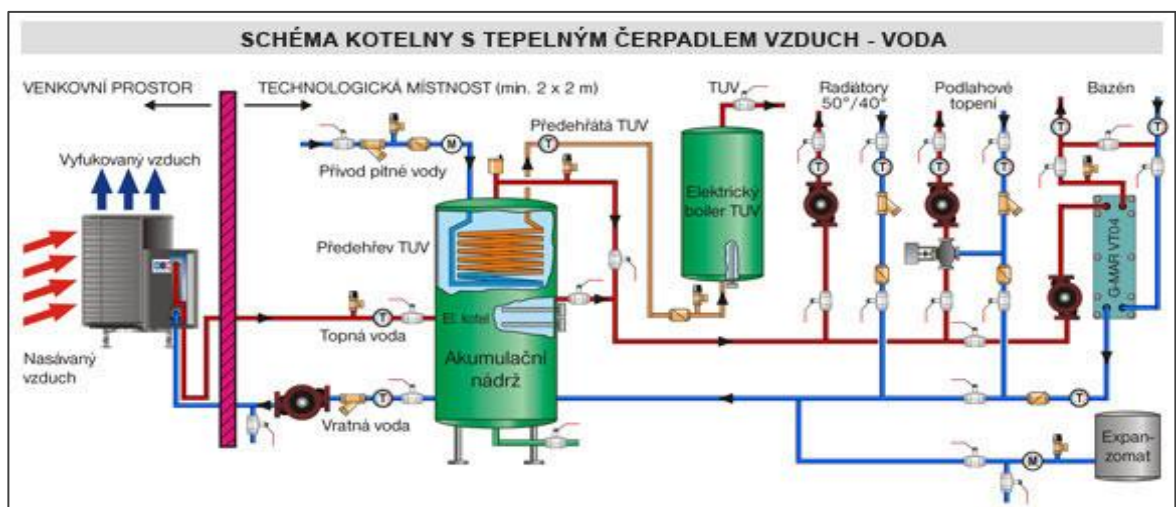
Využití

Čerpadlo vzduch-voda lze využít pro široké spektrum budov. Je vhodné jak pro rodinný dům, tak pro jiné stavby a jeho instalace není složitá. Lokalita vhodná pro využívání tepelného čerpadla není nijak omezena v závislosti na zdroji tepla. Zdrojem nízkopotenciálního tepla je v tomto případě vzduch, zdroj je tedy všudypřítomný. Jediné lokality, kde čerpadlo nemůže být umístěno, nebo lépe řečeno, kde ztrácí svůj smysl, jsou oblasti s dlouhodobými nízkými teplotami. Pod bodem bivalence (-3°C až -5°C) je totiž výkon čerpadla snížen natolik, že je zapotřebí využít další zdroj tepla. Pokud se tedy jedná o oblast, kde je teplota dlouhodobě nízká, není vhodné použít tento typ tepelného čerpadla.^[25]

Výhody a nevýhody tepelného čerpadla vzduch/voda

Hlavní výhodou tohoto typu tepelného čerpadla je to, jak snadno může být realizováno. Jelikož jako zdroj tepla využívá vzduch z okolního prostředí, není zapotřebí realizace hlubkových vrtů nebo zemních kolektorů jako u výše zmíněných typů čerpadel země/voda nebo voda/voda. Náklady na pořízení proto budou nižší, a při ideálních podmínkách je i provoz finančně výhodný. Dále je nutno zmínit, že čerpadlo vzduch-voda může být, pokud opomineme oblasti s extrémně nízkými teplotami, zavedeno kdekoli, protože využívá zdroj, vzduch, který je přítomen vždy a všude.

Pokud čerpadlo nepracuje za ideálních podmínek, je třeba k němu připojit doplňkový elektrický zdroj tepla, například elektrický kotel, a tím vykompenzovat nižší výkon čerpadla při nízkých teplotách. Přikoupení doplňkového zdroje tepla samozřejmě navýší pořizovací cenu o cenu dodatečného elektrického vytápění původní a zároveň se kvůli zvýšené spotřebě elektrické energie potřebné k jeho provozu zvýší i náklady provozní. Výsledná finanční úspora oproti jiným možnostem vytápění se tedy výrazně sníží nebo zcela zanikne. Hlučnost tohoto čerpadla může rušit nejen majitele ale i okolí, což je další komplikace, s níž musí budoucí majitelé čerpadla vzduch-voda počítat. Pokud se jedná o kvalitnější čerpadlo, je jeho hlučnost o něco nižší, avšak do určité vzdálenosti může být stále rušivá, a proto by měl majitel dobře zvážit jeho umístění.^[25]



Obrázek 5 Tepelné čerpadlo vzduch/voda^[26]

2.6.2.4 Vzduch/vzduch

Princip činnosti tohoto čerpadla je v podstatě stejný jako u výše zmíněného typu čerpadla vzduch/voda. Jediné, v čem se tyto dva typy liší, je to, že proces, při kterém se získané teplo používá k ohřátí vody, zcela chybí. Čerpadlo vzduch/vzduch totiž slouží jen pro vytápění prostoru tedy vzduchu v obytném prostoru a ohřev vody vůbec není možný. Jelikož celá část pro ohřev vody u čerpadla není, může být sice jeho pořizovací cena mnohem nižší než u jeho konkurenta, ale při pořizování je třeba myslet na to, že čerpadlo vzduch/vzduch se používá spíše jako doplňkové vytápění a pokud chce vlastník nějak zajistit i ohřev vody, pak je samozřejmě nutné jej zkombinovat například s klasickým plynovým kotlem.^{[28][29]}

Stejně jako u výše zmíněného čerpadla vzduch/voda, čelí čerpadlo vzduch/vzduch kolísajícímu výkonu v závislosti na teplotě vzduchu. Čerpadla, jejichž zdrojem tepla je vzduch, jsou jediná, která mohou být ovlivněna i menší změnou teploty.^[25]

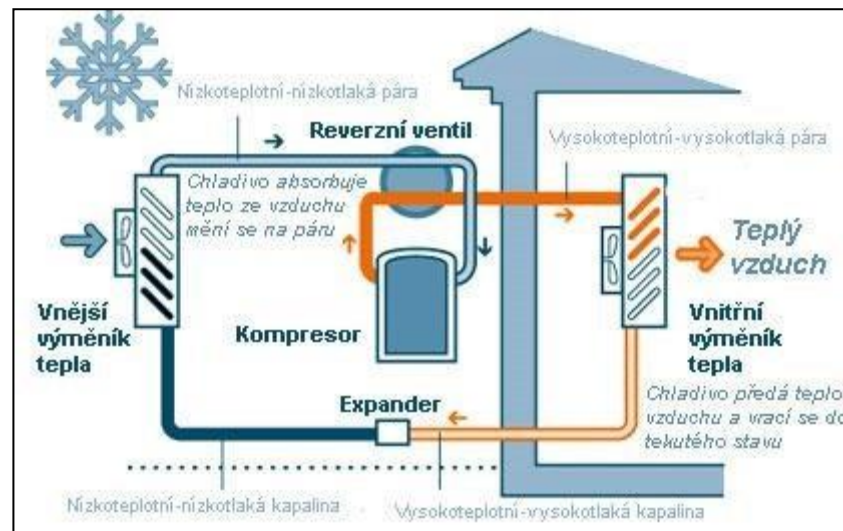
Využití

Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch se využívá spíše k vytápění menších objektů nebo méně členitých budov, a to především v přechodových obdobích. Využití je také možné jako pouze doplňkový zdroj ke klasickému konvenčnímu vytápění, z důvodu nekomplexnosti tohoto zařízení, což je vysvětleno výše.^[28]

Výhody a nevýhody tepelného čerpadla vzduch/vzduch

Zdrojem tepla pro tato tepelná čerpadla je okolní vzduch, proto je toto čerpadlo, co se zdroje týče, nevyčerpatelné. Bonusem, který tento typ skrývá, je jeho dvojí využití. Toto čerpadlo lze totiž využít nejen k vytápění, ale naopak i k chlazení prostorů.^{[29][30]}

Argument, že pořizovací cena je velmi nízká, je sice pravdivý, ale bohužel na úkor ceny přicházíme o možnost jej využít i k ohřívání vody, což většina objektů potřebuje. Proto je výsledná částka zahrnující i doplňující konvenční vytápění potřebné k naplnění dnešních požadavků na obytné prostory mnohem vyšší. Další nevýhodou je stejně jako u čerpadla vzduch/voda, možná snížená efektivita v závislosti na nižší teplotě okolního vzduchu a také jeho hlučnost.^{[29][30]}

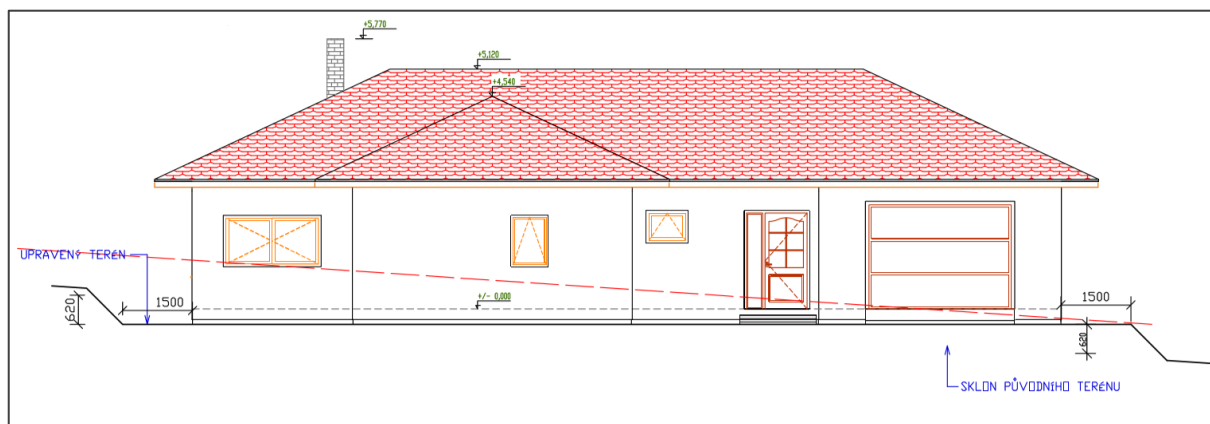


Obrázek 6 Teplené čerpadlo vzduch/vzduch

3 Energetická náročnost vytápění modelového rodinného domu

3.1 Modelový rodinný dům

Jako modelový dům jsem si zvolil rodinný dům, který byl postaven roku 2012 v České Bříze. K tomuto rodinnému domu jsem získal projektovou dokumentaci, která se nachází v příloze. Jedná se o jednopodlažní objekt, který zaujímá zastavěnou plochu o rozloze 236,27 m². Objekt slouží k trvalému pobytu čtyřčlenné rodiny. Obvodové nosné zdivo je z řady Ytong lambda 375 mm, vyjma vnitřní stěny garáže, kde bylo použito zdivo z řady Ytong lambda 300 mm. Podlaha byla zateplena polystyrenem Extrapor 100S 120 mm a byla provedena ve dvou vzájemně překřížených vrstvách. Ve stropní konstrukci nad 1.N.P je nad nosným roštem v SDK podhledu aplikovaná foukaná minerální vata v minimální tloušťce 250 mm. Jako výplň otvorů byla použita plastová okna a dveře se součinitelem prostupu tepla min.1,1 W/m²K včetně rámu.



Obrázek 7 Modelový rodinný dům

TABULKA MÍSTNOSTÍ					
OZN.	MÍSTNOST	PLOCHA	PODLAHA	STĚNY	STROP
101	ZADVEŘÍ	6,61 m ²	ker.dlažba	štuková hladká	GKB
102	CHODBA	23,08 m ²	ker.dlažba	štuková hladká	GKB
103	KOUPELNA	5,19 m ²	ker.dlažba	ker.obklad 2m	GKBI
104	OB.POKOJ + JÍDELNA	49,97 m ²	dř.pl.podlaha	štuková hladká	GKB
105	KUCHYNĚ	9,59 m ²	PVC	štuková hladká	GKBI
106	SPÍŽ	2,77 m ²	PVC	štuková hladká	
107	POKOJ	13,33 m ²	dř.pl.podlaha	štuková hladká	
108	POKOJ	13,33 m ²	dř.pl.podlaha	štuková hladká	GKB
109	LOŽNICE	12,90 m ²	dř.pl.podlaha	štuková hladká	
110	ŠATNA	7,11 m ²	dř.pl.podlaha	štuková hladká	
111	KOUPELNA	11,98 m ²	ker.dlažba	ker.obklad 2m	GKBI
112	WC	2,39 m ²	ker.dlažba	ker.obklad 2m	GKBI
113	TECHN.MÍSTNOST	9,14 m ²	ker.dlažba	ker.obklad 2m	GKBI
114	GARÁŽ	25,55 m ²	ker.dlažba	štuková hladká	GKFI
115	TERASA	35,57 m ²	bet.dlažba	štuková hladká	palubky

Tabulka 4 Modelový dům: Tabulka místností

3.2 Výpočet energetické náročnosti vytápění zatepleného a nezatepleného domu

Pro výpočet energetické náročnosti jsem použil online kalkulačku úspor a dotací „Zelená úsporám“, která je volně přístupná na stránkách www.tbz-info.cz. Tento online kalkulátor je vhodný pro výpočet hrubého odhadu energetických úspor při zateplení obálkovou metodou a odpovídá novelizované normě ČSN EN 12831. Na výše zmíněných stránkách je volně přístupná také starší výpočtová kalkulačka pro výpočet tepelných ztrát obálkovou metodou, ale vychází již ze zrušené normy ČSN 06 0210, proto jsem ji k výpočtu nepoužil.

3.2.1 Lokalita/umístění objektu

Město / obec / lokalita	Plzeň ▼ ?
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-15 °C
Délka otopného období d	233 dní
Průměrná venkovní teplota v otopném období θ_{em}	3.3 °C

Obrázek 8 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Lokalita objektu

Prvním krokem bylo zadání lokality objektu, čímž se automaticky vyplnila pole pro zadání venkovní teploty v zimním období, délky otopného období a průměrné venkovní teploty v otopném období. Okrajové podmínky pro výpočet v rámci dotačního titulu jsou v celé republice jednotné.

3.2.2 Charakteristika objektu

Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im} obvyklá teplota v interiéru se uvažuje 20 °C	20 °C
Objem budovy V vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje nevytápěné podkrovní, garáže, sklepy, lodžie, římsy, atiky a základy	709 m ³
Celková plocha A součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy (automaticky, z níže zadaných konstrukcí)	761.17 m ²
Celková podlahová plocha A_c podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřním lícem obvodových stěn (bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor)	206 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	1.07 m ⁻¹
Trvalý tepelný zisk H_+ Obvyklý tepelný zisk zahrnuje teplo od spotřebičů (cca 100 W/byt), teplo od lidí (70 W/os.) apod.	380 W
Solární tepelné zisky H_s+ <input checked="" type="radio"/> Použít velice přibližný výpočet dle vyhlášky č. 291/2001 Sb <input type="radio"/> Zadat vlastní hodnotu vypočtenou ve specializovaném programu	1914 kWh / rok

Obrázek 9 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Charakteristika objektu

Dalším krokem bylo zadání parametrů budovy a výpočet trvalého tepelného zisku H_+ . Ten je tvořen součtem tepla vydávaného spotřebiči a tepla vydávaného osobami, které se rovná součinu počtu osob a tepla vydaného jednou osobou.

$$H_+ = 100 + (4 * 70) = 380W$$

3.2.3 Ochlazované konstrukce objektu

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm] ? nová okna U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-] ?		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1	0,27	150 mm	216,48	1.00	1.00	58.4	29
Stěna 2	0,30	150 mm	27,53	1.00	1.00	8.3	3.9
Podlaha na terénu	0.3	150 mm	236,21	0.40	0.40	28.3	13.3
Podlaha nad sklepem (sklep je celý pod terénem)				0.45	0.45	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep částečně nad terénem)				0.65	0.65	0	0
Střecha				1.00	1.00	0	0
Strop pod půdou	0.15	150 mm	236,21	0.80	0.95	28.3	21.5
Okna - typ 1	0,79		26,77	1.00	1.00	21.1	21.1
Okna - typ 2	0,79		1,79	1.00	1.00	1.4	1.4
Vstupní dveře	1,1		5,04	1.00	1.00	5.5	5.5
Jiná konstrukce - typ 1	0,3	?	7,36	1.00	1.00	2.2	2.2
Jiná konstrukce - typ 2	1,1	?	3,78	1.00	1.00	4.2	4.2

Obrázek 10 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Ochlazované konstrukce objektu

Dále jsem vyhledal součinitele prostupu tepla U_i u všech ochlazovaných konstrukcí objektu a spočítal plochu těchto konstrukcí A_i . Následně jsem navrhl zateplení celé budovy, podlah a obvodových stěn polystyrenem o tloušťce 150 mm a přidáním minerální vaty do stropního podhledu. Okna a dveře jsem nechal stávající, protože jejich součinitel prostupu tepla je vyhovující. Činitelé teplotní redukce jsou nastaveny pro výpočty v rámci dotačního titulu.

V tabulce, která je na Obrázku 10, není možno přepisovat názvy konstrukcí, a proto je k ní přiložena Tabulka 5.

Stěna 1	obvodová stěna rodinného domu
Stěna 2	vnitřní nosná stěna nacházející se v místnosti 114(garáž)
Podlaha na terénu	podlaha RD. + podlaha garáže
Strop pod půdou	Strop RD. + strop garáže
Okna typ1	okna RD
Okna typ2	okna garáž
Vstupní dveře	shoduje se
Jiná konstrukce typ1	vrata garáže
Jiná konstrukcety2	dveře vnitřní

Tabulka 5 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Legenda pro obrázek č. 13

3.2.4 Lineární tepelné mosty

Jelikož jsem pro návrh zateplení objektu zvolil přidání tepelné izolace, jak je již výše uvedeno, zvolil jsem pro lineární tepelné mosty po úpravách variantu téměř bez tepelných mostů.

Před úpravami	$\Delta U = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ - konstrukce s mírnými tepelnými mosty (systémové řešení)
Po úpravách	$\Delta U = 0.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ - konstrukce téměř bez tepelných mostů (optimalizované řešení)

Obrázek 11 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Lineární tepelné mosty

3.2.5 Větrání

Pro naši situaci jsem použil výpočet intenzity větrání skrze podíl potřebné výměny vzduchu a objemu vzduchu v budově, kdy potřebná výměna vzduchu se vypočítá jako násobek uvažovaných hodnot uvedených níže.

- 25 m³ čerstvého vzduchu na jednu osobu za hodinu
- počet osob
- koeficient přítomnosti osob.

Výsledná podoba vzorce: $n = 25 \cdot 4 \cdot 0,7 / 709 = 70 / 709 = 0,1$

Intenzita větrání s původními okny n_1 obvyklá intenzita větrání u těsných staveb (novostaveb) je 0.4 h^{-1} , u netěsných staveb může být 1 i více	? 0,1 h^{-1}
Intenzita větrání s novými okny n_2 obvyklá intenzita větrání u těsných staveb (novostaveb) je 0.4 h^{-1} , u netěsných staveb může být 1 i více	? 0,1 h^{-1}
Účinnost nově zabudovaného systému rekuperace tepla η_{rek} zadejte deklarovanou účinnost (ve výpočtu bude snížena o 10 %)	--- bez rekuperace --- ▼

Obrázek 12 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Intenzita větrání

Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	71.9 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	41.7 kWh/m ²

ZELENÁ ÚSPORÁM - VÝŠE PODPORY PRO
RODINNÉ DOMY ▼

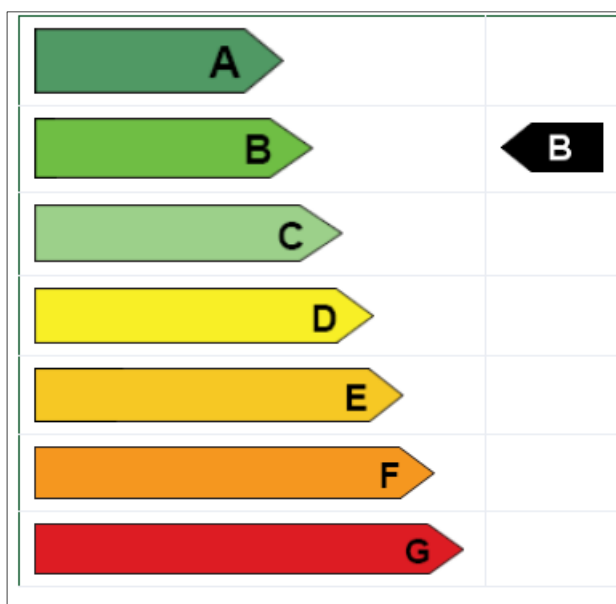
Úspora: 42%

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

Dotace ve vašem případě činí 1550 Kč/m² podlahové plochy, to je 319300 Kč.

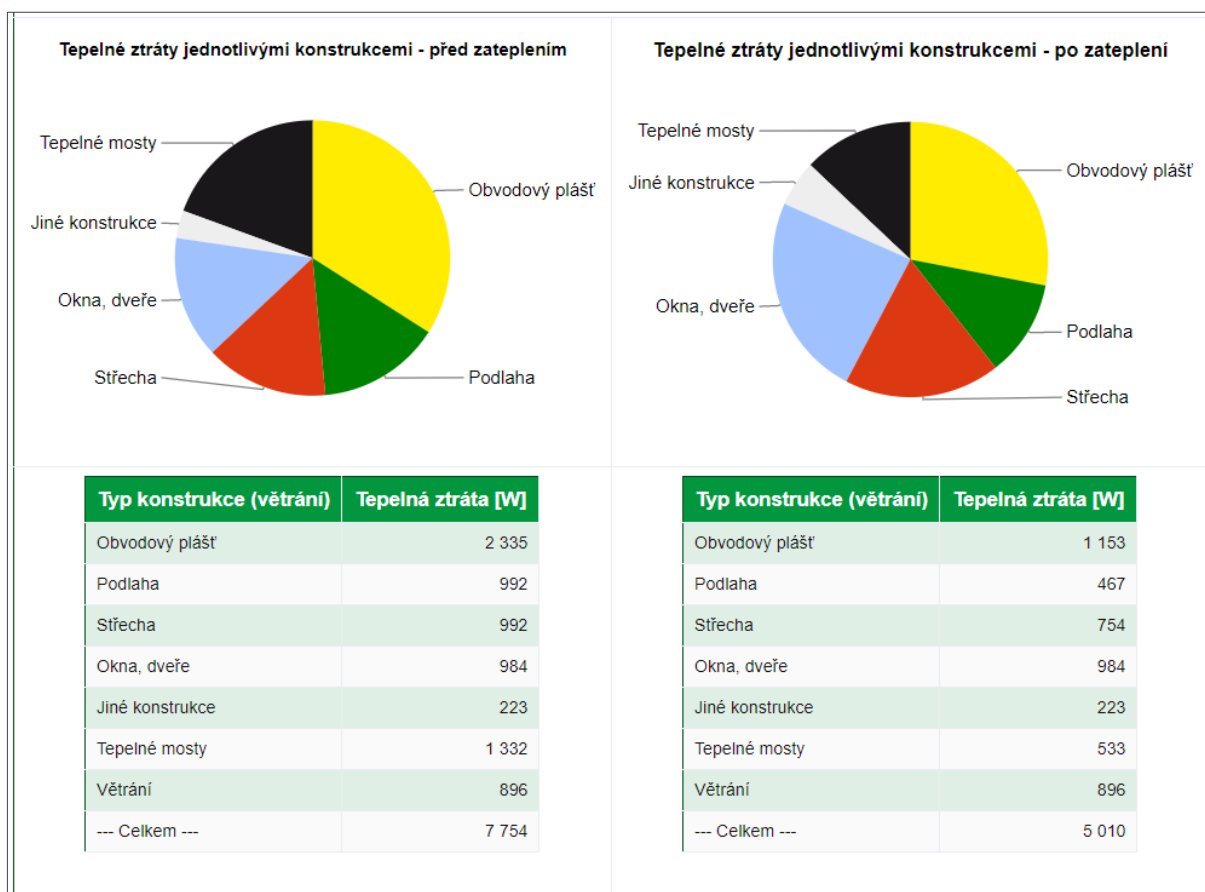
Pro získání vyšší dotace musíte dosáhnout minimální potřeby tepla na vytápění 40 kWh/m².

Obrázek 13 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Roční spotřeba energie na vytápění při celkovém zateplení



Obrázek 14 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Energetický štítek obálky budovy při celkovém zateplení

3.2.6 Roční spotřeba energie na vytápění



Obrázek 15 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Stavebně technické hodnocení pro celkové zateplení

Z daných údajů vyplývá, že po zateplení objektu činí úspora 42% a je nárok na dotaci v rámci části programu A.1 – celkové zateplení. Daný výpočet vychází ze zateplení obvodových zdí, podlahy a stropního podhledu.

Tento objekt je vytápěn podlahovým vytápěním pomocí tepelného čerpadla země/voda s geotermálním vrtem. Z toho vyplývá, že celkové zateplení podlahy by bylo velice nákladné, protože při realizaci by bylo nutné odstranit stávající podlahové vytápění, a poté by se muselo znovu instalovat.

Jak můžeme vidět z grafu stavebně technického hodnocení, tak rozdíl tepelné ztráty při zateplení stropů je nepatrný. Byl by však velice nákladný.

Na Obrázku 16 je možné vidět výsledek při zateplení pouze obvodového pláště.

Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	71.9 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	52.1 kWh/m ²

ZELENÁ ÚSPORÁM - VÝŠE PODPORY PRO
RODINNÉ DOMY ▼

Úspora: 28%

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

Dotace ve vašem případě činí 1550 Kč/m² podlahové plochy, to je 319300 Kč.

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

Obrázek 16 Kalkulačka „Zelená úsporám“: Roční spotřeba energie na vytápění při zateplení obvodového pláště

Výpočet pro zateplení obvodových zdí a úpravy tepelných mostů vyšel s úsporou 28% spadá také do dotace v rámci programu A.1 - celkové zateplení. Dotace pak činí 1550Kč/m². Celková tepelná ztráta před úpravami byla stejná jako při výpočtu celkového zateplení a po úpravách činí 5958 W. Proto bych u této stavby navrhoval pouze zateplení obvodových zdí polystyrenem o tloušťce 150 mm a úpravy tepelných mostů.

Výpočetní program „Zelená úsporám“ je velice zjednodušeným řešením pro výpočet energetické náročnosti a slouží pouze pro hrubý odhad energetických úspor. Měl jsem možnost nahlédnout do průkazu energetické náročnosti budovy, který byl vypracován k dokumentaci pro stavební povolení a jeho vypočtená měrná roční spotřeba energie byla 79,7kWh/m². Tato hodnota je velmi podobná pro mnou zvolený objekt. Vzhledem k malému rozdílu hodnot výpočtu pro stavební povolení a kalkulačky „Zelená úsporám“ shledávám tuto kalkulačku jako relativně přesný výpočetní program.

3.3 Návrh sálavého vytápění v programu Hefaistos

Návrh sálavého vytápění jsem navrhl v programu Hefaistos, který je zdarma ke stažení na stránkách www.mandik.ce. Tento program slouží k výpočtu prostorového rozložení

výsledné teploty a intenzity osálení v prostorách hal vytápěný infrazářiči. Dále umožňuje simulaci návrhu počtu, rozmístění a výkonů infrazářičů od firmy Helious výrobce Mandík a.s. Program je možné stáhnout v češtině a v dalších pěti jazycích.

3.3.1 Vstupní hodnoty programu Hefaistos

První krokem po instalaci programu je zadání rozměrů daného objektu, a to délky, šířky a výšky. Zvolil jsem obývací pokoj o rozměrech d 5,75m, š 8,69m, v 2,52. Jelikož do programu lze zadat pouze jednoduché geometrické tvary typu kvádr nebo krychle, zadal jsem rozměry obývacího prostoru, přičemž jsem záměrně opomenul prostor kuchyně, který je z obývacího pokoje volně průchozí a tvoří spolu s obývacím pokojem místnost tvaru L.

Následně jsem v nabídce vyplnil tyto údaje:

Otopné období

- **Počet dnů otopného období** – závislý na lokalitě a je uveden v ČSN 38 3350.
- **Střední venkovní teplota** – průměrná venkovní teplota odpovídající místu stavby viz ČSN 38 3350.
- **Výpočtová venkovní teplota** – teplota vnějšího vzduchu v zimním období, která závisí na místě stavby a pro Českou republiku jsou v ČSN 06 0210.
- **Počet provozních dnů/týden** – odpovídá normě

Počet provozních hodin/den

- **Provozní teplota vzduchu** – vnitřní teplota vzduchu požadovaná v době pobytu, volí se vnitřní výpočtová teplota ve vytápěných místnostech podle tabulky uvedené v ČSN 06 0210.
- **Požadovaná výsledná teplota** – aritmetický průměr teploty vnitřního vzduchu a střední povrchové teploty ohraničujících stěn.

- **Tlumená teplota vzduchu** – vnitřní teplota vzduchu v době tlumeného provozu.

Parametr stavební konstrukce

Pro vlastní výpočet je nutné zadat tepelně-technické vlastnosti obalových konstrukcí, včetně parametrů výměny vzduchu.

- **Koeficient prostupu** – koeficienty prostupu obvodových zdí, stropu a podlahy.
- **Teplota země** – průměrná teplota zeminy u nepodsklepených podlah přízemních místností.
- **Externí teplota** – výpočtová teplota vnějšího vzduchu v zimním období závislá na místě stavby.
- **Násobek objemu haly** – číslo které udává, kolikrát za hodinu musí být vyměněn vzduch v místnosti.
- **Teplota vzduchu** – teplota vzduchu přiváděného za účelem větrání

Zadání a popis zdrojů tepla

- **Druh paliva** – druhem paliva byl zvolen zemní plyn, tento program neumožňuje zadání elektrického sálavého panelu, protože firma Helious se zabývá výrobou plynových sálavých panelů na propan nebo zemní plyn pro vytápění provozních hal.
- **Účinnost regulace** – program nabízí doporučené hodnoty typů regulace, proto jsem zvolil hodnotu 0,9 což odpovídá čidlu sálavého tepla (emuluje kulový teploměr, týdenní program)
- **Cena** – cena množstevní jednotky tepla mnou zvoleného zemního plynu se v České republice pohybuje mezi 6,28-18,66 Kč za $1m^3$. Zvolil jsem 9 Kč
- **Trvalý zisk tepla technologiemi** – tepelné zisky z technologií, které se

v objektu nacházejí a podílí se tak na výsledné teplotě v interiéru. Tuto hodnotu jsem nechal nulovou.

Pracovní podmínky

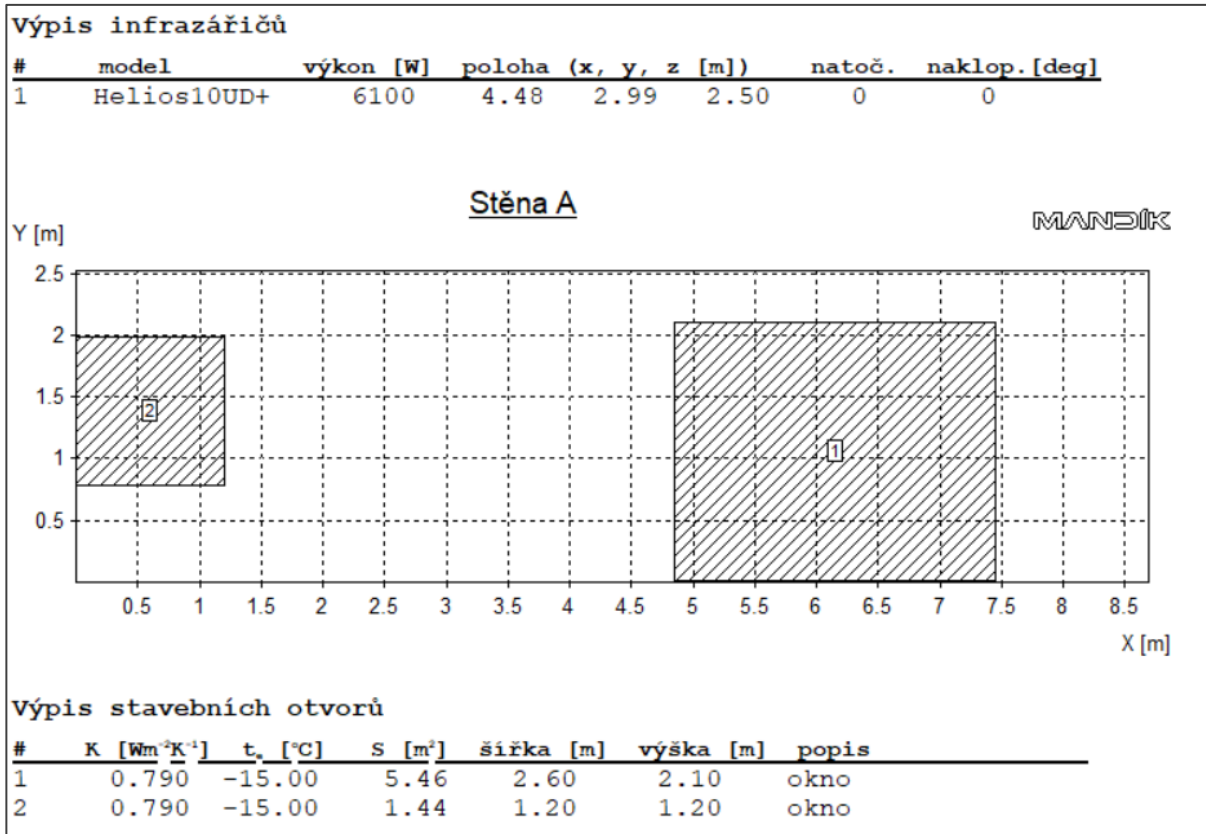
Třídy práce jsou rozděleny podle celkového průměrného energetického výdeje na efektivní dobu práce. Program nabízí třídy práce, které odpovídají hygienickým předpisům. Jelikož jsem nechtěl provést výpočet hygienického posouzení zadal jsem z nabídky „nic“ a namísto toho jsem určil polohu člověka. Z polohy člověka se odvozuje výška dýchací zóny, tu jsem zadal pro osobu sedící, tedy 1,1 m.

Popis těchto údajů je čerpán z manuálu programu Hefaistos.^[31]

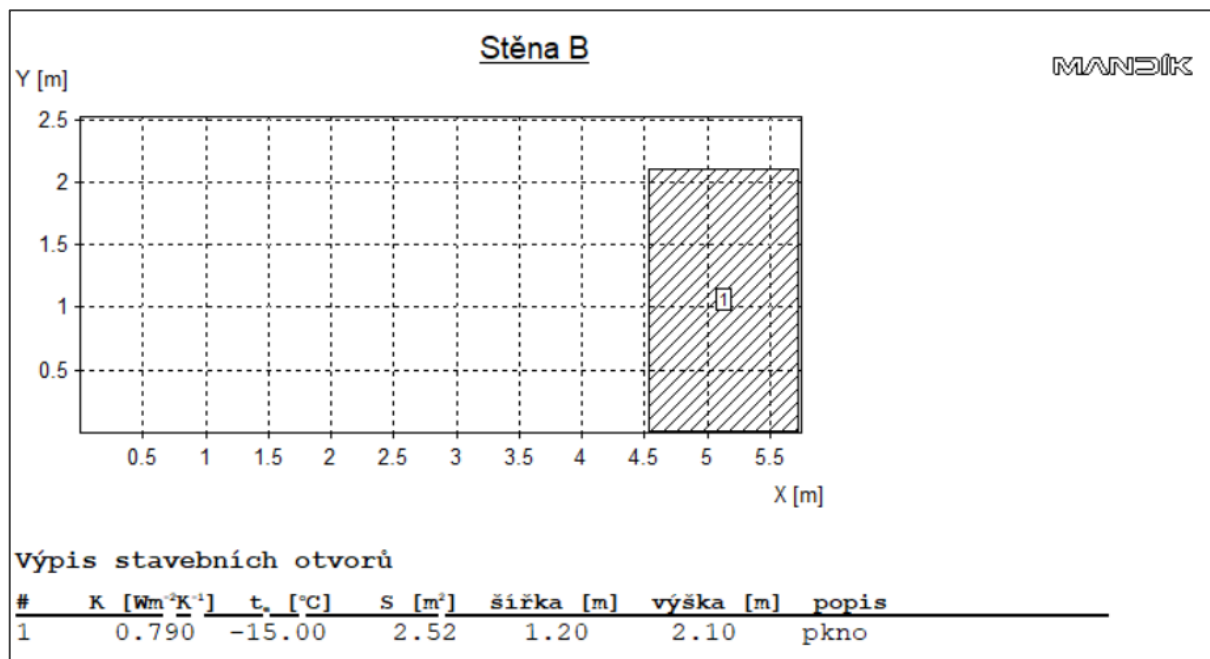
Návrh sálavého vytápění			
PODLAHA		STROP	
Koeficient prostupu	0.3 Wm ⁻² K ⁻¹	Koeficient prostupu	0.15 Wm ⁻² K ⁻¹
Teplota země	5 °C	Externí teplota	-15 °C
STĚNY		VÝMĚNA VZDUCHU	
Koeficient prostupu	0.27 Wm ⁻² K ⁻¹	Násobek objemu haly	0.5
Externí teplota	-15 °C	Teplota vzduchu	-15 °C
KLIMATICKÉ ÚDAJE		PALIVO	
Dnů otopného období	243	Druh paliva	Zemní plyn
Stř. venkovní teplota	3.3 °C	Účinnost regulace	0.9
Výpoč. venk. teplota	-15 °C	Cena	9 Kč/m ³
PROVOZNÍ REŽIM		TRVALÝ ZISK TEPLA	
Provoz. dnů /týden	7	Technologiemi	0 kW
Provoz. hodin /den	24	ROZMĚRY HALY	
Provoz. tepl. vzduchu	20 °C	Půdorys	8.69 × 5.75 m
Požad. výsled. teplota	22 °C	Výška	2.52 m
Tlum. teplota vzduchu	18 °C		

Obrázek 17 Návrh sálavého vytápění programem Hefaistos: Zadané hodnoty

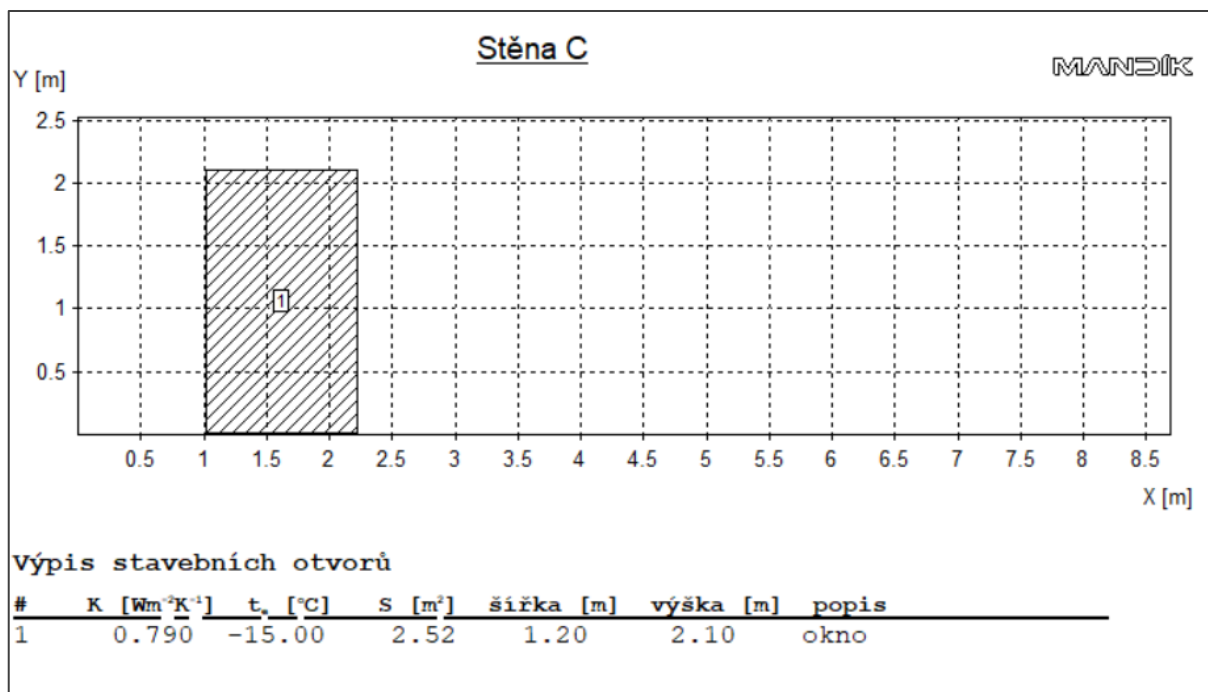
Po zadání všech potřebných parametrů program vymodeloval stěny místnosti, podlahu a strop. Do objektu je možné vložit stavební prvky, v mém případě okna a dveře, a jejich koeficientu prostupu. Obrázek plochy stropu jsem zde neuváděl, protože se v něm nenachází žádný stavební prvek.



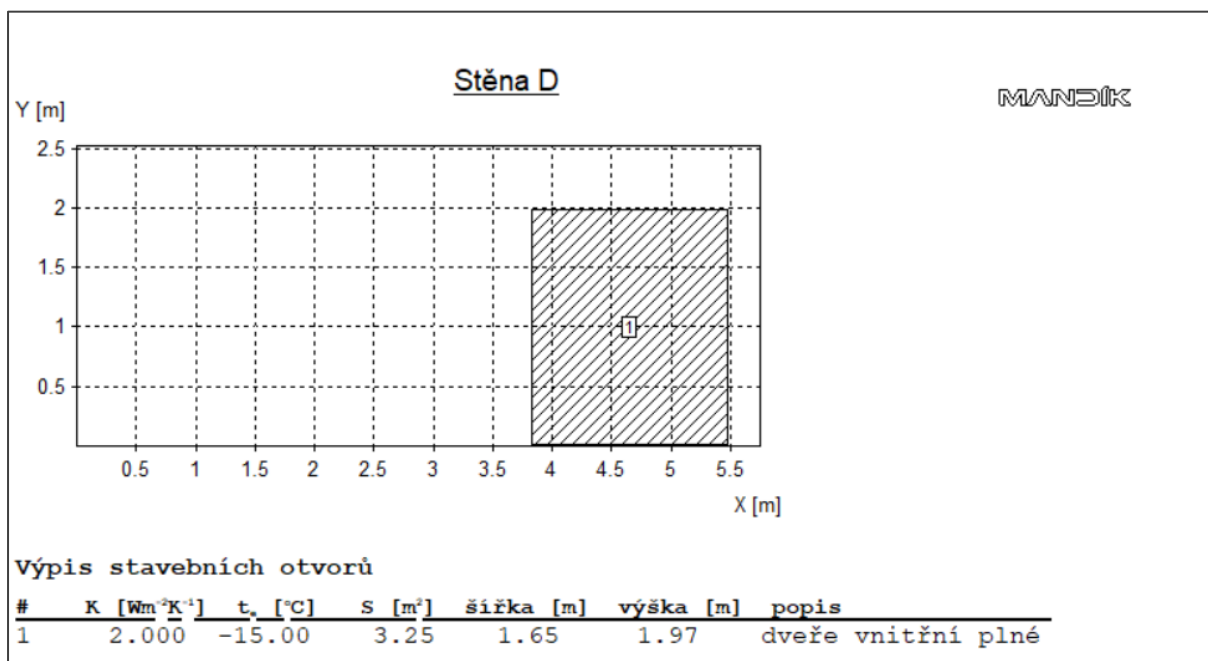
Obrázek 19 Návrh sálavého vytápění programem Hefaiostos: Stěna A



Obrázek 18 Návrh sálavého vytápění programem Hefaiostos: Stěna B

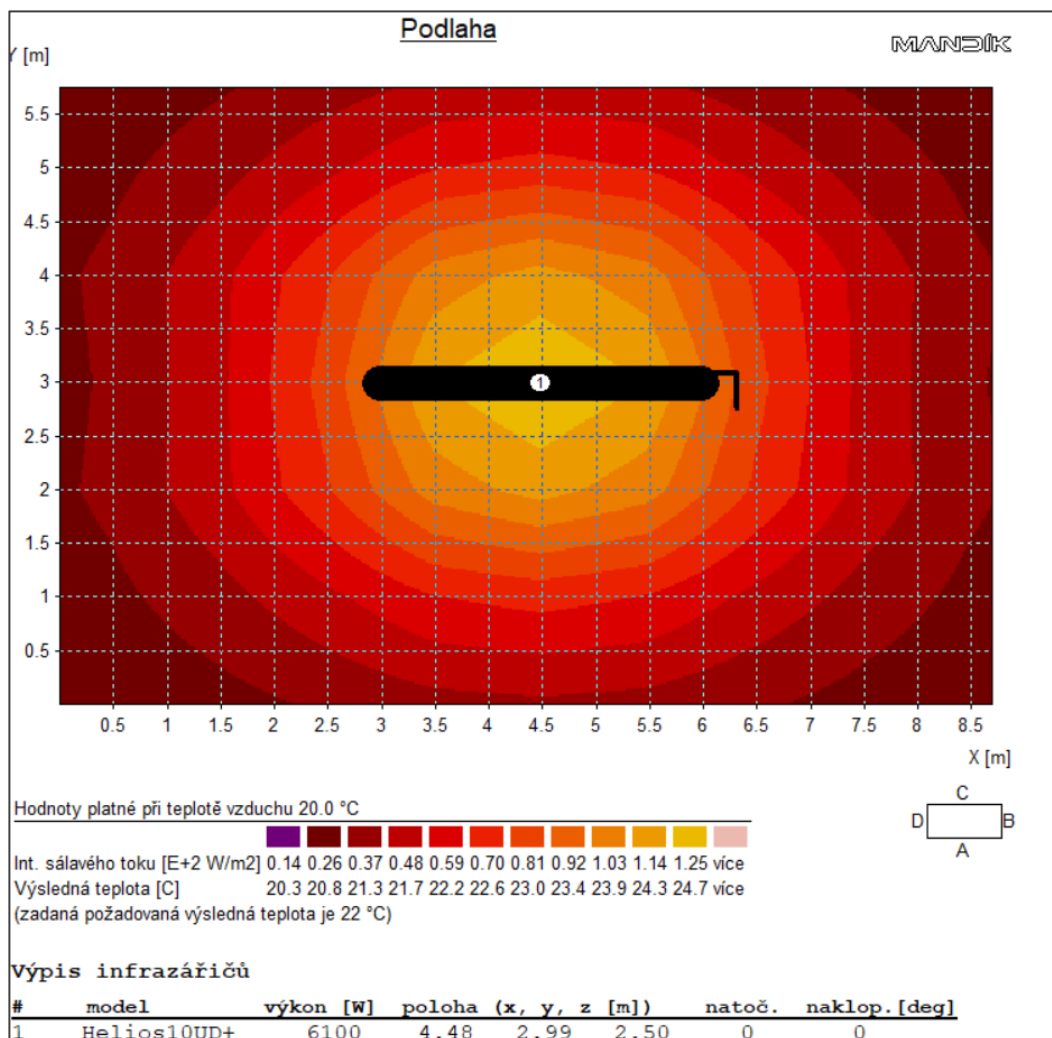


Obrázek 20 Návrh sálavého vytápění programem Hefaistos: Stěna C



Obrázek 21 Návrh sálavého vytápění programem Hefaistos: Stěna D

Po zadání stavebních prvků a jejich koeficientů prostupu, jsem zvolil umístění plynového infrazářiče Helios10UD+ výkonem 6100 W, který je z dané nabídky variantou nejmenším možným výkonem. Daný panel jsem umístil do středu místnosti na strop ve výšce 2,50 a spustil výpočet programu.



Obrázek 22 Návrh sálavého vytápění programem Hefaistos: Mapa ozáření

Vyhodnocení

Ke zpracování dokumentu byla použita volně šiřitelná verze programu Hefaistos, resp. verze 6.2 FX.

V mapě ozáření není zohledněn možný negativní vliv stavebních otvorů apod. (viz nápověda). Pro komplexní zpracování výchozího dokumentu jej zašlete na adresu "hefaistos@mandik.cz", kde bude zpracován v plné verzi programu a obratem zaslán zpět.

HALA		INSTALOVANÝ VÝKON	
Tepelné ztráty haly	2380 W	Infrazářiče	6100 W
Plocha podlahy	49.9675 m ²	Teplovzdušné agregáty	0 W
Objem haly	125.918 m ³	Celkem	6100 W
SPOTŘEBA PALIVA		MAPA OZÁŘENÍ	
Maximální	1.33 m ³ /h	Výška (nad podlahou)	0.5 m
Odhadovaná	418 m ³ /rok	Min. intenzita	14.5 W/m ²
Pozn: odhad. cena 4 tis.Kč/rok		Max. intenzita	125.4 W/m ²
		Stř. intenzita	53.9 W/m ²
TEPLOTA VZDUCHU		Rozptyl intenzit	50 %
Max. dosažitelná	50.5 °C		
Navržená	20 °C		
Pozn: teploty z výšky 1.5 m			

Jsme rádi, že jste ke zpracování vašeho návrhu použili program Hefaistos. Jakékoliv připomínky a náměty zašlete na adresu "hefaistos@mandik.cz".

Obrázek 23 Návrh sálavého vytápění programem Hefaistos: Vyhodnocení

Z výsledného výpočtu je vidět, že při tepelných ztrátách objektu 2380 W s infrazářičem o výkonu 6100 W jsou roční náklady 4000Kč, z toho vyplývá, že toto řešení vytápění dané místnosti je velice úsporné.

Jelikož program slouží pro návrh vytápění provozních hal plynovými infrazářiči, nelze jej použít pro návrh vytápění elektrickými infrapanely, které by v tomto případě byly lepší variantou. Plynové infrazářiče jsou do obytných prostor velice nevhodné. Při jejich provozu dochází ke spalování kyslíku, což může být v menších prostorách velice nebezpečné a panely nad 2000 W musejí mít zřízený komín. Tento návrh je tedy uveden pouze pro ilustraci výpočtů a mapy ozáření pro plynové sálavé vytápění.

Pro návrh elektrických sálavých panelů jsem vycházel z Tabulky 6, Pro uvažovaný objekt, kde hodnota spotřebovaného tepla za rok před zateplením činí 71 kWh/m³, vyplývá, že potřebný výkon pro vytápění obývacího pokoje je 3021,6W. Daný výkon navýšíme o 10-20% pro dobrou dynamiku a jako rezervu například při déle trvajících nízkých teplotách v zimním období.

V našem případě je pro obývací pokoj o objemu 125,9 m³ při vytápění objektu pomocí elektrických sálavých panelů zapotřebí výkon 3625,9W. Zvolil bych rozmístění 5 panelů o výkonu 750 W. Umístění panelů tak, aby rovnoměrně sálaly do celého prostoru, udává výrobce.

Panely se nejčastěji umísťují na stěnu do výšky 1,5-1,7 m od podlahy na střed infrapanelu a na protější stranu venkovní zdi, také se volí umístění naproti oknům, které zabraňuje rosení. Dalším vhodným umístěním infrapanelů je strop, což umožňuje ohřátí pouze části místnosti, například sedačky v obývacím pokoji. Umístění na strop je vhodné také pokud není dostatek prostoru na stěnách.^[32]

Výhodou tohoto umístění je intenzivnější ohřev podlahy, který vede k lepšímu zajištění tepelné pohody. Umístění infrapanelu udává výrobce. Umísťují se blíže k oknům, například 1/3 vzdálenosti a blízkosti míst největšího chladu.^[32]

Spotřeba tepla za rok - kWh/m ² a	125	100	70	45	15
odpovídá	Stará budova	Stavba >1994	Nízkoenergetický dům	Mimořádně úsporný dům	Pasivní dům
	Požadovaný tepelný výkon W/m ²				
Koupelna	54	42	30	20	6
Obývací pokoj	43	34	24	16	5
Dětský pokoj	43	34	24	16	5
Pracovna	40	31	22	15	5
Jídelna	37	30	21	13	5
kuchyně	36	28	20	13	4
WC	34	23	19	12	4
Ložnice	32	25	18	11	4
Chodby	30	24	17	11	3
Suterén	28	22	16	10	3

Tabulka 6 Orientační výpočet požadovaného výkonu elektrických infrapanelů^[33]

3.4 Návrh teplovzdušného vytápění v programu Hermes

Pro návrh teplovzdušného vytápění jsem zvolil program Hermes, který je zdarma ke stažení na stránkách www.mandik.cz. Program optimalizuje návrh počtu, výkonu a rozmístění teplovzdušných plynových jednotek Monzun. Při návrhu jsem postupoval totožně jako při návrhu programem Hefaistos, program jsem použil opět pro výpočet obývacího pokoje. V tomto programu bylo také možné zadat pouze místnost ve tvaru krychle nebo kvádra, proto je zde opět záměrně opomenut prostor kuchyně. Vstupní hodnoty pro výpočet návrhu teplovzdušného vytápění jsou tedy stejné jako v programu předchozím.

Rekapitulace zadání:

Projekt řeší vytápění zadané budovy.

Klimatické údaje:

Oblast:	Plzeň
Počet dnů otopného období:	243
Střední venkovní teplota:	3,3 °C
Výpočtová venkovní teplota T_e :	-15 °C
Teplota země pod podlahou:	5 °C

Provozní režim:

Počet provozních dnů za týden:	7
Počet provozních hodin za den:	24
Požadovaná vnitřní teplota T_i :	22 °C
Tlumená vnitřní teplota:	20 °C

Zdroje tepla:

Druh paliva:	zemní plyn
Cena:	9 CZK/m ³
Účinnost regulace:	1

Trvalé tepelné zisky:

Technologiemi:	0 kW
Jiným vytápěcím systémem:	0 kW
Ostatní:	0 kW

Pracovní podmínky:

Třída práce:	I
Poloha člověka:	sedící
Energetický výdej:	0 - 80 W/m ²
Tepelný odpor oděvu:	1 clo
Rychlost proudění vzduchu:	0 - 0,2 m/s
Relativní vlhkost vzduchu:	30 - 70 %
Výška dýchací zóny:	1.1 m

Sezení s mírnou aktivitou, uvolněné stání (kancelářské práce, práce v dozornách, šití, montáž malých lehkých dílců, jeřábníci).

Rozměry vytápěné budovy:

Typ střechy:	plochá střecha
Délka A:	8,69 m
Šířka B:	5,75 m
Výška H1:	2,52 m

Rozměry světlíku:

Typ světlíku:	Hala bez světlíku
---------------	-------------------

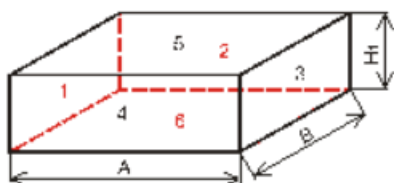
Objem budovy:	125,92 m ³
---------------	-----------------------

Obrázek 24 Návrh teplovzdušného vytápění programem Hermes: Zadané hodnoty

Rekapitulace výpočtu tepelných ztrát

Typ budovy:

Typ světlíku:



Parametry stavební konstrukce a stavebních otvorů

Stěna	Plocha [m ²]	Materiál	U [W/m ² K]	T _i [°C]	T _e [°C]	Ztráty konstrukcí [kW]
Stěna 1	14,49	0,27	0,00	22	-15	0
Stěna 2	21,9	0,27	0,00	22	-15	0
Stěna 3	14,49	0,27	0,00	22	-15	0
Stěna 4	21,9	0,27	0,00	22	-15	0
Střecha 5	49,97	0,15	0,00	22	-15	0
Podlaha 6	49,97	0,3	0,00	22	5	0

Stavební otvory

Stavební otvory: Stěna 1

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Počet	T _i [°C]	T _e [°C]	Ztráta [kW]
okno	0,79	2,1	1,2	1	22	-15	0,07

Stavební otvory: Stěna 2

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Počet	T _i [°C]	T _e [°C]	Ztráta [kW]
okno	0,79	2,1	2,6	1	22	-15	0,16
okno	0,79	1,2	1,2	1	22	-15	0,04

Stavební otvory: Stěna 3

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Počet	T _i [°C]	T _e [°C]	Ztráta [kW]
dveře vnitřní plné	2,00	1,97	1,65	1	22	-15	0,24

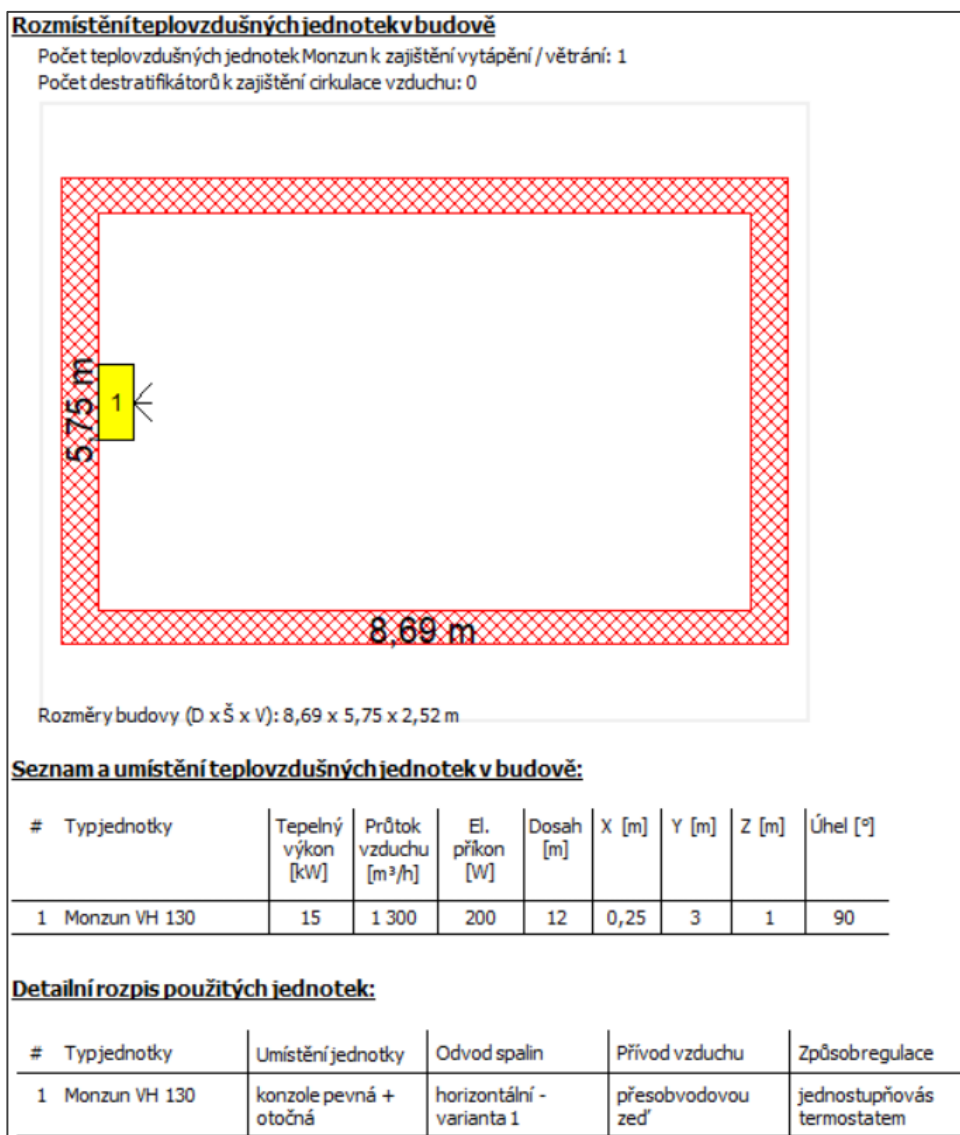
Stavební otvory: Stěna 4

Materiál	U [W/m ² K]	Výška [m]	Šířka [m]	Počet	T _i [°C]	T _e [°C]	Ztráta [kW]
okno	0,79	2,1	1,2	1	22	-15	0,07

Obrázek 25 Návrh teplovzdušného vytápění programem Hermes: Stavební konstrukce

Tepelné ztráty budovy:	Běžný provoz	Tlumený provoz
Tepelná ztráta prostupem a infiltrací:	1,22 kW	1,16 kW
Tepelná ztráta větráním:	0 kW	0 kW
Trvalé tepelné zisky: (infiltrace 0,63 kW)	0 kW	0 kW
Tepelná ztráta celkem:	1,22 kW	1,16 kW
Tepelné ztráty budovy byly určeny výpočtem.		
Celkový vytápěný objem:	125,92 m ³	
Potřebný topný výkon:	1,22 kW	
Cirkulační výkon:	629,59 m ³ /h	
Ventilační výkon (vytápění/větrání):	106,44 m ³ /h	
Provozní náklady:		
Denní náklady na vytápění (během otopného období):	13,- Kč	
Měsíční náklady na vytápění (během otopného období):	393,- Kč	
Celkové roční náklady na vytápění:	3 182,- Kč	

Obrázek 27 Návrh teplovzdušného vytápění programem Hermes: Tepelné ztráty budovy



Obrázek 26 Návrh teplovzdušného vytápění programem Hermes: Teplovzdušné jednotky

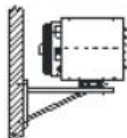
Legenda - detailní rozpis použitých jednotek

Způsob umístění jednotek:

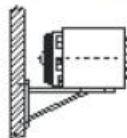
Agregáty MONZUN VH 130 až 700 lze připevnit na konzole, a to za čtyři závěsné body umístěné na spodním nebo horním panelu zařízení. Po nainstalování zařízení musí být zajištěn volný přívod vzduchu k ventilátoru.

Agregáty MONZUN VH 130 až 520 lze připevnit na otočnou konzoli, umožňující natočení zařízení při montáži o maximálně 20° na obě strany. Takto se agregát upevňuje pouze za závěsné body umístěné na spodním panelu. Po nainstalování zařízení musí být zajištěn volný přívod vzduchu k ventilátoru.

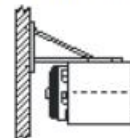
Konzole pevná + otočná:



Konzole pevná spodní:



Konzole pevná horní:



Způsob regulace:

Při snižování provozních nákladů hraje významnou roli regulace. Pro naše agregáty nabízíme 3 druhy regulace:
1stupňová regulace: Jednotky VH,CV - E s jednostupňovým výkonem pracují v režimu "zapnuto - vypnuto"
2stupňová regulace: Jednotky VH,CV - ED s dvoustupňovým výkonem pracují v režimu "max - min - vypnuto"
Modulovaná regulace: Jednotky VH,CV - EM s plynule modulovaným výkonem v rozsahu "max - min - vypnuto".

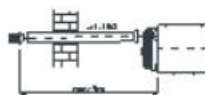
Odvod spalin:

Provedení a montáž spalinovodu musí respektovat normy ESN 73 4201 a ESN 73 4210 a TPG G 800 01. Spalinovod musí být zakončen volně v nezakryté pozici tak, aby vystupujícím spalinám nebyl kladen odpor a zároveň, aby spaliny nemohly vnikat okny zpět do objektu. Navržený spalinovod by měl minimalizovat tvorbu kondenzátu, avšak jeho provedení musí zabránit pronikání kondenzátu do odtahového ventilátoru.

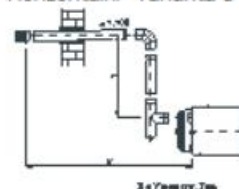
Horizontální - varianta 1



Horizontální - varianta 2



Horizontální - varianta 3



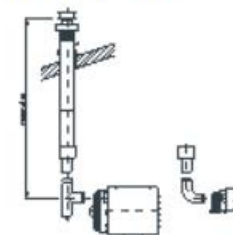
Horizontální koax. komín



Do střechy - var. 1



Do střechy - var. 2



Obrázek 28 Návrh teplovzdušného vytápění programem Hermes: Teplovzdušné jednotky detail

Z výpočtu vidíme, že pro vytápění místnosti je zapotřebí teplovzdušná jednotka o výkonu minimálně 1,22kW. Pro návrh rozmístění a realizaci odvodu spalin jsem musel zvolit teplovzdušnou jednotku Monzum VH130, která má výkon 15kW. Nemohl jsem zvolit jednotku menšího výkonu, protože ji program bohužel nenabízí, ale i tak vyšel výpočet velmi přijatelně. S jednotkou o výkonu 15kW jsou roční náklady na vytápění během topného období přibližně 3182Kč, což shledávám jako velice úsporné. Při vytápění celého objektu by bylo použito jedné centrální jednotky a v budově by byl zřízen rozvod teplého vzduchu pomocí

teplovzdušných kanálů. Teplovzdušné jednotky plynové, olejové nebo elektrické, nejsou běžnou variantou pro vytápění rodinných domů, ačkoli by jejich použití bylo vhodné.

4 Porovnání Kritériem 3E

Pojem kritérium 3E se používá ve více než jednom oboru a může mít i odlišný význam. Kritériem 3E se v kontextu této práce rozumí tři různé oblasti, které jsou v oboru elektrotechniky nejčastěji hodnoceny. Jedná se oblast energetickou, ekonomickou a ekologickou.

4.1 Energetické kritérium

Výpočet energetických ztrát byl proveden v online kalkulačce „Zelená úsporám“. Měrná roční spotřeba energie pro nezateplený modelový dům činí $71,9 \text{ kWh/m}^2$ s tepelnou ztrátou 2335 W. Energeticky i finančně by bylo výhodné, zateplit pouze obvodový plášť rodinného domu polystyrenem tloušťky 150 mm, protože strop i podlaha jsou již zatepleny. Přidání izolace do podlahy by bylo velice nákladné, neboť je u tohoto objektu zřízeno podlahové vytápění připojené k tepelnému čerpadlu země-voda. Navýšení izolace stropu by bylo také velice finančně nákladné a ke znatelnému snížení tepelných ztrát by nedošlo. Při zateplení obvodového pláště vyšla měrná tepelná spotřeba $52,19 \text{ kWh/m}^2$ a úspora tedy činí 28%. Objekt má nárok na dotaci v rámci části programu „A1“ celkové zateplení a dotace činí 1550 Kč/m^2 podlahové plochy, to je celkově 319 300 Kč.

V dnešní době jsou velice výhodné stavby nízkoenergetických budov. 60% veškeré spotřebované energie je použito k vytápění, a proto je dobré zvolit takový objekt, který je konstruovaný tak, aby se tepelné ztráty snížily. Jelikož jsou energetické zdroje omezené a jejich ceny neustále stoupají, je vhodnou alternativou stavba energeticky úsporného objektu, který je schopný využívat zdroje prostředí, jako je vzduch, voda, země nebo sluneční záření.^[34]

4.2 Ekonomické kritérium

Pro ekonomické kritérium jsou kromě nákladů na spotřebovanou energii důležité i další faktory:^[35]

- Pořizovací cena otopných systémů

- Účinnost otopných systémů a regulace
- Vedlejší náklady jako servis, revize, čištění
- Životnost otopných systémů

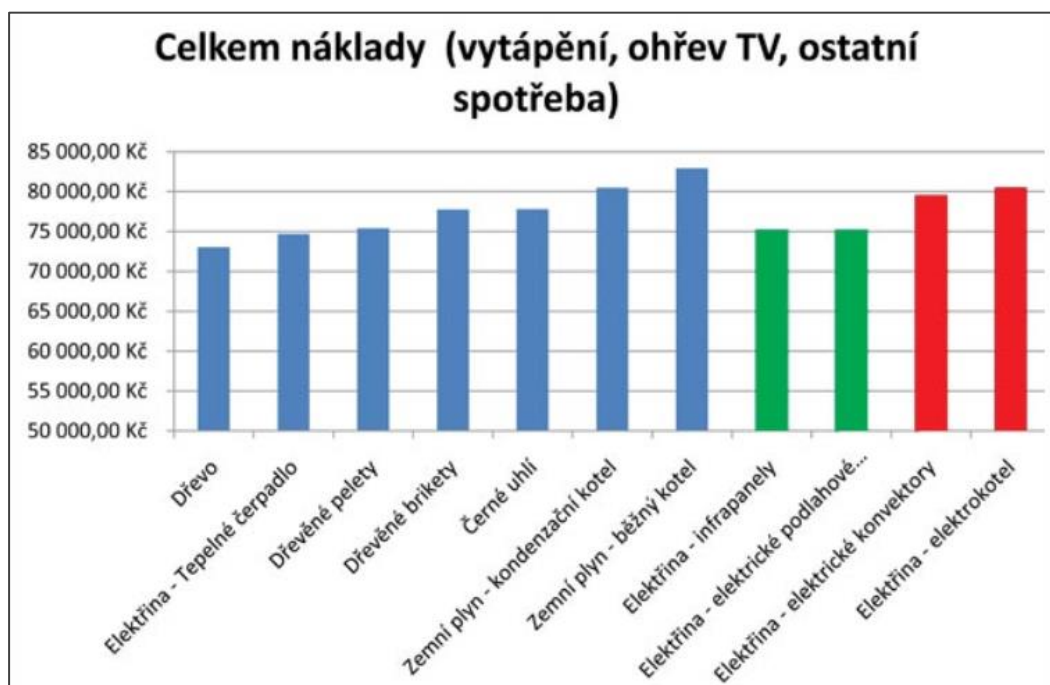
Jako pro příklad pro srovnání nákladů byl zvolen běžný dům s těmito parametry:^[34]

- Tepelná ztráta 5775 W
- Plocha 105 m²
- Celková roční spotřeba energie na vytápění 46.2 GJ/rok
- Měrná potřeba energie na vytápění 120 kWh/m².



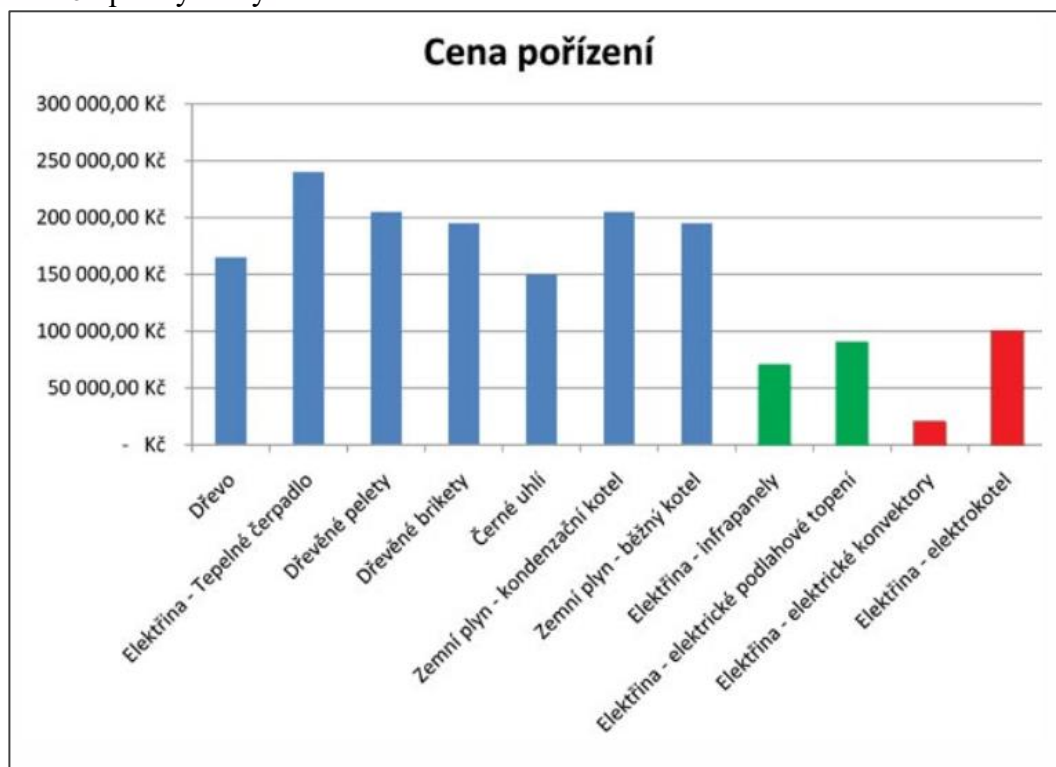
Obrázek 29 Graf ročních nákladů na vytápění běžného domu^[35]

V prvním grafu jsou znázorněny náklady na vytápění pro různé druhy energetických zdrojů. Můžeme zde vidět, že pokud nemáme zvýhodněný tarif, není elektrina jakožto zdroj energie pro vytápění výhodná. Výchozí hodnoty pro graf jsou udány v GJ/rok.^[35]



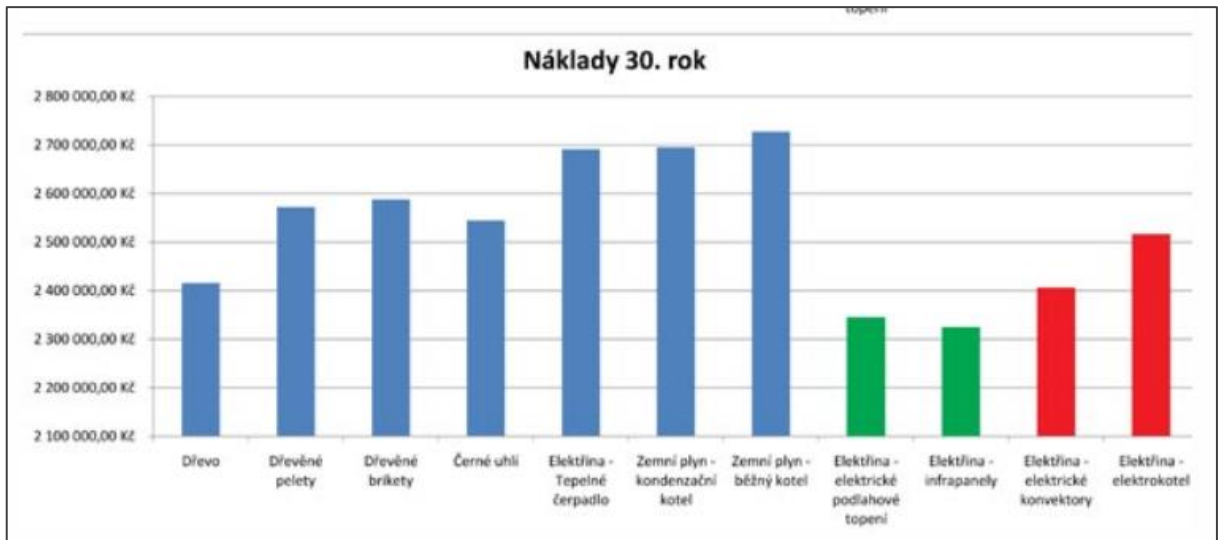
Obrázek 30 Graf celkových ročních nákladů (vytápění, ohřev TV, ostatní spotřeba) běžného domu^[35]

Zde jsou znázorněny celkové roční náklady za energii. V tom je zahrnuto vytápění, ohřev topné vody a jiné spotřebiče. Rozdíl oproti předchozímu grafu je také způsoben tím, že je zde již započítána dvoutarifní přímotopná sazba pro odběr elektrické energie. Pro přesnější srovnání je u neelektrických otopných systémů započítán tarif, jehož cena se blíží tarifu použitému pro elektrické otopné systémy.^[35]



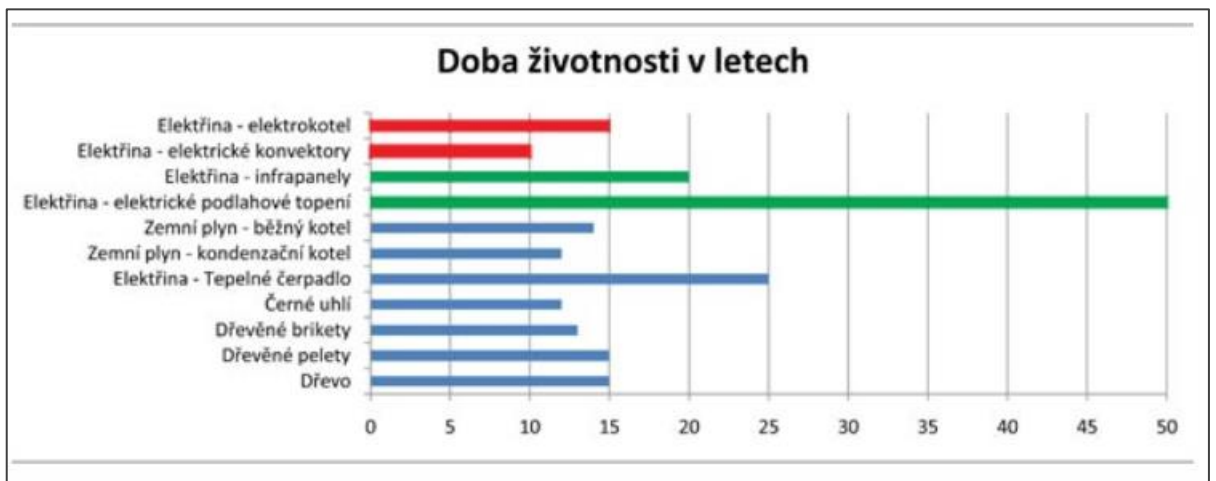
Obrázek 31 Graf pořizovacích cen otopného systému pro běžný dům^[35]

V grafu na Obrázku 31 můžeme vidět srovnání pořizovacích cen pro každý z vybraných elektrických i neelektrických otopných systémů. [35]



Obrázek 32 Graf celkových nákladů po 30 letech [35]

V grafu na obrázku 32 můžeme vidět celkové náklady jako na Obrázku 30, tentokrát však nejsou uvedeny částky za rok, ale za 30 let. [35]



Obrázek 33 Graf životnosti otopných systémů v rocích [35]

V posledním grafu je znázorněna životnost. Data pro tento graf byla získána vytvořením průměrné doby životnosti z údajů od různých zdrojů. Data se také vztahují na konkrétní typ otopného systému, na kterém je životnost vypočtena jakožto na příkladu. Například životnost elektrického podlahového topení byla vypočtena pro topné fólie Ecofilm a topné kabelové systémy Ecofloor při dodržování všech pokynů výrobce. [35]

V našem případě jsem porovnával vytápění plynovými sálavými infrapanely Helious a plynovou teplovzdušnou jednotkou Monzun. Roční náklady na vytápění obývacího pokoje infrapanelem Helious činily 4000Kč za rok a pro teplovzdušnou jednotku Monzun 3182Kč za rok. Výpočet roční spotřeby je však v těchto programech velice přibližný. Každý z těchto programů došel k jinému výsledku celkových tepelných ztrát i navzdory zadání stejných parametrů místnosti a stavebních otvorů a jejich tepelných součinitelů tepla.

4.3 Ekologické kritérium

Hledisko ekologické je velmi úzce spjato s kritériem energetickým a ekonomickým. Jelikož ekologie se zabývá ochranou životního prostředí, má toto kritérium za hlavní cíl optimalizovat spotřebu energie, jejíž získávání je pro životní prostředí zatěžující. I po snížení spotřeby energie například zateplením objektu, je energie, i když v menším množství, stále využívána. Proto se kromě snížení spotřeby hledí na to, aby zdroje, ze kterých energie pochází, byly pro životní prostředí co nejmenší zátěží.

Právě snížení spotřeby energie je cílem ekologického kritéria, ale zároveň i kritéria energetického, které hodnotí spotřebovanou energii, a kritéria ekonomického, které má za cíl co největší úsporu a toho se nejlépe dosáhne tím, že se sníží spotřeba energie. Proto převážně vychází z kritéria energetického a pokud dochází ke zlepšení energetického kritéria, ekologické kritérium se v závislosti na něm také zlepšuje.

Závěr

V této práci bylo nejprve nutné si objasnit pojem otopné systémy a pojem tepelná pohoda. Je zde zdůvodněno, proč je tepelná pohoda důležitá a jak zásadní může mít vliv na spotřebu energie pro vytápění objektu. Dále byly vysvětleny používané hodnotící metody tepelné pohody, tedy jak ji lze určit či změřit. Také jsem uvedl přehled různých faktorů, které mohou tepelnou pohodu ovlivňovat, a s vysvětlením proč a jak tepelnou pohodu ovlivňují.

Ve druhé části věnované elektrickým otopným systémům jsem uvedl mnou vybrané elektrické otopné systémy. V této části jsem hodnotil využití akumulčních kamen, přímotopů, elektrického podlahového vytápění, sálavých panelů, elektrických kotlů a tepelných čerpadel. Pro každý z nich jsem vysvětlil princip jejich činnosti a pokud se jednalo o elektrický otopný systém s různými podtypy, uvedl jsem onen princip jak obecně, tak pro dané podtypy zvlášť. Uvedl jsem pro každý typ nejvhodnější využití a poté jsem zhodnotil výhody a nevýhody, které každý z těchto elektrických otopných systémů přináší. V případě tepelných čerpadel jsem se věnoval samostatně nejen principu činnosti každého typu ale i jejich využití a zhodnocení výhod a nevýhod.

Třetí část práce jsem věnoval již konkrétnímu modelovému rodinnému domu, zhodnocení jeho tepelných ztrát a alternativních možností zateplení oproti stávajícímu, a návrhu jeho vytápění pro jednu zvolenou místnost dvěma způsoby, plynovými sálavými infrapanely a plynovou teplovzdušnou jednotkou. V úvodu této části je vložena veškerá potřebná dokumentace objektu, získaná od majitele rodinného domu. Poté následuje výpočet tepelných ztrát za pomoci online kalkulačky „Zelená úsporám“ pro zateplený a nezateplený dům. Postup práce s touto kalkulačkou je doložen průběžnými snímky a uvedením hodnot, které byly do programu zadány. Je zde také ukázáno, jak jsem k těmto vstupním hodnotám došel. Zde následuje podrobný popis programu Hefaistos, který byl použit pro návrh vytápění sálavými infrapanely. Postup jeho použití je rovněž zdokumentován průběžnými snímky a vysvětlením jednotlivých kroků. Jelikož tento program není vhodný pro návrh vytápění rodinného domu, slouží v této práci jen jako příklad pro ilustraci. Jako vhodnější variantu jsem zde navíc uvedl návrh elektrického sálavého vytápění, který je za těchto okolností vhodnou náhradou. Pro návrh teplovzdušného vytápění byl použit program Hermes. Postup práce je doložen stejně jako tomu bylo u obou předchozích výpočetních programů. Bohužel stejně jako program Hefaistos je program Hermes určen k jinému účelu než návrhu vytápění pro rodinný dům. Navíc je zde další

omezení, a to možnost zadat místnost pouze jednoduchého tvaru, tedy krychle nebo kvádr. Jelikož zvolená místnost pro výpočet má skutečný tvar písmena L, lze výsledky získané pomocí těchto programů brát pouze za účelem vytvoření přibližné představy.

Obsahem poslední části práce je zhodnocení a porovnání otopných systémů kritériem 3E. Nejprve jsem zhodnotil z hlediska energetického možné další zateplení modelového domu, přičemž jsem vycházel z výsledků kalkulačky „Zelená úsporám“. Došel jsem k závěru, že další zateplení podlahy a stropu by bylo nákladné, a rozdíl energetické náročnosti nově zatepleného objektu a objektu se stávajícím zateplením by byl minimální. Doporučil bych tedy pouze zateplení obvodového pláště. V rámci energetického kritéria jsem dále zhodnotil energetickou náročnost budov velmi obecně a krátce okomentoval současnou situaci energetických zdrojů vzhledem k jejich narůstající ceně způsobenou jejich vyčerpatelností. V kritériu ekonomickém jsem uvedl faktory, které ovlivňují spotřebu energie a vše jsem doložil grafy, které dokumentují finanční stránku otopných systémů od jejich pořízení, přes roční náklady i náklady v rámci 30 let, až po jejich životnost. Pro ekonomické kritérium jsem následně krátce zmínil spotřebu energie pro mnou zvolený modelový dům, přičemž jsem vycházel z vlastních výsledků kapitoly 3. Jelikož ekologické kritérium vychází z dvou předešlých, vysvětlil jsem vztahy mezi ekologickým kritériem a dvěma dalšími kritérii a zmínil, že toto kritérium se na rozdíl od zbývajících dvou snaží docílit užívání alternativních zdrojů energie za účelem ochrany životního prostředí.

Seznam literatury a informačních zdrojů

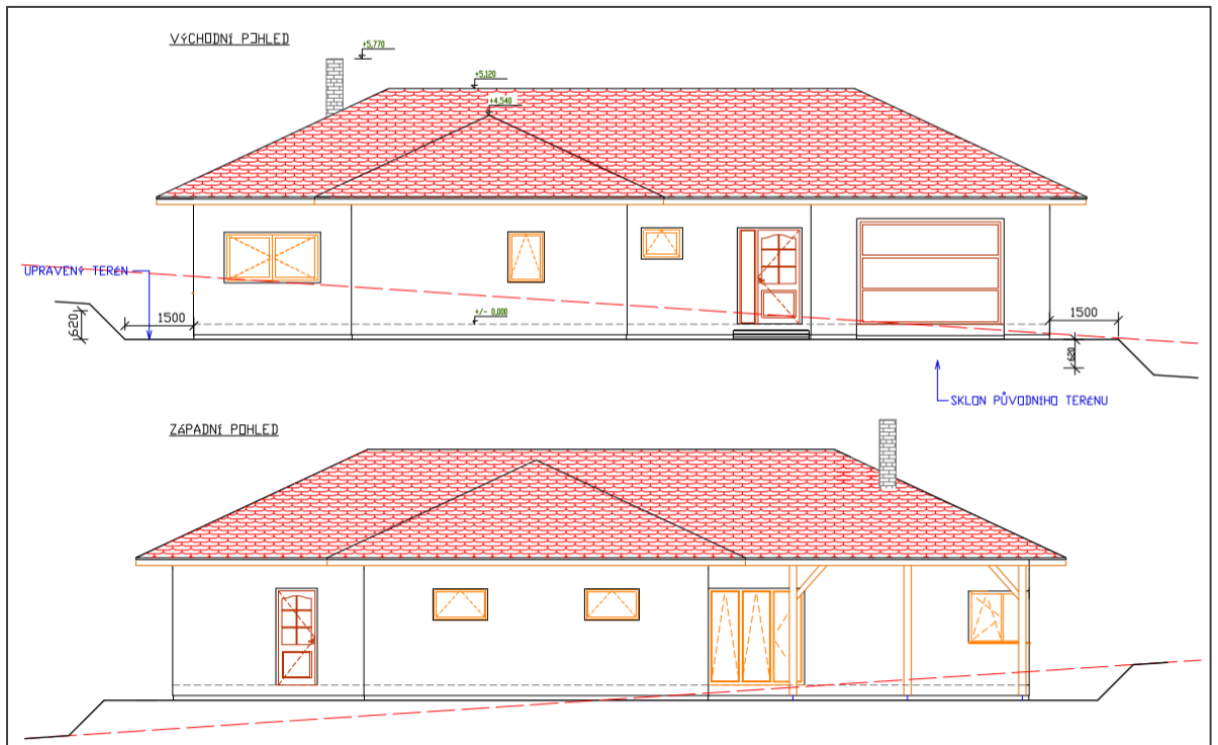
- [1] KÁCLÍK, Jan. *Úsporné vykurovanie budov*. 2. vydání. Bratislava: Alfa, 1987.
- [2] Tepelná pohoda a nepohoda. *Tbz info* [online]. Ing. Lada Centnerová, Poslední změna 13.12.2000. [cit. 10.3.2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [3] Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu. *Tbz info* [online]. Ing. Hana Doležilková, Ph.D., Poslední změna 17.5.2010. [cit. 10.3.2020]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- [4] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005. ISBN 80-8076-020-9.
- [5] Princip akumulčního vytápění *Fenix* [online]. Poslední změna 19.2.2018. [cit. 20.3.2020]. Dostupné z: https://www.fenixgroup.cz/sites/default/files/01_cz_princip_akumulacniho_vytapeni.pdf
- [6] Jak fungují akumulční kamna a kam se hodí. *Bydlení pro každého vytápění a klimatizace* [online]. Poslední změna 15.9.2019. [cit. 20.3.2020]. Dostupné z: <https://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/krby-kamna-kominy/jak-funguji-akumulacni-kamna-a-kam-se-hodi.php>
- [7] Přímotopy. *Přímotopy.eu* [online]. Poslední změna 27.1.2020. [cit. 10.4.2020]. Dostupné z: <https://www.primotopy.eu/primotopy-teorie-a88>
- [8] *ManoMano* [online]. [cit. 10.4.2020]. Dostupné z: https://cdn.manomano.com/convecteur-electrique-multiforme-f18-P-362751-1697563_1.jpg
- [9] Elektrické podlahové vytápění patří do energeticky úsporných staveb. *iDNES* [online]. Poslední změna 10.1.2013. [cit. 11.4.2020]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/bydleni/energie/podlahove-vytapeni.A130108_093823_uspory-energie_rez
- [10] Jak funguje elektrické podlahové vytápění. *Kutil elektrika* [online]. Poslední změna 22.6.2017. [cit. 5.5.2020]. Dostupné z: <https://kutil.elektrika.cz/jaky-material/elektricke-podlahove-topeni>
- [11] Jak na topné kabely. *elektrické podlahové topení* [online]. [cit. 12.6.2020]. Dostupné z: <https://www.podlahove-topeni.eu/jak-na-to-a1/jak-na-topne-kabely-a18/>
- [12] Princip a výhody sálavého vytápění. *TermoWatt* [online]. Poslední změna 23.5.2019. [cit. 12.5.2020]. Dostupné z: <http://www.termowatt.cz/Infrapanely/Infrapanely-princip.aspx>
- [13] Co je to elektrokotel, jak funguje, výhody a nevýhody. *A koupelny a topení* [online]. [cit. 14.5.2020]. Dostupné z: <https://www.akoupelnyatopeni.cz/clanky/co-je-to-elektrokotel-jak-funguje-vyhody-a-nevyhody>
- [14] Princip tepelných čerpadel. *IVT tepelná čerpadla* [online]. Poslední změna 16.11.2017. [cit. 14.5.2020]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20190815000000*/https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/princip-tepelnych-čerpadel
- [15] Chladiva používané v tepelných čerpadlech. *Tbz info* [online]. Ing. Robert Krainer, Ph.D., Ing. Jiří Duda Poslední změna 4.5.2015. [cit. 14.5.2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelných-čerpadlech>

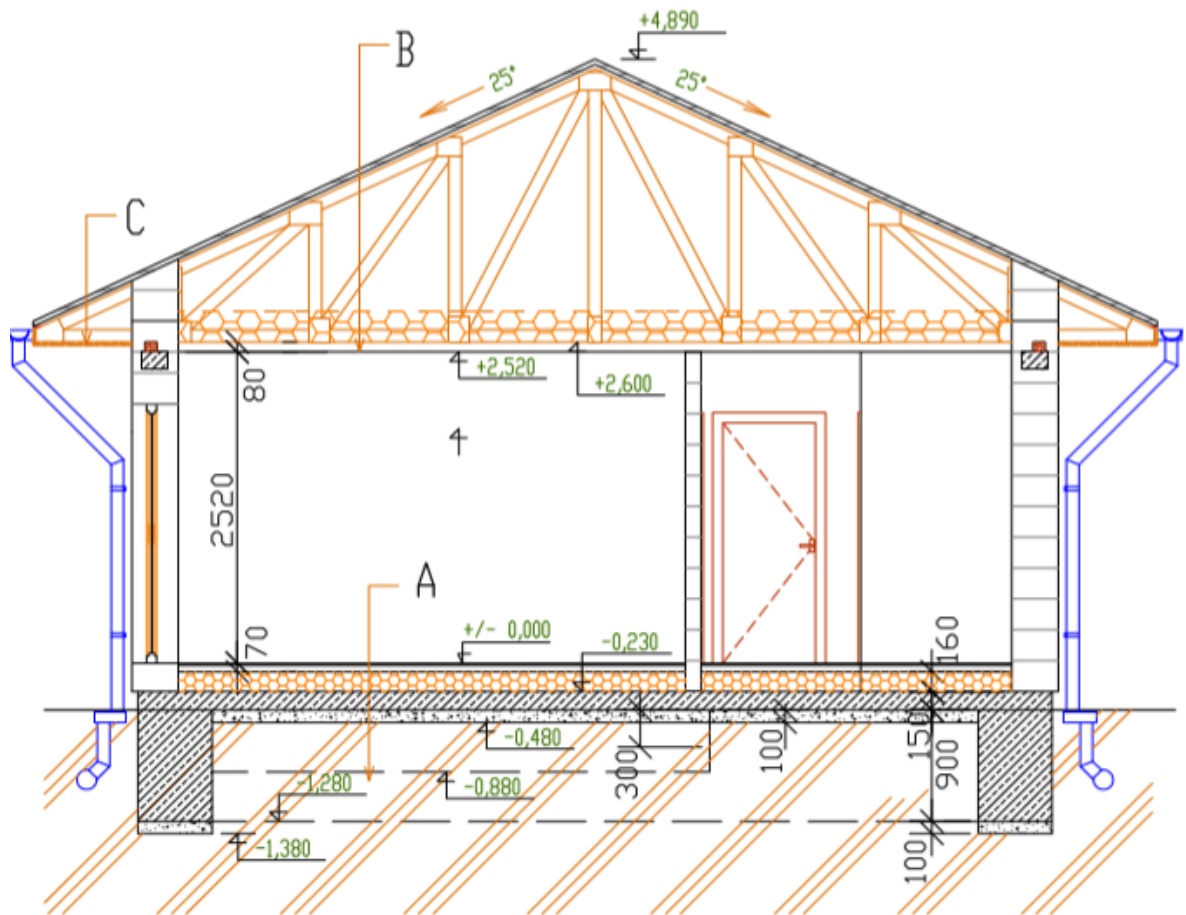
- [16] Princip tepelného čerpadla. *Abeceda cerpadel* [online]. Poslední změna 28.9.2017. [cit. 14.5.2020]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpada>
- [17] Tepelná čerpadla voda/voda-podzemní voda. *Solarenavi* [online]. Poslední změna 9.7.2017. [cit. 14.5.2020]. Dostupné z: <https://www.solarenavi.cz/a-48-tepelna-cerpada-voda-voda-podzemni-voda.html>
- [18] Tepelné čerpadlo země/voda princip. *Abeceda cerpadel* [online]. Poslední změna 26.10.2017. [cit. 14.5.2020]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [19] Tepelné čerpadlo země/voda. *viessmann* [online]. Poslední změna 25.2.2019. [cit. 15.5.2020]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170701000000*/https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/tepelna-cerpada/tepelna-cerpada-zemevoda.html
- [20] Základní zásady návrhu plošného zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo země/voda *Tbz info* [online]. Ján Kaleta, Aleš Kiswa Poslední změna 29.7.2013. [cit. 15.5.2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpada/10178-zakladni-zasady-navrhu-plosneho-zemniho-kolektoru-pro-tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- [21] Tepelné čerpadlo země-voda: Vyplatí se? *nazeleno* [online]. Redakce Nazeleno.cz Poslední změna 3.8.2010. [cit. 15.5.2020]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/tepelna-cerpada/tepelne-cerpadlo-zeme-voda-vyplati-se.aspx>
- [22] Teplo z přírody *tbz info* [online]. VISSMANN, spol. s r.o. Poslední změna 23.2.2011. [cit. 16.5.2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpada/7173-teplo-z-prirody>
- [23] Tepelné čerpadlo voda/voda princip. *Abeceda cerpadel* [online]. Poslední změna 12.11.2016. [cit. 16.5.2020]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170701000000*/https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda
- [24] Voda/voda (studny). *IVT tepelná čerpadla* [online]. Poslední změna 16.6.2017. [cit. 17.5.2020]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170701000000*/https://www.cerpada-ivt.cz/cz/tepelna-cerpada-voda-voda-studny
- [25] Tepelné čerpadlo vzduch/voda princip. *Abeceda cerpadel* [online]. Poslední změna 22.8.2017. [cit. 17.5.2020]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170701000000*/https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda
- [26] Instalace tepelného čerpadla vzduch-voda do starého domu. *Eurosystemy* [online]. Poslední změna 27.2.2016. [cit. 17.5.2020]. Dostupné z: <https://www.eurosystemy.cz/tepelna-cerpada/novinky/instalace-tepelneho-cerpada-vzduch-voda-do-stareho-domu-56/>
- [27] Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch princip. *Abeceda cerpadel* [online]. Poslední změna 8.10.2017. [cit. 18.5.2020]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20170701000000*/https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch
- [28] Jak nákladné je tepelné čerpadlo vzduch-vzduch. *E.ON Rádce* [online]. Poslední změna 24.12.2019. [cit. 18.5.2020]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/tepelne-cerpadlo-vzduch-vzduch>

- [29] Vzduch/vzduch. *IVT tepelná čerpadla* [online]. Poslední změna 28.6.2019. [cit. 1.6.2020]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [30] Tepelná čerpadla vzduch-vzduch a vzduch-voda: jak fungují a kam se hodí. *Lupa* [online]. Buhumil Herwig. Poslední změna 24.8.2013. [cit. 1.6.2020]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch-a-vzduch-voda-jak-funguji-a-kam-se-hodi/>
- [31] PINKAS, Petr. *Hefaistos* [počítačový program]. Ver. 6.2 FX. 2012. [cit. 20.5.2020]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/ke-stazeni/programy>
- [32] Umístění infratopení v místnosti, doporučená řešení, výhody a nevýhody různých pozic infrapanelů. *Wellina infrared heating* [online]. Poslední změna 25.1.2018. [cit. 1.6.2020]. Dostupné z: <https://www.usby.cz/o-infratopeni-wellina-vyhody-nevyhody-princip-zapojeni-umisteni-regulace-pouziti/umisteni-infrapanelu-v-mistnosti-stena-strop-popis/>
- [33] Výpočet výkonu topení pro domy a byty *JOTO Elektrické vytápění a ohřev* [online]. Poslední změna 29.8.2015. [cit. 1.6.2020]. Dostupné z: <https://www.tepelnezarice.cz/vypocet-vykonu-topeni>
- [34] Proč si postavit nízkoenergetický zděný dům. *České stavby* [online]. Petr Pojar. Poslední změna 27.10.2016. [cit. 1.6.2020]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/proc-si-postavit-nizkoenergeticky-zdeny-dum-24935.html>
- [35] Provozní náklady topných systémů. *Elektrické-topení* [online]. Poslední změna 26.2.2020. [cit. 1.6.2020]. Dostupné z: https://www.elektricke-topeni.cz/12,0,Provozni-naklady-a-energeticka-narocnost.html?p=p_12#Provozni_naklady_topnych_systemu

Přílohy

Příloha – Projektová dokumentace rodinného modelového domu





LEGENDA:

A

- pochozí vrstva (dlažba; PVC)
- anhydrit tl.50mm
- systémová deska podlahového topení
- Styrotherm Plus 100 tl.120mm
- (celková tl.tepizolace 160mm)
- Foaibit Al S 40 + Hydrobit V 60 S 35
- penetrační nátěr penetral ALP
- podkladní beton tl.150mm
- hutněný štěrkový podsyp fr.16/32mm
- rostlý terén / hutněný násyp (0,24MPa)

A - garáž

- pochozí vrstva (dlažba; PVC)
- betonová mazanina tl.70mm
- Styrotherm Plus 100 tl.80mm
- Foaibit Al S 40 + Hydrobit V 60 S 35
- penetrační nátěr penetral ALP
- podkladní beton tl.150mm
- hutněný štěrkový podsyp fr.16/32mm
- rostlý terén / hutněný násyp (0,24MPa)

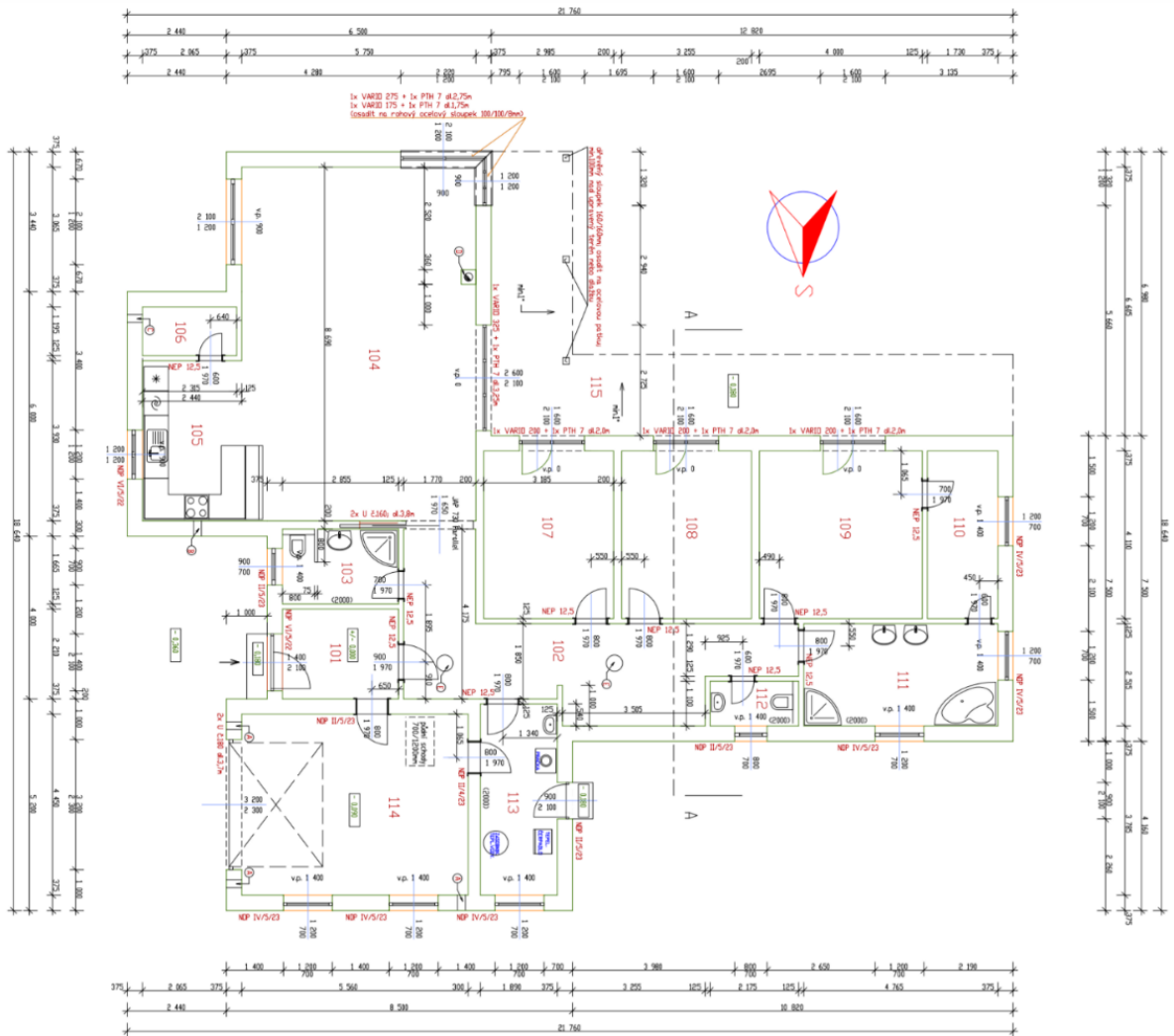
B

- skládaná pálená krytina
- latě a kontralatě 40/50mm
- pojistná folie
- nosná vazníková konstrukce
- volný větraný prostor
- foukaná tepelná izolace (minerální) tl. min.250mm
- parotěsná folie
- pohled z SDK tl.12,5mm na ocelovém roštu

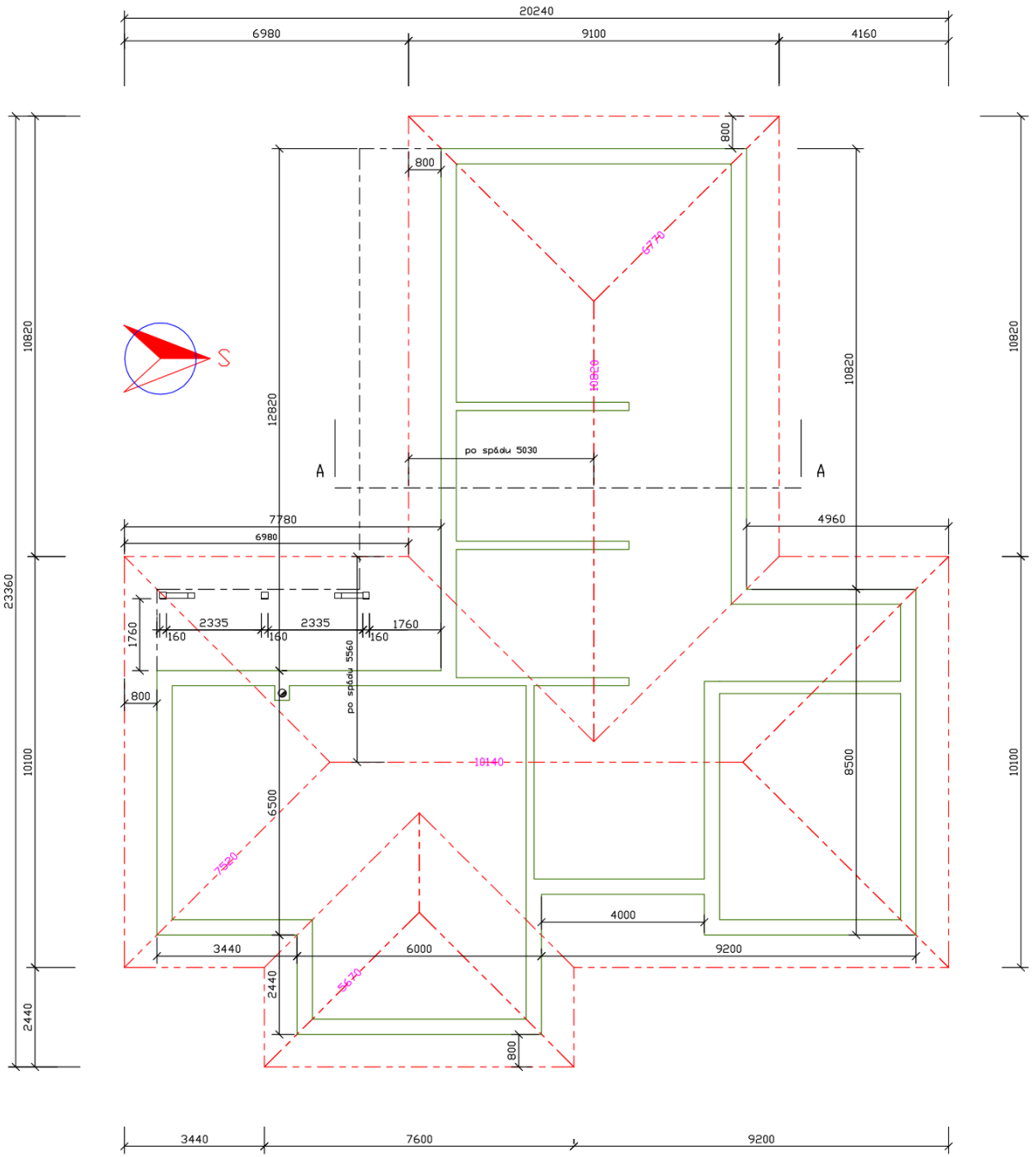
C

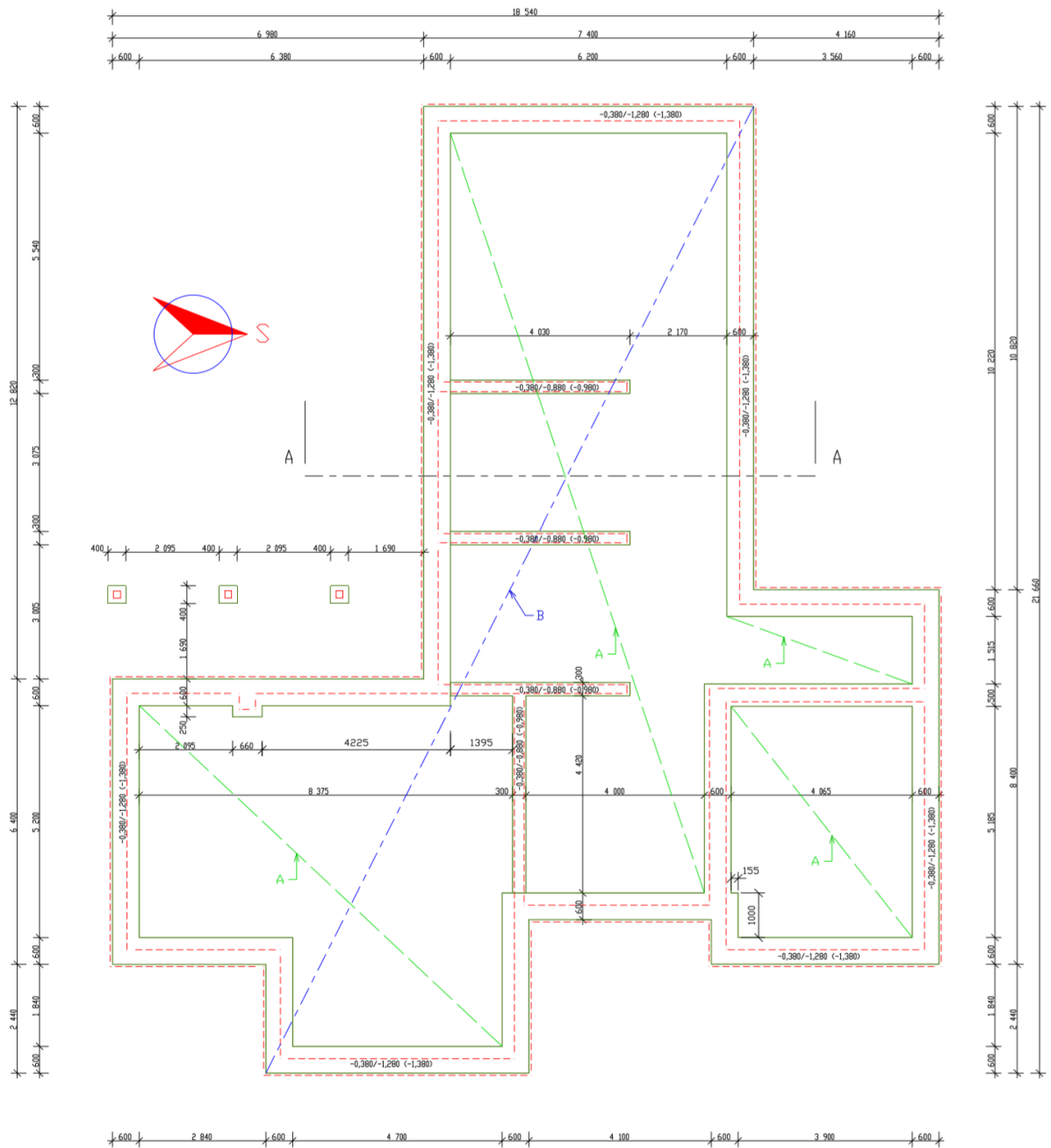
- skládaná pálená krytina
- latě a kontralatě 40/50mm
- pojistná folie
- nosná vazníková konstrukce
- volný větraný prostor
- palubky





- A - odvětrání garáže DN 100mmj 1x150mm pod stropem a 1x nad čpodlahou
vyvést na fasádu; kryt mřížkou s integr.sítem proti hmyzu
 - B - odvětrání digestoře; DN 110mmj; vyvést na fasádu; kryt
lanelanl proti povětrnosti s inegrovanou mřížkou proti hmyzu
 - C - odvětrání spíže DN 50mmj 150 pod stropem
a nad čpodlahou; vyvést na fasádu; kryt mřížkou proti hmyzu
 - D - tříšištkový konín; DN konína a přivětrání spalovacího
vzduchu zvolit dle tepelného spotřebiče
 - E - světlovod; upřednostnit tepelně izolovaný
- Překlady Vario od délky 2m spřáhnout s věncem.
 Železobetonové ztužující věnce provést na nosném zděvu
 z betonu tř.C16/20 (B20);
 podélná výztuž 4x R10; u rohového okna přidat při horním
 a dolním lici 2x R12 s přesahem nad zděvo min.0,5m;
 smyková výztuž z R6 á 200mm





LEGENDA:

- základy provést z vibr.betonu B15(C12/15)
- v případě jílového podloží nedávat pod pasy štěrkový podsyp
- ztuhit základovou spáru a tuto předat písemně TDI
- základovou spáru chránit před rozmocněním a promrznutím
- podkladní beton chránit dle všeobecně platných zásad
- zhotovit prostupy pro energie dle přísl.části projektové dokumentace

A - štěrkové lože pod deskou -0,380/-0,480

B - podkladní beton z C12/15 -0,230/-0,380

- podkladní beton vyztužit kari sítí 100/100/6mm; uložit při spodním lici s krytím cca 30mm; síta překládat za 1 oko vzájemně a 1,5 oka nad obv.základový pas

Dodržet založení v nezámrné hloubce 900 - 1000mm od upraveného terénu.
Zakládat v rostlém terénu.