



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

NÁVRH SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU

DESIGN OF AN APARTMENT BUILDING HEATING SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Filip Kaša

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karolína Vyhlídalová, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov
Student: **Bc. Filip Kaša**
Vedoucí práce: **Ing. Karolína Vyhlídalová, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

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

Návrh systému vytápění bytového domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení zadaného tématu z oblasti TZB za využití literární rešerše, zpracování variantního technického návrhu řešení zadané části specializace systému TZB a dílčího úkolu ze zadaného tématu řešeného experimentálními nebo teoretickými prostředky, příp. prováděcí projektu.

Cíle a výstupy diplomové práce:

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení (podíl 20 %)

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní 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.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení (podíl 40 %)

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Dílčí úkol ze zadaného tématu (podíl 40%) zpracovaný teoretickými či experimentálními metodami, příp. prováděcí projekt zadané profese. Konkrétní náplň stanoví vedoucí

Seznam doporučené literatury a podklady:

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 17. 3. 2023

L. S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Karolína Vyhliďalová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce si klade za cíl navrhnout vytápění a ohřev teplé vody ve dvou variantách pro novostavbu bytového domu v Novém Městě na Moravě. Objekt má jedno podzemní podlaží a čtyři nadzemní podlaží. Vytápění je navrženo v nadzemních podlažích, ve kterých se nachází bytové prostory. v podzemním podlaží se s vytápěním neuvažuje. Sdílení tepla do prostoru zajišťují desková otopná tělesa a trubková otopná tělesa. Soustava je navržena v měděném potrubí, jako teplovodní dvoutrubková s tepelný spádem 50/40 °C. Zdrojem soustavy pro vytápění je plynový kondenzační kotel. Ohřev teplé vody je řešen ve dvou variantách. První varianta uvažuje ohřev teplé vody za pomoci plynového kondenzačního kotle. Druhá varianta pracuje s primárním ohřevem teplé vody přes termické kolektory umístěné na šikmé střeše objektu a dohřev za pomoci plynového kondenzačního kotle. Na variantu s termickými kolektory je zpracována simulace, která porovnává primárně trubkové, a částečně i ploché kolektory od jednotlivých výrobců, kteří jsou uvedeni v seznamu Zelená úsporám 2023.

KLÍČOVÁ SLOVA

vytápění, měděné rozvody, bytový objekt, plynový kondenzační kotel, solární soustava, ohřev teplé vody, solární ohřev teplé vody, srovnání trubkových kolektorů, solární kolektory

ABSTRACT

The master's thesis aims to design heating and hot water supply in two variants for a new residential building in Nové Město na Moravě. The building consists of one underground floor and four above-ground floors. The heating system is designed for the above-ground floors, where residential spaces are located. Heating is not considered in the underground floor. Heat distribution to the spaces is ensured by panel radiators and pipe heating elements. The system is designed with copper piping as a hot water two-pipe system with a thermal gradient of 50/40 °C. The heating system is powered by a gas condensing boiler. Hot water supply is addressed in two variants. The first variant considers heating hot water using a gas condensing boiler. The second variant involves primary hot water heating through thermal collectors located on the sloped roof of the building, with additional heating provided by a gas condensing boiler. a simulation is conducted for the variant with thermal collectors, comparing primarily tubular and partially flat collectors from various manufacturers listed in Zelená úsporám 2023 catalog.

KEYWORDS

heating, copper piping, residential building, gas condensing boiler, solar system, hot water supply, solar hot water heating, comparison of tubular collectors, solar collectors

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KAŠA, Filip. *Návrh systému vytápění bytového domu*. Brno, 2024. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí Ing. Karolína Vyhlídalová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh systému vytápění bytového domu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2024

Bc. Filip Kaša
autor

Poděkování:

Velké poděkování patří mé vedoucí Ing. Karolíně Vyhlídalové Ph.D. za odborné vedení, její přátelský přístup a rychlost řešení problémů, ale i za její trpělivost při velmi podrobném vysvětlování dané problematiky. Dále mé velké poděkování patří mé rodině, která mi umožnila a pomohla úspěšně dokončit toto studium. Poděkování patří i přátelům a mé přítelkyni, kteří mě podporovali při cestě studiem. a nakonec bych chtěl poděkovat i svým kolegům/spolužákům, bez kterých bych se tak daleko asi nedostal. Děkuji!

Obsah:

A.	Teoretická část	17
A.1.	Úvod	19
A.2.	Historie	20
A.2.1	Plochý solární kolektor	20
A.2.2	Vakuová solární trubice	20
A.2.3	Spektrálně selektivní vrstva	21
A.2.4	Vývoj na našem území	21
A.3.	Charakteristické parametry solárních soustav	22
A.3.1	Využití tepelné zisky	22
A.3.2	Roční úspora energie	23
A.3.3	Měrné využití tepelné zisky solární soustavy	23
A.3.4	Dodatková energie	23
A.3.5	Solární pokrytí, solární podíl	24
A.3.6	Provozní účinnost solární soustavy	24
A.3.7	Pomocná elektrická energie pro pohon soustavy	24
A.3.8	Výkonové číslo (COP)	25
A.4.	Solární příprava teplé vody	25
A.4.1	Solární soustavy pro ohřev vody podle plochy:	26
A.4.2	Solární soustavy pro ohřev vody podle teplotnosné látky:	29
A.4.3	Solární soustavy pro ohřev vody podle průtoku solárními kolektory:	32
A.5.	Typy solárních kolektorů	33
A.5.1	Kapalinové kolektory	33
A.5.2	Vzduchové kolektory	41
B.	Projektová část	43
B.1.	Analýza objektu	45
B.1.1	Analýza objektu	46
B.1.2	Koncepce vytápění objektu	47
B.2.	Výpočet tepelných ztrát	47
B.2.1	Výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla	47
B.2.2	Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností	48
B.3.	Energetický štítek obálky budovy	55

B.4.	Návrh otopných těles	59
B.4.1	Návrh otopných těles a jejich výkonu	59
B.4.2	Specifikace otopných těles a jejich prvků.....	60
B.5.	Návrh přípravy teplé vody	66
B.5.1	Stanovení potřeby teplé vody za periodu 24 hodin V_{2P}	66
B.5.2	Stanovení potřeby tepla pro ohřev teplé vody	66
B.5.3	Odhadovaná potřeba tepla na přípravu teplé vody během dne.....	67
B.5.4	Zásobníkový ohřev vody.....	68
B.6.	Návrh zdroje tepla.....	69
B.6.1	Požadovaný výkon zdroje pro vytápěný objekt s přípravou teplé vody	69
B.6.2	Návrh odvodu spalin	70
B.6.3	Návrh neutralizačního boxu na kondenzát.....	70
B.7.	Dimenzování a hydraulické posouzení otopné soustavy	71
B.8.	Dilatace potrubí.....	74
B.9.	Návrh oběhových čerpadel.....	75
B.10.	Návrh zabezpečovacích zařízení	76
B.10.1	Návrh expanzní nádoby:	76
B.10.2	Návrh pojistného ventilu.....	79
B.11.	Návrh tepelné izolace potrubí.....	81
B.12.	Návrh výše nspecifikovaných zařízení	82
B.12.1	Trojcestný směšovací ventil	82
B.12.2	Vyvažovací ventil.....	83
B.12.3	Návrh měřiče tepla	85
B.13.	Roční spotřeba energie a paliva	86
B.13.1	Roční spotřeba tepla pro ohřev teplé vody	86
B.13.2	Roční spotřeba tepla pro vytápění.....	87
B.13.3	Roční spotřeba paliva.....	87
C.	Simulace a návrh solárního systému pro ohřev teplé vody	89
C.1.	SIMULACE.....	91
C.1.1	Návrh zásobníkového ohříváče	91
C.1.2	Vstupní údaje.....	92
C.1.3	Základní parametry solárních kolektorů	93

C.1.4	Simulační model.....	98
C.1.5	Schéma energetické bilance modelu	99
C.2.	Jednotlivé výstupy	100
C.2.1	Celková energie přijata kolektorem ze slunečního záření (1)	101
C.2.2	Celkové ztráty energie kolektoru (1.1 ; 1.2).....	101
C.2.3	Čistá energie předána z kolektoru do solárního okruhu (2).....	103
C.2.4	Tepelné ztráty solárním okruhem (2.5 ; 2.6)	104
C.2.5	Energie dodaná do nádrže (2.1).....	105
C.2.6	Tepelné ztráty zásobníkem teplé vody (3.1).....	106
C.2.7	Tepelné ztráty rozvody teplé vody (3.2).....	107
C.2.8	Solární příspěvek pro ohřev teplé vody	108
C.2.9	Efektivita systému	109
C.2.10	Pomocná energie ze sekundárního zdroje (6.1).....	110
C.2.11	Výsledná bilance pokrytí potřeby teplé vody	111
C.2.12	Měrný využitelný zisk solárního systému	112
C.2.13	Ušetřené emise	113
C.2.14	Cena solárních kolektorů	114
C.2.15	Roční finanční úspory za ohřev teplé vody	115
C.2.16	Tabulkový výstup toků energie v solárním okruhu.....	116
C.3.	Vyhodnocení	117
C.3.1	Hlavní kritéria.....	117
C.3.2	Hodnocení.....	118
C.3.3	Závěr hodnocení.....	118
C.4.	Návrh solárního systému na ohřev teplé vody VAR 2	119
C.4.1	Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí solárního okruhu.....	119
C.4.2	Návrh čerpadla solárního okruhu	119
C.4.3	Návrh expanzní nádoby	120
C.5.	Ekonomické zhodnocení investice do solární soustavy	122
C.5.1	Výpočet jednotlivých položek.....	122
C.5.2	Ekonomická efektivnost realizace.....	123
D.	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	125
D.1.	Základní informace.....	127
D.1.1	Konstrukční řešení	127

D.1.2	Popis provozu	128
D.1.3	Podklady pro zpracování projektu.....	128
D.1.4	Rozsah projektu.....	128
D.2.	Tepelné ztráty a potřeba tepla	128
D.2.1	Klimatické podmínky v místě stavby.....	128
D.2.2	Vnitřní návrhové podmínky.....	128
D.2.3	Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí	128
D.2.4	Tepelné ztráty budovy.....	129
D.2.5	Požadovaný tepelný výkon	129
D.2.6	Spotřeba energie/paliva pro vytápění a ohřev teplé vody.....	129
D.2.7	Parametry teplonosné látky.....	130
D.3.	Zdroj tepla	130
D.3.1	Odkouření	130
D.3.2	Větrání technické místnosti	130
D.3.3	Zabezpečovací zařízení	131
D.3.4	Odvod kondenzátu.....	131
D.4.	Otopná soustava	131
D.4.1	Popis otopné soustavy	131
D.4.2	Oběhové čerpadlo.....	132
D.4.3	Armatury a zařízení.....	132
D.4.4	Napouštění a vypouštění soustavy	132
D.4.5	Tepelná izolace.....	132
D.4.6	Otopná tělesa	132
D.4.7	Měření a regulace otopné soustavy	133
D.4.8	Zabezpečovací zařízení.....	133
D.5.	Ohřev teplé vody (VAR 1)	133
D.5.1	Popis ohřevu teplé vody.....	133
D.5.2	Oběhové čerpadlo.....	133
D.5.3	Armatury a zařízení.....	133
D.5.4	Napouštění a vypouštění soustavy	134
D.5.5	Tepelná izolace.....	134
D.5.6	Měření a regulace otopné soustavy	134
D.5.7	Zabezpečovací zařízení.....	134
D.6.	Ohřev teplé vody (VAR 2)	135

D.6.1	Popis ohřevu teplé vody.....	135
D.6.2	Oběhové čerpadlo.....	135
D.6.3	Armatury a zařízení.....	135
D.6.4	Napouštění a vypouštění soustavy	136
D.6.5	Tepelná izolace.....	136
D.6.6	Měření a regulace otopné soustavy	136
D.6.7	Zabezpečovací zařízení	136
D.7.	Požadavky na profese	137
D.7.1	Stavební práce	137
D.7.2	Zdravotechnika.....	137
D.7.3	Plynoinstalace.....	137
D.7.4	Elektroinstalace	137
D.8.	Montáž a uvedení do provozu.....	137
D.8.1	Zdroj tepla.....	138
D.8.2	Otopná soustava	138
D.8.3	Zkoušky	138
D.9.	Obsluha a ovládání.....	139
D.9.1	Ochrana životního prostředí	139
D.9.2	Hospodaření s odpady.....	139
D.9.3	Bezpečnosti při realizaci	139
D.9.4	Požární ochrana	140
Závěr	.....	141
Software	.....	146
Použité normy a předpisy	.....	147
Seznam obrázků	.....	148
Seznam tabulek	.....	150
Seznam grafů	.....	151
Přílohy	.....	152

Úvod

Ve své diplomové práci se zabývám návrhem vytápění a ohřevu teplé vody ve dvou variantách pro novostavbu bytového domu v Novém Městě na Moravě. Cílem práce je navrhnout teplovodní soustavu, která bude pokrývat tepelné ztráty objektu a tím tak vytvoří tepelnou pohodu prostředí a návrhu ohřevu teplé vody ve dvou variantách. První varianta uvažuje s ohřevem teplé vody pomocí plynového kondenzačního kotle, který je zároveň hlavní zdroj otopné soustavy. Ve druhé variantě je návrh doplněn o solární soustavu. Pro distribuci tepla jsou použity měděné trubky, které dopravují teplosměnnou látku do deskových otopných těles a trubkových otopných těles. Práce je dělena na čtyři části: teoretická část, projektová část, simulace a návrh solárního systému pro ohřev teplé vody a technická zpráva.

První teoretická část se zabývá seznámením a popisem solárních soustav.

Druhá projektová část obsahuje výpočet součinitelů prostupů tepla konstrukcemi, otvory a dveřmi, tepelných ztrát budovy, energetický štítek budovy, návrh otopných těles, návrh první varianty přípravy teplé vody, návrh zdroje tepla, návrh odvodu spalin od zdroje, návrh neutralizačního boxu, dimenzování a hydraulické posouzení soustavy, izolace potrubí, návrh vyvažovacích ventilů, návrh třicestného ventilu, návrh oběhových čerpadel, návrh zabezpečovacího zařízení, návrh měřiče tepla, výpočet roční spotřeby tepla a paliva pro vytápění a ohřev teplé vody (VAR 1).

Třetí část se zabývá porovnáním primárně trubkových solárních kolektorů od jednotlivých výrobců, kteří jsou uvedeni v seznamu Zelená úsporám 2023. Vyhodnocení jednotlivých parametrů a výběr nejvhodnější varianty, která je poté navrhována do projektu jako primární zdroj ohřevu teplé vody (VAR 2). Návrh obsahuje dimenzování a hydraulické posouzení solárního okruhu, návrh čerpadla solárního okruhu, návrh expanzní nádoby a ekonomické zhodnocení investice do solární soustavy.

Čtvrtá část obsahuje technickou zprávu, závěr a projektovou dokumentaci. Projektová dokumentace se skládá z půdorysů jednotlivých podlaží, rozvinutých řezů otopné soustavy, půdorysu technické místnosti a schématu technické místnosti.

A. Teoretická část

A.1. Úvod

V dnešní době, kdy otázky udržitelnosti a efektivního využívání energie zaujímají klíčovou pozici ve společenském dialogu, nabízejí solární termické kolektory revoluční odpověď na požadavky moderního bydlení. Tyto inovativní zařízení se stávají nepostradatelným prvkem v ekologicky orientovaných domácnostech, a to díky své schopnosti přetvářet sluneční záření na teplou vodu s minimálními dopady na životní prostředí.

Solární termické kolektory nejsou pouze symbolickým gestem ekologického přístupu; jsou praktickým nástrojem k dosažení energetické nezávislosti. Tato technologie využívá sluneční energii k ohřevu vody pro domácnost, snižuje tak energetickou závislost na konvenčních systémech, čímž nejen šetří peníze, ale také snižuje emise skleníkových plynů. Základní funkce solárních kolektorů spočívá v absorpci slunečního záření, které se následně přeměňuje na tepelnou energii. Klíčovým prvkem těchto kolektorů jsou absorpční plochy, které efektivně absorbují sluneční záření a předávají ho do připojeného systému.

Pro optimální výkon solárních termických kolektorů je třeba zohlednit geografickou polohu, intenzitu slunečního záření, orientaci a sklon střechy, kde je plánované umístění kolektorů. Dále jsou nezbytné některé další komponenty. Hlavním prvkem je teplovodní nebo tepelný nosič, který přenáší získané teplo do výměníku, kde dochází k předávání energie na vodu určenou pro domácnost nebo pro vytápění. Zároveň jsou některé systémy vybaveny nádržemi na akumulaci tepla, což umožňuje efektivní využití energie i v případech, kdy sluneční záření není neustále dostupné.

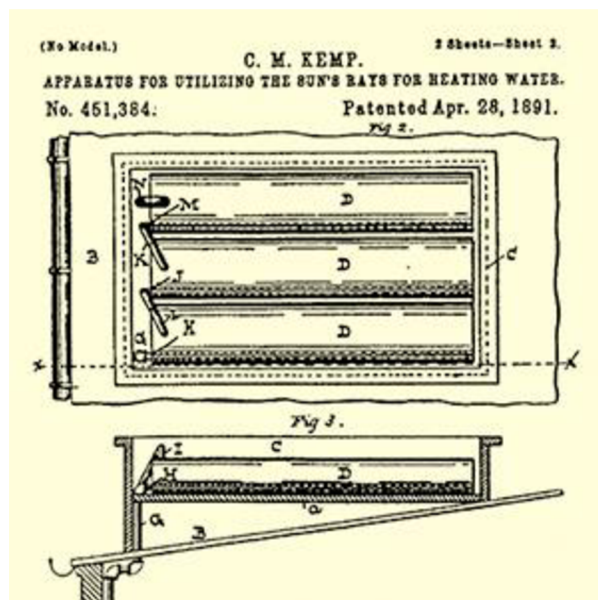
Je třeba zdůraznit, že i když jsou solární termické kolektory investicí do budoucnosti a mohou výrazně snížit náklady na energie v dlouhodobém horizontu, jejich počáteční náklady mohou být považovány za finančně náročnější. Avšak je důležité brát v úvahu, že tyto náklady jsou často vyváženy nižšími provozními náklady a v mnoha případech jsou dostupné různé dotace nebo daňové úlevy, které mohou výrazně snížit celkové náklady na instalaci solárních termických kolektorů. Při posuzování této investice je nutné vzít v úvahu i dlouhodobé přínosy pro životní prostředí a dlouhodobé úspory na energiích.

Užívání termínu 'panel' se v textu potlačuje, aby se předešlo nežádoucím záměnám s fotovoltaickými panely.

A.2. Historie

A.2.1 Ploché solární kolektor

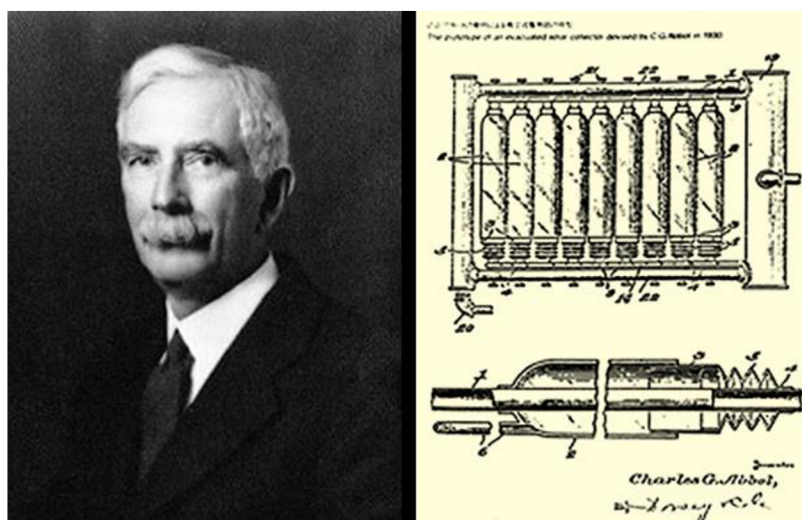
Ploché kolektor poprvé patentoval v roce 1891 v USA pan Clarenc M. Kemp, majitel továrny na kovové výrobky v Baltimore, viz obr. 1. Svůj výrobek označil jako „aparát pro využití slunečních paprsků pro ohřev vody“. Firma CM KEMP Manufacturing působí doposud. [1]



Obrázek 1: Patent plochého kolektoru amerického C.M. Kempa [1]

A.2.2 Vakuová solární trubice

Pan Charles Greeley Abbot (1872– 1973), obr. 2, americký astrofyzik, poprvé patentoval, také v USA, v roce 1930 vakuové solární trubice, zkoumal sluneční konstantu a vynalezl i solární vařič. Společnost American Solar Energy Society uděluje za zásluhy o výzkum sluneční energie cenu, pojmenovanou na jeho počest. [1]



Obrázek 2: Vynálezce solární vakuové trubice Ch. G. Abbot, rovněž USA a jeho patent [1]

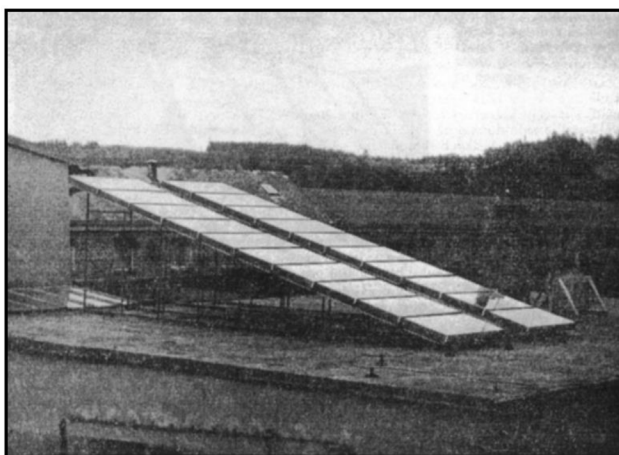
A.2.3 Spektrálně selektivní vrstva

O vylepšení vlastností absorberu slunečních kolektorů plochých i trubicových se zásadní měrou zasloužil izraelský vědec, fyzik Harry Zvi Tabor (nar. 1917), obr. 3. v roce 1955 vyvinul způsob, jak výrazně zvýšit účinnost tehdejších primitivních solárních kolektorů. Jedná se o spektrálně selektivní vrstvu na absorberu, která se používá dodnes. Výrobu vrstvy v dnešní slovenské firmě Thermosolar Žiar s.r.o. vyvinul a zavedl v 80. letech Ing. Jindřich Baloun, CSc. Kolektory s touto vrstvou se nazývaly kolektory druhé generace.

Dnes už mají tuto vrstvu na absorberu všechny kolektory. H. Z. Tabor se v sedmdesátých letech zúčastnil jedné mezinárodní solární konference v Praze. Zemřel až v loňském roce, 60 let po svém objevu, přesně 15. 12. 2015 ve věku 98 let. [1]

A.2.4 Vývoj na našem území

Přestože výše popsané tři základní solární patenty pro fototermiku byly podány a uznány před dávnými roky, s intenzivním vývojem a používáním zařízení pro aktivní a plošné využívání sluneční energie začaly vyspělejší západoevropské státy hned po roce 1973, kdy vznikla první světová ropná krize. v ČSSR se začalo až o několik let později, přesněji ve 2. polovině 70. let. Boom byl po celá 80. léta. Pro rodinné domy se téměř nic nenavrchovalo, protože návratnost byla 50 až 70 let (elektrická energie a paliva byly dotované), ale navrhovala se hned velká solární zařízení pro zemědělství a průmysl, protože tyto rezorty to měly zadány Státním cílovým programem pro úspory paliva energie. Měly pomoci úspor a racionalizačních opatření (intenzifikace) každý rok šetřit předepsané množství paliv a energie. Vyřešilo se to mnohdy tak, že do stávajících energetických zařízení se vůbec nezasáhlo (pracovaly stále s nízkou účinností), ale postavil se nový solární zdroj pro přípravu teplé vody (extenzifikace) a vypočítaly se fyzické úspory, které byly ministerstvem přijaty a prezentovány. Jinou oblastí byly služby, např. autokempy, koupaliště atd. [1]



Obrázek 3: Jeden z prvních solárních systémů u nás – JZD Čechtín, 1978 [2]

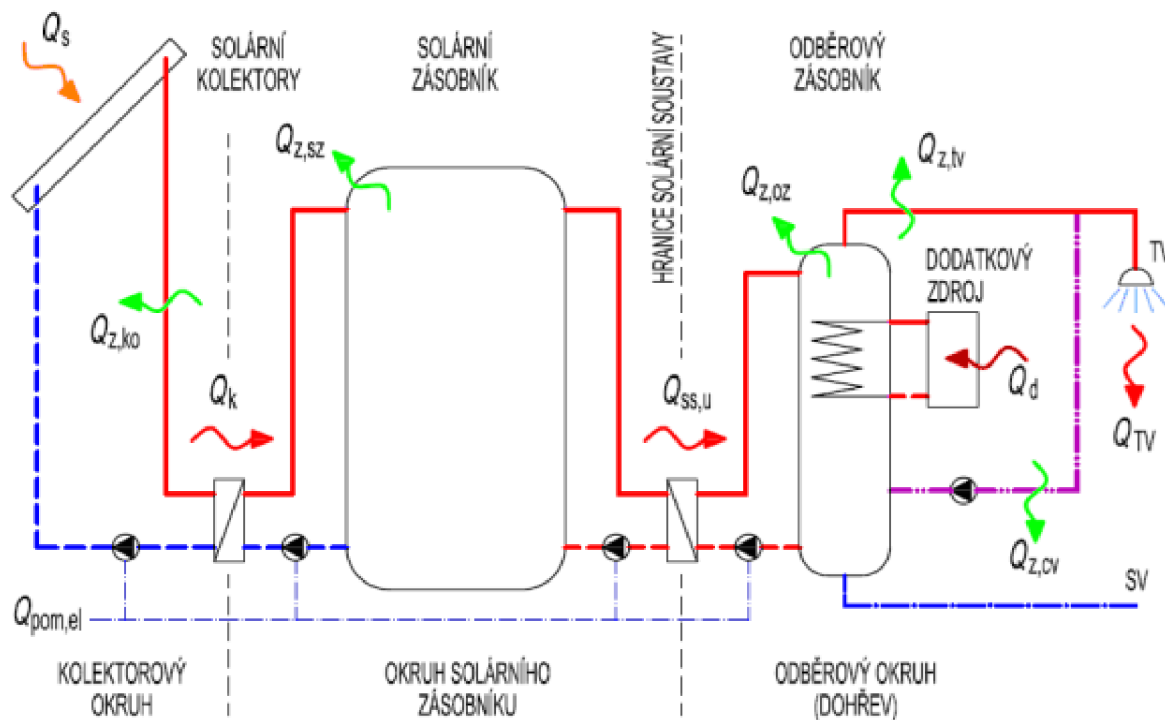
A.3. Charakteristické parametry solárních soustav

Základním parametrem solárních soustav jsou celkové využití tepelné zisky, z nichž je možné odvodit další parametry pro hodnocení.

A.3.1 Využití tepelné zisky

Za využití tepelné zisky solární soustavy $Q_{ss,u}$ v kWh/rok nebo GJ/rok jsou považovány ty, které solární soustava včetně zohlednění všech svých ztrát dodá do dané aplikace pro krytí potřeby tepla. Tepelné zisky solární soustavy je vhodné v optimálním případě stanovit na skutečné hranici mezi vlastní solární soustavou a danou aplikací (viz. Obrázek 4). Stanovení solárních zisků pouze kolektorového pole, resp. kolektorového okruhu před vstupem do solárního zásobníku nezohledňuje tepelné ztráty kolektorového okruhu $Q_{z,ko}$, resp. solárního zásobníku $Q_{z,sz}$ a může nadhodnocovat reálné přínosy solární soustavy do dané aplikace. v řadě případů však s ohledem na jednoduchost a spolehlivost měření se zisky solární soustavy stanovují jako teplo Q_k dodané z kolektorového okruhu do solárního zásobníku. [3]

Využití solární zisky nejsou závislé pouze na kvalitě navržených komponent (kolektor, zásobník), na tepelných ztrátách soustavy (rozvod potrubí, solární zásobník) a na orientaci a sklonu solárních kolektorů, ale především na návrhu plochy solárních kolektorů vzhledem k potřebě tepla, tzn. využitelnosti tepelných zisků kolektorů pro krytí potřeby tepla. [3]



Obrázek 4: Zjednodušené schéma solární soustavy pro přípravu TV a její energetická bilance [3]

A.3.2 Roční úspora energie

Samotné využití solární zisky nemusí mít o skutečné úspoře instalací solární soustavy dostatečnou vypovídající schopnost. Vyšší přínos instalací solárních soustav je patrný především tam, kde svými zisky uspoří produkci tepla zdrojem s nízkou provozní účinností, např. předimenzovaný a cyklující kotel spalující fosilní palivo (plyn) svázaný s vysokou spotřebou paliva a produkcí emisí. Pro stanovení úspory paliva, resp. úspory primární energie instalací solární soustavy je proto nezbytné předně určit provozní účinnost nahrazovaného zdroje tepla. Na druhé straně, pokud má solární soustava nahradit účinný kotel na spalování biomasy, který má relativně nízký negativní dopad na životní prostředí, bude taková instalace vykazovat nízké snížení spotřeby primárních paliv a emise znečišťujících látek. [3]

A.3.3 Měrné využití tepelné zisky solární soustavy

Měrné využití tepelné zisky solární soustavy $q_{ss,u}$ v kWh/(m².rok), tzn. celkové roční zisky vztahované k instalované účinné ploše solárního kolektoru (zpravidla ploše apertury), jsou ve své podstatě ekonomickým parametrem. Roční měrný zisk, resp. úsporu z 1 m² instalované plochy kolektorů lze potom porovnat s měrnými investičními náklady na pořízení solární soustavy pro rychlý náhled na ekonomické parametry. Měrné tepelné zisky $q_{ss,u}$ jsou nejčastěji hodnoceným kritériem energetické kvality solárních soustav. [3]

A.3.4 Dodatková energie

Dodatkový zdroj tepla slouží pro dohřev v solární soustavě v případě, že energie produkovaná solárními kolektory nedokáže pokrýt potřebu tepla. z dodatkové energie Q_d se stanovuje provozní spotřeba konvenční energie dodatkového zdroje tepla a provozní náklady při známé ceně konvenční energie. [3]

Při výpočtovém hodnocení se dodatková energie stanoví jako rozdíl mezi předpokládanou potřebou tepla a využitými tepelnými zisky solární soustavy v dané aplikaci. Při provozním měření a hodnocení solárních soustav se dodatková energie měří, neboť skutečná celková spotřeba tepla $Q_{p,c}$ není známá. Stanovit celkovou spotřebu tepla v dané aplikaci provozním měřením je nerealizovatelné vzhledem k praktické nemožnosti stanovit tepelné ztráty měřením a proto se vyhodnocuje jako součet naměřených hodnot tepla dodaného solární soustavou a dodatkovým zdrojem energie. [3]

A.3.5 Solární pokrytí, solární podíl

Solární pokrytí (měsíční, roční) je procentní pokrytí potřeby tepla $Q_{p,c}$ tepelnými zisky solární soustavy $Q_{ss,u}$

$$f = \frac{Q_{ss,u}}{Q_{p,c}} = 1 - \frac{Q_d}{Q_{p,c}}$$

V případě provozního měření dodatkové energie Q_d se solární pokrytí vyhodnocuje podle vztahu [3]

$$f = \frac{Q_{ss,u}}{Q_{ss,u} + Q_d}$$

A.3.6 Provozní účinnost solární soustavy

Vzhledem k nesterajným klimatickým podmínkám a různým úrovním dopadající sluneční energie se bude v různých lokalitách a v různých letech hodnota celkových využitých tepelných zisků solární soustavy lišit. Pomocným kritériem pro charakterizaci energetické kvality solární tepelné soustavy je její provozní účinnost η_{ss} , tzn. roční tepelné zisky vztažené k dopadlé sluneční energii Q_s na plochu solárních kolektorů. Účinnost solární soustavy je závislá jak na kvalitě použitých prvků (kolektor, zásobník, výměník, tepelné izolace, regulace, hydraulické zapojení), provedení montáže, tak na návrhu plochy kolektorů vůči potřebě tepla (využitelnosti zisků solární soustavy). Podle druhu soustavy se účinnost může pohybovat od 30 % do 60 %. [3]

A.3.7 Pomocná elektrická energie pro pohon soustavy

Pro stanovení celkové energetické bilance a vyhodnocení reálných přínosů (úspor primární energie, úspor emisí) solární soustavy je vhodné hodnotit také spotřebu pomocné elektrické energie na provoz solární soustavy $Q_{pom,el}$. u solárních soustav s nuceným oběhem je zapotřebí dodat elektrickou energii pro oběhová čerpadla, pohony ventilů, regulaci, aj. Pro orientační stanovení spotřeby pomocné energie z elektrického příkonu prvků je možné uvažovat dobu provozu solární soustavy cca 2000 h/rok. [3]

Zatímco u maloplošných solárních soustav pro rodinné domy dosahuje podíl pomocné elektrické energie na využitých tepelných ziscích solární soustavy 3 až 5 %, u velkoplošných solárních soustav se podíl pomocné energie pohybuje zpravidla do 1 %. [3]

A.3.8 Výkonové číslo (COP)

Výkonové číslo solární soustavy vyjadřuje, podobně jako u tepelných čerpadel topný faktor, poměr tepla dodaného solární soustavou k pomocné elektrické energii pro pohon solární soustavy. Udává, kolik kWh využitelného tepla bylo vyprodukováno solární soustavou na kWh spotřebované elektrické energie. Zatímco u tepelných čerpadel se reálný provozní COP běžně pohybuje okolo hodnoty 2,8, solární soustavy vykazují hodnoty COP od 20 (maloplošné) do hodnot vyšších než 100. [3]

A.4. Solární příprava teplé vody

Využití sluneční energie pro předehřev a přípravu teplé vody je výhodné vzhledem k celoročně přibližně konstantní spotřebě tepla. Solární soustavy pro přípravu teplé vody proto mají dobrou využitelnost, jsou rozšířené a známé a veřejností jsou vnímány jako smysluplné opatření. [4]

Solární soustavy pro přípravu teplé vody jsou kromě obytných budov vhodné i pro využití v terciárním sektoru např. pro ústavy sociální péče, domovy důchodců, hotely, sportovní centra, apod., kde je stálá spotřeba teplé vody celoročně nebo s výraznými špičkami odběru v letním období. [4]

Solární soustavy pro ohřev teplé vody můžeme rozdělit:

Podle plochy: [4]

- malé solární soustavy – maloplošné (do 20 m²)
- střední solární soustavy – středněplošné (od 20 m² do 200 m²)
- velké solární soustavy – velkoplošné (nad 200 m²)

Rozdělení podle plochy je však nejednotné, často se jako velkoplošné soustavy označují i soustavy s více než 50 m² kolektorové plochy.

Podle typu teplotnosné látky: [5]

- kapalinové solární soustavy
- vzduchové solární soustavy (teplovzdušné)

Podle účelu: (Nejčastěji využívané kapalinové solární soustavy) [5]

- solární soustavy pro ohřev bazénové vody (nízkoteplotní ohřev s teplotami do 35 °C);
- solární soustavy pro přípravu teplé vody (ohřev s teplotami do 60 °C);
- solární kombinované soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění (ohřev s teplotami do 60 °C);
- průmyslové solární soustavy (technologické teplo do 250 °C);
- soustavy solárního chlazení a klimatizace (teplem poháněná chladicí zařízení s provozními teplotami do 150 °C);
- solární soustavy pro centralizované zásobování teplem.

Podle průtoku solárními kolektory: [5]

- s nízkým průtokem – "low flow" soustavy, 10 až 15 l/(h.m²)
- s vysokým průtokem – "high flow" soustavy, 50 až 75 l/(h.m²)
- s proměnným průtokem – "matched flow", 10 až 75 l/(h.m²)

A.4.1 Solární soustavy pro ohřev vody podle plochy:

A.4.1.1 Maloplošné solární soustavy

Jako maloplošné je možné označit solární soustavy do 20 m², které vzhledem ke svému výkonu zpravidla ještě nevyžadují externí deskový výměník tepla a použití trubkového výměníku v akumulacním zásobníku běžné velikosti (zpravidla do plochy 3,5 m²) je postačující. [6]

K ploše 20 m² je možné dojít následující úvahou: [6]

Optimální podmínky provozu kolektorů:

$$G = 1000 \text{ W/m}^2, t_e = 25 \text{ °C}, t_m = 50 \text{ °C}, t_{aku} = 25 \text{ °C}$$

Trubkový výměník v akumulacním zásobníku: $u = 150 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$, $a = 3,5 \text{ m}^2$

pro uvažované podmínky je maximální výkon přenášený výměníkem

$$U \times A \times \Delta t = 150 \times 3,5 \times 25 = 13 \text{ kW}$$

Běžné parametry základních typů kolektorů:

$$\text{plochý: } \eta_0 = 0,75 \quad a_1 = 4,0 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)} \quad a_2 = 0,015 \text{ W/(m}^2 \times \text{K}^2)$$

$$\text{trubkový: } \eta_0 = 0,65 \quad a_1 = 1,5 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)} \quad a_2 = 0,005 \text{ W/(m}^2 \times \text{K}^2)$$

Účinnost obou kolektorů se při uvažovaných podmínkách pohybuje okolo hodnoty 0,62.

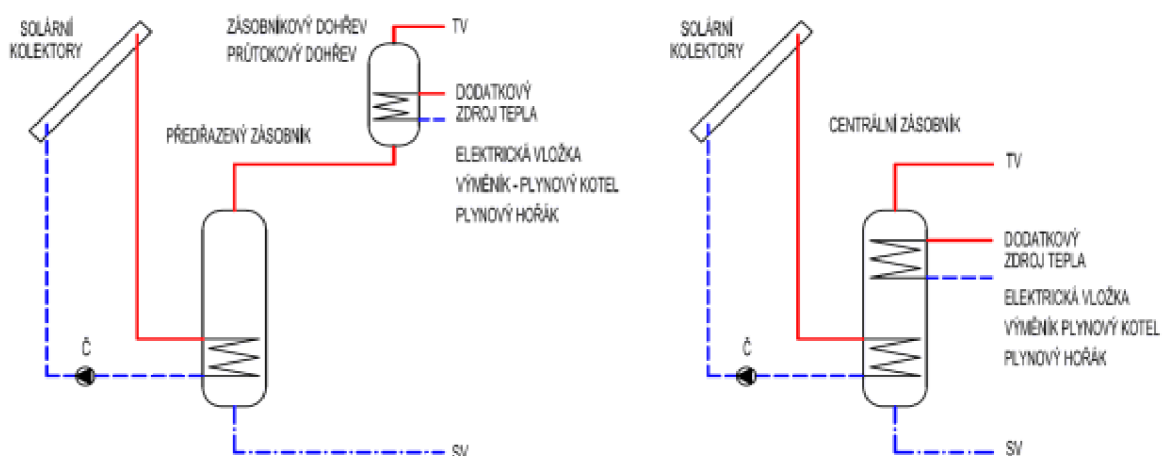
Maximálně přenášený výkon trubkovým výměníkem $Q_k = 13 \text{ kW}$ odpovídá ploše kolektoru

$$A_k = Q_k / (\eta_k \times G) = 13\,000 / (0,62 \times 1000) = \underline{\underline{21 \text{ m}^2}}$$

Pro přípravu teplé vody v rodinných domech jsou zpravidla standardním řešením jako průmyslové vyráběné a dodávané komplety. Vzhledem k běžné spotřebě teplé vody 30 až 50 l/os × den jde o solární soustavy s plochou kolektorů 4 až 8 m² se solárním zásobníkem teplé vody o objemu 200 až 400 l. Jedná se o jednoduché řešení, ale systém má také výrazný podíl tepelných ztrát (20–30 %) a proto i relativně nízkými měrnými tepelnými zisky. [4] [5]

Solární soustavy se používají ve variantách:

- s předehřívacím solárním zásobníkem – solární zásobník je předřazen konvenční přípravě teplé vody;
- s bivalentním solárním zásobníkem – solární zásobník má vestavěný dodatečný zdroj tepla.



Obrázek 5: Schéma solární přípravy teplé vody pro rodinný dům: vlevo – s předehřívacím zásobníkem, vpravo – s bivalentním zásobníkem [4]

A.4.1.2 Střední solární soustavy

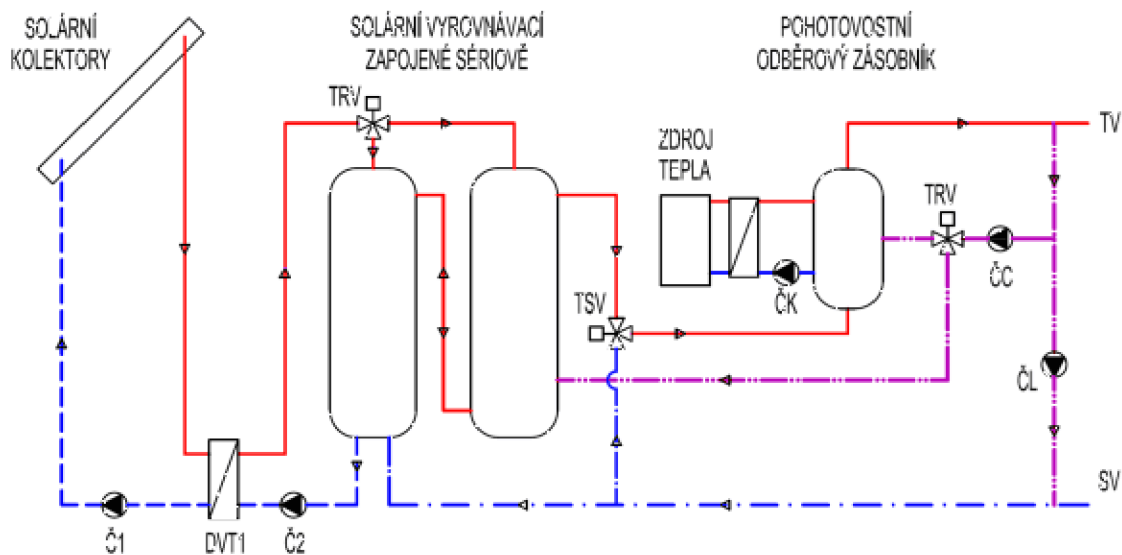
Solární soustavy vybavené v každém případě deskovým výměníkem tepla pro účinný přenos výkonu do uvažované aplikace. Používají se pro větší objekty jako zdravotnická a sociální zařízení, pečovatelské ústavy, menší sportovní zařízení a koupaliště, hotely, aj. Vyznačují výrazně menším poměrem tepelných ztrát (potrubí, zásobník) vůči produkci tepla kolektory (do 10 %). [5]

A.4.1.3 Velké solární soustavy

Velkoplošné solární soustavy pro velké objekty a soustavy centrálního zásobování teplem, vytopny pro sídliště (výhodná kombinace s biomasou), potravinářský a chemický průmysl, sportovní stadiony, aj. Vyznačují výrazně menším poměrem tepelných ztrát (potrubí, zásobník) vůči produkci tepla kolektory (5–10 %), než u maloplošných soustav pro rodinné domy a dosahují tak vyšších měrných tepelných zisků. u velkoplošných soustav je pro zajištění správné funkce věnovat pozornost řešení stagnačních stavů v době bez odběru tepla z kolektorů. [5] [4]

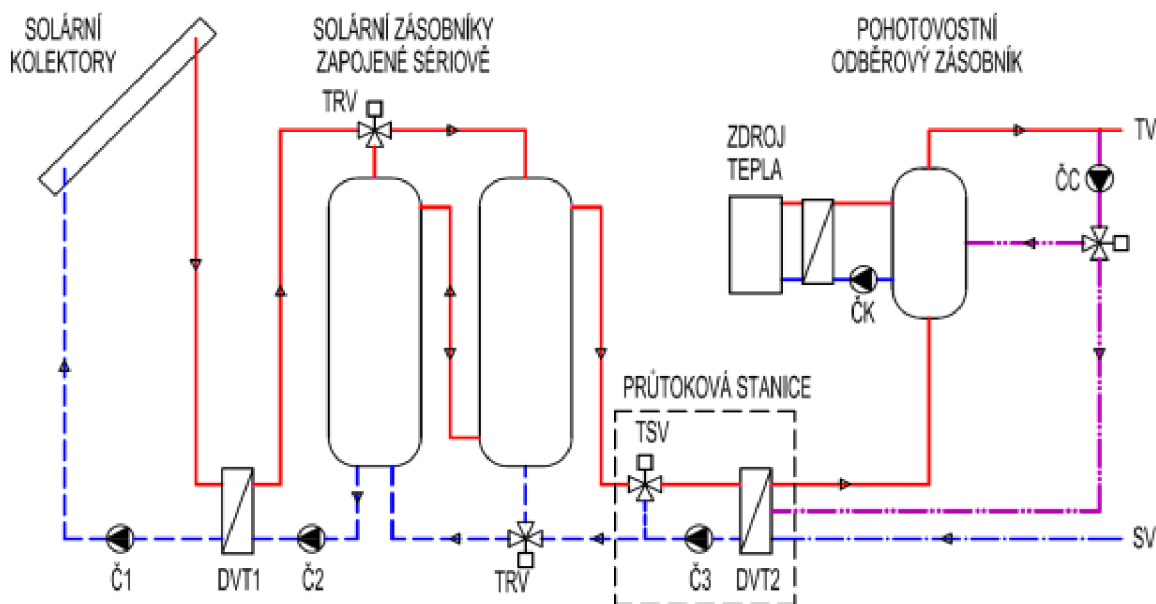
Lze je dále rozlišit: [4]

- se solárními zásobníky teplé vody – odběrový okruh (studená a teplá voda) přímo napojen na solární zásobníky;



Obrázek 6: Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody – se zásobníky teplé vody [4]

- se solárními zásobníky tepla – oddělení odběrového okruhu výměníkem tepla (průtokový, zásobníkový ohřev vody).



Obrázek 7: Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody – se zásobníky tepla [4]

- s velkoobjemovým solárním zásobníkem – vhodné pro novostavby
- s objemem rozděleným do více menších zásobníků – vhodné pro rekonstrukce, zásobníky zapojeny paralelně nebo sériově
- s tlakovými zásobníky
- s beztlakovými zásobníky

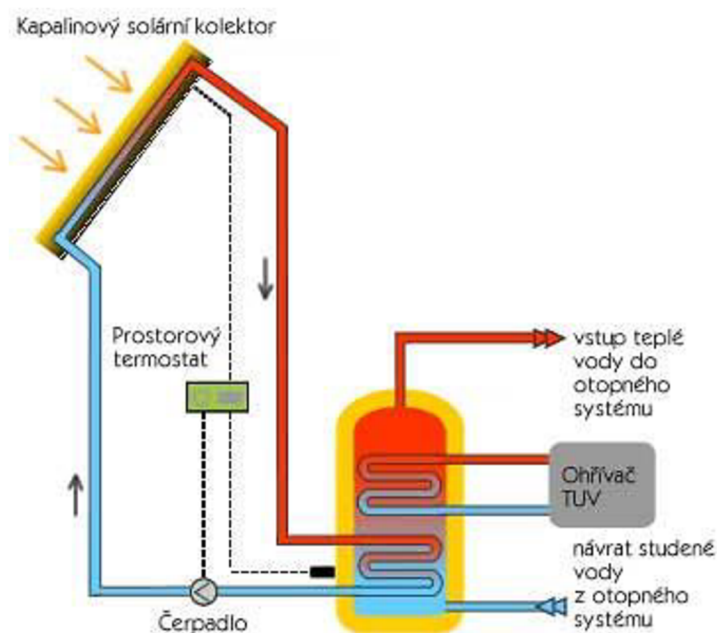
A.4.2 Solární soustavy pro ohřev vody podle teplotní látky:

A.4.2.1 Kapalinové solární soustavy

Kapalinové sluneční kolektory (kapalinové solární kolektory) jsou nejčastěji využívaným topidlem pro solární vytápění a solární ohřev teplé užitkové vody. Voda je osvědčeným teplotním médiem a zároveň objem vody v otopném systému plní funkci akumulátoru tepla. Mimo vody může být kapalnou teplotní látkou využita i nemrznoucí směs vody a propylenglykolu. [7]

Kapalinový solární systém má výhodu přímého přestupu tepla slunečního záření do teplotního média a díky moderním technologiím pracuje s vysokou účinností. Ve spojení s akumulací nádrží a sekundárním otopným systémem lze pak dosáhnout příznivé výkonnostní křivky po většinu dne i roku a vytápět tak slunečním zářením plynule většinu času. Při celoročním využívání objektu lze dosáhnout úspor za vytápění až kolem 80 % nákladů. [7]

Základní částí kapalinového solárního otopného systému jsou kapalinové solární kolektory. Jsou to plochá zařízení opatřená průsvitným nebo průhledným sklem, pod nímž je systém trubek anebo plochá komora s teplotním médiem, v něm dochází k ohřevu teplotního média, nejčastěji otopné vody anebo nemrznoucí kapaliny, která pak předává teplo otopné vodě. Podle konstrukce, rychlosti průtoku, plochy kolektoru a intenzity slunečního svitu kapalinový solární kolektor ohřeje vodu v jednom průtoku kolektorem o cca 5–80 °C. [7]



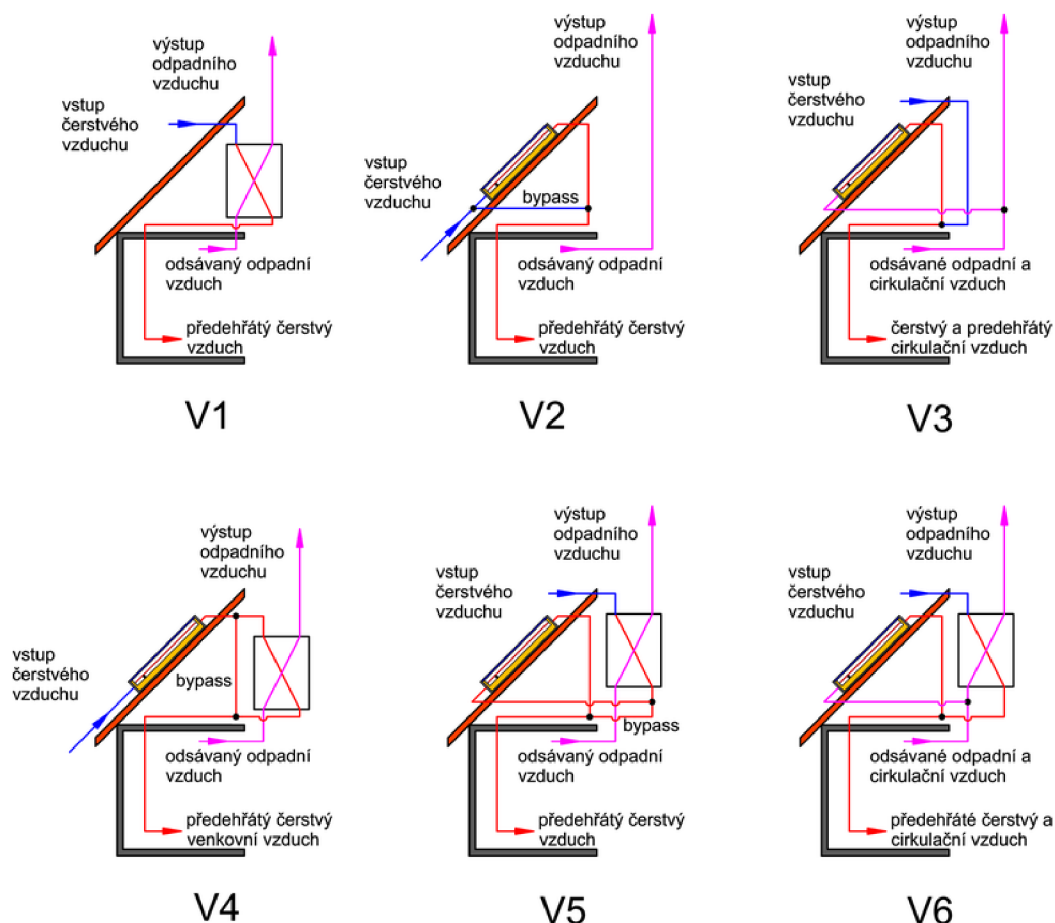
Obrázek 8: Schéma kapalinového solárního systému [7]

Je-li to potřeba a dovoluje-li to konstrukce, pak lze nedostatečný ohřev vody vyřešit několikanásobným průtokem vody slunečním kolektorem, kdy dochází k postupnému ohřívání vody až na potřebnou cílovou teplotu. Nedostatek výkonu slunečního kolektoru je pak nejčastěji řešen spojováním kolektorů do baterií, kdy je možné sestavit systém z několika solárních kolektorů řazených paralelně nebo sériově. Výkyvy v intenzitě slunečního svitu pak spolehlivě řeší správně dimenzovaná akumulací nádrž. [7]

A.4.2.2 Vzduchové solární soustavy (teplovzdušné)

Vzduchové kolektorové systémy vykazují řadu předností v porovnání s kapalinovými solárními systémy. Vzduchové solární systémy pracují již při relativně nízké provozní teplotě, a proto mohou být v provozu celý rok. Síť vzduchových kanálů nemusí být absolutně těsná. Důsledkem netěsností je ztracený teplý vzduch, avšak žádné poškození budovy kapalinou jako v případě konvenčních solárních kolektorů. Vzduchové solární kolektory nevyžadují ochranu ani proti mrazu, ani ochranu proti přehřátí. Vzduchová solární zařízení jsou také méně napadána korozí, a tudíž životnost vzduchových kolektorů a rozvodů je mnohem vyšší než u kapalinových soustav. [8]

V porovnání s kapalinovými solárními systémy však existuje i řada nevýhod. Vzduchové solární systémy vyžadují kvůli nízké tepelné kapacitě vzduchu jako teplotonosné látky poměrně velké průřezy potrubí pro přenos tepla. Při přenosu tepla na jiné teplotonosné látky potřebuje vzduch pro svou nízkou tepelnou vodivost velkou teplosměnnou plochu. [8]



Obrázek 9: Principiální schémata z analýzy vzduchových kolektorů [9]

Ekonomicky zajímavá řešení je možné realizovat zejména tehdy, jsou-li vzduchové kolektory konstruovány jako součásti pláště budovy a mají více než jednu funkci (vytápění, předehřev venkovního vzduchu, noční chlazení). [8]

A.4.3 Solární soustavy pro ohřev vody podle průtoku solárními kolektory:

A.4.3.1 Soustavy s nízkým průtokem 10 až 15 l/(h × m²)

Navrhují se především jako velkoplošné soustavy z důvodu úspory nákladů na potrubí a izolace a dále obecně v kombinaci se stratifikačními zásobníky. Při nízkém průtoku dochází k ohřátí teplotosné kapaliny v kolektorech o cca 30 až 50 K a využitelná teplota pro aplikaci je k dispozici již po jediném průchodu kapaliny kolektorem. v horní části stratifikačního zásobníku je potom i při nízké úrovni slunečního záření k dispozici část objemu o dostatečně vysoké teplotě, použitelná pro okamžitou spotřebu bez nutnosti dodatkového ohřevu (zvýšení solárního pokrytí oproti "high flow" soustavě). v dolní části stratifikačního zásobníku se až do konečného nabití udržuje nízká teplota, která vstupuje do kolektoru. Účinnost kolektoru, i přes vyšší výstupní teplotu, se tedy nezhoršuje. Podmínkou je však použití zásobníků s řízeným teplotním vrstvením, jinak se výhody "low flow" provozu znehodnocují. [10]

A.4.3.2 Soustavy s vysokým průtokem 50 až 75 l/(h × m²)

Jsou běžné především u maloplošných soustav pro rodinné domy. Vlivem vysokého průtoku dochází k ohřátí teplotosné kapaliny o 6 až 10 K. Zásobník nevyužívá výrazného vrstvení teplot a je nabíjen postupně celý objem současně (pomalý nárůst teploty v celém zásobníku). [10]

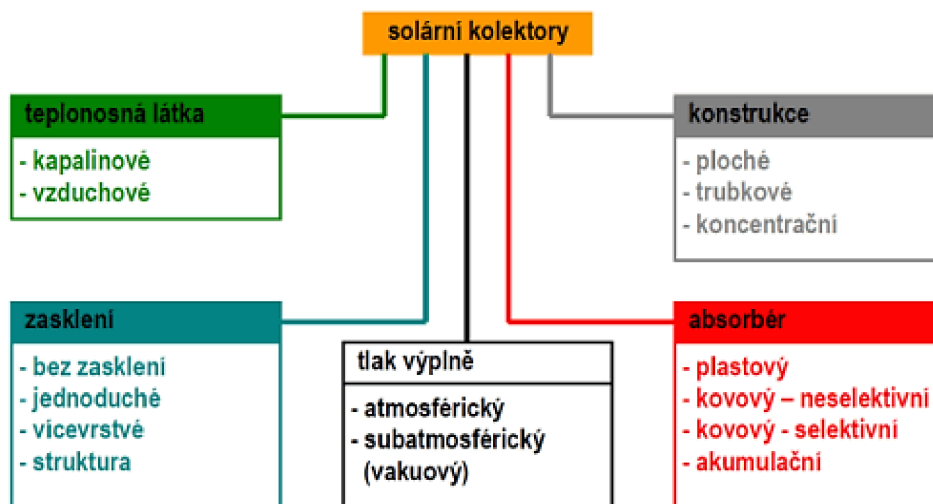
A.4.3.3 Soustavy s proměnným průtokem 10 až 75 l/(h × m²)

Používají se v kombinaci s pokročilou regulační strategií, která optimalizuje průtok solární soustavou pro zvýšení využitelnosti solárních zisků pro krytí potřeby tepla. Jednoduchá regulační strategie s proměnným průtokem je součástí i regulátorů maloplošných solárních soustav se dvěma solárními výměníky (horní, dolní). Otáčky oběhového čerpadla jsou řízeny tak, aby na výstupu z kolektoru byla dostatečně využitelná teplota ("low flow" režim), např. 60 °C, kterou je nabíjena horní část zásobníku tepla. Pokud soustava nedosahuje využitelné teploty, přechází soustava do "high flow" režimu a teplo je ukládáno do spodní části zásobníku. [10]

A.5. Typy solárních kolektorů

A.5.1 Kapalinové kolektory

Jak již bylo zmíněno, naprostou většinu používaných kolektorů v ČR tvoří kapalinové kolektory. Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit podle řady hledisek. z uvedeného rozdělení vyplývají konstrukční kombinace, se kterými je možné se v praxi setkat: Níže uvedené rozdělení se bude týkat kapalinových kolektorů.



Obrázek 10: Rozdělení solárních kolektorů [11]

A.5.1.1 Plochý nekrytý kolektor

Jedná se zpravidla o plastovou rohož bez zasklení s vysokými tepelnými ztrátami závislými na venkovních podmínkách, zvláště na rychlosti proudění větru; nekryté kolektory jsou proto určeny hlavně pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni. [11]



Obrázek 11: Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [11]

A.5.1.2 Plochý neselektivní kolektor

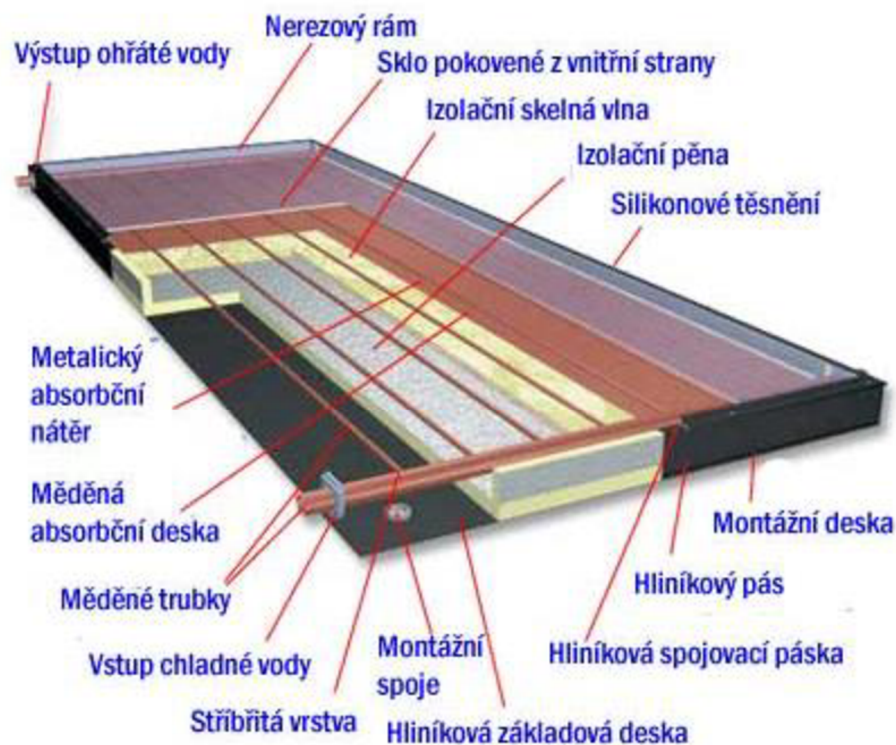
Zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem). Neselektivní kolektory mohou být vzhledem ke značným tepelným ztrátám vlivem sálání absorberu v zimním období využity pouze pro sezónní předehřev vody při nízké teplotní úrovni; na trhu se v současné době příliš nevyskytují. [11]
Od selektivních kolektorů se liší zejména v parametrech absorptivity a emisivity. [12]



Obrázek 12: Plochý neselektivní kolektor MEGASUN [12]

A.5.1.3 Plochý selektivní kolektor

Zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně. Vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorberu se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně a tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu. [11]



Obrázek 13: Schéma plochého selektivního kolektoru [7]

Výhody

Ploché kapalinové deskové solární kolektory jsou konstrukčně jednoduché, tomu odpovídá i jejich nejnižší pořizovací cena. v letních měsících má ve slunečných dnech vysokou účinnost. [7]

Nevýhody

Velké ztráty tepla v chladných dnech – počasím ochlazovaná plocha odebere z topné vody téměř veškeré ze slunce získané teplo, takže do otopného systému v zimě prakticky nepřispívá. Nedokáže přeměnit na teplo difusní záření (když je slunce za mraky, ale jinak je jasné počasí). Naopak ve velmi slunných letních dnech hrozí vzrůst teploty nad bod varu, neodebírání-li se získané teplo například pro ohřev bazénu. Při poškození skla je nutná výměna celého kolektoru a dojde k porušení těsnosti celého otopného systému. [7]

A.5.1.4 Plochý vakuový kolektor

Zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) pro zajištění nízké celkové tepelné ztráty; ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C. [11]



Obrázek 14: Schéma plochého vakuového kolektoru [7]

Výhody

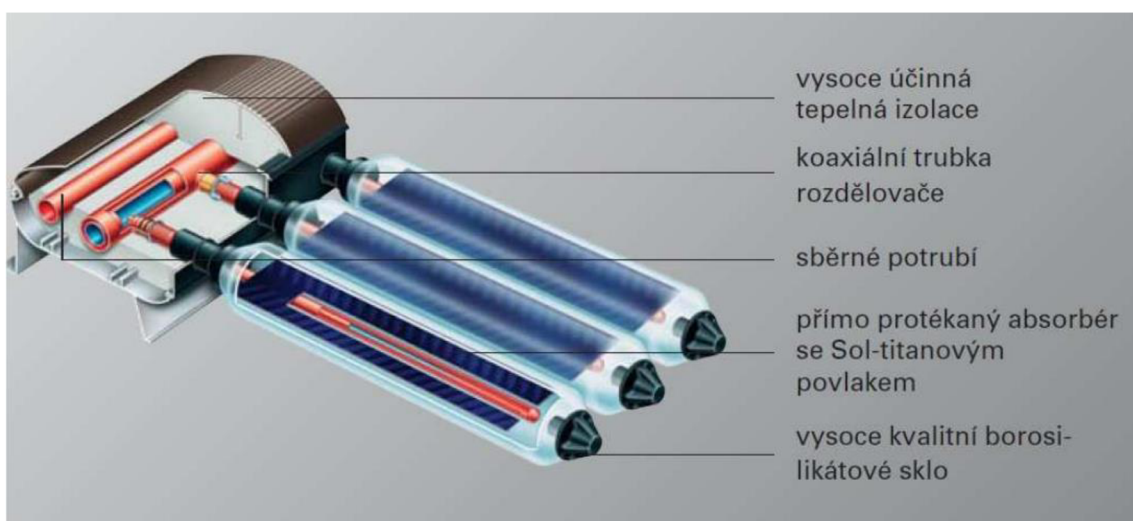
Mají vysokou účinnost v letních měsících v době slunečního svitu, a to i v chladnějších měsících. Je-li dostatek slunce, dodává vakuový deskový solární kolektor dostatek tepla pro vytápění a ohřev vody i v mrazivých dnech. Dokáže přijímat difusní záření (když je slunce za mraky). [7]

Nevýhody

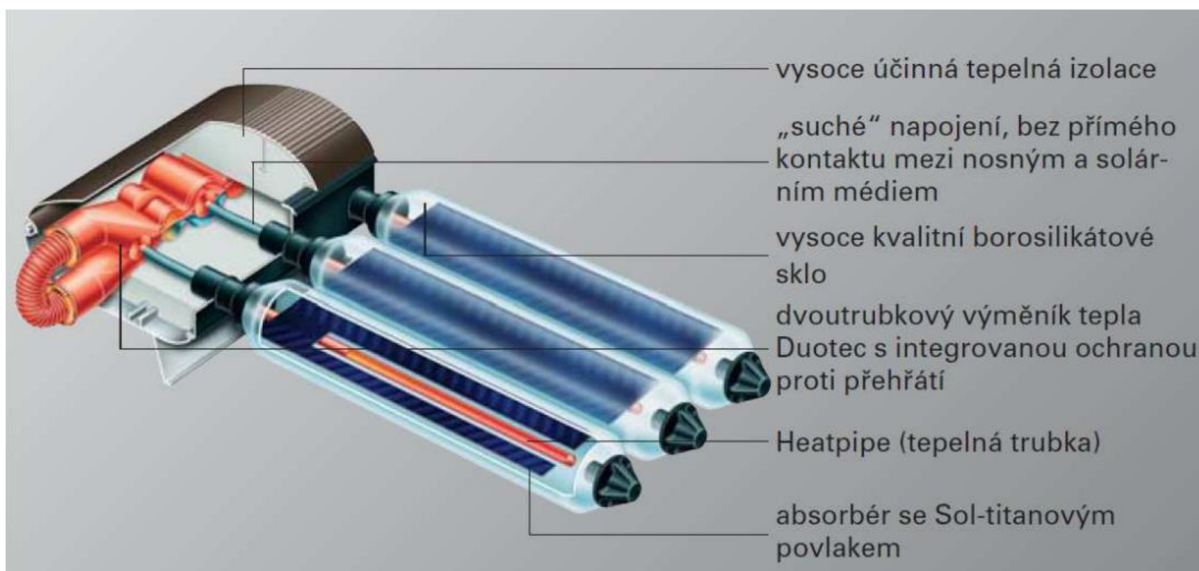
Vyšší pořizovací cena oproti plochému slunečnímu kolektoru s jednoduchým sklem. Stejně jako u obyčejného deskového kolektoru je nutné ze systému odebírat přebytečné teplo například do zahradního bazénu, aby nedošlo k nárůstu teploty na bod varu. Díky velkému objemu prostoru mezi skly a velikosti plochy je obtížné udržet vakuum po celé ploše kolektoru a může tak docházet ke vzniku tepelných mostů, snižujících účinnost kolektoru. Při větším poškození kolektoru (prasklé sklo) je nutné vyměnit celý kolektor. [7]

A.5.1.5 Trubkový jednostěnný vakuový kolektor (Heat-Pipe)

Kolektor s plochým spektrálně selektivním absorberem umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak $< 10^{-3}$ Pa); výrazné omezení tepelných ztrát (nízkoemisivní absorber, vakuová izolace) a vysoký přenos tepla z absorberu do teplotnosné kapaliny svařovaným spojem poskytuje vysokou účinnost kolektoru v celém teplotním rozsahu, kolektor je použitelný pro většinu aplikací, avšak vzhledem k relativně vysoké ceně především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad $100\text{ }^{\circ}\text{C}$). [11]



Obrázek 15: Vakuové trubice s přímo protékáným absorberem [13]



Obrázek 16: Vakuové trubice s absorberem Heatpipe (tepelná trubka) [13]

Výhody

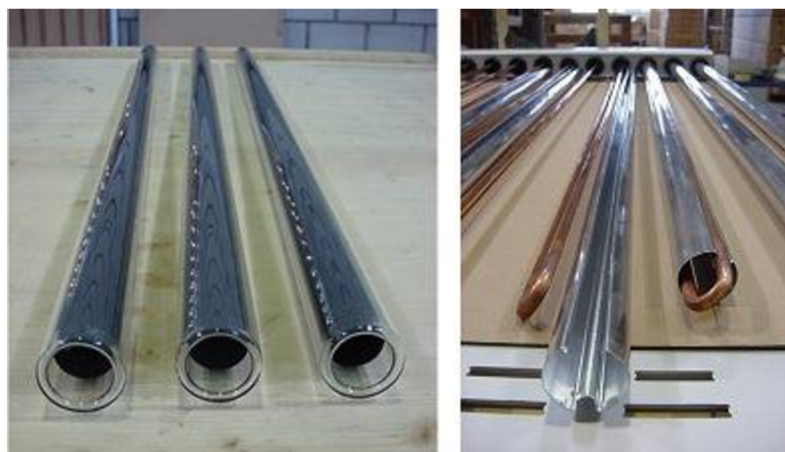
Vysoká účinnost bez ohledu na roční období. Teplonosným médiem je nemrznoucí kapalina, odpadají tedy starosti se zamrznáním kolektorů. Tento typ kolektorů se díky vnitřní hydraulice dokáže sám odstavit z provozu při přehřátí teplonosného média, nemusí se tedy odebírat přebytečné teplo. Princip trubicového solárního kolektoru heat-pipe Mají vyrovnanější výkonnostní průběh během dne i během roku. Do systému dodává na rozdíl od plochých kolektorů dostatek tepla i ráno, večer, v zamračených dnech a také v zimním období. Dojde-li k poškození kolektoru (například při krupobití nebo vandalským činem), nedojde k porušení těsnosti otopného systému a k vytečení otopné vody. Solární kolektor se v takovém případě nemusí celý měnit ani odvzdušňovat, pouze se vysune poškozená vakuová trubice a zasune trubice náhradní. [7]

Nevýhody

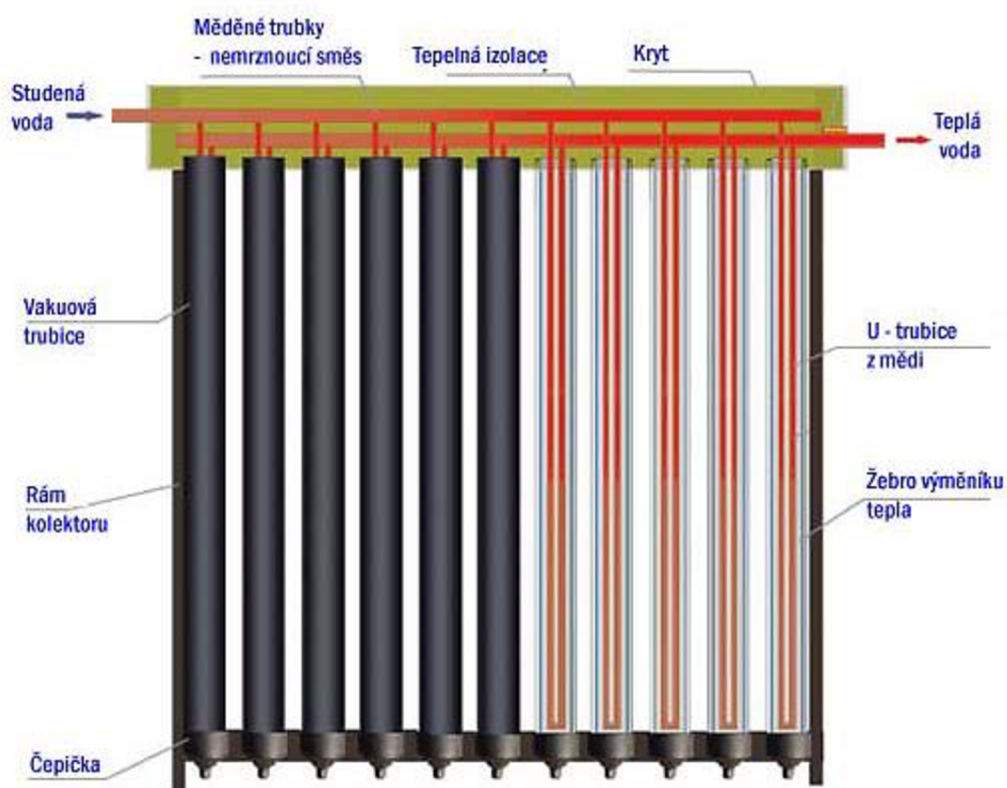
Vyšší pořizovací náklady. v letních slunných dnech má o něco nižší účinnost než deskové kolektory. u nekvalitních výrobků anebo stárnutím kolektoru může dojít k přerušení kontaktu mezi heat-pipe trubicemi a sběrným potrubím – jsou nutné pravidelné kontroly a servisní prohlídky [7]

A.5.1.6 Trubkový dvojitěnný (Sydney) vakuový kolektor

Kolektor s válcovým spektrálně selektivním absorberem (absorpční skleněná trubka) umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak $< 10^{-3}$ Pa); vzhledem k problematickému zajištění přenosu tepla z absorpční trubky do teplonosné kapaliny pomocí hliníkové teplosměnné lamely se Sydney kolektory vyznačují obecně nižší účinností při nízkých teplotách (např. oproti plochým kolektorům) a používají se především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C). [11]



Obrázek 17: Trubkový dvojtěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplosměnnou lamelou [11]



Obrázek 18: Schéma trubkového dvojtěnného (Sydney) vakuového kolektoru

Výhody

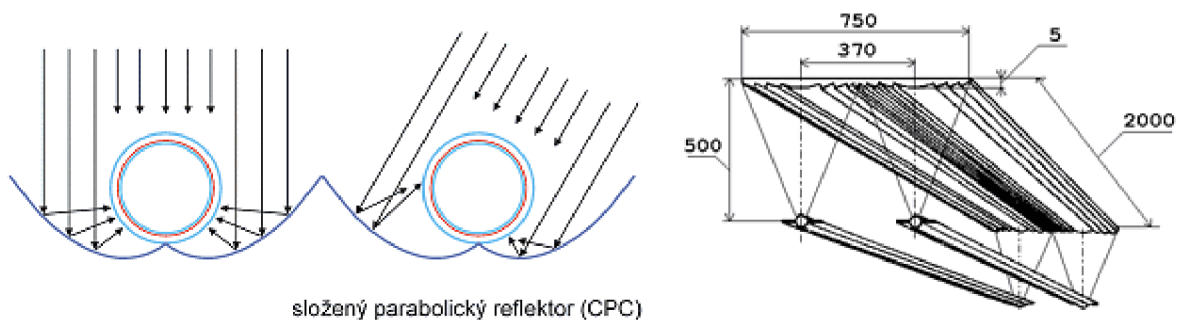
Nejvyrovnanější výkonová charakteristika během dne a roku ze všech typů solárních kolektorů. Jejich výkonnost neklesá vlivem stárnutí nebo zanedbané údržby. Stejně jako u kolektorů heat-pipe není primární okruh nemrznoucí kapaliny propojen s vodním okruhem otopného systému, a proto poškození kolektoru nemá za následek porušení těsnosti teplovodního okruhu. [7]

Nevýhody

Je nutné pečlivě nadimenzovat výkon celého otopného systému. Při nedostatečném odběru tepla může docházet ke zplynování primární kapaliny a tímto ke přerušení přenosu tepla z kolektorů. Nevýhodou je také relativní křehkost trubic, které není možné kalit tak jako ploché sklo. [7]

A.5.1.7 Soustředující (koncentrační) kolektor

obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refrakty) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru, do ohniska (absorbéru) o výrazně menší ploše než je vlastní plocha apertury. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými Sydney trubicami opatřené reflektorem jsou rovněž považovány za soustředující kolektory. Pro účinné použití koncentračních kolektorů je základní podmínkou dostatek energie přímého slunečního záření během roku. [11]

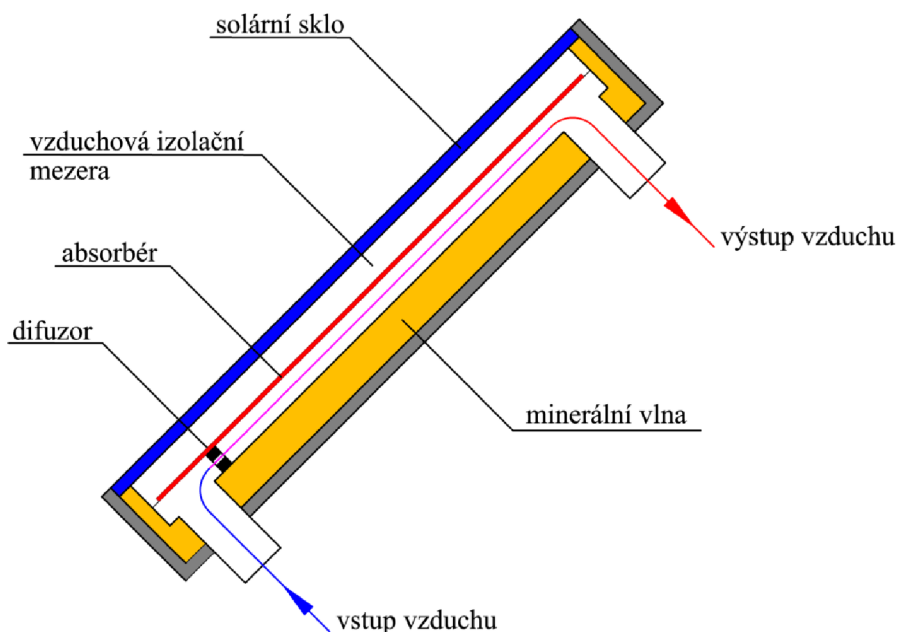


Obrázek 19: Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách: trubkový Sydney kolektor s reflektorem (vlevo), solární kolektor s lineární Fresnelovou čočkou (vpravo) [11]

Nejčastějšími typy kolektorů, se kterými je možné se na trhu v ČR setkat jsou bazénové nekryté absorbéry (dodávka 53 tis. m² v roce 2010), ploché atmosférické selektivní kolektory (odhad celkem 250 tis. m² k roku 2010) a trubkové vakuové kolektory, často také nazývané trubicové (odhad celkem 40 tis. m² v roce 2010). Koncentrační kolektory tvoří zatím na českém trhu zanedbatelný podíl (odhad celkem 930 m² v roce 2010). [14] [11]

A.5.2 Vzduchové kolektory

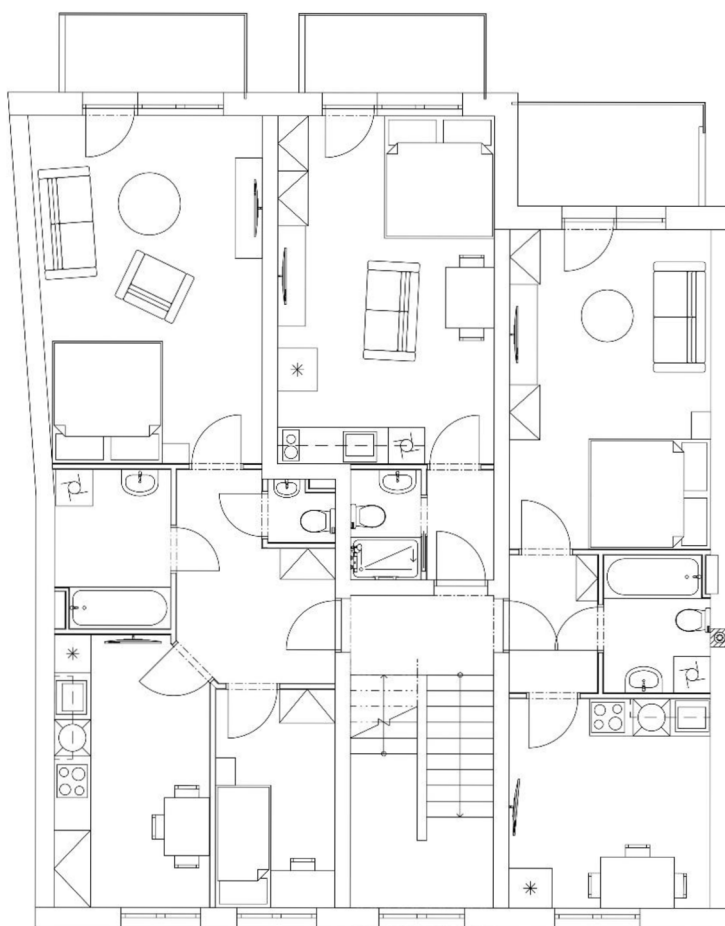
Vzduchové kolektory připomínají konstrukci plochých kolektorů, s výjimkou toho, že vzduch prochází absorberem. Aby bylo možné přenést srovnatelné množství tepla jako u kapalinových kolektorů, musí být vzduchové kolektory většího průřezu. To je způsobeno tím, že vzduch má mnohem menší tepelnou kapacitu než voda a tudíž přenáší méně tepla. Pro pohyb ohřátého vzduchu po kolektorech jsou nezbytné ventilátory. Je třeba podotknout, že na provoz ventilátorů je potřeba více energie než na čerpadla u kapalinových kolektorů, což vede k menší hospodárnosti vzduchových kolektorů. Naopak mohou nabízet několik výhod. v zimě nejsou náchylné k zamrznutí, a materiály ve styku s vzduchem nekorodují tolik, jako ty ve styku s vodou, což umožňuje používání levnějších materiálů. Vzduchové kolektory lze umístit na zeď domu, kde se ohřívají díky záření, a zároveň mohou odvádět teplo unikající z domu přes zeď zpět dovnitř. Jsou často využívány tam, kde je používáno vzduchové vytápění, například v tělocvičnách nebo halách. [15]



Obrázek 20: Schéma vzduchového solárního kolektoru [9]

B. Projektová část

B.1. Analýza objektu



Obrázek 21: Půdorys typického podlaží objektu



Obrázek 22: Vizualizace objektu

B.1.1 Analýza objektu

Projekt řeší návrh otopné soustavy a přípravy teplé vody ve dvou variantách v bytovém domu v Novém Městě na Moravě. Konstrukční systém je stěnový kombinovaný v celém objektu. Střecha objektu je šikmá sedlová se sklonem 27° se skládanou keramickou krytinou a nad krokevní tepelnou izolací.

Úroveň 1.NP = 0,000 = 569,85 m n. m. Objekt má 4 nadzemní a 1 podzemní podlaží o celkové podlahové ploše 568,6 m². Budova je využívána celoročně.

V podzemním podlaží se nachází sklepní kóje, technická místnost a úklidová místnost

Hlavní vstup do objektu je umístěn na mezipodestě mezi 1.PP a 1.NP. Vstup je do společného schodišťového prostoru, ze kterého je umožněn přístup do jednotlivých bytů a podzemního podlaží.

Všechna nadzemní podlaží jsou obytná a jsou zde umístěné byty. v každém podlaží jsou umístěny 3 byty (1kk, 1+1, 2+1) s výjimkou 4.NP, kde se nacházejí dva podkrovní byty s dispozicí 1+1. Celkem 11 bytových jednotek pro maximální návrhový počet 26 osob.

Z tepelně technického hlediska je obvodový plášť zhotoveny z keramických tvárnic s výplní z minerální vaty tl. 380 mm. Podlaha v 1.PP je zhotovena jako betonová deska tl. 250mm zateplená tl. 50 mm PIR tepelné izolace a s nášlapnou vrstvou v provedení keramické dlažby. Podlaha na zemině 1.NP v obytných prostorech je zhotovena jako betonová deska tl. 250 mm s tepelnou izolací PIR tl. 50 mm. Okenní otvory jsou v plastovém provedení s izolačním trojsklem. Střešní konstrukce je klasická dřevěná vaznicová soustava s tepelnou izolací nad krokvemi tl. 160 mm a se skládanou keramickou krytinou.

Návrhové teploty jsou obvyklé pro bytové domy. v obytných místnostech je návrhová teplota 20 °C, v koupelnách 24 °C. ve společných prostorech (schodiště) je uvažováno s teplotou 15 °C. Podzemní podlaží se neuvažuje jako vytápěné a je zde návrhová teplota 5 °C. Venkovní výpočtová teplota v Novém Městě na Moravě je -15 °C.

B.1.2 Koncepce vytápění objektu

V objektu je navržena teplovodní soustava o teplotním spádu 50/40 °C s nucenou cirkulací otopné vody. Rozvody potrubí jsou zhotoveny z izolovaného měděného potrubí. Distribuci otopné vody do bytových jednotek zajišťují tři stoupačí potrubí. Otopná tělesa jsou navržena od firmy KORADO. v celém objektu jsou tělesa v provedení RADIK Ventil Kompakt s pravým spodním napojením, s výjimkou dvou těles v 4.NP, které mají levé spodní napojení pro zachování symetrie a lepší estetiky v místnosti. v koupelných jsou navrženy trubková otopná tělesa KORALUX Linear Classic–M se středním napojením. s vytápěním podzemního podlaží se neuvažuje.

B.2. Výpočet tepelných ztrát

B.2.1 Výpočet a posouzení součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla byl stanoven dle následujícího vztahu:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_i^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_i^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{se}} = \frac{1}{R_t} \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$$

U – součinitel prostupu tepla [W/(m² × K)]

α_i – součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [W/(m² × K)]

α_e – součinitel přestupu tepla na vnější straně [W/(m² × K)]

d_j – tloušťka vrstvy konstrukce [m]

λ_j – součinitel tepelné vodivosti vrstvy konstrukce [W/(m × K)]

R_{si} – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [(m² × K)/W]

R_{se} – odpor při přestupu tepla na vnější straně [(m² × K)/W]

R_t – celkový odpor konstrukce při prostupu tepla [(m² × K)/W]

B.2.1.1 Ukázka výpočtu součinitele prostupu tepla

**SDK1 Příčka KNAUF
100mm**

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]	U_N [W/m ² ×K]	$U < U_N$ [W/m ² ×K]
Štuková vápenná omítka	0,003	0,52	0,006	0,13	0,13	2,33	0,43	1,3	VYHOVUJE
Jádrová omítka	0,01	0,66	0,015						
Knauf WHITE	0,0125	0,19	0,066						
Zvuková izolace	0,07	0,037	1,892						
Knauf WHITE	0,0125	0,19	0,066						
Jádrová omítka	0,01	0,66	0,015						
Štuková vápenná omítka	0,003	0,52	0,006						
			2,065						

Kompletní výpočet součinitelů prostupu tepla je přílohou této práce [P1]

B.2.1.2 Přehled součinitelů prostupu tepla všech konstrukcí

	U_k [W/m ² ×K]	U_N [W/m ² ×K]
Obvodová stěna 380mm	0,17	0,3
Domovní dělicí stěna	0,86	1,3
Vnitřní nosná stěna 250mm	0,86	1,3
Obvodová stěna suterénu	2,62	2,7
Příčka KNAUF 100mm	0,43	1,3
Příčka KNAUF 75mm	0,56	1,3
Podlaha na zemině – obytný	0,36	0,45
Podlaha nad suterénem	0,50	0,6
Podlaha 2.NP, 3.NP, 4.NP	0,76	2,2
Podlaha na zemině – suterén	0,37	0,85
Strop pod balkónem	0,23	0,24
Šikmá střecha	0,15	0,24
Okno	0,96	1,7
Dveře venkovní	1,2	1,7
Dveře vnitřní	1,75	3,5

B.2.2 Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností

Kompletní výpočet tepelných ztrát všech místností je přílohou této práce [P1]

Celková tepelná ztráta místnosti

$$Q_{HL,i} = Q_{T,i} + Q_{V,i} \text{ [W]}$$

$Q_{T,i}$ – tepelná ztráta prostupem [W]

$Q_{V,i}$ – tepelná ztráta větráním [W]

Tepelná ztráta prostupem

$$Q_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{T,ie}$ – měrná tepelná ztráta do venkovního prostředí [W/K]

$H_{T,ia}$ – měrná tepelná ztráta z/do vytápěného prostoru s různou teplotou [W/K]

$H_{T,ig}$ – měrná tepelná ztráta prostupem do zeminy [W/K]

$\theta_{int,i}$ – návrhová vnitřní teplota [°C]

θ_e – návrhová venkovní teplota [°C]

Výpočet tepelných ztrát prostupem do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \times (U_k + \Delta U_S) \times f_{u,k} \times f_{ie,k}] [W/K]$$

A_k – plocha ochlazované konstrukce (bez otvorů) [m^2]

U_k – součinitel prostupu tepla konstrukce [$W/(m^2 \times K)$]

U_S – přírážka tepelných mostů k součiniteli prostupu tepla konstrukce [$W/(m^2 \times K)$]

$f_{u,k} = 1$; pokud byly do výpočtu u zahrnuty odpory při přestupu tepla [-]

$f_{ie,k} = 1$; není-li místnost vyšší než 4m [-]

Výpočet tepelných ztrát prostupem vlivem rozdílné teploty

$$H_{T,ij} = \sum_k [A_k \times U_k \times f_{ia}] [W/K]$$

$$f_{ia} = f_1 + f_2$$

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

f_{ia} – korekční součinitel klimatických podmínek [-]

f_1 – teplotní opravný činitel zohledňuje rozdíl mezi venkovní výpočtovou teplotou a teplotou sousedního prostoru nebo prostředí [-]

f_2 – opravný činitel zohledňuje rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou a průměrnou povrchovou teplotou stavební části. u prostor do výšky 4 m je $f_2 = 0$ [-]

$\theta_{int,i}$ – teplota interiéru místnosti [$^{\circ}C$]

θ_x – teplota sousední místnosti s rozdílnou teplotou [$^{\circ}C$]

θ_e – teplota exteriéru [$^{\circ}C$]

Měrná tepelná ztráta prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} \times \sum [A_k \times U_{equinv,k} \times f_{ig,k} \times f_{GW,k}] \text{ [W/K]}$$

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{e,m}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \text{ [-]}$$

$f_{\theta_{ann}}$ – součinitel zohledňující vliv spodní změny teploty v průběhu roku [-]

A_k – plocha konstrukce [m²]

$U_{equinv,k}$ – ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce ve styku se zeminou [W/(m² × K)]

$f_{GW,k}$ – vliv spodní vody [-] (Ve výpočtech se rovná 1, proto v tabulkách není uveden)

$f_{ig,k}$ – teplotní opravný součinitel [-]

$\theta_{e,m}$ – průměrná teplota v otopném období [°C]

Tepelná ztráta přirozeným větráním

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{v,i}$ – měrná tepelná ztráta větráním [W/K]

$\theta_{int,i}$ – návrhová vnitřní teplota [°C]

θ_e – návrhová venkovní teplota [°C]

Měrná tepelná ztráta větráním

$$H_{v,i} = V_i \times \rho \times c \text{ [W/K]}$$

V_i – množství vyměňovaného vzduchu [m³/h]

ρ – hustota vzduchu [kg/m³]

c – měrná tepelná kapacita vzduchu [J × /(kg × K)]

B.2.2.1 Ukázka tabulky pro výpočet tepelných ztrát

Kompletní výpočet tepelných ztrát všech místností je přílohou této práce [P1]

Tabulka 1: Ukázka výpočtu tepelných ztrát pro místnost B1.1.04

Číslo	Popis místnosti	θ_i [°C]	θ_e [°C]
B1.1.04	Kuchyň	20	-15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty do venkovního prostředí								
Konstrukce	Popis	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	ΔU_s [W/m ² K]	$U_k + \Delta U_s$ [W/m ² K]	$f_{u,k}$	$f_{ie,k}$	H_T [W/K]
S1	Obvodová stěna 380mm	4,86	0,17	0,02	0,19	1	1	0,9
O1	Okno	1,82	0,96	0	0,96	1	1	1,7
Celková ztráta							$H_{T,ie}$	2,7

Tepelné ztráty rozdílnou teplotou								
Konstrukce	Popis	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	$\theta_{i,n}$	f_{ia}		H_T [W/K]	
SDK1	Příčka KNAUF 100mm	4,98	0,43	24	-0,114		-0,2	
Celková ztráta							$H_{T,ij}$	-0,2

Tepelné ztráty zeminou								
Konstrukce	Popis	A_k [m ²]	U_k [W/m ² K]	$U_{equiv,k}$	f_{0ann}	f_{igk}	$f_{Gw,k}$	H_T [W/K]
PDL1	Podlaha na zemině – obytný	11,07	0,36	0,211	1,45	0,429	1	1,5
Celková ztráta							$H_{T,ig}$	1,5

Celková měrná tepelná ztráta prostupem:						$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$	3,9
---	--	--	--	--	--	--	-----

θ_i [°C]	θ_e [°C]	$\theta_i - \theta_e$ [°C]	$H_{T,i}$ [W/K]	Navrhovaná ztráta prostupem $Q_{T,i}$ [W]
20	-15	35	3,9	135,83

Výpočet tepelných ztrát větráním

Objem místnosti V_i [m ³]	Výpočtová venkovní teplota θ_e [°C]	Výpočtová vnitřní teplota θ_i [°C]	Hygienické požadavky		
			n [h ⁻¹]	p.c.	$V_{min,i}$ [m ³ /h]
29,00	-15	20	0,5	0,34	14,5017

$H_{v,i}$ [W/K]	Navrhovaná ztráta větráním $Q_{v,i}$ [W]
4,9	172,57

CELKOVÝ NAVRHOVANÝ TEPELNÝ VÝKON	Q [W] =	308,40
----------------------------------	-----------	---------------

B.2.2.2 Přehled celkových tepelných ztrát a tepelného výkonu otopných těles

Podlaží	Označení prostoru	Označení místnosti	Název místnosti	Celkové tepelné ztráty [W]	Celkový tepelný výkon [W]
1.S	Společné prostory	–	SUTERÉN	276	0

Podlaží	Označení prostoru	Označení místnosti	Název místnosti	Celkové tepelné ztráty [W]	Celkový tepelný výkon [W]
1.NP	Společné prostory	S.1.01	Schodiště	161	267
	Byt B1.1	B1.1.01	Chodba	54	0
		B1.1.02	Koupelna	90	152
		B1.1.03	WC	-5	0
		B1.1.04	Kuchyň	308	367
		B1.1.05	Popis místnosti	264	367
		B1.1.06	Pokoj	592	667
	Byt B2.1	B2.1.01	Chodba	23	0
		B2.1.02	Koupelna	71	152
		B2.1.03	Kuchyň+obývací pokoj	640	667
	Byt B3.1	B3.1.01	Chodba	39	0
		B3.1.02	Koupelna	91	152
		B3.1.03	Kuchyň	364	401
		B3.1.04	Pokoj	513	584

Podlaží	Označení prostoru	Označení místnosti	Název místnosti	Celkové tepelné ztráty [W]	Celkový tepelný výkon [W]
2.NP	Společné prostory	S.2.01	Schodiště	79	0
	Byt B4.2	B4.2.01	Chodba	20	0
		B4.2.02	Koupelna	62	152
		B4.2.03	WC	-9	0
		B4.2.04	Kuchyň	257	367
		B4.2.05	Pokoj	232	367
		B4.2.06	Pokoj	497	501
	Byt B5.2	B5.2.01	Chodba	9	0
		B5.2.02	Koupelna	72	152
		B5.2.03	Kuchyň+obývací pokoj	487	501
	Byt B6.2	B6.2.01	Chodba	15	0
		B6.2.02	Koupelna	55	152
		B6.2.03	Kuchyň	278	401
B6.2.04		Pokoj	425	445	

Podlaží	Označení prostoru	Označení místnosti	Název místnosti	Celkové tepelné ztráty [W]	Celkový tepelný výkon [W]
3.NP	Společné prostory	S.3.01	Schodiště	79	0
	Byt B7.3	B7.3.01	Chodba	14	0
		B7.3.02	Koupelna	67	152
		B7.3.03	WC	-9	0
		B7.3.04	Kuchyň	314	367
		B7.3.05	Pokoj	275	367
		B7.3.06	Pokoj	591	667
	Byt B8.3	B8.3.01	Chodba	9	0
		B8.3.02	Koupelna	72	152
		B8.3.03	Kuchyň+obývací pokoj	764	778
	Byt B9.3	B9.3.01	Chodba	14	0
		B9.3.02	Koupelna	60	152
		B9.3.03	Kuchyň	352	401
B9.3.04		Pokoj	444	445	

Podlaží	Označení prostoru	Označení místnosti	Název místnosti	Celkové tepelné ztráty [W]	Celkový tepelný výkon [W]
4.NP	Společné prostory	S.4.01	Schodiště	199	267
	Byt B11.4	B11.4.01	Chodba	116	167
		B11.4.02	Koupelna	118	152
		B11.4.03	Kuchyň+obývací pokoj	830	459
		B11.4.04	Pokoj	363	459
	Byt B10.4	B10.4.01	Chodba	57	401
		B10.4.02	Koupelna	143	167
		B10.4.03	Kuchyň	370	152
		B10.4.04	Komora	76	401
		B10.4.05	Pokoj	748	0

B.2.2.3 Celkový souhrn tepelných ztrát a tepelného výkonu otopných těles

Podlaží	Celková tepelná ztráta [W]	Celkový tepelný výkon [W]
1.S	276	0
1.NP	3205	3776
2.NP	2480	3038
3.NP	3047	3481
4.NP	3020	3460
Celkem	12028	13755

B.3. Energetický štítek obálky budovy

PROTOKOL K ENERGETICKÉMU ŠTÍTKU OBÁLKY BUDOVY

(zpracovaný podle ČSN 73 0540-2/2011)

Identifikační údaje

Druh stavby	Bytový dům
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Nové Město na Moravě
Katastrální území a katastrální číslo	–
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	–
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	–
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	–
Telefon / E-mail	–

Charakteristika budovy

Objem budovy v – vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	1655,77 m ³
Celková plocha a – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	586,73 m ²
Geometrická charakteristika budovy a / V	0,354 m ² /m ³
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im}	20 °C
Vnější návrhová teplota v zimním období θ_e	–15 °C

Konstrukce	Referenční budova (stanovení požadavku)				Hodnocená budova			
	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla
	A	U	b	H _T	A	U	b	H _T
		(požadovaná hodnota podle 5.2)						
	[m ²]	[W/(m ² .K)]	[-]		[m ²]	[W/(m ² .K)]	[-]	
Obvodová stěna	174,56	0,3	1,00	52,37	174,56	0,17	1,00	29,68
Podlaha na zemině	61,17	0,45	0,33	17,16	61,17	0,36	0,33	10,50
Strop nad suterénem (24 °C)	5,9	0,6	0,49	2,17	5,9	0,5	0,49	1,45
Strop nad suterénem (20 °C)	74,15	0,6	0,43	23,91	74,15	0,5	0,43	15,94
Strop do exteriéru	13,8	0,24	1,00	75,68	13,8	0,23	1,00	3,17
Šikmá střecha	185,62	0,24	1,00	4,7	185,62	0,15	1,00	27,84
Okna	44,52	1,5	1,00	40,21	44,52	0,96	1,00	42,74
Střešní okna	3,36	1,4	1,00	46,41	3,36	0,96	1,00	3,23
Venkovní dveře	23,65	1,7	1,00	3,45	23,65	1,2	1,00	28,38
Celkem	586,73			266,06	586,73			162,92
Tepelné vazby	586,73 × 0,02			11,73	586,73 × 0,02			11,73
Celková měrná ztráta prostupem tepla				277,79				174,66
Průměrný součinitel prostupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5	max. Uem pro A/V			požadovaná hodnota:	174,73/586,73=			
	277,79/586,73=			0,473				0,298
	75 % z požadované hodnoty 0,75 × 0,453			doporučená hodnota: 0,355				Vyhovuje
Klasifikační třída obálky budovy podle přílohy C				0,298/0,473	0,63	Třída B – Úsporná		

Stanovení prostupu tepla obálkou budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	174,66
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m ² ·K)	0,298
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em, N rc}$	W/(m ² ·K)	0,355
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em, N rq}$	W/(m ² ·K)	0,473

Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Klasifikační ukazatel CI pro hranice klasifikačních tříd	U_{em} [W/(m ² ·K)] pro hranice klasifikačních tříd	
		Obecně	Pro hodnocenou budovu
A	0,50	0,5. $U_{em,N}$	0,237
B	0,75	0,75. $U_{em,N}$	0,355
C	1,0	1. $U_{em,N}$	0,473
D	1,5	1.5. $U_{em,N}$	0,710
E	2,0	2. $U_{em,N}$	0,947
F	2,5	2,5. $U_{em,N}$	1,184
G	> 2,5	> 2,5. $U_{em,N}$	–

Klasifikace: B – Úsporná

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy: 23.11.2023

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

IČO:

Zpracoval:

Bc. Filip Kaša

Podpis:

Tento protokol a energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2/2011 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

B.4. Návrh otopných těles

Do objektu se navrhli otopná tělesa od firmy KORADO. Navrhování těles do jednotlivých místností bylo provedeno pomocí online software od firmy KORADO na jejich stránkách www.korado.cz. Pro navrhování byl zvolen tepelný spád 50/40. Důvodem této volby je optimální poměr mezi délkou a tepelným výkonem tělesa a také využití kondenzačního režimu hlavního zdroje plynového kondenzačního kotle. Při vyšším tepelném spádu by nebylo splněno 80 % pokrytí délky okna otopným tělesem a nebyl by využit režim kondenzace zdroje tepla. [16]

B.4.1 Návrh otopných těles a jejich výkonu

Návrh otopných těles se provádí na základě velikosti tepelných ztrát dané místnosti a s ohledem na délku otopného tělesa vzhledem k okenní výplni, pokrytí nejméně 80 % délky okna otopným tělesem.

Výpočet skutečného výkonu otopných těles

$$Q_{skut} = Q_T \times \varphi \times z_1 \times z_2 \times z_3 [W]$$

Q_T – výkon tělesa pro návrhové podmínky (výpočtovou teplotu interiéru, teplotu přívodu a vratu topné vody 50/40 °C) [W]

φ – součinitel zohledňující způsob připojení těles [-]

z_1 – součinitel na úpravu okolí (zákryt, umístění, ...) [-]

z_2 – součinitel na počet článků (nad 10 čl.) [-]

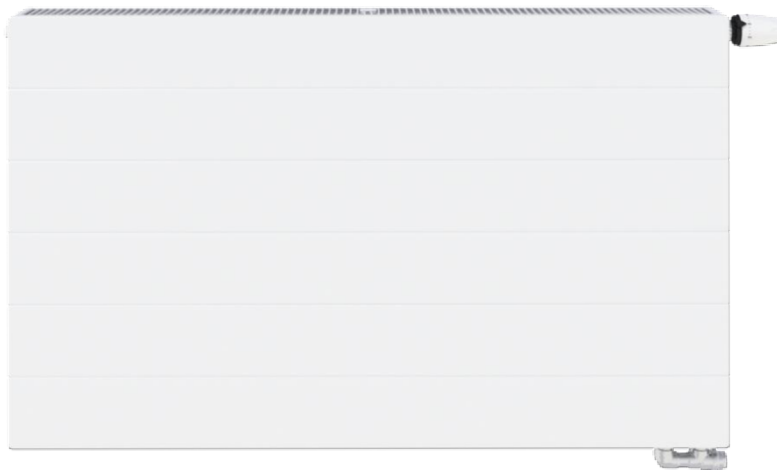
z_3 – součinitel na umístění tělesa v místnosti [-]

Návrh otopných těles je přílohou této práce. [P2]

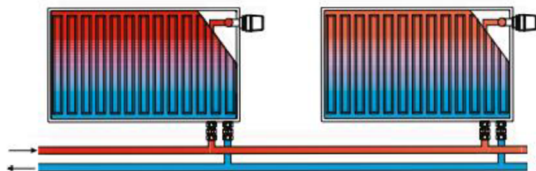
B.4.2 Specifikace otopných těles a jejich prvků

B.4.2.1 Deskové otopné těleso RADIK LINE VK/VKL

Otopná tělesa VK se vyznačují pravým napojením otopné vody s vratnou vodou, zatímco otopná tělesa VKL mají levé napojení otopné vody. Většina těles v objektu jsou navrženy v provedení VK s pravým napojením. Pouze v 4.NP objektu se nachází dvě tělesa typu VKL s levým napojením z estetického důvodu.



Obrázek 23: Deskové těleso RADIK VK [16]



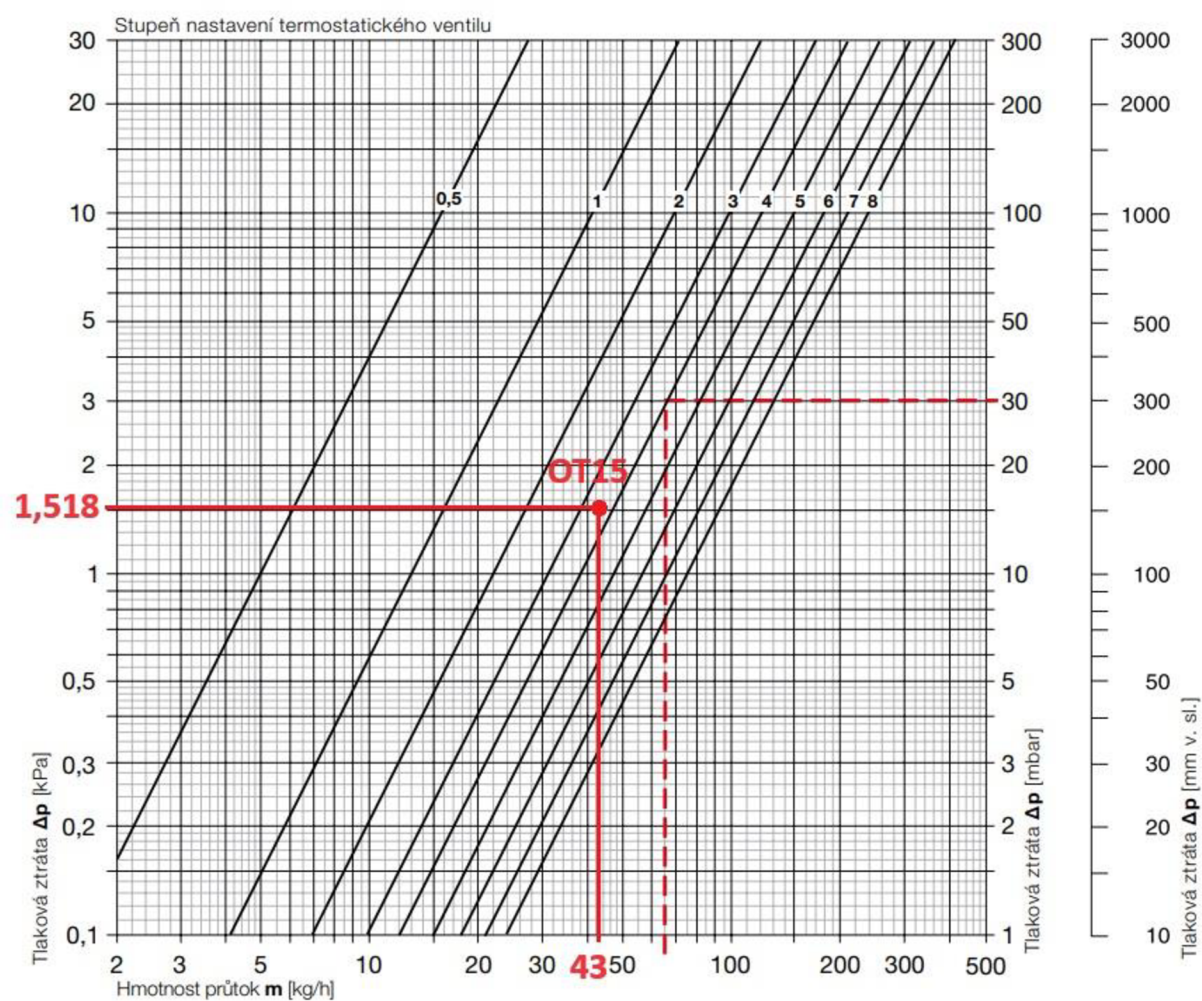
Obrázek 24: Umístění šroubení a termostatického ventilu na RADIK VK [16]

Prvky pro ovládání – Termostatický ventil



Obrázek 25: Termostatický ventil pro tělesa VK [16]

Dvoutrubková otopná soustava



Graf 1: Tlakové ztráty termostatického ventilu [16]

Tabulka 2: Nastavení termostatického ventilu podle otáček [16]

Tabulka

Otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT bez přípojovacích armatur																
Ventil s termostatickou hlaví																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v [m ³ /h]	0,05	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75
Ventil bez termostatické hlavice																
Stupeň nastavení ventilu	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_{vs} [m ³ /h]	0,05	0,16	0,22	0,27	0,33	0,38	0,41	0,43	0,54	0,65	0,82	0,98	1,11	1,23	1,33	1,43

Nejvyšší přípustná prov. teplota: 110 °C

Nejvyšší přípustný prov. přetlak: 1,0 MPa

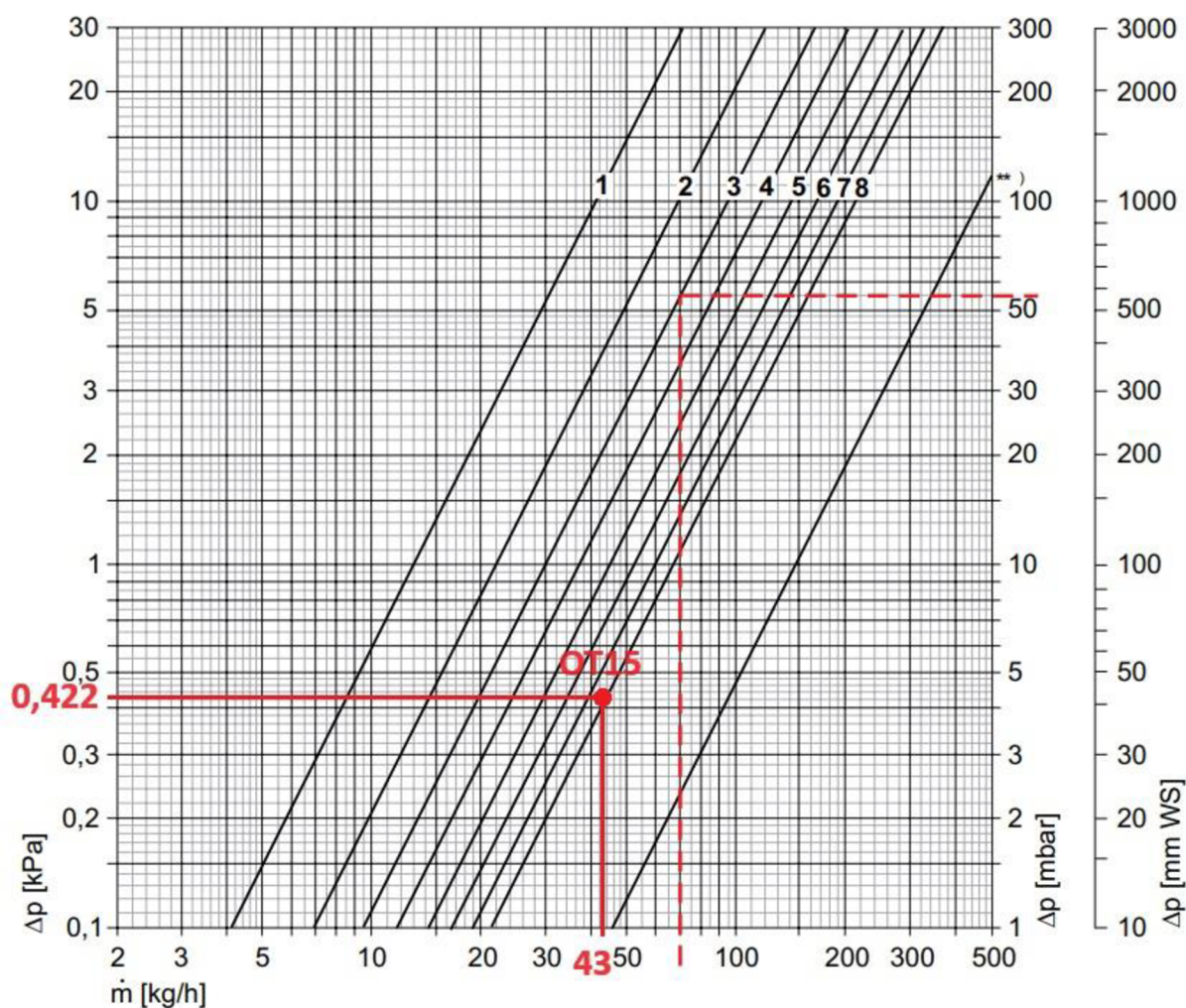
Uvedené hodnoty k_v odpovídají pásmu proporcionality 2 K

Prvky pro ovládání – Regulační H přímé šroubení Heimeier Vekolux



Obrázek 26: Regulační H přímé šroubení Heimeier Vekolux [17]

Ventilová vložka VHV8S s 8 stupni nastavení



Graf 2: Tlakové ztráty H šroubení Vekolux [17]

Tabulka 3: Nastavení H šroubení podle otáček [16]

Otopné těleso VK s rohovým a přímým šroubením Vekolux ve dvoutrubkovém provedení

	Nastavení ventilové vložky								Kvs Vekolux bez otopného tělesa
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Ventilová vložka VHV se 6 stupni nastavení a termostatickou hlavici									
min Kv-hodnota	0,025	0,047	0,126	0,265	0,401	0,556	-	-	1,48
max Kv-hodnota	0,047	0,126	0,265	0,401	0,556	0,730	-	-	
Kvs	0,051	0,133	0,289	0,413	0,579	0,817	-	-	
Ventilová vložka VHV8S s 8 stupni nastavení a termostatickou hlavici									
Kv-hodnota	0,13	0,22	0,30	0,37	0,45	0,53	0,60	0,67	1,48
Kvs	0,16	0,27	0,37	0,41	0,60	0,82	0,95	1,03	

Kv/Kvs = m³/h při tlakové ztrátě 1 bar.

B.4.2.2 Trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR CLASSIC–M

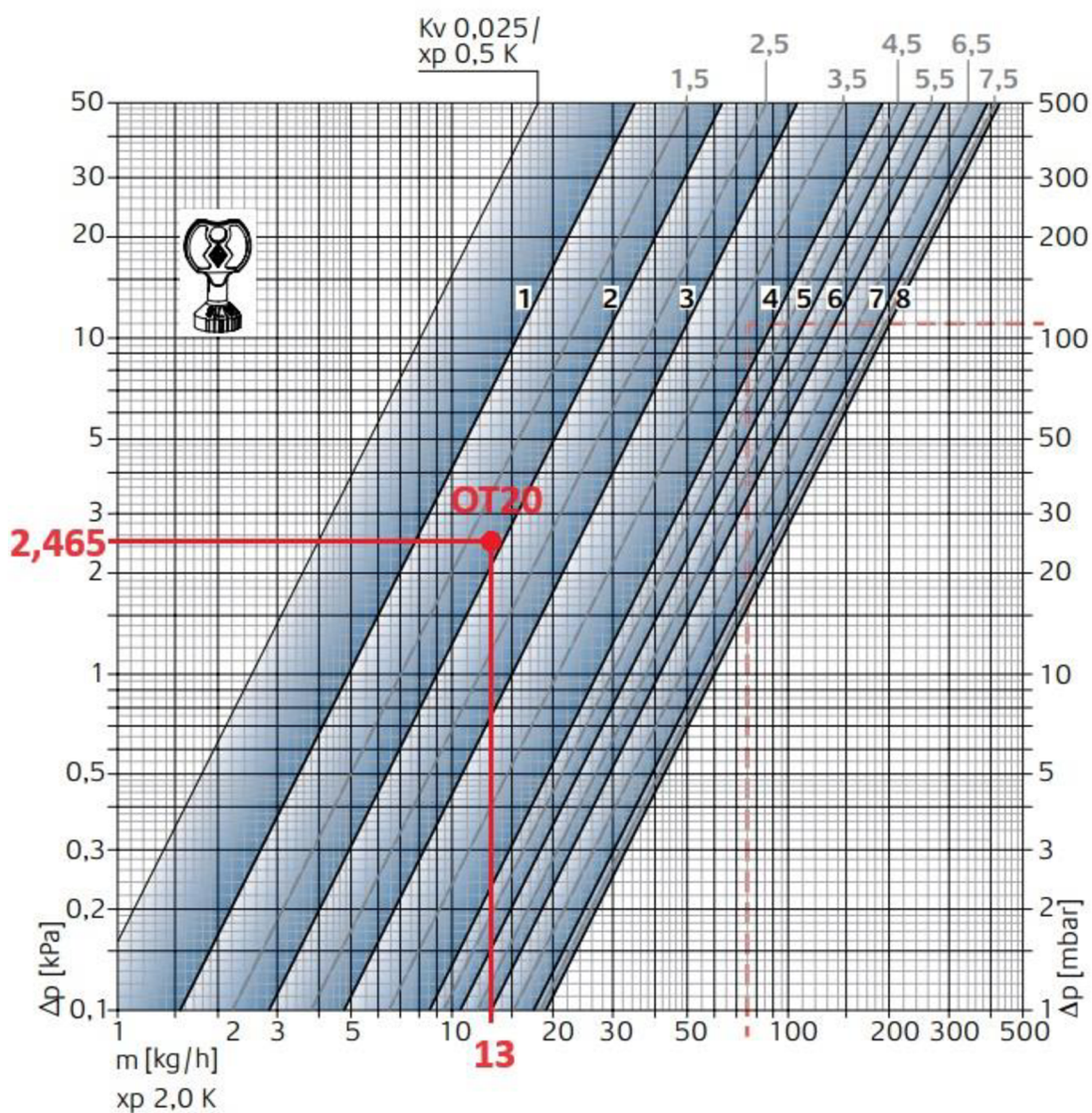


Obrázek 27: Trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR CLASSIC–M [16]

Prvky pro ovládání – Multilux 4 Set s hlavicí Halo



Obrázek 28: Multilux 4 Set s hlavicí Halo [16]



Graf 3: Tlakové ztráty ventilu Multilux 4 [16]

Tabulka 4: Nastavení ventilu Multilux 4 podle otáček [16]

Radiátorový ventil s termostatickou hlavicí

		Nastavení								Max. tlaková diference při níž se ventil ještě uzavírá Δp [bar]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	Term. hlavice	EMO T EMOtec EMO 3 TA-Slider 160
Pásmo proporcionality xp 1,0 K	kv-hodnota	0,049	0,082	0,130	0,215	0,246	0,303	0,335	0,343	1,0	3,5
Pásmo proporcionality xp 2,0 K	kv-hodnota	0,049	0,090	0,150	0,265	0,330	0,409	0,560	0,600		
Kvs		0,049	0,102	0,185	0,313	0,332	0,518	0,619	0,670		

$Kv/Kvs = m^3/h$ při tlakové ztrátě 1 bar.

B.5. Návrh přípravy teplé vody

B.5.1 Stanovení potřeby teplé vody za periodu 24 hodin V_{2P}

Vstupní údaje:

Počet osob n_i : 26 osob

Společná plocha S_{sp} : 59,63 m²

Výpočet:

Bytový dům dle ČSN 06 0320 Ohřívání užitkové vody

Potřeba teplé vody pro 1 osobu a den v bytovém domě: Součet objemu dávek: 0,082 m³/1 os. den

Potřeba teplé vody pro úklid společných prostorů na 100 m² a den v bytovém domě: 0,02 m³/100 m² den

$$V_{2P} = 0,082 \times n_i + 0,02 \times S_{sp} = 26 \times 0,082 + 0,02 \times (59,63/100) = \mathbf{2,144 \text{ m}^3/\text{den}}$$

B.5.2 Stanovení potřeby tepla pro ohřev teplé vody

Teoretické teplo odebírané z ohříváče v době periody

$$Q_{2t} = c \times V_{2P} \times (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \times 2,144 \times (55 - 10) = 112,202 \text{ kWh}$$

c – měrné teplo vody [Wh/(kg × K)]

θ_2 – výstupní teplota vody z ohříváče [°C]

θ_1 – vstupní teplota vody do ohříváče [°C]

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci v době periody

$$Q_{2z} = Q_{2t} \times z = 112,202 \times 0,5 = 56,101 \text{ kWh}$$

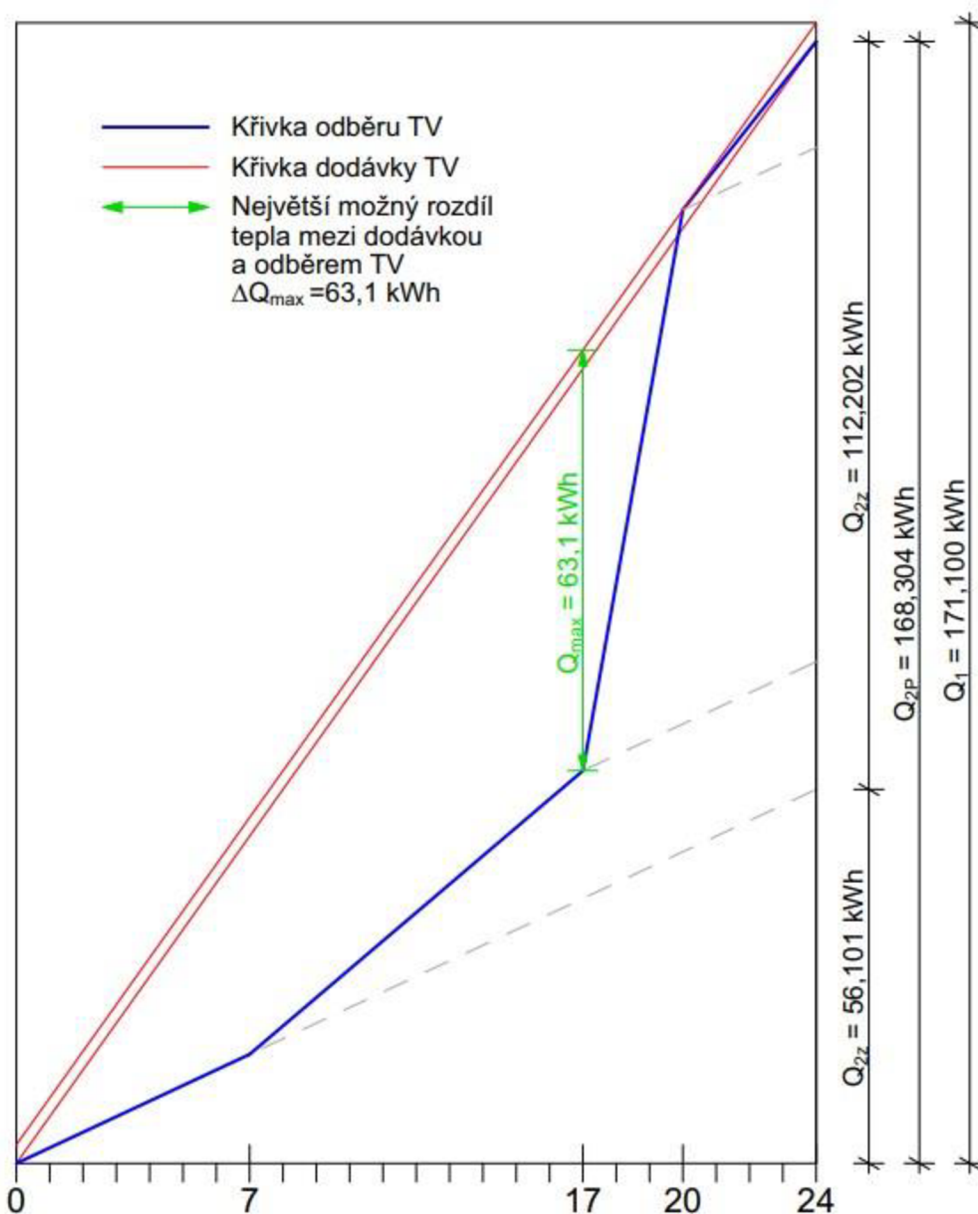
Teplo potřebné pro ohřev teplé vody

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 112,202 + 56,101 = 168,304 \text{ kWh/perioda}$$

B.5.3 Odhadovaná potřeba tepla na přípravu teplé vody během dne

Tabulka 5: Podíl potřeby energie pro teplou vodu během dne

Čas	Podíl odběru [%]	Odebrané teplo Q_{2t} [kWh]	Ztracené teplo Q_{2z} [kWh]	Celkem Q_{2P} [kWh]
7 – 17	35	39,271	19,635	58,906
17 – 20	50	56,101	28,051	84,152
20 – 24	15	16,830	8,415	25,246
Celkem	100	112,202	56,101	168,304



Graf 4: Stanovení odběru a dodávky tepla

B.5.4 Zásobníkový ohřev vody

Stanovení objemu zásobníku

$$\Delta Q_{max} = 63,1 \text{ kWh}$$

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \times (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{63,1}{1,163 \times (55 - 10)} = 1,206 \text{ m}^3$$

Stanovení tepelného výkonu pro ohřev vody

$$Q_1 = 171,100 \text{ kWh}$$

$$Q_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t}\right)_{max} = \frac{171,100}{24} = 7,129 \text{ kW}$$

Potřebná teplosměnná plocha pro tepelný spád 80/60 °C

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(80 - 55) - (60 - 10)}{\ln\left(\frac{80 - 55}{60 - 10}\right)} = 36,1 \text{ K}$$

$$A = \frac{Q_{1n} \times 1000}{U \times \Delta t} = \frac{7,129}{420 \times 36,1} = 0,471 \text{ m}^2$$

T_1 – vyšší teplota teplotního spádu [°C]

T_2 – nižší teplota teplotního spádu [°C]

t_2 – výstupní teplota vody z ohříváče [°C]

t_1 – vstupní teplota vody do ohříváče [°C]

Navrhuji stacionární nepřímotopný ohříváč REGULUS RBC 1500 CLASS C o celkovém objemu 1492 litrů.

Technická dokumentace ohříváče je přílohou této práce. [P3]

B.6. Návrh zdroje tepla

Zdroje tepla se nachází v technické místnosti 0.03 v 1.PP

Vstupní údaje:

Tepelný výkon otopných těles: $Q_{VYT} = 13,755 \text{ kW}$

Tepelný výkon pro ohřev teplé vody: $Q_{TV} = 7,129 \text{ kW}$

Potřeba tepla pro VTZ: $Q_{VZT} = 0 \text{ kW}$

Potřeba tepla pro technologie: $Q_{TECH} = 0 \text{ kW}$

Tepelný spád okruhu vytápění: 50/40 °C

Tepelný spád okruhu pro ohřev teplé vody: 80/60 °C

Celkový průtok: 5743 kg/h

B.6.1 Požadovaný výkon zdroje pro vytápěný objekt s přípravou teplé vody

$$Q_{PRIP1} = 0,7 \times Q_{VYT} + 0,7 \times Q_{VZT} + Q_{TV} = 0,7 \times 13,755 + 0,7 \times 0 + 7,129 = 16,758 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP2} = Q_{VYT} + Q_{VZT} + Q_{TECH} = 13,755 + 0 + 0 = 13,755 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP} = \max \{Q_{PRIP1}, Q_{PRIP2}\} = 16,758 \text{ kW}$$

Požadovaný výkon pro otopné období: **16,758 kW**

Požadovaný výkon mimo otopné období (pouze ohřev teplé vody): **7,129 kW**

Navrhuji závěsný plynový kondenzační kotel Valliant eco TEC plus VU 206/5-5 s výkonovým rozsahem v režimu pro vytápění 50/40 °C 4,2–21,2 kW a v režimu pro ohřev teplé vody 80/60 °C 3,8–20,0 kW

Technická dokumentace kotle je přílohou této práce. [P4]

B.6.2 Návrh odvodu spalin

Pro odvod spalin z kotle jsem z návrhu od výrobce vybral koaxiální kouřovod o rozměrech $\varnothing 80/125$ s napojením na komín, který odvádí spaliny nad střechu budovy a zároveň zajišťuje přívod spalovacího vzduchu pro oba kotle. Maximální délka odkouření je 23m.

Tabulka 6: Tabulka odkouření plynového kotle [18]

Koaxiální systém $\varnothing 80/125$ mm

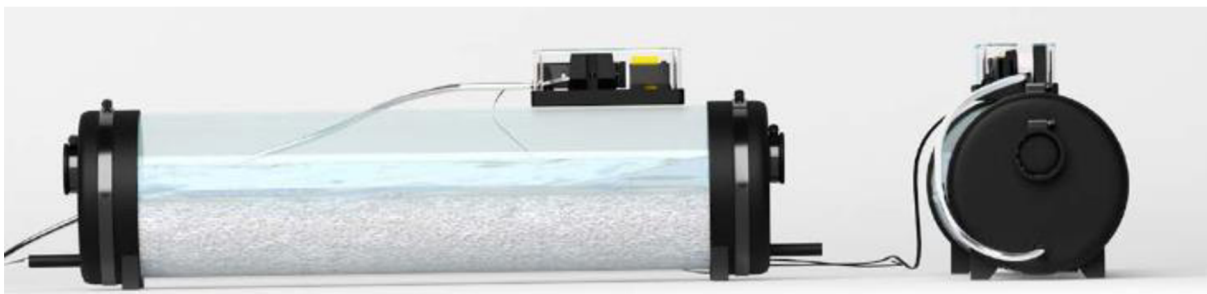
Typ odkouření		VU 146/5-5	VU 146/5-3 VUW 236/5-3 VU 206/5-5 VUW 246/5-5	VU 246/5-3 VUW 286/5-3 VU 256/5-5 VUW 306/5-5	VU 306/5-5 VUW 346/5-5	VU 356/5-5	VU 466/4-5	VU 656/4-5
Svislé odkouření	Max. povolená délka L	11,0 + 3 kolena 87°	23,0 + 3 kolena 87°	28,0 + 3 kolena 87°	23,0 + 3 kolena 87°	23,0 + 3 kolena 87°	13,5 + 3 kolena 87°	13,5 + 3 kolena 87°
Vodorovné odkouření	Max. povolená délka L	11,0 + 3 kolena 87°	23,0 + 3 kolena 87°	28,0 + 3 kolena 87°	23,0 + 3 kolena 87°	23,0 + 3 kolena 87°	11,0 + 3 kolena 87°	10,0 + 3 kolena 87°
Každé 87° koleno snižuje max. délku o 2,5 m Každé 45° koleno snižuje max. délku o 1,0 m								

B.6.3 Návrh neutralizačního boxu na kondenzát

V komínovém tělese u kondenzačních kotlů vzniká kyselý kondenzát, který se musí před vypuštěním do kanalizace zneutralizovat, a to nám zajišťuje neutralizační box.

Navrhuji neutralizační box Neutrakon 100/70

Tabulka 7: Jednotlivé parametry neutralizačního boxu [18]



Neutralizační box pro nerezové výměníky kotlů

maximální výkon kotle / kotelný	vhodný typ neutralizačního boxu	objednací číslo	cena bez DPH
100 kW	Neutrakon 100/70	N001-S	3 990
500 kW	Neutrakon 500/100	N002-S	4 990
1 000 kW	Neutrakon 1000/650 Air	N005-N	12 490
1 500 kW	Neutrakon 1500/1000 Air	N006-N	15 990

Technická dokumentace neutralizačního boxu je přílohou této práce. [P5]

B.7. Dimenzování a hydraulické posouzení otopné soustavy

Legenda k tabulce dimenzování:

Postup číslování úseků v tabulce je od zdroje k tělesu. v základním okruhu níže je 0. úsek bezprostředně od zdroje po nejbližší dělení proudu (napojení zásobníkového ohříváče). a úsek 8 je od dělení proudu po těleso. Vratné porubí je značeno stejným číslem, jako sousední přívodní potrubí, s apostrofou.

Jako první byl určen a nadimenzován základní okruh (nejvýše položené a nejvýkonnější těleso – OT1). Další úseky jsou dimenzované tak, aby měli stejnou tlakovou ztrátu jako základní okruh (Δp_0).

Úseky, které jsou již nadimenzovány, jsou zapsány v pravé části tabulky a následně odečteny od tlakové ztráty základního okruhu, čímž zbude dispoziční tlak, které je nutno dosáhnout ventily na otopném tělese.

Tabulka 8: Dimenzování a hydraulické posouzení – základní okruh. OT1

Větev vytápění

t_1 [°C] = 50,0	ρ_1 [kg/m ³] = 988,1	g [m/s ²] = 9,81	JMÉNO: Bc. Filip Kaša
t_2 [°C] = 40,0	ρ_2 [kg/m ³] = 992,2	$\Delta\rho$ [kg/m ³] = 4,1	
t_m [°C] = 45,0	ρ_m [kg/m ³] = 990,2	ν [m ² /s] = $0,553 \cdot 10^{-6}$	(kinematická viskozita při 50°C)
Δt [K] = 10,0	c [J/kg.K] = 4 186	k [mm] = 0,02	(drsnost potrubí)

pásmo proporcionality: **2** [K]

Základní okruh

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
č. ús.	Q [kW]	m [kg/h]	l [m]	DN [mm]	d [mm]	R [Pa/m]	R · l [Pa]	w [m/s]	$\Sigma \xi$ [-]	$(w^2/2) \times \rho$ [Pa]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]			
Ozn.	OT1	- základ.	h [m] = 11,31			Δp_h [Pa] = 455									
Místn.	B10.4.05	Σl [m] = 52,7			info: $w_{opt} = 0,3-0,7$ m/s (u tělesa 0,2 m/s)							Δp_z			
0.	20,884	1 796,0	0,80	35x1,5	32	139	111	0,63	6,5	194,3	1263	1 374			
1	13,755	1 182,9	5,40	35x1,5	32	67	362	0,41	3,3	84,3	278	640			
2	13,221	1 137,0	0,25	35x1,5	32	63	16	0,40	2,3	77,9	179	195			
3	8,450	726,7	2,80	28x1,5	25	92	259	0,42	8,2	85,4	700	959			
4	6,078	522,7	2,82	22x1	20	150	422	0,47	0,3	107,9	32	455			
5	4,038	347,3	2,82	22x1	20	73	206	0,31	0,7	47,6	33	240			
6	1,555	133,7	4,79	15x1	13	107	511	0,28	13,3	39,6	526	1 037			
7	0,835	71,8	3,30	15x1	13	36	119	0,15	1,5	11,4	17	136			
8 v	0,459	39,5	3,35	15x1	13	13	42	0,08	4,0	3,4	14	56			
8' h	0,459	39,5	3,35	15x1	13	13	42	0,08	4,0	3,4	14	56			
7'	0,835	71,8	3,30	15x1	13	36	119	0,15	3,0	11,4	34	153			
6'	1,555	133,7	4,79	15x1	13	107	511	0,28	8,9	39,6	352	863			
5'	4,038	347,3	2,82	22x1	20	73	206	0,31	1,0	47,6	48	254			
4'	6,078	522,7	2,82	22x1	20	150	422	0,47	0,6	107,9	65	487			
3'	8,450	726,7	2,80	28x1,5	25	92	259	0,42	8,5	85,4	726	984			
2'	13,221	1 137,0	0,25	35x1,5	32	63	16	0,40	2,6	77,9	202	218			
1'	13,755	1 182,9	5,40	35x1,5	32	67	362	0,41	3,6	84,3	303	666			
0'	20,884	1 796,0	0,80	35x1,5	32	139	111	0,63	13,3	194,3	2584	2 696			
$\Sigma =$									4 095	$\Sigma =$		7 372	11 467		
započtení vlivu účinného tlaku (0 až 0,75) =										0,50	$\ast \Delta p_h$ [Pa] =		227		
typ OT:	21	$\xi_{OT} [-]$ = 8,5	m = 39	[kg/h]	w_{DN15} = 0,05	$(w_{DN15}^2/2) \times \rho =$		1,5			12				
Ventil kompak	přednastavení		8,0	$k_v =$	0,750	[m ³ /h]	V = 40	[dm ³ /h]			283				
H-šroubení	přednastavení		8	$k_v =$	0,670	[m ³ /h]	V = 40	[dm ³ /h]			354				
Tlaková ztráta měřiče tepla											1895				
Potřebný dopravní tlak oběhového čerpadla Δp_e [Pa] =											13 783				
Potřebný průtok oběhovým čerpadlem m [kg/h] =											1 796				

Tabulka 9: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT2

4. NP - A

č. ús.	Q [kW]	m [kg/h]	l [m]	DN [mm]	d [mm]	R [Pa/m]	R.l [Pa]	w [m/s]	$\Sigma \zeta$ [-]	$(w^2/2) \times \rho$ [Pa]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	odeč. úseky tlak. ztráta [Pa]	
Ozn.	OT2		h [m] = 11,31			Δp_h [Pa] = 455						Δp_{dis} [Pa] = 2 656		
Místn.	B10.4.05	Σl [m] = 1,7	0,50	*	Δp_h [Pa] = 227,4		info: w_{opt} = 0,5 až 0,6 m/s					Δp_z	čís. 11 355	
9	v	0,376	32,3	0,83	15x1	13	9	7,4	0,07	4,0	2,31	9	17	0. 1 374
9'	h	0,376	32,3	0,83	15x1	13	9	7,4	0,07	4,0	2,31	9	17	1. 640
$\Sigma = 14,8$												2. 195		
$\Sigma = 18$												3. 959		
typ OT: 21 $\zeta_{ot} [-] = 8,5$ m = 32 [kg/h] $w_{DN15} = 0,04$ $(w_{DN15}^2/2) \times \rho = 1,0$												4. 455		
Ventil kompaktní přednastavení 5,5 $k_v = 0,520$ [m ³ /h] V = 33 [dm ³ /h]												5. 240		
H-šroubení přednastavení 8 $k_v = 0,670$ [m ³ /h] V = 33 [dm ³ /h]												6. 1 037		
Tlaková ztráta měřiče tepla												7. 136		
celková tlaková ztráta dopočítávané části okruhu Δp_o [Pa] = 2 656												7'. 153		
Δp_{dis} [Pa] = 2 656												6'. 863		
nerov. splněna, přebyt. tlak [Pa] ...												5'. 254		
0												4'. 487		
0												3'. 984		
0												2'. 218		
0												1'. 666		
0												0'. 2 696		

Tabulka 10: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT3

č. ús.	Q [kW]	m [kg/h]	l [m]	DN [mm]	d [mm]	R [Pa/m]	R.l [Pa]	w [m/s]	$\Sigma \zeta$ [-]	$(w^2/2) \times \rho$ [Pa]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	odeč. úseky tlak. ztráta [Pa]	
Ozn.	OT3		h [m] = 11,31			Δp_h [Pa] = 455						Δp_{dis} [Pa] = 2 944		
Místn.	B10.4.03	Σl [m] = 15,0	0,50	*	Δp_h [Pa] = 227,4		info: w_{opt} = 0,5 až 0,6 m/s					Δp_z	čís. 11 066	
10		0,720	61,9	1,49	15x1	13	28	41,3	0,13	3,5	8,48	30	71	0. 1 374
11		0,568	48,8	1,23	15x1	13	18	22,5	0,10	1,3	5,28	7	29	1. 640
12	v	0,401	34,5	4,76	15x1	13	10	47,4	0,07	5,5	2,63	14	62	2. 195
12'	h	0,401	34,5	4,76	15x1	13	10	47,4	0,07	7,0	2,63	18	66	3. 959
11'		0,568	48,8	1,23	15x1	13	18	22,5	0,10	0,9	5,28	5	27	4. 455
10'		0,720	61,9	1,49	15x1	13	28	41,3	0,13	5,0	8,48	42	84	5. 240
$\Sigma = 222,3$												6. 1 037		
$\Sigma = 117$												6'. 863		
typ OT: 11 $\zeta_{ot} [-] = 19,0$ m = 34 [kg/h] $w_{DN15} = 0,05$ $(w_{DN15}^2/2) \times \rho = 1,1$												5'. 254		
Ventil kompaktní přednastavení 6,0 $k_v = 0,570$ [m ³ /h] V = 35 [dm ³ /h]												4'. 487		
H-šroubení přednastavení 8 $k_v = 0,670$ [m ³ /h] V = 35 [dm ³ /h]												3'. 984		
Tlaková ztráta měřiče tepla												2'. 218		
celková tlaková ztráta dopočítávané části okruhu Δp_o [Pa] = 2 944												1'. 666		
Δp_{dis} [Pa] = 2 944												0'. 2 696		
nerov. splněna, přebyt. tlak [Pa] ...												0		

Tabulka 11: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT4

č. ús.	Q [kW]	m [kg/h]	l [m]	DN [mm]	d [mm]	R [Pa/m]	R.l [Pa]	w [m/s]	$\Sigma \zeta$ [-]	$(w^2/2) \times \rho$ [Pa]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	odeč. úseky tlak. ztráta [Pa]	
Ozn.	OT4		h [m] = 11,31			Δp_h [Pa] = 455						Δp_{dis} [Pa] = 2 733		
Místn.	B10.4.01	Σl [m] = 2,8	0,50	*	Δp_h [Pa] = 227,4		info: w_{opt} = 0,5 až 0,6 m/s					Δp_z	čís. 11 278	
13	v	0,167	14,4	1,40	15x1	13	2	3,0	0,03	5,5	0,46	3	6	0. 1 374
13'	h	0,167	14,4	1,40	15x1	13	2	3,0	0,03	7,0	0,46	3	6	1. 640
$\Sigma = 6,0$												2. 195		
$\Sigma = 6$												3. 959		
typ OT: 11 $\zeta_{ot} [-] = 19,0$ m = 14 [kg/h] $w_{DN15} = 0,02$ $(w_{DN15}^2/2) \times \rho = 0,2$												4. 455		
Ventil kompaktní přednastavení 1,5 $k_v = 0,180$ [m ³ /h] V = 15 [dm ³ /h]												5. 240		
H-šroubení přednastavení 8 $k_v = 0,670$ [m ³ /h] V = 15 [dm ³ /h]												6. 1 037		
Tlaková ztráta měřiče tepla												10. 71		
celková tlaková ztráta dopočítávané části okruhu Δp_o [Pa] = 2 733												11. 29		
Δp_{dis} [Pa] = 2 733												11'. 27		
nerov. splněna, přebyt. tlak [Pa] ...												10'. 84		
0												6'. 863		
0												5'. 254		
0												4'. 487		
0												3'. 984		
0												2'. 218		
0												1'. 666		
0												0'. 2 696		

Tabulka 12: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT5

č. ús.	Q [kW]	m [kg/h]	l [m]	DN [mm]	d [mm]	R [Pa/m]	R.l [Pa]	w [m/s]	$\Sigma \xi$ [-]	$(w^2/2) \times \rho$ [Pa]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	odeč. úseky tlak. ztráta [Pa]
Ozn.	OT5		h [m] = 11,31			Δp_h [Pa] = 455						Δp_{ois} [Pa] = 2 789	
Místn.	B10.4.03	Σl [m] = 5,9		0,50	*	Δp_h [Pa] = 227,4	info: $w_{opt} = 0,5$ až $0,6$ m/s					Δp_z	čís. 11 221
14 v	0,152	13,1	2,93	15x1	13	2	5,3	0,03	4,3	0,38	2	7	0 1 374
14' h	0,152	13,1	2,93	15x1	13	2	5,3	0,03	4,6	0,38	2	7	1 640
$\Sigma = 10,7$												$\Sigma = 3$	14
typ OT:	KLC	$\xi_{ot} [-] = 1,8$	m = 13 [kg/h]	$w_{DN15} = 0,02$	$(w_{DN15}^2/2) \times \rho = 0,2$							0	3 959
	Multilux	přednastavení	3	$k_v = 0,150$ [m ³ /h]	$v = 13$ [dm ³ /h]							880	4 455
Tlaková ztráta měřiče tepla												1895	5 240
celková tlaková ztráta dopočítávané části okruhu Δp_o [Pa] =												2 789	6 1 037
Δp_{ois} [Pa] =												2 789	10 71
nerov. splněna, přebyt. tlak [Pa] ...												0	10' 84
												6' 863	
												5' 254	
												4' 487	
												3' 984	
												2' 218	
												1' 666	
												0' 2 696	

Kompletní výpočet, včetně určení součinitelů vřazených odporů je přílohou této práce. [P6]

B.8. Dilatace potrubí

Vlivem změn teplot otopné vody mění potrubí svoji délku. Dilatace potrubí má následně vliv na vznik tahových nebo tlakových sil, které mohou svým působením, ztrhat závit, roztrhnout samotné potrubí a obecně poškodit soustavu. Jedná se tedy o nežádoucí vliv, který je třeba kompenzovat vhodným řešením, který umožňuje vyrovnávat délkové změny potrubí a tím zamezit vzniku sil v potrubí.

V daném případě jsou délkové změny potrubí přirozeně kompenzovány v kolenech trubek. Nevyskytují se dlouhé přímé úseky, není nutné navrhovat kompenzátory délkové roztažnosti.

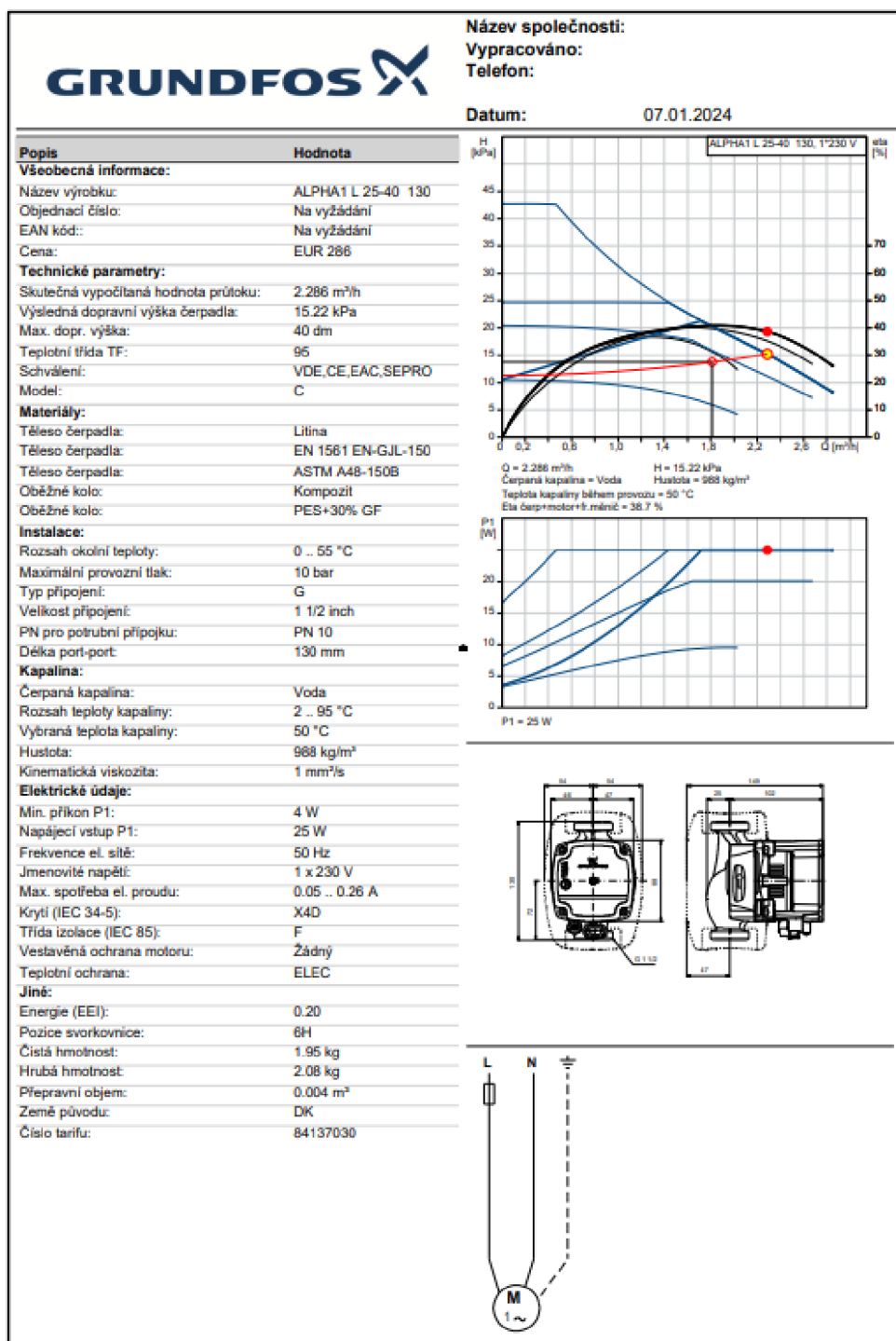
B.9. Návrh oběhových čerpadel

Návrh čerpadel byl proveden pomocí softwaru od společnosti Grundfos z řady čerpadel ALPHA. [19]

Větev vytápění

Tlaková ztráta otopného okruhu: 13,783 kPa

Průtok otopným okruhem: 1,814 m³/h



Obrázek 29: Návrh oběhového čerpadla pro větev 1 [19]

B.10. Návrh zabezpečovacích zařízení

B.10.1 Návrh expanzní nádoby:

Návrh expanzní nádoby se provádí z důvodu zvětšení objemu otopné vody vlivem tepelné roztažnosti z teploty přívodní 10 °C na teplotu maximální 50 °C v režimu pro vytápění. Režim pro ohřev teplé vody má sice vyšší teplotu (80 °C), ale objem vody v okruhu pro ohřev teplé vody je násobně menší (do 5 litrů) než v okruhu pro vytápění (254 litrů), proto bude expanzní nádoba navržena na teplotu a objem vody v okruhu pro vytápění

Vstupní údaje:

Maximální teplota otopné vody t_{\max} : 50 °C (v režimu pro vytápění)

Minimální teplota otopné vody t_{\min} : 10 °C

Výška otopné soustavy h : 11,31 m

Výška manometrické roviny h_{MR} : 1,5 m

Výkon kotle Q_P : 21,2 kW

Objem vody v otopné soustavě:

$$V_0 = V_P + V_{OT} + V_K + V_{OH}$$

$$V_0 = 80,9 + 137,55 + 10 + 26 = 254,45 = 0,254 \text{ m}^3$$

V_P – objem vody v potrubí [litr]

V_{OT} – objem vody v deskových otopných tělesech [litr]

V_K – objem vody v kotli [litr]

V_{OH} – objem vody v zásobníkovém ohřivači teplé vody [litr]

Objem vody v potrubí V_P

DN potrubí	Délka potrubí [m]	Objem vody na 1 m [l/m]	Objem vody [litr]
15x1	432,72	0,13	56,3
18x1	12,86	0,20	2,6
22x1	28,96	0,31	9
28x1,5	5,6	0,49	2,7
35x,15	12,9	0,80	10,3
Celkem			80,9

Objem vody v deskových otopných tělesech V_{OT}

Výkon otopných těles: 13,755 kW

Objem 10 litrů na kW

$$V_{OT} = 10 \times 13,755 = 137,55 \text{ litrů}$$

Objem vody v kotli V_K

10 litru

Objem vody v zásobníkovém ohřivači teplé vody V_{OH}

26 litru

Výpočet expanzního objemu:

$$V_e = 1,3 \times V_0 \times n$$

$$V_e = 1,3 \times 254,45 \times 0,01169 = 3,87 \text{ l}$$

n – součinitel zvětšení objemu = 0,01169 [-]

$$\Delta t = 50 - 10 = 40 \text{ K}$$

Tabulka 13: Součinitel zvětšení objemu [20]

$\Delta t = t_{max} - 10 \text{ [K]}$	20	30	40	45	50	55	60	65	70
$n \text{ [-]}$	0,00401	0,00749	0,01169	0,01413	0,01672	0,01949	0,02243	0,02551	0,02863
$\Delta t = t_{max} - 10 \text{ [K]}$	75	80	85	90	95	100	105	110	115
$n \text{ [-]}$	0,03198	0,03553	0,03916	0,04313	0,04704	0,05112	0,05529	0,05991	0,06435

Nejnižší dovolený provozní přetlak

$$p_{ddov} \geq p_d$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 * h \times \rho \times g \times 10^{-3}$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \times 11,31 \times 1000 \times 9,81 \times 10^{-3}$$

$$p_{ddov} \geq 122,04 \text{ kPa} \rightarrow \text{volím } 140 \text{ kPa} = p_d$$

p_d – nejnižší dovolený provozní přetlak [kPa]

p_{ddov} – nejnižší provozní přetlak – nejnižší hodnota provozního přetlaku [kPa]

h – výška otopné soustavy [m]

ρ – hustota vody [kg/m³]

g – tíhové zrychlení [m/s²]

Nejvyšší dovolený přetlak soustavy

$$p_{hdov} \leq p_k - h_{MR} \times \rho \times g \times 10^{-3}$$

$$p_{hdov} \leq 300 - 1,5 \times 1000 \times 9,81 \times 10^{-3} = 285,3 \text{ kPa}$$

$$p_{hdov} \geq 285,3 \text{ kPa} \rightarrow \text{volím } 250 \text{ kPa} = p_{hd}$$

p_{hdov} – nejvyšší provozní přetlak [kPa] – přetlak na který je nastaveno pojistné zařízení. u pojistného ventilu se rovná otevíracímu přetlak p_{ot}

p_k – tlak, která je dán maximálním konstrukčním přetlakem jednotlivých prvků soustavy, vztaženým k manometrické rovině [kPa]

Předběžný objem expanzní nádoby

$$V_{ep} = \frac{V_e \times (p_{hp} + 100)}{(p_{hp} - p_d)} = \frac{0,00387 \times (250 + 100)}{(250 - 175)} = 0,0181 \text{ m}^3$$

V_e – expanzní objem [m^3]

p_{hp} – předběžný nejvyšší provozní přetlak [kPa]

p_d – nejnižší provozní přetlak [kPa]

Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \times Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \times 21,2^{0,5} = 12,76 \text{ mm} \rightarrow 15 \times 1 \text{ mm}$$

Q_p – návrhový výkon zdroje [kW]

Navrhuji expanzní nádobu Regulus HS025 o objemu 25 l.

Technická dokumentace expanzní nádoby je přílohou této práce. [P7]

B.10.2 Návrh pojistného ventilu

Pro návrh pojistného ventilu byl použit výpočetní software ze stránek www.tzb-info.cz. [20]

Vstupní údaje:

Výkon zdroje (kotle) Q_p : 21,2 kW (maximální výkon v režimu vytápění)

Otevírací přetlak p : 250 kPa

Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla

Výpočet vychází z ČSN 06 0830 - Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení a řeší návrh pojistného ventilu a pojistného potrubí jako ochrany proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku.

Předpokládá se teplovodní nebo horkovodní otopná soustava.

Zdroj tepla	Varianta	Teplotní rozsah [°C]	vstup do PV	výstup z PV
<input type="radio"/> výměník tepla	A1	$\theta_j < 100$	voda	voda
	A2	$\theta_j \geq 100$	voda	směs
<input checked="" type="radio"/> kotel	<input checked="" type="radio"/> B		pára	pára

θ_j - výpočtová teplota ohřívací vody na vstupu

p_{ot} =	250	kPa	... otevírací přetlak pojistného ventilu
Φ_n =	21,2	kW	... jmenovitý výkon zdroje tepla
A_o =	65	mm ²	... vypočtený minimální průřez sedla pojistného ventilu

Výpočtové parametry pojistných ventilů: HONEYWELL		
Ventil - dimenze	Nejmenší průtočný průřez A_o [mm ²]	Výtokový součinitel α_v [-]
SM 120-1/2"	201	0.289
SM 120-3/4"	201	0.449
SM 120-1"	452	0.558
SM 120-1.1/4"	572	0.583

Poznámka: Přednastavené hodnoty průtočného průřezu a výtokového součinitele můžete změnit a výpočet se provede znovu pro Vámi zadané hodnoty.

	SM 120-1/2"	... navržený pojistný ventil
A_o =	201	mm ² ... skutečný průřez sedla navrženého pojistného ventilu
d_1 =	21	mm ... minimální vnitřní průměr vstupního pojistného potrubí
d_2 =	21	mm ... minimální vnitřní průměr výstupního pojistného potrubí

Poznámka: Na vypočtený vnitřní průměr pojistného potrubí se v případě napojení pohlíží pouze orientačně. Dimenze potrubí musí vyhovovat podmínce, aby tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nepřesáhla hodnotu 0,03 · p_{ot} a celková ztráta pojistného potrubí nepřesáhla hodnotu 0,10 · p_{ot} .

Obrázek 30: Návrh pojistného ventilu [21]

Teorie výpočtu:

průřez sedla pojistného ventilu je stanoven ze vztahu:	$A_0 = \frac{2 \cdot \Phi_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}}$	[mm ²]	... pro vodu
	$A_0 = \frac{\Phi_p}{\alpha_v \cdot K}$	[mm ²]	... pro páru
kde pojistný výkon	$\Phi_p = 2 \cdot \Phi_n$	[kW]	... pro výměníky skupiny A2
	$\Phi_p = \Phi_n$	[kW]	... pro ostatní zdroje

vnitřní průměr pojistného potrubí:	$d_v = 10 + 0,6 \cdot \Phi_p^{0,5}$	[mm]	... pro případ kdy nemůže dojít k vývinu páry
	$d_s = 15 + 1,4 \cdot \Phi_p^{0,5}$	[mm]	... pro případ kdy dochází k vývinu páry

Konstanta K [kW.mm⁻²] je závislá na stavu syté vodní páry a určí se podle následující tabulky:

p_{ot} [kPa]	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
K [kW.mm ⁻²]	0,5	0,67	0,82	0,97	1,12	1,26	1,41	1,55	1,69	1,83	1,97	2,1	2,37	2,64	2,91	3,18

Obrázek 31: Návrh pojistného ventilu [21]

Navrhuji pojistný ventil HONEYWELL SM 120–1/2" (DN15) s otevíracím přetlakem na 250 kPa

Technická dokumentace pojistného ventilu je přílohou této práce. [P8]

B.11. Návrh tepelné izolace potrubí


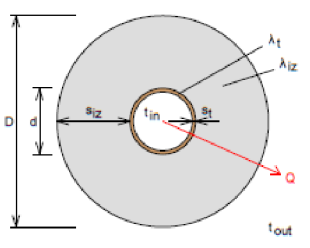
Pro návrh tepelné izolace potrubí byl použit výpočetní software ze stránek www.tzb-info.cz.

[22]

Navrhují izolaci ROCKWOOL FLEXOROCK

Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací

Tepelná ztráta potrubí kruhového průřezu je způsobena vedením tepla jednotlivými vrstvami potrubí a přestupem tepla do okolního prostředí. Její velikost ovlivňuje součinitel prostupu tepla válcovou stěnou (materiál trubky, materiál izolace, přestup tepla mezi povrchem potrubí a okolního prostředí), délka potrubí a rozdíl teploty média uvnitř potrubí a teploty v jeho okolí. Výpočet určuje také energetickou úsporu izolovaného potrubí a střední spotřebu izolace.

Izolace ROCKWOOL > FLEXOROCK Rozměry izolace - tl. 40 Tloušťka s_{iz} = 40 mm Souč. tepelné vodivosti λ_{iz} = 0.036 W / m K		
Trubka Měď Rozměry trubky - 35x1.5 Průměr d = 35 mm Tloušťka stěny s_t = 1.5 mm Souč. tepelné vodivosti λ_t = 372 W / m K		
 <p style="text-align: center;">$D = d + 2 s_{iz} = 115 \text{ mm}$</p>		Rozsah provozních teplot: není uveden
Potrubí		
Teplota média	t_{in} = 50 °C	
Teplota v okolí potrubí	t_{out} = 5 °C	
Relativní vlhkost vzduchu	ϕ = 65 % ???	
Teplota rosného bodu	t_w = -0.9 °C	
Součinitel přestupu tepla		
na vnějším povrchu	α_e = 10 W / m ² K	
Délka potrubí	l = 1 m	
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 20 - DN 32 => $U_{0,193/2007} = 0.18 \text{ W / m K}$	
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	$U_0 = 0.18 \leq 0.18 \text{ W / m K} \Rightarrow$ VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007	
Povrchová teplota izolovaného potrubí	$t_{p,iz} = 7.2 \text{ °C} > t_w \Rightarrow$ na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci	
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	$q_p = 49.5 \text{ W/m}$	
Tepelná ztráta potrubí s izolací	$q_{iz} = 8.1 \text{ W/m}$	
Energetická úspora izolovaného potrubí	84 %	
Střední spotřeba izolace	0.2356 m ² - platí pro plošnou izolaci	

Obrázek 32: Návrh tepelné izolace potrubí

Navržené tloušťky tepelné izolace na jednotlivé dimenze

Tepelná izolace minimalizuje tepelné ztráty rozvodného potrubí a tím tak značně napomůže snížit potřebu tepla pro ohřev vody. Přibližná průměrná úspora tepla činí 77 % díky aplikování tepelné izolace.

Tabulka 14: Navržené tloušťky tepelné izolace na jednotlivé dimenze

Dimenze potrubí	Tloušťka tepelné izolace [mm]
15x1	25
18x1	30
22x1	30
28x1,5	40
35x1,5	40

B.12. Návrh výše nespécifikovaných zařízení

B.12.1 Trojcestný směšovací ventil

B.12.1.1 Hlavní větev

Trojcestný ventil bude napojený na MaR spolu se zásobníkem teplé vody a kotlem. Při potřebě náhřevu teplé vody se kotel přepne na režim 80/60 °C pro náhřev teplé vody a trojcestný ventil umožní plný průtok otopné vody do zásobníku. Po dostatečném nahřátí se kotel vrátí do topného režimu 50/40 °C a trojcestný ventil uzavře průtok do zásobníku.

Vstupní údaje:

Tlaková ztráta okruhu: $p_{dis} = 13,783 \text{ kPa}$

Objemový průtok okruhu: $V = 1,796 \text{ m}^3/\text{h}$

Požadovaná tlaková ztráta ventilu pro návrh k_{vs} hodnoty

$$p_{v100} = P'_v \times p_{dis} = 0,5 \times 13,783 = 6,891 \text{ kPa}$$

P'_v – poměrná autorita ventilu

Návrh k_{vs} hodnoty

$$k_{vs} = V \times \frac{\sqrt{p_0}}{\sqrt{p_{v100}}} = 1,796 \times \frac{\sqrt{100}}{\sqrt{6,891}} = 6,84 \rightarrow \frac{DN25}{k_{vs} = 6,3}$$

Skutečná tlaková ztráta ventilu

$$p_{vr} = \left(\frac{V}{k_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{1,796}{6,3}\right)^2 = 8,127 \text{ kPa}$$

Podmínka minimální tlakové ztráty ventilu

$$3 \text{ kPa} < 8,127 \text{ kPa} \rightarrow \text{splněno}$$

Navrhuji trojcestný směšovací ventil ESBE VRG131 DN25 $k_{vs} = 6,3$

Technická dokumentace trojcestného směšovacího ventilu je přílohou této práce. [P9]

Tabulka 15: Parametry trojcestného směšovacího ventilu ESBE VRG131

OTOČNÉ SMĚŠOVACÍ VENTILY ŘADY VRG131, VNITŘNÍ ZÁVIT

Obj. č.	Označení	DN	Kvs *	Připojení	A	B	C	D	Hmot. [kg]	Nahrazuje	Pozn.
1160 01 00	VRG131	15	0.4	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	—	
1160 02 00	VRG131	15	0.63	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-0.6	
1160 03 00	VRG131	15	1	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-1.0	
1160 04 00	VRG131	15	1.63	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-1.6	
1160 05 00	VRG131	15	2.5	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	3 MG 15-2.5	
1160 06 00	VRG131	15	4	Rp 1/2"	36	72	32	50	0.40	—	
1160 07 00	VRG131	20	2.5	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	—	
1160 08 00	VRG131	20	4	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	3 MG 20-4	
1160 09 00	VRG131	20	6.3	Rp 3/4"	36	72	32	50	0.43	3 MG 20-6.3	
1160 10 00	VRG131	25	6.3	Rp 1"	41	82	34	52	0.70	3 MG 25-8	
1160 11 00	VRG131	25	10	Rp 1"	41	82	34	52	0.70	3 MG 25-12	
1160 12 00	VRG131	32	16	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	0.95	3 MG 32-18	
1160 13 00	VRG131	40	25	Rp 1 1/2"	58	116	44	62	1.75	3 G 40-28	
1160 14 00	VRG131	50	40	Rp 2"	62	125	44	62	2.05	3 G 50-44	

B.12.2 Vyvažovací ventil

Vyvažovací ventil bude osazen na patě hlavní větve.

B.12.2.1 Návrh vyvažovacího ventilu pro větev vytápění

Vstupní údaje:

Tlaková ztráta okruhu: $p_{dis} = 13,783 \text{ kPa}$

Objemový průtok okruhu: $V = 1,796 \text{ m}^3/\text{h} = 0,499 \text{ l/s}$

Hodnota K_{vs}

$$K_{vs} = 36 \times \frac{q}{\sqrt{\Delta p}} = 36 \times \frac{0,499}{\sqrt{13,783}} = 4,48 \rightarrow \frac{DN20 (3,5 \text{ otáčky})}{K_{vs}=4,75}$$

Tabulka 16: Hodnoty Kv pro vyvažovací ventil STAD [17]

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10/09	DN 15/14	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.127	0.511	0.60	1.14	1.75	2.56
1	0.090	0.212	0.757	1.03	1.90	3.30	4.20
1.5	0.137	0.314	1.19	2.10	3.10	4.60	7.20
2	0.260	0.571	1.90	3.62	4.66	6.10	11.7
2.5	0.480	0.877	2.80	5.30	7.10	8.80	16.2
3	0.826	1.38	3.87	6.90	9.50	12.6	21.5
3.5	1.26	1.98	4.75	8.00	11.8	16.0	26.5
4	1.47	2.52	5.70	8.70	14.2	19.2	33.0

Skutečná tlaková ztráta ventilu

$$p_{vr} = \left(\frac{V}{K_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{1,796}{5,7}\right)^2 = 14,296 \text{ kPa}$$

Navrhuji vyvažovací ventil STAD DN20 nastaveno na 3,5 otáčky

Technická dokumentace vyvažovacího ventilu je přílohou této práce. [P10]



Obrázek 33: Vyvažovací ventil STAD [17]

B.12.2.2 Návrh vyvažovacího ventilu pro větev pro ohřev teplé vody

Vstupní údaje:

Tlaková ztráta okruhu: $p_{dis} = 6,568 \text{ kPa}$

Objemový průtok okruhu: $V = 0,613 \text{ m}^3/\text{h} = 0,170 \text{ l/s}$

Hodnota K_{vs}

$$K_{vs} = 36 \times \frac{q}{\sqrt{\Delta p}} = 36 \times \frac{0,170}{\sqrt{6,568}} = 2,39 \rightarrow \frac{DN20 (2,5 \text{ otáčky})}{K_{vs}=2,8}$$

Tabulka 17: Hodnoty Kv pro vyvažovací ventil STAD [17]

Kv hodnoty

Otáčky	DN 10/09	DN 15/14	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.127	0.511	0.60	1.14	1.75	2.56
1	0.090	0.212	0.757	1.03	1.90	3.30	4.20
1.5	0.137	0.314	1.19	2.10	3.10	4.60	7.20
2	0.260	0.571	1.90	3.62	4.66	6.10	11.7
2.5	0.480	0.877	2.80	5.30	7.10	8.80	16.2
3	0.826	1.38	3.87	6.90	9.50	12.6	21.5
3.5	1.26	1.98	4.75	8.00	11.8	16.0	26.5
4	1.47	2.52	5.70	8.70	14.2	19.2	33.0

Skutečná tlaková ztráta ventilu

$$p_{vr} = \left(\frac{V}{K_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{0,170}{2,80} \right)^2 = 0,368 \text{ kPa}$$

Navrhuji vyvažovací ventil STAD DN20 nastaveno na 2,5 otáčky

Technická dokumentace vyvažovacího ventilu je přílohou této práce. [P10]

B.12.3 Návrh měřiče tepla

Každá bytová jednotka bude osazena měřičem tepla na vratném potrubí.

Vstupní údaje:

Maximální objemový průtok: $V = 0,142 \text{ m}^3/\text{h}$

Navrhuji měřič tepla SHARKY 775 DN15 s minimálním průtokem $0,006 \text{ m}^3/\text{h}$ a maximálním $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Technická dokumentace vyvažovacího ventilu je přílohou této práce. [P11]

Tabulka 18: Jednotlivé parametry měřiče tepla SHARKY 775

Tabulka nominálních průtoků, provedení a parametrů

Jmenovitý průtok	qp	m ³ /h	0,6	0,6	0,6	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	3,5	3,5
Jmenovitý průměr	DN	mm	15	20	20	15	20	20	20	20	25	32
Celková délka	L	mm	110	130	190	110	130	190	130	190	260	260
Start. průtok		l/h	1	1	1	2,5	2,5	2,5	4	7	7	7
Min. průtok	qi	l/h	6	6	6	6	6	6	10	35	35	35
Max. průtok	qs	m ³ /h	1,2	1,2	1,2	3	3	3	5	5	7	7
Přetížení		m ³ /h	2,5	2,5	2,5	4,6	4,6	4,6	6,7	6,7	18,4	18,4
Provozní tlak	PN	bar	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹	25 ¹
Tlak. ztráta při qp	Δp	mbar	85	85	85	75	75	75	100	100	44	44

B.13. Roční spotřeba energie a paliva

Vstupní údaje:

Výpočet je proveden podle denostupňové metody

Místo stavby: Nové Město na Moravě

Oblast: Žďár nad Sázavou

Tepelné ztráty budovy: $Q_Z = 12,028 \text{ kW}$

Tepelný výkon otopných těles: $Q_{VYT} = 13,755 \text{ kW}$

Počet dnů otopné sezóny: $d = 252 \text{ dní}$

Průměrná teplota vytápěných místností v objektu: $t_{is} = 20 \text{ °C}$

Venkovní výpočtová teplota: $t_e = -15 \text{ °C}$

Střední venkovní teplota otopné sezóny: $t_{es} = 2,4 \text{ °C}$

B.13.1 Roční spotřeba tepla pro ohřev teplé vody

Spotřeba teplé vody denně: $V_{2P} = 2,144 \text{ m}^3/\text{den}$

Výstupní teplota vody: $t_{tv} = 55 \text{ °C}$

Způsob přípravy teplé vody: zásobníkový ohřev otopnou vodou z plynových kotlů

Požadovaná (využitelná) energie:

$$E_{TV,d} = v \times c \times (t_2 - t_1) = 2,144 \times 1,163 \times (55 - 10) = 112,202 \text{ kWh/den}$$

Korekce a proměnlivou vstupní teplotu:

léto $t_{sv,L} = 15 \text{ °C}$, zima $t_{sv,Z} = 10 \text{ °C}$

$$k_t = \frac{t_{tv} - t_{sv,L}}{t_{tv} - t_{sv,Z}} = \frac{55 - 15}{55 - 10} = 0,89$$

Roční potřeba energie pro ohřev teplé vody:

$$E_{TV} = E_{TV,d} \times d + k_t \times E_{TV,d} \times (350 - d)$$

$$E_{TV} = 112,202 \times 252 + 0,89 \times 112,202 \times (350 - 252) = 38\,049,07 \text{ kWh/rok} \\ = 38,049 \text{ MWh/rok}$$

Spotřeba energie pro ohřev teplé vody:

η_{zdroj} – účinnost kondenzačního kotle Valliant ecoTEC plus VU 206-5-5 v režimu pro ohřev teplé vody 80/60 °C je 97,7 %

η_{distr} – účinnost distribuce závisí na regulaci soustavy a na tepelné izolaci rozvodů – 0,5

$$E_{TV} = \frac{E_{TV}}{n_{zdroj} \times n_{distr}} = \frac{38,049}{0,977 \times 0,5} = 77,890 \text{ MWh}$$

Roční spotřeba energie pro ohřev teplé vody je 77,890 MWh/rok

B.13.2 Roční spotřeba tepla pro vytápění

Měrná tepelná ztráta prostupem nebo infiltrací:

$$H_{T+I} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{13,755}{20 - (-15)} = 393 \text{ kW/h}$$

Počet denostupňů:

$$D = d \times (t_{is} - t_{es}) = 252 \times (20 - 2,4) = 4435$$

Potřeba energie pro vytápění:

ε – součinitel vyjadřující vliv nesoučasnosti infiltrace během roku – 0,9

$$E = 24 \times \varepsilon \times e \times D \times H_{T+I} = 24 \times 0,9 \times 4435 \times 393 = 37,65 \text{ MWh/r}$$

Spotřeba energie pro vytápění:

$$E_{UT} = \frac{E}{n_{zdroj} \times n_{distr}} = \frac{37,65}{1,08 \times 0,95} = 36,70 \text{ MWh/rok}$$

Roční spotřeba energie pro vytápění objektu je **36,70 MWh/rok**

B.13.3 Roční spotřeba paliva

H – výhřevnost zemního plynu $H = 35 \text{ MJ/m}^3$

$$E = 3600 * \frac{(E_{TV} + E_{UT})}{H} = 3600 * \frac{(77,890 + 36,70)}{35} = 11785,89 \text{ m}^3/\text{rok}$$

Roční spotřeba paliva je 11 785,89 m³/rok

C. Simulace a návrh solárního systému pro ohřev teplé vody

C.1. SIMULACE

V této části se zabývám porovnáním primárně trubicových solárních kolektorů od různých výrobců, kteří jsou uvedeni v seznamu Zelená úsporám 2023. Pokud má výrobce v tomto seznamu i plochý solární kolektor, byl do simulace k porovnání zahrnut také. Celkem porovnávám 10 výrobců, z nichž 3 mají i plochý solární kolektor. Celkem 13 variant. Simulace solárního systému je simulována na jeden kalendářní rok. Je navržena jedna funkční soustava (sekundární zdroj, zásobníkový ohřivač, odběr teplé vody s cirkulací, potrubní systém solárního okruhu), která je ve všech variantách stejná a jsou měněny pouze solární kolektory (jejich počet a vlastnosti). Orientace a sklon kolektorů zůstává vždy stejná. Počet kolektorů je volen podle hrubé celkové plochy kolektorů a to přibližně ~ 47 m². K simulaci jsem využil program T*SOL od Valentin Software. Je to dynamický simulační program pro návrh, optimalizaci a výpočet solárních termických systémů.

C.1.1 Návrh zásobníkového ohřivače

Návrh zásobníku teplé vody pro solární systém vychází z předpokládané spotřeby teplé vody za den s ohledem na výsledky simulace.

Vstupní údaje:

denní spotřeba teplé vody:	910 l/den
počet výměníků:	2
maximální výška:	2200 mm
maximální šířka:	1000 mm

Návrh

Orientační objem zásobníku = $(1,3 - 1,5) \times V_{TV, \text{den}} = 1183-1365 \text{ l}$

Navrhnut byl celkový objem zásobníků 2000 l. Menší celkový objem zásobníků měl nižší celkovou účinnost pro systém. Jako optimální se ukázal objem 2000 litrů. Tento objem byl rozdělen do dvou nádrží, zejména z rozměrových a manipulačních důvodů v technické místnosti.

Navrhuji 2x zásobníkový ohřivač teplé vody Quantum Q7-1000-ZDV se dvěma výměníky a o celkovém objemu 2000 litrů.

C.1.2 Vstupní údaje

typ budovy:	bytový dům	
lokality:	Nové Město na Moravě (nejbližší místo s nejpřesnějšími daty: Svratouch)	
počet osob:	26	
průměrná teplota interiéru:	20 °C	
spotřeba vody na osobu:	35 l/osoba × den	
celková potřeba teplé vody:	910 l	
celková potřeba energie:	17223 kWh	
teplota studené vody:	10 °C	
teplota teplé vody:	55 °C	
cirkulace:	délka potrubí:	25 m
	tepelná ztráta:	0,5 W/ (m × K)
primární zdroj:	solární termické kolektory	
sekundární zdroj:	plynový kondenzační kotel Valliant ecoTEC plus VCI 206/5-5 80/60 °C – 20,0 kW	
užitná plocha střechy:	~ 47 m ²	
orientace střechy:	Jih (azimut 180°)	
sklon střechy a kolektorů:	27°	
intenzita slunečního záření:	1273,45 kWh/m ² za rok (hodnota z programu na základě geografické polohy, orientace a sklonu kolektoru)	
délka solárního okruhu:	43,5+86 m	
rychlost proudění sol. okr.:	0,5 m/s	
tepelná izolace potrubí:	30 mm	
součinitel tep. vodivosti:	0,045 W/ (m × K)	
teplo nosná látka okruhu:	směs vody (60 %) a propylenglykolu (40 %)	
tep. kapacita	3837 J/ (kg × K)	
tep. vodivost	0,4422 W/ (m × K)	
hustota	994 kg/m ³	
objem zásobníku:	2x1000 l (2x Quantum Q7-1000-ZDV)	
Časový úsek simulace:	365 dní (jeden kalendářní rok)	

C.1.3 Základní parametry solárních kolektorů

Hodnoty tepelných ztrát a účinnosti jsou vztaženy na plochu apertury.

Přepočet ceny z EUR na CZK byl proveden při kurzu 24,48 Kč/Eur dne 8.1.2024 ze stránek České národní banky. [23]

C.1.3.1 Varianta 1

výrobce:	Viessmann
typ:	Vitosol 300-TM SP3C 3,03 m ²
cena:	3110,40 € = 76 897 Kč [24]
hrubá plocha:	4,61 m ²
plocha apertury:	3,19 m ²
optická účinnost n_o :	74 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	1,668 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,007 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.2 Varianta 1'

výrobce:	Viessmann
typ:	Vitosol 200-FM SV2F
cena:	960 € = 23 734 Kč [25]
hrubá plocha:	2,51 m ²
plocha apertury:	2,33 m ²
optická účinnost n_o :	82,6 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	4,380 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,037 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.3 Varianta 2

výrobce:	Bosch Termotechnika s.r.o.
typ:	VK 120-2 CPC
cena:	23 700 Kč [26]
hrubá plocha:	1,22 m ²
plocha apertury:	1,03 m ²
optická účinnost n_o :	69,1 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	1,06 W/(m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,006 W/(m ² × K ²)

C.1.3.4 Varianta 3

výrobce:	Green one Tec
typ:	VRK 14
cena:	34 726 Kč [27]
hrubá plocha:	2,57 m ²
plocha apertury:	2,23 m ²
optická účinnost n_0 :	63,6 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	0,654 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,013 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.5 Varianta 4

výrobce:	Jiaxing Jinyi Solar Energy Technology Co., Ltd.
typ:	JMC-5818-20
cena:	17 487 Kč [28]
hrubá plocha:	3,02 m ²
plocha apertury:	1,89 m ²
optická účinnost n_0 :	76,9 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	1,800 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,0105 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.6 Varianta 5

výrobce:	SUNEX S.A.
typ:	HP 22
cena:	13 935 Kč [29]
hrubá plocha:	3,61 m ²
plocha apertury:	2,18 m ²
optická účinnost n_0 :	71,5 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	2,064 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,007 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.7 Varianta 5'

výrobce:	SUNEX S.A.
typ:	AMX 2.51
cena:	479 € = 11 842 Kč [30]
hrubá plocha:	2,53 m ²
plocha apertury:	2,32 m ²
optická účinnost n_o :	82,4 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	3,330 W/(m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,023 W/(m ² × K ²)

C.1.3.8 Varianta 6

výrobce:	Apricus Solar Co., Ltd.
typ:	ETC-30
cena:	34 500 Kč [31]
hrubá plocha:	4,4 m ²
plocha apertury:	2,84 m ²
optická účinnost n_o :	71,4 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	1,243 W/(m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,009 W/(m ² × K ²)

C.1.3.9 Varianta 7

výrobce:	Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd.
typ:	SZ58/1800-30H5
cena:	na vyžádání
hrubá plocha:	4,72 m ²
plocha apertury:	2,78 m ²
optická účinnost n_o :	71,2 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	2,464 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,004 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.10 Varianta 8

výrobce:	CAMEL SOLAR LTD.
typ:	Vacuum CS 15
cena:	29 990 Kč [32]
hrubá plocha:	2,35 m ²
plocha apertury:	1,42 m ²
optická účinnost n _o :	73,8 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a ₁ :	1,725 W/(m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a ₂ :	0,010 W/(m ² × K ²)

C.1.3.11 Varianta 8'

výrobce:	CAMEL SOLAR LTD.
typ:	CSI Full Plate 2.0 – 4
cena:	22 990 Kč [33]
hrubá plocha:	2,02 m ²
plocha apertury:	1,83 m ²
optická účinnost n _o :	76,5 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a ₁ :	3,785 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a ₂ :	0,010 W/ (m ² × K ²)

C.1.3.12 Varianta 9

výrobce:	AAA Solar s.r.o.
typ:	AAA SOL-20T
cena:	19 990 Kč [34]
hrubá plocha:	3,02 m ²
plocha apertury:	1,89 m ²
optická účinnost n _o :	76,9 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a ₁ :	1,050 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a ₂ :	0,026 W/ (m ² × K ²)

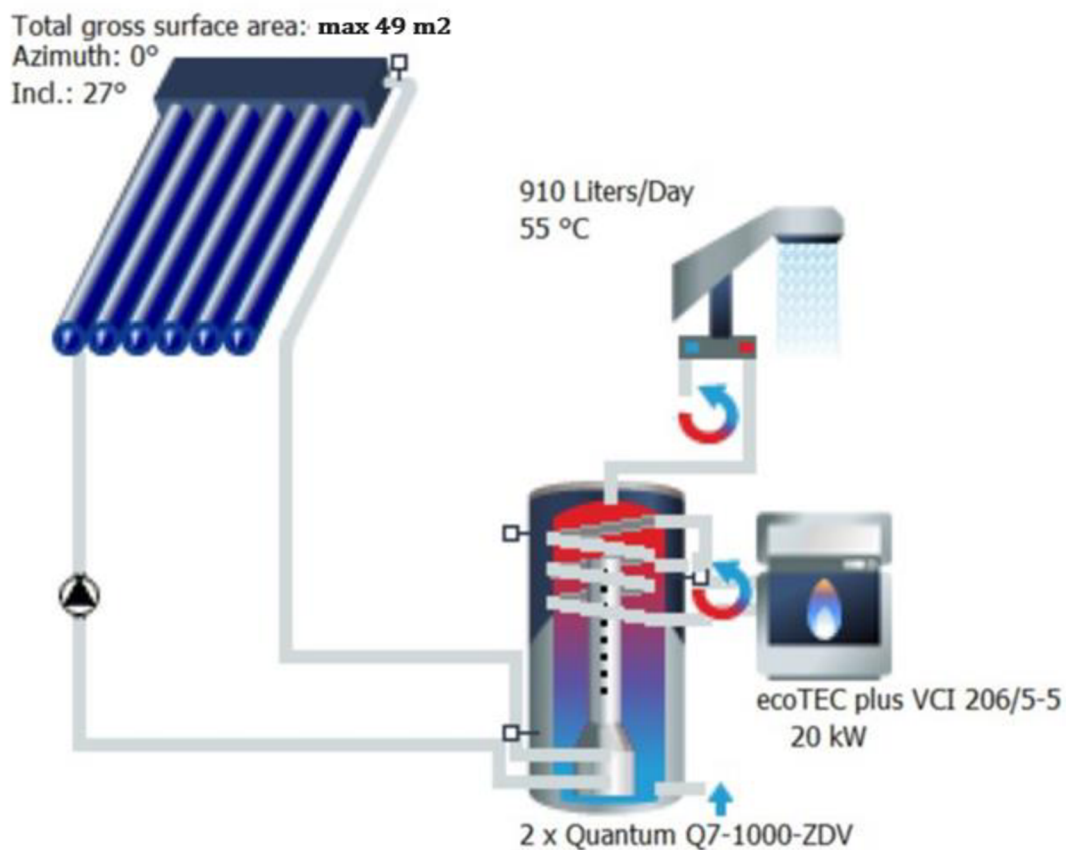
C.1.3.13 Varianta 10

výrobce:	Haining Sunwe New Energy Co., Ltd.
typ:	C01-20
cena:	19 800 Kč [35]
hrubá plocha:	3,05 m ²
plocha apertury:	1,92 m ²
optická účinnost η_0 :	81,8 %
lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1 :	2,240 W/ (m ² × K)
kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2 :	0,0091 W/ (m ² × K ²)

C.1.4 Simulační model

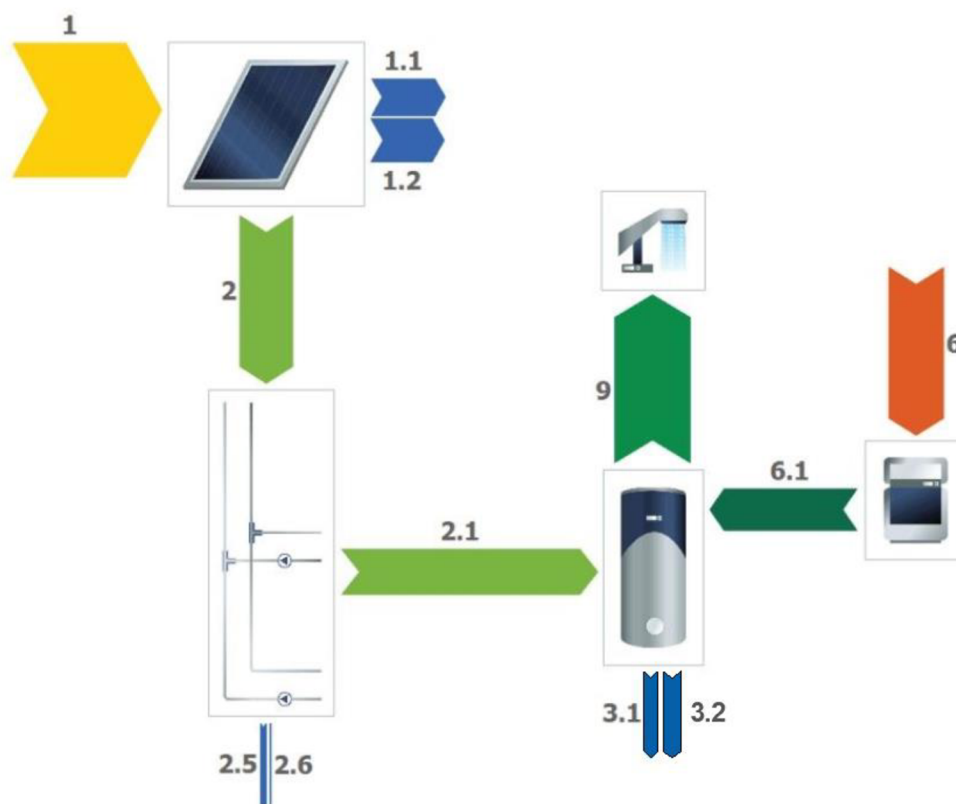
Prvním krokem u simulace je volba simulačního modelu. z pestrého výběru modelů volím model s možností úpravy solárního kolektoru, solární smyčky, zásobníkového ohřívače se dvěma výměníky, dohřev pomocí sekundárního zdroje a systému pro odběr teplé vody.

Dalším krokem je vložení náležitých vstupních údajů a následné simulace všech variant.



Obrázek 34: Simulační model

C.1.5 Schéma energetické bilance modelu



Obrázek 35: Schéma energetické bilance modelu

Obrázek výše schématicky znázorňuje veškeré toky energií v systému. Na začátku je vstupní energie ze slunečního záření dopadená na aktivní plochu solárního kolektoru (1). Ve zvolené lokalitě se dle programu jedná o tok 1273,45 kWh/m² sluneční energie, která dopadne na solární kolektor.

Dalším tokem energie jsou ztráty samotného kolektoru programem rozdělené na optické (1.1) a tepelné ztráty (1.2). Optické ztráty vznikají vlivem odrazu sluneční energie povrchem kolektoru. Zatímco tepelné ztráty vznikají při rozdílných teplotách kolektoru vůči teplotě exteriéru a dochází tak k předávání tepelné energie.

Z kolektoru pokračuje energie ochuzená o tepelné ztráty kolektoru (2) solárním okruhem, kde opět dochází k tepelným ztrátám potrubního systému v exteriéru a interiéru (2.5 ; 2.6) vlivem vedení tepla, ke kterému dochází vlivem rozdílných teplot povrchové teploty potrubí a teploty vzduchu v okolí potrubí. Proto je toto potrubí izolováno tepelnou izolací (30 mm) s cílem snížit tyto tepelné ztráty.

Po odečtení tepelných ztrát solárním okruhem (2.5 ; 2.5) se zbylá energie (2.1) předá do zásobníkového ohřivače.

Pro dohřev teplé vody je do zásobníkového ohříváče zapojen i sekundární zdroj (plynový kondenzační kotel). Ten pro dodávku tepelné energie do ohříváče (6.1) využívá energii ze zemního plynu (6). Ta je s ohledem na pracovní účinnost plynového kondenzačního kotle převedena na tepelnou energii a je předána do zásobníkového ohříváče (6.1).

Zásobníkový ohříváč naakumulovaný tepelnou energií má také tepelné ztráty (3.1) a rozvody teplé vody a cirkulace dochází ke ztrátám (3.2) vedením tepla (potrubí je izolováno tepelnou izolací 30 mm pro minimalizaci tepelných ztrát).

Výsledná energie (9) je čistá energie (po odečtení všech ztrát) potřebná pro pokrytí spotřeby teplé vody.

Čísla toku energií jsou následně zmíněna i u jednotlivých hodnot nad tabulkami.

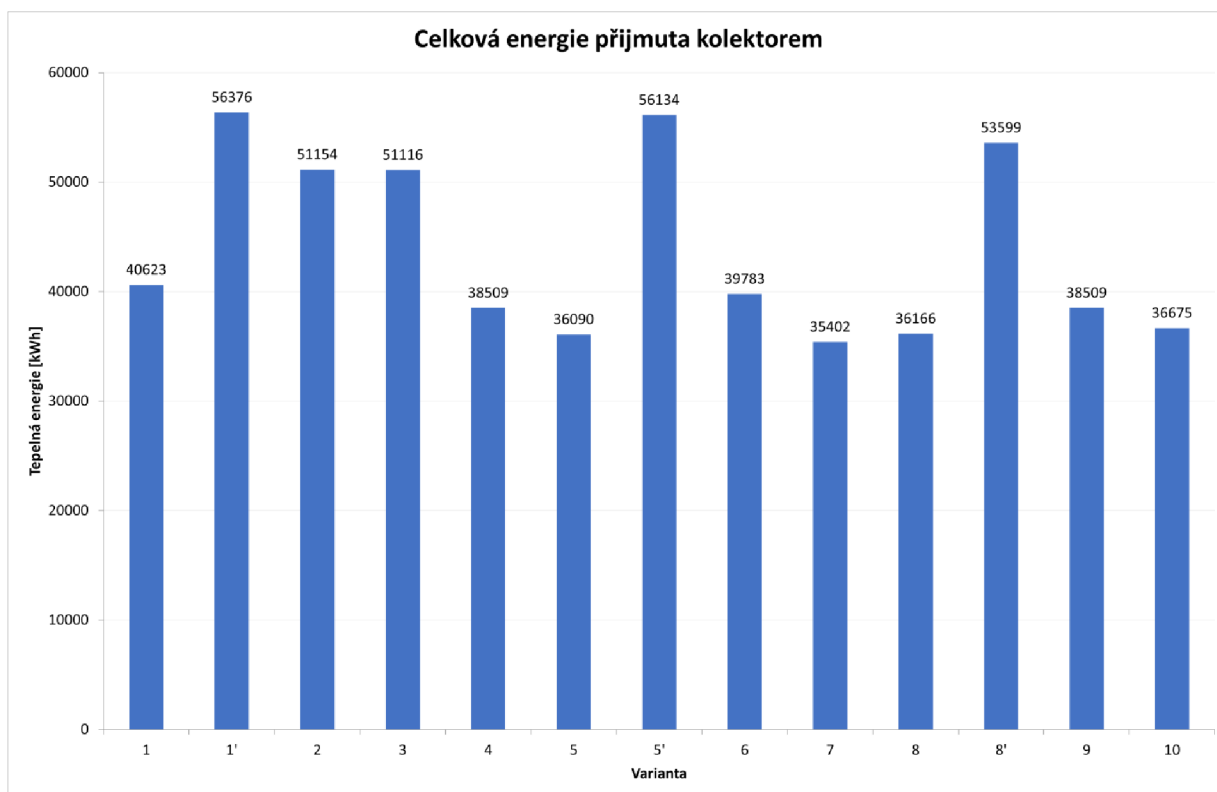
C.2. Jednotlivé výstupy

Simulace byla provedena na období jednoho kalendářního roku. Veškeré hodnoty ve výstupu jsou vztaženy na období jednoho kalendářního roku.

U nadpisů jednotlivých výstupů jsou v závorce uvedeny číselné hodnoty, které se odkazují na kapitolu C.1.5 Schéma energetické bilance modelu.

C.2.1 Celková energie přijata kolektorem ze slunečního záření (1)

Energie přijatá aktivní kolektorovou plochou ze slunečního záření přeměněná na tepelnou energii, při intenzitě slunečního záření 1273 kWh/m².



Graf 5: Celková energie přijata kolektorem ze slunečního záření

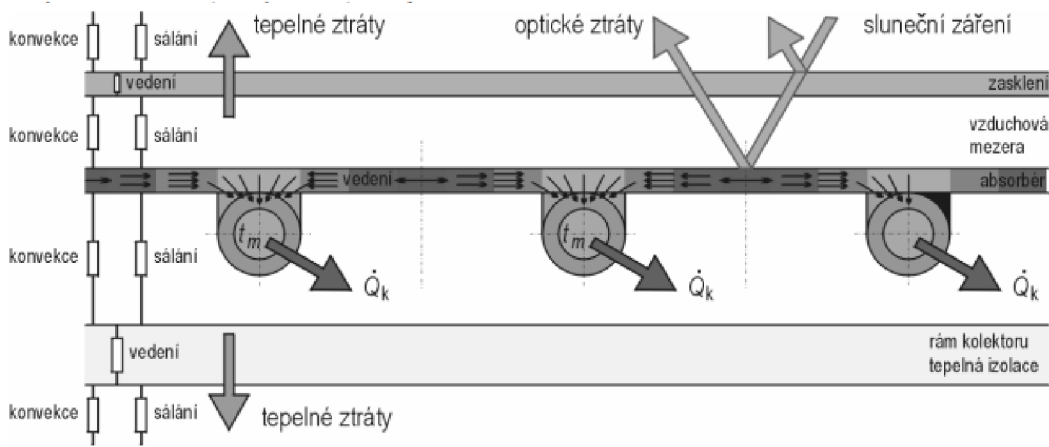
Z grafu můžeme pozorovat, že nejvíce sluneční energie svojí aktivní plochou zvládnou přijmout ploché kolektory (varianty 1', 5' a 8'). Především z důvodu, že přes 90 % jejich celkové plochy tvoří aktivní plocha, zatímco u trubkových kolektorů v této simulaci je to průměrně pouze 67 %.

Z trubkových kolektorů přijme nejvíce sluneční energie varianta 2 a nejméně varianta 7.

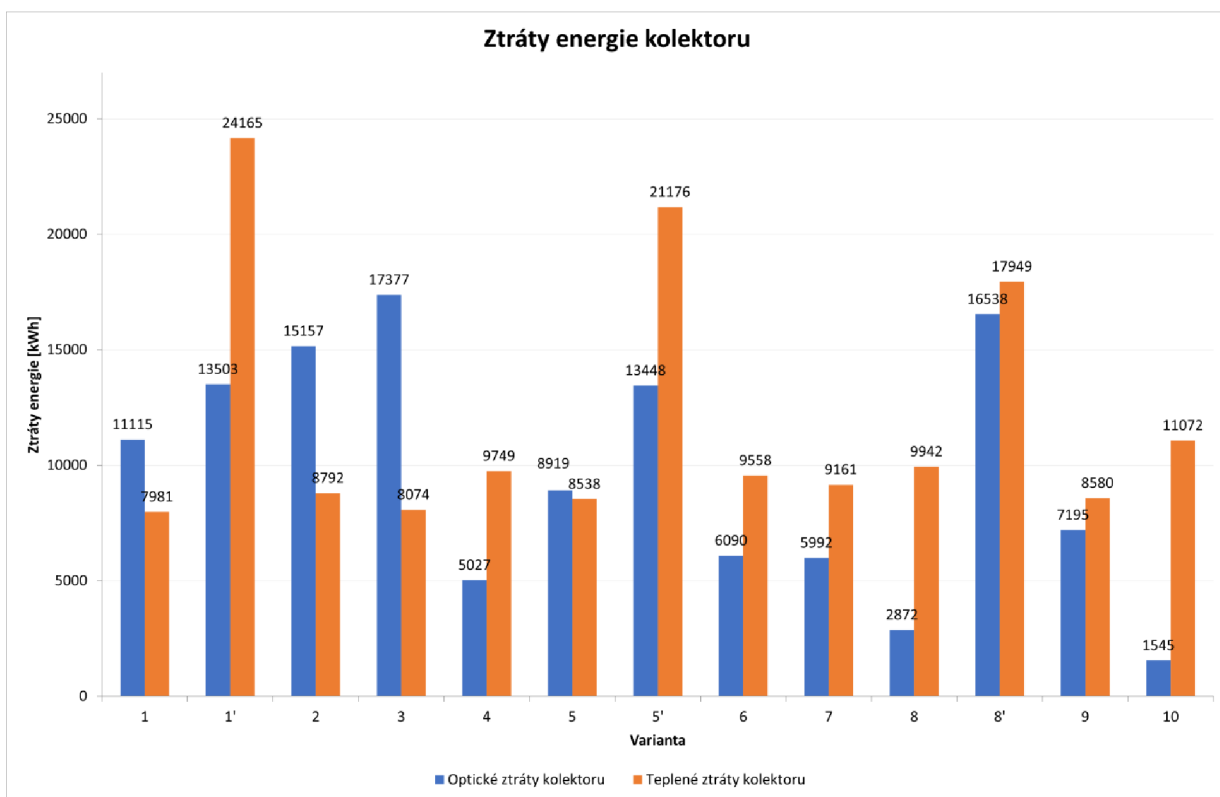
C.2.2 Celkové ztráty energie kolektoru (1.1 ; 1.2)

Solární kolektory mají především dva druhy ztrát energie. Optické a tepelné ztráty. Optické ztráty vznikají odrazivostí povrchů a jsou definované kvadratickým součinitelem tepelné ztráty kolektoru [$W/(m^2 \times K^2)$]. Tepelná energie není pohlcena kolektorem, ale je odražena do okolí.

Zatímco tepelné ztráty jsou definovány lineárním součinitelem tepelné ztráty [$W/(m^2 \times K)$] a vznikají rozdílnými teplotami kolektoru a okolního prostředí.



Obrázek 36: Energetická bilance solárního kolektoru [36]



Graf 6: Celkové ztráty energie kolektoru

Největších nominálních celkových ztrát dosahují ploché kolektory, především také z důvodu, že ploché kolektory přijmou více slunečního záření. Proto jsou jejich nominální ztráty vyšší, než tomu je u trubkových kolektorů. Největší ztráty jsou obecně tepelné ztráty, tvoří většinu ztrát energie u 9 z 13 variant.

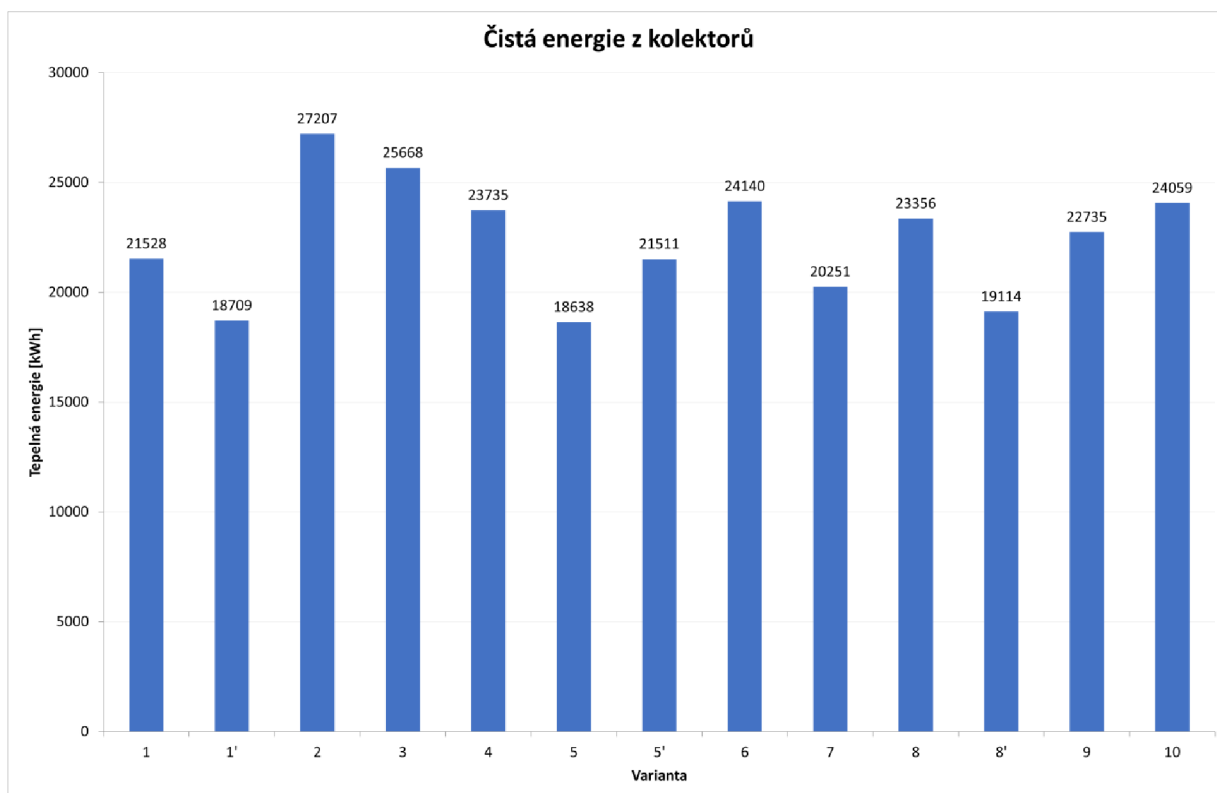
Optické ztráty jsou dominantní pouze u 4 z 13 variant. Všechny tyto varianty jsou trubkové kolektory.

Z trubkových kolektorů má největší optické ztráty varianta 3 a značně nejmenší optické ztráty varianta 10.

Z tepelných ztrát u trubicových kolektorů má největší tepelné ztráty varianta 10 a nejmenší tepelné ztráty varianta 1.

C.2.3 Čistá energie předána z kolektoru do solárního okruhu (2)

Energie, která putuje do solárního okruhu z kolektoru (po odečtení ztrát kolektoru).



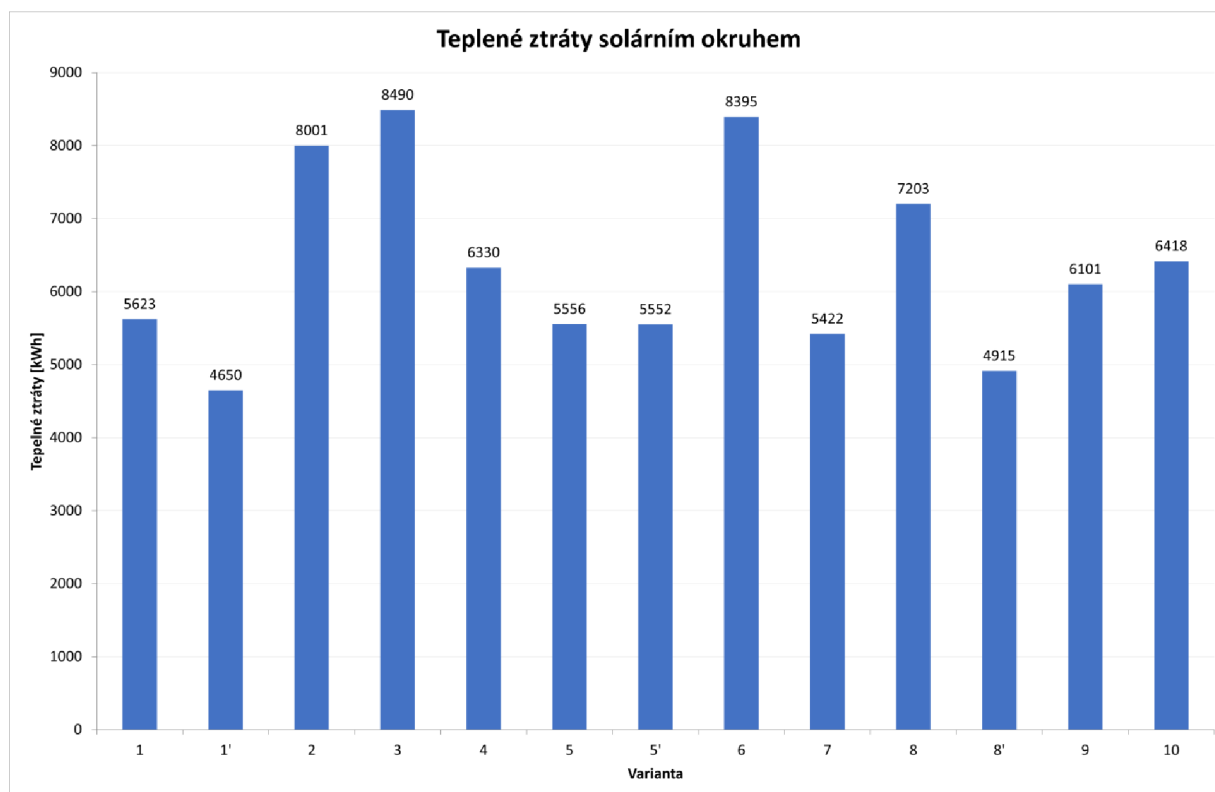
Graf 7: Čistá energie předána z kolektoru do solárního okruhu

Nejvíce energie předá varianta 2. Zatímco nejméně varianta 5.

Ploché kolektory jsou oproti trubkovým kolektorům méně účinné a obecně v tomto případě předají méně energie kvůli značným energetickým ztrátám kolektoru.

C.2.4 Tepelné ztráty solárním okruhem (2.5 ; 2.6)

Jsou způsobeny rozdílnou teplotou potrubí solárního okruhu a okolního prostředí. Dochází tak k předávání tepelné energie do okolního prostředí.

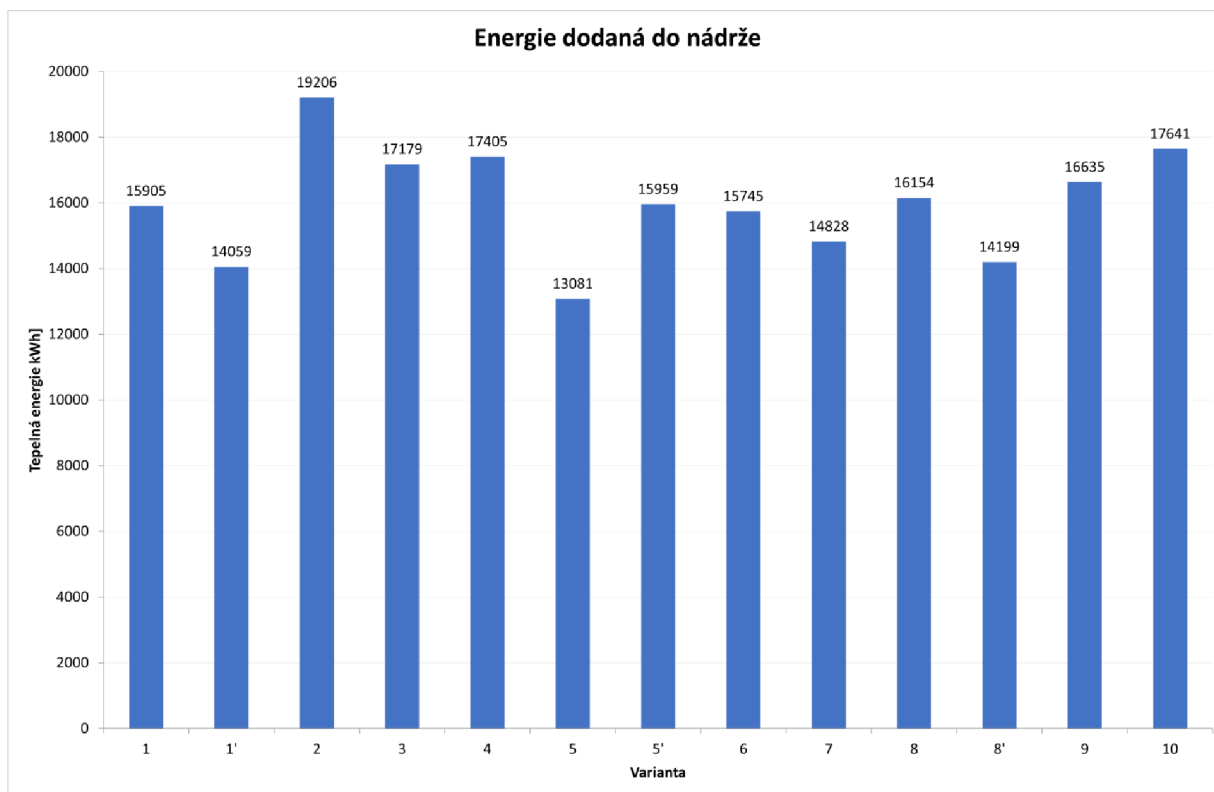


Graf 8: Tepelné ztráty solárním okruhem

Největší tepelné ztráty solárním okruhem má varianta 3 a nejmenší varianta 1' (z trubicových kolektorů varianta 7). Výsledky především ovlivňuje, kolik čisté energie kolektor do okruhu předá. Čím větší množství čisté energie putuje do okruhu, tím větší jsou i ztráty energie.

C.2.5 Energie dodaná do nádrže (2.1)

Je energie ze solárního okruhu snížena o tepelné ztráty potrubím solárního okruhu.

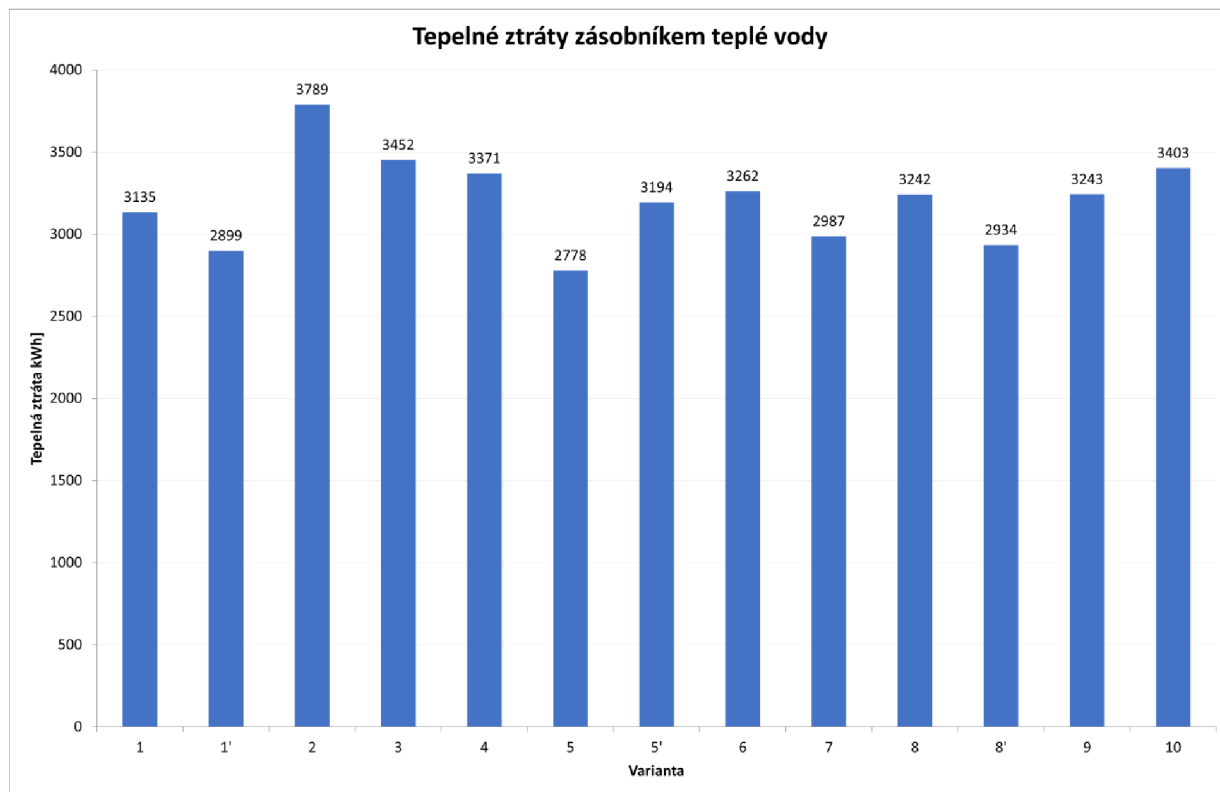


Graf 9: Energie dodaná do nádrže

Nejvíce energie do nádrže dopraví varianta 2 a nejméně pak varianta 5. tato hodnota je ovlivněna množstvím energie, jakou solární kolektor přijme a jak efektivně se energie dostane do samotného zásobníku. Energie je tak snížena o celkové optické ztráty kolektoru a tepelné ztráty kolektoru a potrubí solární smyčky. Tato problematika bude v širším kontextu znázorněna v části „C.2.9 Efektivita systému“.

C.2.6 Tepelné ztráty zásobníkem teplé vody (3.1)

Tepelné ztráty zásobníkových ohřivačů korelují s tepelnou energií dodanou do nádrže, jelikož se vlastnosti ohřivačů nemění. Ztráta je obecně ovlivněna plochou pláště zásobníku a akumulacním objemem. Jakmile se zásobník plně naakumuluje, není schopen pojmout více tepla. Tím dochází k jeho nevyužití, a tedy i ztrátám tepelné energie.

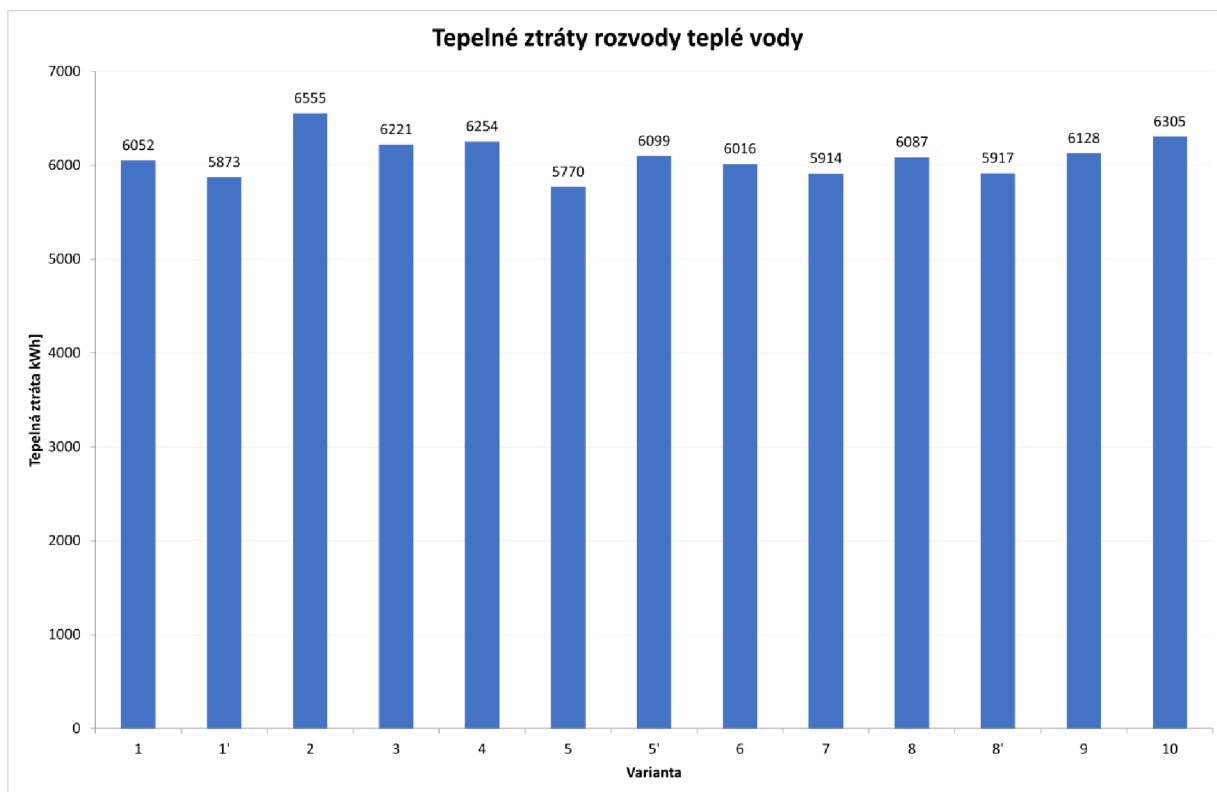


Graf 10: Tepelné ztráty zásobníkem teplé vody

Varianta 2 má největší tepelné ztráty. Nejmenší tepelné ztráty ohřivačem má varianta 5.

C.2.7 Tepelné ztráty rozvody teplé vody (3.2)

Tepelné ztráty rozvody teplé vody zahrnují jak samotné rozvody teplé vody, tak i cirkulaci.

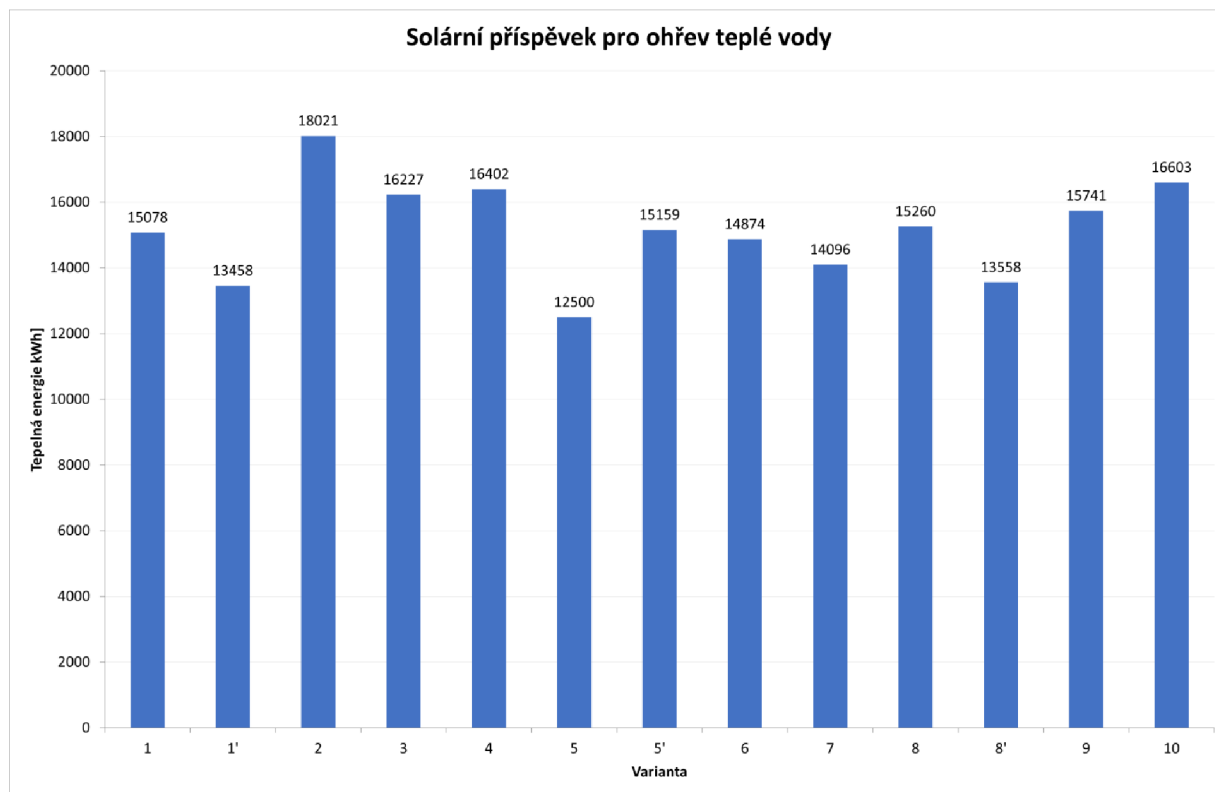


Graf 11: Tepelné ztráty rozvody teplé vody

Největší tepelné ztráty rozvody teplé vody má varianta 2 a nejmenší tepelné ztráty rozvody teplé vody varianta 5.

C.2.8 Solární příspěvek pro ohřev teplé vody

Je čistá tepelná energie, která se podílí na celkovém pokrývání potřeby teplé vody a tepelných ztrát rozvodu teplé vody. Je to hlavní hodnota, která snižuje celkové náklady na ohřev teplé vody ze sekundárního zdroje a tím tak snižuje celkové emise spojení s ohřevem teplé vody.

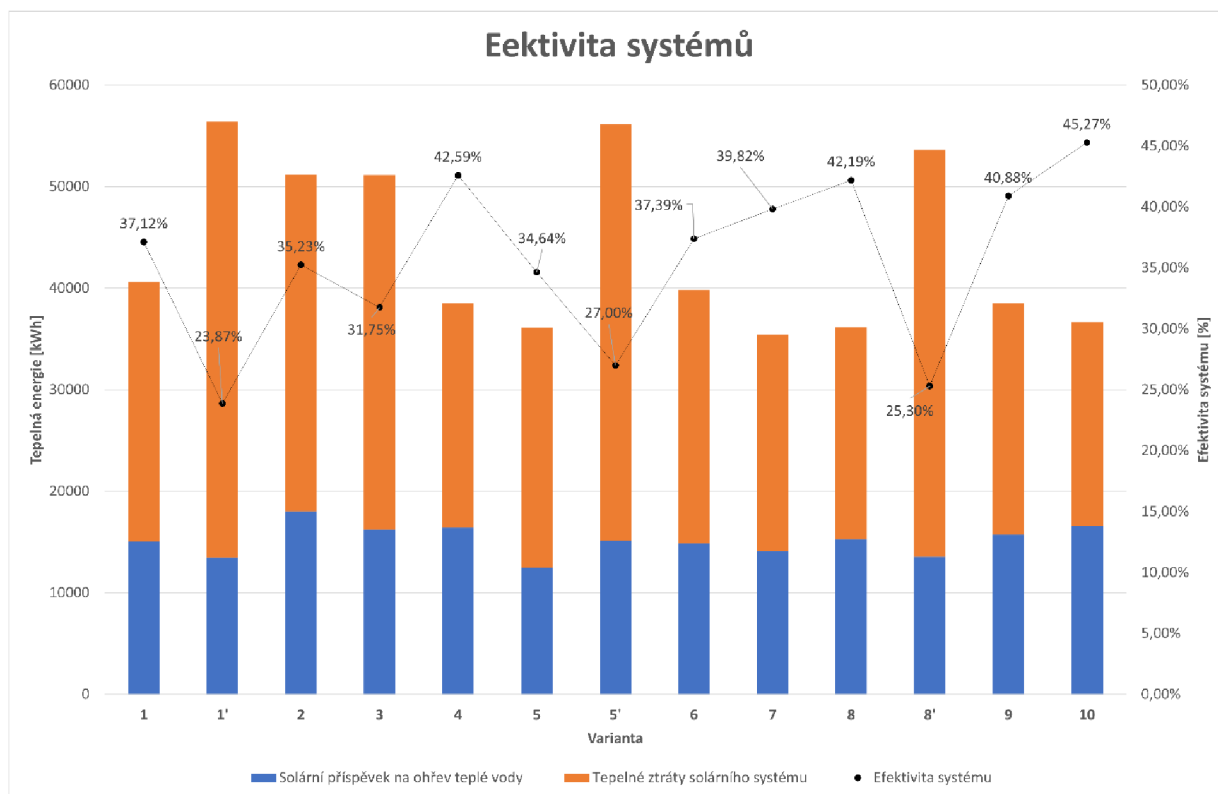


Graf 12: Solární příspěvek pro ohřev teplé vody

Největší solární příspěvek má varianta 2. Nejméně se na ohřevu teplé vody podílí varianta 5, která dodá až o 30 % méně energie pro ohřev teplé vody, než varianta 2 s největším podílem.

C.2.9 Efektivita systému

Celkový součet je energie předaná do solárního kolektoru, kde dále dochází k tepelným ztrátám samotného kolektoru a potrubí. Zbývající energie je využita pro pokrytí potřeby teplé vody. z poměru solárního příspěvku na ohřev teplé vody a celkové energie předané do kolektoru ze Slunce získáme celkovou účinnost systému [%].

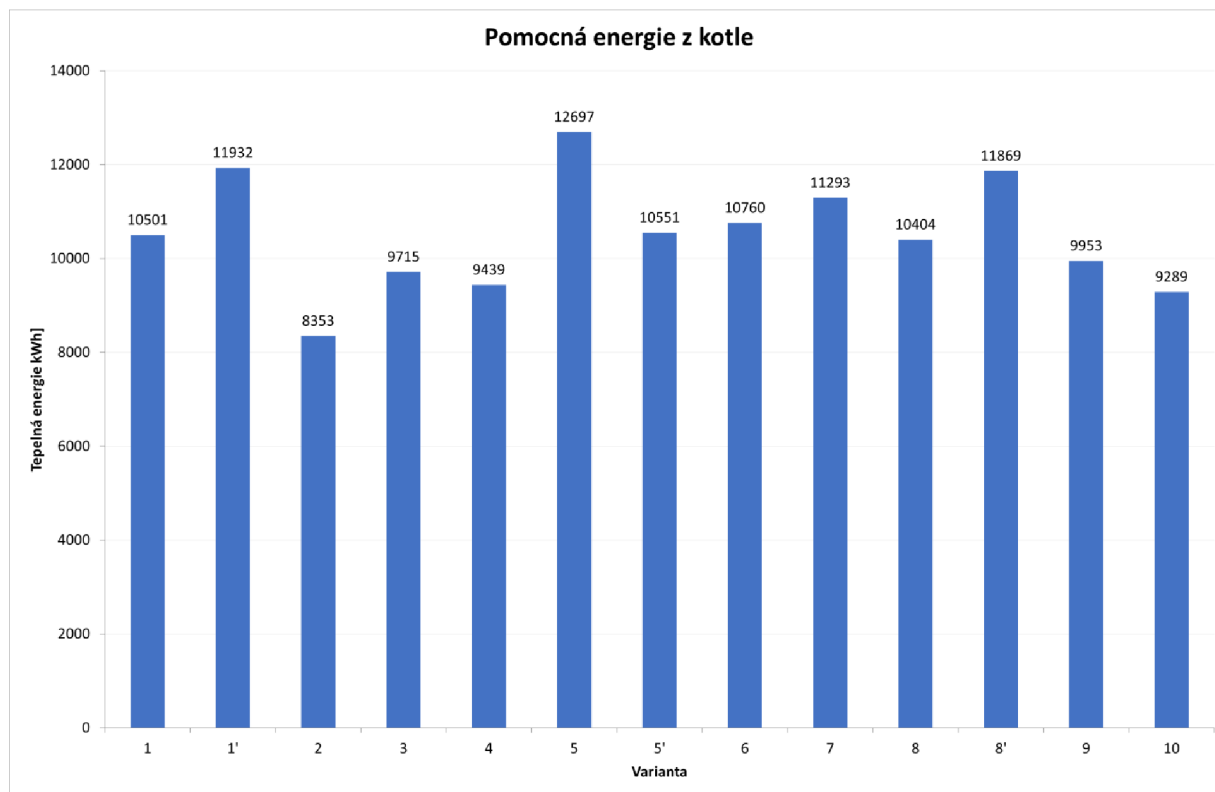


Graf 13: Efektivita systému

Nejvyšší efektivitu vykazuje varianta 10 s 44,07 %, zároveň je vidět, že varianty s nejvyšší energií dopadené na kolektorovou plochu ze slunečního záření jsou ploché kolektory, které mají současně i nejnižší účinnost systému. Čili značná část energie u plochých kolektorů tepelné energie jsou tepelné ztráty. z trubkových kolektorů má nejnižší efektivitu varianta 3.

C.2.10 Pomocná energie ze sekundárního zdroje (6.1)

Doplňková energie ze sekundárního zdroje (plynového kondenzačního kotle), která je potřebná k tomu, aby byla pokryta celá potřeba teplé vody spolu i s tepelnými ztrátami rozvodů teplé vody.

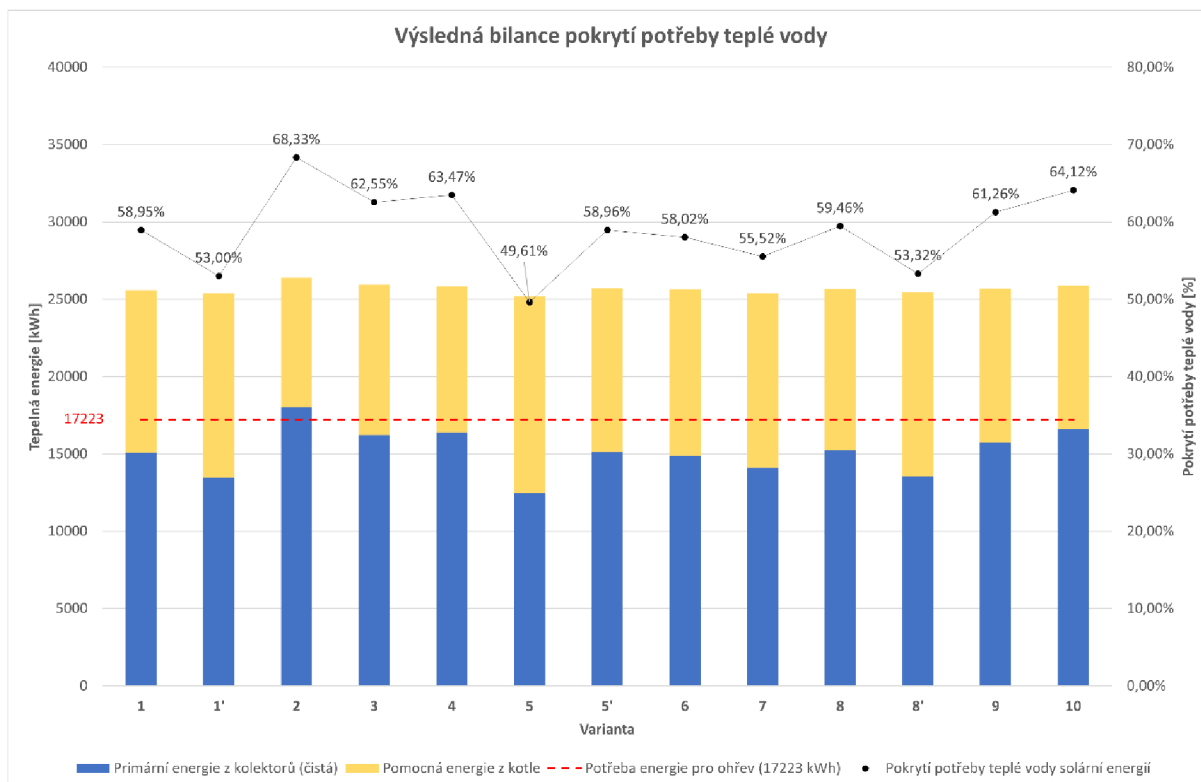


Graf 14: Pomocná energie ze sekundárního zdroje

Tato hodnota negativně koreluje se solárním příspěvkem pro ohřev teplé vody. Čím větší je pokrytí ze strany primární solární energie, tím menší je potřeba doplňkové energie ze sekundárního zdroje.

C.2.11 Výsledná bilance pokrytí potřeby teplé vody

Celkovou energii pro ohřev teplé vody tvoří samotná potřeba teplé vody (17223 kWh), dále tepelné ztráty nádrží (Quantum Q7-1000-ZDV) a rozvody teplé vody a cirkulace. Většinová potřeba energie je pokryta primárním zdrojem solárních kolektorů a zbytek je doplněn z pomocného zdroje (plynový kondenzační kotel). z poměru primární energie z kolektorů a celkové energie dostaneme výsledné pokrytí potřeby energie na ohřev teplé vody [%].



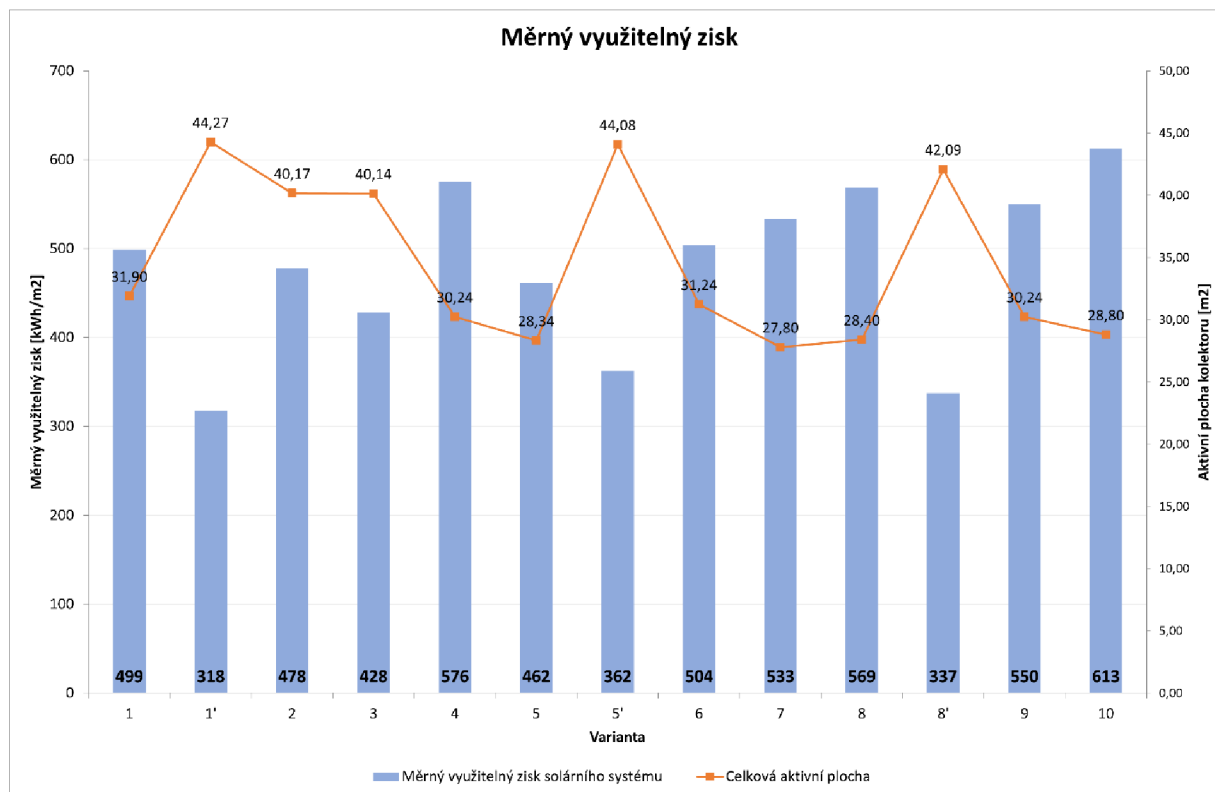
Graf 15: Výsledná bilance pokrytí potřeby teplé vody

Všechny varianty pokrývají potřebu teplé vody minimálně na 50 % až na variantu 5, které této hranice s 49,61 % nedosahuje.

Zatím co nejvyšší pokrytí má varianta 2, která pokrývá 68,33 %, což je o 18,72 % více, než varianta 5.

C.2.12 Měrný využitelný zisk solárního systému

Měrný využitelný zisk solárního systému je přepočet dodané tepelné energie do zásobníku na aktivní plochu kolektoru. v grafu je zobrazena i aktivní plocha jednotlivých variant pro lepší názornost rozdílů.



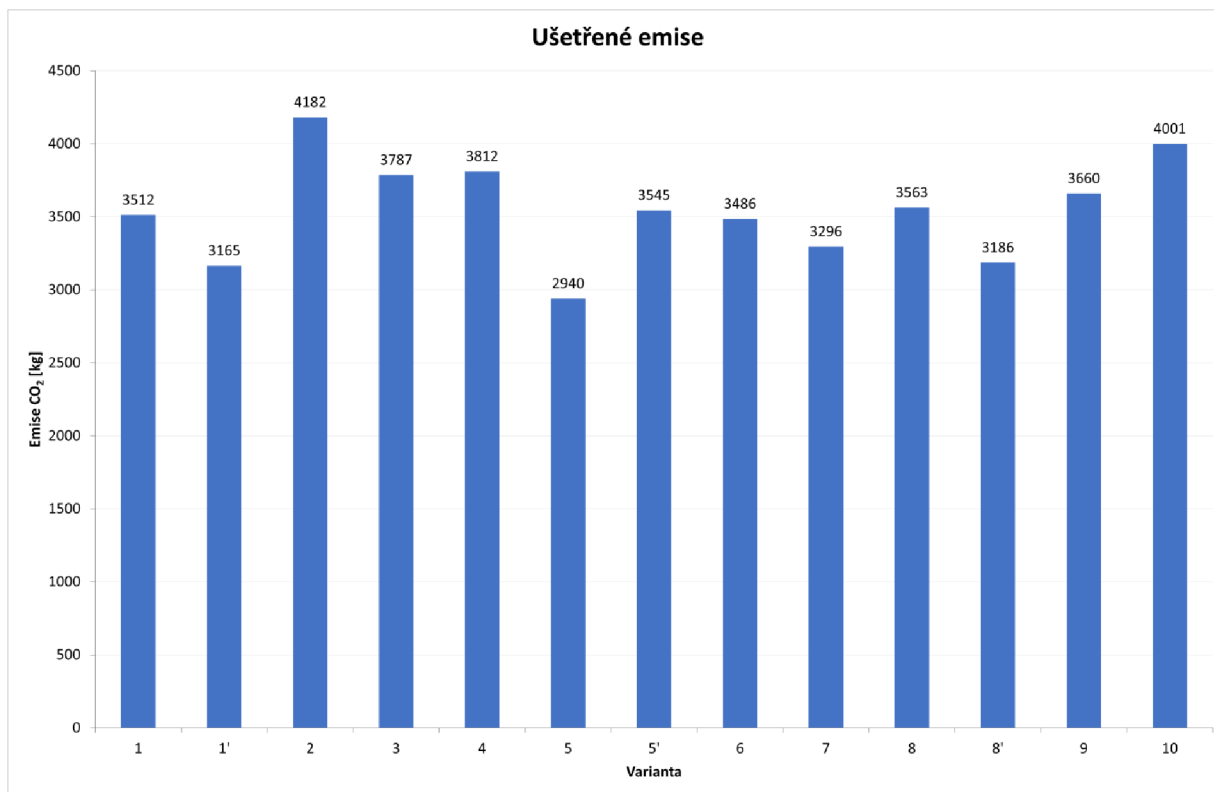
Graf 16: Měrný využitelný zisk solárního systému

Měrný využitelný zisk má varianta 10, která má zároveň jednu z nejmenších aktivních ploch. Je to hlavně z důvodu velké efektivity systému, kdy systém předá energii do zásobníku s minimálními ztrátami v porovnání s ostatními variantami.

Zato varianty s plochými kolektory mají naopak nejvyšší aktivní plochu, ale nejmenší měrný využitelný zisk. Ploché kolektory sice přijmou značně větší množství sluneční energie, ale mají také vysoké ztráty, kdy se do zásobníku dodá méně energie.

C.2.13 Ušetřené emise

Emise jsou dalším důležitým faktorem. Solární ohřev teplé vody nám pomáhá snížit negativní dopady na životní prostředí snížením emisí, které by se uvolnili do ovzduší, kdyby se k ohřevu teplé vody využíval pouze zdroj využívající jako palivo zemní plyn.



Graf 17: Ušetřené emise

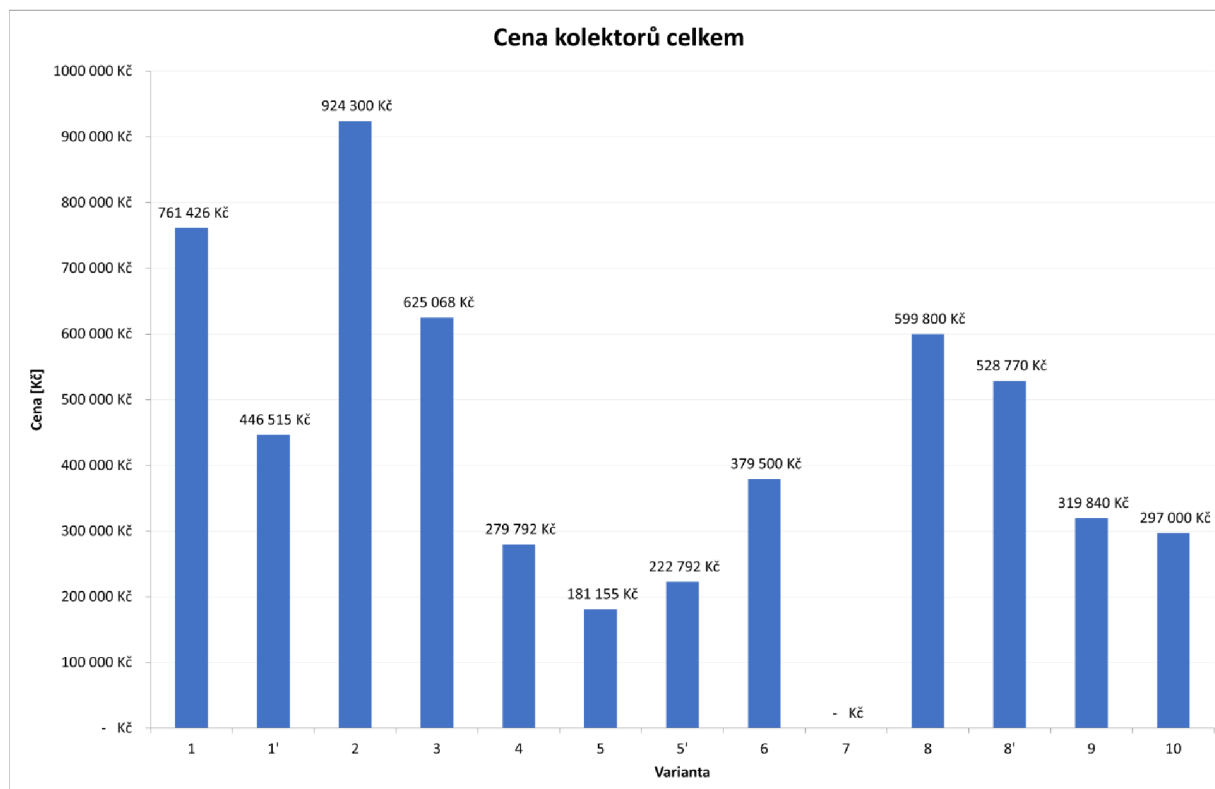
Ušetřené emise korelují se solárním příspěvkem na ohřev teplé vody, takže největší ušetřené emise má varianta 2 a nejméně varianta 5.

C.2.14 Cena solárních kolektorů

Jedná se o celkovou pořizovací cenu za všechny instalované solární kolektory. Ceny kolektorů jsou přebírány z volně dostupné aktuální nabídky českých i zahraničních e-shopů.

(cena kolektoru) × (počet kolektorů)

Pro lepší představu je v tabulce znovu uvedeno celkové solární pokrytí, aby byla cena viděna v lepším kontextu.



Graf 18: Cena solárních kolektorů

Nejdražší z posuzovaných variant je varianta 2, která je násobně dražší než většina ostatních variant. Jako nejlevnější variantou se ukázala varianta 5.

U varianty 7 je cena kolektoru na vyžádání a nebyla zde zahrnuta.

Tabulka 19: Cena solárních kolektorů

Varianta	Počet panelů	Cena za panel	Celková pořizovací cena panelů	Cena 1 MWh energie pro ohřev teplé vody	Celkové solární pokrytí
	[ks]	[m ²]	[m ²]	[kWh]	[kWh]
Varianta 1	10	76 143 Kč	761426	50500,7	58,95%
Varianta 1'	19	23 501 Kč	446515	33179,1	53,00%
Varianta 2	39	23 700 Kč	924300	51291,4	68,33%
Varianta 3	18	34 726 Kč	625068	38520,5	62,55%
Varianta 4	16	17 487 Kč	279792	17058,5	63,47%
Varianta 5	13	13 935 Kč	181155	14492,5	49,61%
Varianta 5'	19	11 726 Kč	222792	14697,2	58,96%
Varianta 6	11	34 500 Kč	379500	25514,8	58,02%
varianta 7	10	0 Kč	-	-	55,52%
Varianta 8	20	29 990 Kč	599800	39306,6	59,46%
Varianta 8'	23	22 990 Kč	528770	38999,2	53,32%
Varianta 9	16	19 990 Kč	319840	20319,0	61,26%
Varianta 10	15	19 800 Kč	297000	17888,8	64,12%

C.2.15 Roční finanční úspory za ohřev teplé vody

Cena plynu za MWh	2 500 Kč
Energie pro <u>ohřev</u> teplé vody <u>pouze plynovým kotlem</u>	25 672 kWh
Cena plynu za ohřev teplé vody za rok provozu	65 690 Kč

Tabulka 20: Roční úspory za ohřev teplé vody

Varianta	Energie pro ohřev teplé vody pouze plynovým kotlem	Cena za plyn (bez soláru)	Energie dodána kotli pro dohřev teplé vody	Cena za plyn (se soláry)	Úspory
	[kWh]	[Kč]	[kWh]	[Kč]	[Kč]
Varianta 1	25672	65 690 Kč	11048	27 620 Kč	38 070 Kč
Varianta 1'			12597	31 493 Kč	34 197 Kč
Varianta 2			8651	21 628 Kč	44 062 Kč
Varianta 3			10121	25 303 Kč	40 387 Kč
Varianta 4			9858	24 645 Kč	41 045 Kč
Varianta 5			13451	33 628 Kč	32 062 Kč
Varianta 5'			11069	27 673 Kč	38 017 Kč
Varianta 6			11252	28 130 Kč	37 560 Kč
varianta 7			11914	29 785 Kč	35 905 Kč
Varianta 8			10895	27 238 Kč	38 452 Kč
Varianta 8'	12524	31 310 Kč	34 380 Kč		
Varianta 9	10440	26 100 Kč	39 590 Kč		
Varianta 10	9681	24 203 Kč	41 487 Kč		

Úspory jsou vypočítány jako:

Cena za plyn (bez soláru) – Cena za plyn (se soláry)

C.2.16 Tabulkový výstup toků energie v solárním okruhu

Tabulka 21: Tabulkový přehled výstupu simulace

	Počet kolektroů	Celková plocha kolektorů	Aktivní plocha kolektoru (apertury)	1	1.1	1.2	2	2.5 ; 2.6	2.1	3.1	3.2	9	Solární příspěvek pro ohřev teplé vody
				Celková energie přijmuta kolektorem	Optické ztráty kolektoru	Teplené ztráty kolektoru	Čistá energie z kolektorů	Teplené ztráty solárním okruhem	Energie dodaná do nádrže	Tepelné ztráty zásobníkem teplé vody	Tepelné ztráty rozvody teplé vody	Potřeba energie pro ohřev teplé vody	
	[ks]	[m ²]	[m ²]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Varianta 1	10	46,10	31,90	40623	11115	7981	21528	5623	15905	3135	6052	17223	15078
Varianta 1'	19	47,69	44,27	56376	13503	24165	18709	4650	14059	2899	5873		13458
Varianta 2	39	47,58	40,17	51154	15157	8792	27207	8001	19206	3789	6555		18021
Varianta 3	18	46,26	40,14	51116	17377	8074	25668	8490	17179	3452	6221		16227
Varianta 4	16	48,32	30,24	38509	5027	9749	23735	6330	17405	3371	6254		16402
Varianta 5	13	46,93	28,34	36090	8919	8538	18638	5556	13081	2778	5770		12500
Varianta 5'	19	48,07	44,08	56134	13448	21176	21511	5552	15959	3194	6099		15159
Varianta 6	11	48,40	31,24	39783	6090	9558	24140	8395	15745	3262	6016		14874
varianta 7	10	47,20	27,80	35402	5992	9161	20251	5422	14828	2987	5914		14096
Varianta 8	20	47,00	28,40	36166	2872	9942	23356	7203	16154	3242	6087		15260
Varianta 8'	23	46,46	42,09	53599	16538	17949	19114	4915	14199	2934	5917		13558
Varianta 9	16	48,32	30,24	38509	7195	8580	22735	6101	16635	3243	6128		15741
Varianta 10	15	45,75	28,80	36675	1545	11072	24059	6418	17641	3403	6305		16603

Celkový přehled jednotlivých částí simulace. Barevná škála jednotlivých sloupců a je použita pro zjednodušení orientace v hodnotách.

Zelená – nejlepší

Červená – nejhorší

Tabulka 22: Tabulkový přehled výstupu simulace

Varianta	1.1; 1.2; 2.5; 2.6; 3.1; 3.2			Primární energie z kolektorů (čistá)	Efektivita systému	Celkové solární pokrytí	6		Celková energie do nádrže	Ušetřené emise [kg]
	Celková energie z kolektorů	Celkové teplené ztráty systému	Měrný využitelný zisk solárního systému				Energie dodána kotli	Pomocná energie z kotle		
	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh]	[%]	[%]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kg]
Varianta 1	40623	25545	499	15078	37,12%	58,95%	11048	10501	25579	3512
Varianta 1'	56376	42918	318	13458	23,87%	53,00%	12597	11932	25390	3165
Varianta 2	51154	33133	478	18021	35,23%	68,33%	8651	8353	26373	4182
Varianta 3	51116	34889	428	16227	31,75%	62,55%	10121	9715	25942	3787
Varianta 4	38509	22107	576	16402	42,59%	63,47%	9858	9439	25840	3812
Varianta 5	36090	23590	462	12500	34,64%	49,61%	13451	12697	25197	2940
Varianta 5'	56134	40975	362	15159	27,00%	58,96%	11069	10551	25710	3545
Varianta 6	39783	24909	504	14874	37,39%	58,02%	11252	10760	25634	3486
varianta 7	35402	21306	533	14096	39,82%	55,52%	11914	11293	25390	3296
Varianta 8	36166	20906	569	15260	42,19%	59,46%	10895	10404	25663	3563
Varianta 8'	53599	40041	337	13558	25,30%	53,32%	12524	11869	25427	3186
Varianta 9	38509	22768	550	15741	40,88%	61,26%	10440	9953	25694	3660
Varianta 10	36675	20072	613	16603	45,27%	64,12%	9681	9289	25891	4001

C.3. Vyhodnocení

C.3.1 Hlavní kritéria

Varianty byly zhodnoceny dle následujících kritérií:

- celková pořizovací cena kolektorů [Kč]
- Efektivita systému [%]
- celkové solární pokrytí [%]
- cena za 1 MWh dodané solární energie (poměr primární energie z kolektorů a celkové pořizovací ceny) [Kč/MWh]
- roční finanční úspora [Kč]

Varianta 7 byla z posuzování vyloučena, z důvodu veřejně nedostupné ceny solárního kolektoru a nejsou tedy známá všechna hlavní kritéria hodnocení.

U každého kritéria jsou jednotlivé varianty hodnoceny body od 1 do 12 (12 bodů nejlepší, 1 bod nejhorší) a součtem bodů byla vyhodnocena celková vhodnost varianty.

C.3.2 Hodnocení

Tabulka 23: Vyhodnocení variant

Varianta	Cena celkem	Efektivita systému	Celkové solární pokrytí	Výkonostní poměr	Úspory	Hodnocení
	Kč	[%]	[%]	Kč/MWh	Kč	
Varianta 1	761 426 Kč	37,12%	58,95%	50501	38070	22
Varianta 1'	446 515 Kč	23,87%	53,00%	33179	34197	17
Varianta 2	924 300 Kč	35,23%	68,33%	51291	44062	32
Varianta 3	625 068 Kč	31,75%	62,55%	38521	40387	30
Varianta 4	279 792 Kč	42,59%	63,47%	17058	41045	51
Varianta 5	181 155 Kč	34,64%	49,61%	14492	32062	31
Varianta 5'	222 792 Kč	27,00%	58,96%	14697	38017	36
Varianta 6	379 500 Kč	37,39%	58,02%	25515	37560	30
varianta 7	-	-	-	-	-	-
Varianta 8	599 800 Kč	42,19%	59,46%	39307	38452	31
Varianta 8'	528 770 Kč	25,30%	53,32%	38999	34380	17
Varianta 9	319 840 Kč	40,88%	61,26%	20319	39590	41
Varianta 10	297 000 Kč	45,27%	64,12%	17889	41487	52

Nejlepší varianta je dle kritérií varianta 10 a těsně za ní skončila varianta 4. Jsou to jedny z nejlevnějších variant na pořízení solárních kolektorů, a zároveň nabízí i jedno z nejlepších pokrytí potřeby teplé vody s vysokou efektivitou systému, a s tím související celkové úspory i výkonostní poměr na MWh.

Varianta 2 má ze všech variant nejvyšší pokrytí potřeby teplé vody, ale její cena je zároveň ta nejvyšší. Za více než čtyřnásobně menší ceny nabízí ostatní varianty velice podobné pokrytí potřeby teplé vody.

Varianta 5 vychází z hodnocení jako ta nejlevnější, ale i tomu odpovídá její výkonost. Má nejmenší podíl pokrytí teplé vody, dokonce až pod 50 %.

Nejhůře vycházející jsou varianty 1' a 8'. Za jejich vyšší pořizovací cenu nenabízejí tak dobré pokrytí, jako levnější varianty a zároveň mají tu nejnižší efektivitu systému.

Ploché kolektory se ve srovnání s trubkovými obecně ukázali jako méně efektivní vzhledem k jejich ceně. Varianty 8' a 1' jsou jedny z nejhorších v tomto hodnocení. Výjimku však tvoří varianta 5', která je čtvrtá nejlepší ze všech variant. Je druhou nejlevnější variantou, avšak její podíl pokrytí je průměrný a efektivita systému značně nízká, ale i tak to z ní dělá celkově čtvrtou nejlepší variantu, dle hodnotících kritérií.

C.3.3 Závěr hodnocení

Pro návrh solárního systému **volím variantu 10** s celkovým ohodnocením 52 bodů. Dle hodnotících kritérií vychází jako nejlepší ze všech porovnávaných variant.

C.4. Návrh solárního systému na ohřev teplé vody VAR 2

C.4.1 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí solárního okruhu

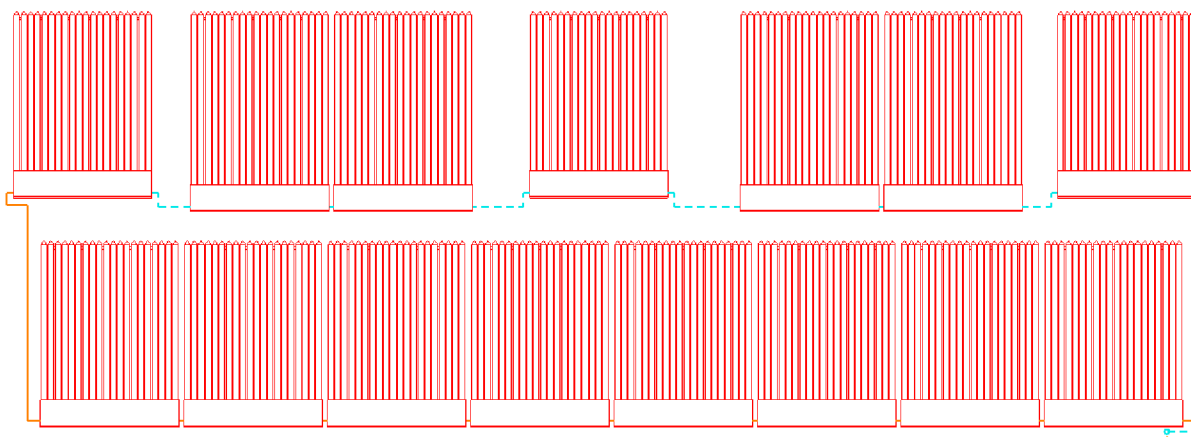
Tabulka 24: Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí solárního okruhu

Počet kolektorů	15	ks
Průtok jednoho kolektoru	120	l/h
Průtok celkem	1800	l/h
Hustota směsi	994	kg/m ³
Kinematická viskozita směsi	0,937	· 10 ⁻⁶
Teplná kapacita směsi	3 837	J/(kg·K)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
č. ús.	Průtok [l/h]	Průtok [l/s]	Délka úseku [m]	DN [mm]	d [mm]	R [Pa/m]	R* [Pa]	w [m/s]	$\Sigma \xi$ [-]	$(w^2/2) \times \rho$ [Pa]	Z [Pa]	Ostatní [Pa]	Celkem [Pa]
1	1 800,00	0,50	74,40	35x1,5	32	159	11 831	0,63	57,5	194,4	11179	0	23 010
2	900,00	0,25	5,80	35x1,5	32	47	274	0,31	10,4	48,6	505	3 400	4 180
Celkem:						12 105					11 685	3 400	27 190

Potřebný dopravní tlak oběhového čerpadla Δp_{ζ} [Pa] =	27 190
Potřebný průtok oběhovým čerpadlem m [kg/h] =	1 789

Zapojení kolektorů na střeše



Obrázek 37: Zapojení kolektorů na střeše

C.4.2 Návrh čerpadla solárního okruhu

Vstupní údaje

Tlaková ztráta okruhu: 27,190 kPa

Maximální průtok: 1789 kg/h = 1,800 m³/h

Návrh

Navrhují čerpadlo v rámci čerpadlové skupiny S2 Solar 2. Čerpadlová skupina se skládá z oběhového čerpadla Wilo STRATOR para 25/1-8, ukazatele průtoku, dvou kulových kohoutů s teploměry a pojistného ventilu (otevřací přetlak 600 kPa) s tlakoměrem.

Technická dokumentace čerpadlové skupiny je součástí této práce [P14]



Obrázek 38: Čerpadlová solární S2 Solar 2

C.4.3 Návrh expanzní nádoby

Vstupní údaje:

Maximální teplota směsi t_{\max} :	95 °C
Minimální teplota směsi t_{\min} :	-15 °C
Výška otopné soustavy h :	14,4 m
Výška manometrické roviny h_{MR} :	1,5 m

Objem vody v otopné soustavě:

$$V_0 = V_P + V_{KO} + V_{OH}$$

$$V_0 = 69,68 + 16,5 + 50 = 136,18 \text{ l} = 0,136 \text{ m}^3$$

V_P – objem vody v potrubí [litr]

V_{KO} – objem vody v kolektorech [litr]

V_{OH} – objem vody v zásobníkovém ohřivači teplé vody [litr]

Objem vody v potrubí VP

DN potrubí	Délka potrubí [m]	Objem vody na 1 m [l/m]	Objem vody [litr]
35x,15	87,1	0,80	69,68
Celkem			69,68

Objem vody v kolektorech

1,1 litru v jednom kolektoru

$$V_{KO} = 15 \times 1,1 = 16,5 \text{ litrů}$$

Objem vody v zásobníkovém ohřivači teplé vody V_{OH}

50 litrů

Návrh

Návrh expanzní nádoby je proveden pomocí software IMI HySelect na základě vstupních údajů.

	Expanzní nádoba
System expansion coefficient [e]	0,0751
System expansion volume [Ve]	0,009 m ³ (1)
Total expansion volume [Ve,tot] (=1)	0,009 m³ (2)
Solar collector multiplier factor	1,1
Solar collector security volume [VDK]	0,018 m ³ (3)
Min. vodní rezerva [Vwr,min]	0,003 m ³ (4)
Vessel net volume [Vn] (=2+3+4)	0,03 m³ (5)
Tlakový faktor [PF]	1,73 (6)
Požadovaný nominální objem (=5x6)	0,051 m³
Přetlak par [pv]	0 bar
Minimální požadovaný tlak zařízení [pz]	-
Minimální tlak [p0]	1,69 bar
Počáteční tlak [pa]	
Cílový tlak [pman]	
Konečný tlak [pe]	5,4 bar
Min. požadovaný pSV [psvs]	2,7 bar
Nezbytný průtok pro vyrovnání objemu [qN]	
Expanzní potrubí až do 10 m [DNe]	
Expanzní potrubí až do 30 m [DNe]	

Mezilehlá nádoba	Popis	Množství:
DD 25.10	Statico	
Jmenovitý objem : 0,025 m ³	SU 140.6	1
PS : 10 bar	Jmenovitý objem : 0,14 m ³	
Tepl. rozsah : -10/110 °C	PS : 6 bar	
Hmotnost : 8,1 kg	Tepl. rozsah : 5/70 °C	
Max. hmotnost : 34,5 kg	Hmotnost : 30 kg	
	Max. hmotnost : 178 kg	

Obrázek 39: Navržená mezilehlá a expanzní nádoba

Navrhuji mezilehlou nádobu IMI DD 25.10 a expanzní nádobu IMI SU 140.6

Technická dokumentace expanzní nádoby je přílohou této práce [P15]

C.5. Ekonomické zhodnocení investice do solární soustavy

C.5.1 Výpočet jednotlivých položek

cena za 15 kolektorů C01-20 (19 800 Kč):	297 000 Kč
cena za zásobníky 2x Quantum Q7-1000 ZDV:	150 000 Kč
cena za čerpadlovou skupinu Regulus S2 Solar 2:	30 000 Kč
regulace:	20 000 Kč
cena za expanzní nádobu IMI SU 140.6:	34 000 Kč
cena za mezilehlou nádobu IMI DD 25.10:	6 000 Kč
cena za příslušenství (uzávěry atd.):	10 000 Kč
cena montážních prací 20 %	82 400 Kč
cena za potrubí vč. montáže a izolace: 35x1,5 – 710 Kč/m × 87,1 m =	62 000 Kč
CELKEM.....	556 400 Kč

C.5.2 Ekonomická efektivnost realizace

Základní parametry investice

Doba životnosti projektu let ???

Celková investice do zařízení Kč ???

Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka) Kč

Úroková sazba %

Doba splácení úvěru let

Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořízovaného zařízení Kč

Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení %

Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice % ???

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

VYPOČÍTAT

VÝSLEDKY	
NPV - čistá současná hodnota projektu:	651959 Kč ???
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	33262 Kč ???
Doba návratnosti:	12 let ???
Diskontovaná doba návratnosti:	14 let ???
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	9 % ???

Obrázek 40: Ekonomické zhodnocení investice (tzb-info) [20]

Zhodnocení

Doba návratnosti je poměrně vysoká, proto by bylo pro realizaci vhodné získat finanční podporu z dotačního programu na snížení vlastních investovaných prostředků.

D. TECHNICKÁ ZPRÁVA

D.1. Základní informace

Projekt řeší návrh otopné soustavy a přípravy teplé vody ve dvou variantách v bytovém domu v Novém Městě na Moravě. Konstrukční systém je stěnový kombinovaný v celém objektu. Střecha objektu je šikmá sedlová se sklonem 27° se skládanou keramickou krytinou a nadkrokevní tepelnou izolací.

Úroveň 1.NP = 0,000 = 569,85 m n. m. Objekt má 4 nadzemní a 1 podzemní podlaží o celkové podlahové ploše 568,6 m². Budova je využívána celoročně.

V podzemním podlaží se nachází sklepní kóje, technická místnost a úklidová místnost

Hlavní vstup do objektu je umístěn na mezipodestě mezi 1.PP a 1.NP. Vstup je do společného schodišťového prostoru, ze kterého je umožněn přístup do jednotlivých bytů a podzemního podlaží.

Všechna nadzemní podlaží jsou obytná a jsou zde umístěné byty. v každém podlaží jsou umístěny 3 byty (1kk, 1+1, 2+1) s výjimkou 4.NP, kde se nacházejí dva podkrovní byty s dispozicí 1+1. Celkem 11 bytových jednotek pro maximální návrhový počet 26 osob.

Z tepelně technického hlediska je obvodový plášť zhotoveny z keramických tvárnic s výplní z minerální vaty tl. 380 mm. Podlaha v 1.PP je zhotovena jako betonová deska tl. 250mm zateplená tl. 50 mm PIR tepelné izolace a s nášlapnou vrstvou v provedení keramické dlažby. Podlaha na zemině 1.NP v obytných prostorech je zhotovena jako betonová deska tl. 250 mm s tepelnou izolací PIR tl. 50 mm. Okenní otvory jsou v plastovém provedení s izolačním trojsklem. Střešní konstrukce je klasická dřevěná vaznicová soustava s tepelnou izolací nad krokviemi tl. 160 mm a se skládanou keramickou krytinou.

Návrhové teploty jsou obvyklé pro bytové domy. v obytných místnostech je návrhová teplota 20 °C, v koupelnách 24 °C. ve společných prostorech (schodiště) je uvažováno s teplotou 15 °C. Podzemní podlaží se neuvažuje jako vytápěné a je zde návrhová teplota 5 °C. Venkovní výpočtová teplota v Novém Městě na Moravě je -15 °C.

D.1.1 Konstrukční řešení

Konstrukční systém budovy je stěnový kombinovaný v celém objektu. Obvodové stěny jsou zhotoveny z keramických tvárnic s výplní z minerální vaty tl. 380 mm. Vnitřní nosné stěny jsou z cihel Porotherm a nenosné příčky v provedení KNAUF. Světlá výška stropů všech podlaží je 2520 mm. Úroveň 0,000 = 569,85 m. n. m. Střešní konstrukce je klasická dřevěná vaznicová soustava s tepelnou izolací nad krokviemi tl. 160 mm a se skládanou keramickou krytinou.

D.1.2 Popis provozu

Objekt bude trvale obýván nájemníky bytových jednotek. Provoz bude celodenní a celoroční.

D.1.3 Podklady pro zpracování projektu

Podkladem pro zpracování projektu vytápění je výkresová dokumentace stavby, technické listy od výrobců zařízení, platné technické normy a hygienické předpisy.

D.1.4 Rozsah projektu

V projektu je řešeno navrhnutí otopné soustavy a ve dvou variantách je řešena příprava teplé vody pro celý objekt:

VAR 1 – ohřev teplé vody zajišťuje plynový kondenzační kotel

VAR 2 – primární ohřev teplé vody zajišťují solární kolektory a sekundární dohřev zajišťuje plynový kondenzační kotel

D.2. Tepelné ztráty a potřeba tepla

D.2.1 Klimatické podmínky v místě stavby

Místo stavby:	Nové město na Moravě
Nadmořská výška:	569,85 m.n.m.
Výpočtová venkovní teplota:	-15 °C
Průměrná venkovní teplota:	2,4 °C
Počet dní otopného období:	252 dní

D.2.2 Vnitřní návrhové podmínky

24 °C – Koupelny

20 °C – Obytné prostory (obývací pokoj, kuchyně, předsíň, pokoj, záchod)

15 °C – Společné prostory (schodiště)

5 °C – Prostory v podzemním podlaží (sklepní kóje, technická místnost, úklidová místnost, odpadky)

D.2.3 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

Tepelně technické parametry navržených konstrukcí jsou v souladu s požadavky ČSN 73 0540-2:2011. Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle ČSN EN 12 831-1. Průměrný součinitel obálky budovy je 0,298 W/(m² × K).

D.2.4 Tepelné ztráty budovy

Celkové tepelné ztráty objektu činí 12,028 kW

Výpočet tepelných ztrát byl proveden pomocí programu Excel. Do výpočtu byly zahrnuty všechny prostory v objektu.

D.2.5 Požadovaný tepelný výkon

Celkový požadovaný tepelný výkon pro vytápění činí 13,755 kW

Celkový požadovaný tepelný výkon pro ohřev teplé vody činí 7,129 kW

Tělesa jsou navržena v obytné části budovy (1. až 4. NP), podzemní podlaží se uvažuje jako nevytápěné.

D.2.6 Spotřeba energie/paliva pro vytápění a ohřev teplé vody

D.2.6.1 Spotřeba energie pro vytápění a ohřev teplé vody

Spotřeba energie pro vytápění: 36,70 MWh/rok

Spotřeba energie pro ohřev teplé vody: 77,890 MWh/rok

D.2.6.2 Spotřeba paliva pro vytápění a ohřev teplé vody

Spotřeba paliva (zemní plyn): 11 785,89 m³/rok

D.2.7 Parametry teplotnosné látky

Teplotnosnou látkou otopné soustavy je voda

Teplotní spád pro otopnou soustavu je 50/40 °C (kotel pracuje v režimu vytápění)

Teplotní spád pro ohřev teplé vody je 80/60 °C (kotel pracuje v režimu nánřevu teplé vody)

D.3. Zdroj tepla

Zdrojem tepla je záněsný kondenzační plynový kotel Valliant ecoTEC plus VU 206/5-5 s plynulou regulací výkonu 4,2 – 21,2 kW. Kotel je v provedení C, kdy odvod spalin a přívod spalovacího vzduchu je zajištěn koaxiálním potrubím vyvedeným z objektu. v patě odkouření je nutno zajistit odvod a případnou neutralizaci kondenzátu. Kotel je umístěn v podzemním podlaží v technické místnosti.

Kotel pracuje ve dvou režimech:

- Režim vytápění, kdy pracuje s teplotním spádem 50/40 °C a je plně otevřen okruh vytápění pomocí trojcestného ventilu a okruh ohřevu teplé vody je zcela uzavřen.
- Režim nánřevu teplé vody, kdy kotel pracuje s teplotním spádem 80/60 °C a je plně otevřen okruh pro ohřev teplé vody pomocí trojcestného ventilu a okruh vytápění je zcela uzavřen.

Tento princip fungování kotle je použit u obou variant ohřevu teplé vody.

D.3.1 Odkouření

Odkouření od kotlů je provedeno výrobcem dodávaného certifikovaného systému odkouření, které ústí do komína. Nad střešní rovinou je komín zakončen komínovou hlavicí.

D.3.2 Větrání technické místnosti

Větrání technické místnosti není možné zajistit přirozeně z důvodu umístění technické místnosti, která se nachází pod úrovní terénu. Je nutné zajistit větrání technické místnosti nucenou cestou pomocí vzduchotechnického systému. Rozvody vzduchotechnického systému musí splňovat protipožární předpisy.

D.3.3 Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení zajišťují ochranu před překročením nejvyššího pracovního tlaku v potrubí, překročení maximální teploty nebo nedostatku vody v soustavě. Zajišťují také kompenzaci změny objemu otopné vody.

Součástí kotle je expanzní nádoba o objemu 10 l. Dle výpočtu je tento objem expanzní nádoby nedostačující, proto byla navržena externí expanzní nádoba Regulus HS025 o objemu 25 l, která je napojena na okruh pomocí potrubí dimenze 15x1.

Kotel obsahuje vlastní pojistný ventil, který není dostatečně specifikován. Proto byl navrhnut pojistný ventil HONEYWELL SM 120-1/2“ (DN15) s otevíracím přetlakem 250 kPa.

D.3.4 Odvod kondenzátu

Odvod kondenzátu z plynového kondenzačního kole je napojen na neutralizační box Neutrakon 100/70, kde se kondenzát neutralizuje a bude odveden do kanalizace.

D.4. Otopná soustava

D.4.1 Popis otopné soustavy

V objektu je navržena teplovodní, uzavřená, protiproudá soustava s tepelným spádem 50/40 °C s nuceným oběhem otopné vody pomocí čerpadel, která je dělena na okruh pro vytápění a okruh pro ohřev teplé vody. Potrubí soustavy je měděné opatřené tepelnou izolací. Průtok otopné vody v okruzích reguluje trojcestný ventil dle potřeby ohřevu teplé vody v zásobníku. Při potřebě ohřevu teplé vody v zásobníku se kotel přepne do režimu 80/60 °C a trojcestný ventil naplno otevře okruh do zásobníku a zcela uzavře okruh po vytápění. Po nahřátí teplé vody se kotel vrátí do režimu vytápění 50/40 °C a trojcestný ventil zcela uzavře okruh k zásobníku a otevře okruh pro vytápění (pokud je topná sezóna a je nutno vytápět). Větev pro vytápění vede z technické místnosti uchycené pod stropem a je rozdělena celkem do tří stoupacích potrubí. Dvě stoupací potrubí distribuují topnou vodu do bytových jednotek a jedno stoupací potrubí zajišťuje dodávku topné vody pro otopná tělesa ve schodišťovém prostoru. v nejvyšších místech otopné soustavy je nutné instalovat odvzdušňovací ventily pro odvzdušnění systému. Ze stoupacího potrubí je potrubí napojeno na měřicí soustavu, která zajišťuje odečet spotřeby otopné vody pro jednotlivé byty. v bytech je k otopným tělesům potrubí vedeno v podlaze. Otopná tělesa jsou vybavena termostatickými hlavicemi. Délkové změny jsou přirozeně kompenzovány v kolenech potrubí.

D.4.2 Oběhové čerpadlo

Nucenou cirkulaci otopné soustavy zajišťuje čerpadlo řady Alpha od společnosti Grundfos. Čerpadlo bylo navrženo pomocí výpočtového software výrobce Grundfos.

Oběhové čerpadlo: GRUNDFOS APLHA1 L 25-40 130

D.4.3 Armatury a zařízení

Pojistné ventily: HONEYWELL SM 120-1/2“ DN15

Expanzní nádoba: Regulus HS025

Zásobníkový ohřívače teplé vody: 2x Q7-1000-ZDV

Trojcestný ventil: ESBE VRG 131

Vyvažovací ventily: STAD

Měřič tepla: SHARKY 775

Termostatické ventily: Ventil Kompakt

Multilux 4 Set s hlavicí Halo

Uzavírací ventily: H-šroubení Vekolux

D.4.4 Napouštění a vypouštění soustavy

Dopouštění vody do otopného systému se spouští ručně nebo automaticky v závislosti na regulačních prvcích přes blokovou automatickou úpravnu vod, která je součástí návrh zdravotnické a je zapojena viz schéma zapojení.

Vypouštění celou soustavu je možné pomocí vypouštěcích ventilů, které jsou umístěny v technické místnosti.

D.4.5 Tepelná izolace

Potrubní rozvody jsou izolovány tepelnou izolací ROCKWOOL FLEXOROCK pro zamezení tepelných ztrát při distribuci otopné vody. Tloušťky tepelné izolace jsou stanoveny výpočtem pro každou velikost potrubí pomocí výpočetního software na webových stránkách www.tzb-info.cz.

D.4.6 Otopná tělesa

Přenos tepla do vytápěných místností zajišťují desková otopná tělesa RADIK LINE VK, RADIK LINE VKL a trubková tělesa KORALUX LINEAR CLASSIC–M.

Celkový výkon všech těles v objektu je 13,755 kW.

D.4.7 Měření a regulace otopné soustavy

Otopná soustava a provoz kotlů jsou regulovány pomocí ekvitermiálního regulátoru od společnosti Protherm. Regulátor se umístí v místnosti, která bude z hlediska tepelných ztrát a z hlediska světové strany nejvíce zatížená. Do exteriéru se nainstaluje čidlo, které je propojené s regulátorem a předává mu informaci o venkovní teplotě. Čidlo nesmí být na místě, kde by bylo ovlivňováno přímým slunečním zářením.

Hydraulické vyvážení soustavy je provedeno pomocí vestavěných termostatických ventilů v otopných tělesech Ventil Kompakt, u trubkových těles KORALUX LINEAR CLASSIC pomocí ventilu Multilux 4.

D.4.8 Zabezpečovací zařízení

Viz Zdroj tepla – Zabezpečovací zařízení

D.5. Ohřev teplé vody (VAR 1)

D.5.1 Popis ohřevu teplé vody

Jako primární zdroj je zde využíván plynový kondenzační kotel Valliant ecoTEC plus VU 206/5-5, který předává tepelnou energii do zásobníkového ohřivače REGULUS RBC 1500 o objemu 1492l, který je umístěn v technické místnosti.

Kotel se při potřebě náhřevu teplé vody přepne do režimu ohřevu teplé vody (teplotní spád 80/60 °C) a trojcestný ventil plně otevře okruh pro ohřev teplé vody a zcela uzavře okruh pro vytápění po minimálně nutnou dobu pro náhřev dostatečného množství teplé vody. Oběh topné vody je zajištěn pomocí čerpadla.

D.5.2 Oběhové čerpadlo

Oběh otopné vody zajišťuje oběhové čerpadlo společné pro větev vytápění i pro ohřev teplé vody. Čerpadlo bylo navrženo pomocí výpočtového software výrobce Grundfos.

Oběhové čerpadlo: GRUNDFOS ALPHA1 L 25-40 130

D.5.3 Armatury a zařízení

Zásobníkový ohřivač: REGULUS RBC 1500

Trojcestný ventil: ESBE VRG 131

Vyvažovací ventil: IMI STAD

D.5.4 Napouštění a vypouštění soustavy

Dopouštění vody do otopného systému se spouští ručně nebo automaticky v závislosti na regulačních prvcích přes blokovou automatickou úpravnu vod, která je součástí návrh zdravotnický a je zapojena viz schéma zapojení.

Vypouštět celou soustavu je možné pomocí vypouštěcích ventilů, které jsou umístěny v technické místnosti.

D.5.5 Tepelná izolace

Potrubní rozvody jsou izolovány tepelnou izolací ROCKWOOL FLEXOROCK pro zamezení tepelných ztrát při distribuci otopné vody. Tloušťky tepelné izolace jsou stanoveny výpočtem pro každou velikost potrubí pomocí výpočetního software na webových stránkách www.tzb-info.cz.

D.5.6 Měření a regulace otopné soustavy

Zásobníkový ohřívač je regulován pomocí termostatu, který je vestavěný v ohřívači.

Termostat je propojený s řídicí jednotkou kotle, trojcestného ventilu a čerpadla. Jakmile poklesne teplota vody v akumulčním zásobníku pod stanovenou mez, trojcestný ventil otevře okruh pro vytápění a kotel se přepne do režimu ohřevu teplé vody s teplotním spádem 80/60 °C.

D.5.7 Zabezpečovací zařízení

Zásobníkový ohřívač teplé vody je osazen vlastním pojistným ventilem ventil HONEYWELL SM 120-1/2“ (DN15) s otevíracím přetlakem 250 kPa.

Viz Zdroj tepla – Zabezpečovací zařízení.

D.6. Ohřev teplé vody (VAR 2)

D.6.1 Popis ohřevu teplé vody

Jedná se o ohřev vody viz VAR 1, který je doplněn o solární soustavu.

Ohřev teplé vody zajišťují dva zásobníkové ohřivače Quantum Q7-1000 ZDV se dvěma výměníky tepla. Zásobníky jsou umístěny v technické místnosti. Jako primární zdroj pro ohřev teplé vody je zde využíván solární systém, který obsahuje 15 trubkových solárních kolektorů C01-20, které jsou umístěné na jižní straně šikmé střechy ve sklonu 27°. Oběh teplotnosné látky je zajištěn čerpadlem. Teplotnosnou látkou je směs vody (60 %) a propylenglykolu (40 %). Potrubí solárního okruhu je měděně izolované.

Jako sekundární zdroj je využit plynový kondenzační kotel Valliant ecoTEC plus VU 206/5-5 v režimu pro ohřev teplé vody s teplotním spádem 80/60 °C. viz VAR 1

D.6.2 Oběhové čerpadlo

Oběh otopné látky pro okruh primárního zdroje (trubkové solární kolektory) pro ohřev teplé vody zajišťuje čerpadlo, které je součástí navržené čerpadlové skupiny.

Oběh otopné vody pro okruh sekundárního zdroje (plynový kondenzační kotel) pro ohřev teplé vody zajišťuje oběhové čerpadlo, které je společné pro větev vytápění i pro ohřev teplé vody. Čerpadlo bylo navrženo pomocí výpočtového software výrobce Grundfos.

Solární čerpadlová skupina:	S2 Solar 2
Oběhové čerpadlo (sekundární zdroj):	GRUNDFOS APLHA1 L 25-40 130

D.6.3 Armatury a zařízení

Zásobníkový ohřivač:	2x Quantum Q7-1000 ZDV
Trojcestný ventil:	ESBE VRG 131
Vyvažovací ventil:	IMI STAD
Solární čerpadlová skupina:	S2 Solar 2*
Solární trubkový kolektor:	C01-20
Mezilehlá nádoba:	IMI DD 25.10
Expanzní nádoba:	SU 140.6

*solární čerpadlová skupina obsahuje: oběhové čerpadlo, ukazatel průtoku, kulové kohouty, teploměry, pojistný ventil, tlakoměr, izolaci, separátor vzduchu

D.6.4 Napouštění a vypouštění soustavy

Dopouštění vody do otopného systému se spouští ručně nebo automaticky v závislosti na regulačních prvcích přes blokovou automatickou úpravnu vod, která je součástí návrh zdravotnický a je zapojena viz schéma zapojení.

Vypouštět celou soustavu je možné pomocí vypouštěcích ventilů, které jsou umístěny v technické místnosti.

D.6.5 Tepelná izolace

Měděné trubky jsou opatřeny tepelnou izolací tl. 30 mm.

D.6.6 Měření a regulace otopné soustavy

Regulace bude zajištěna pomocí solárního regulátoru, který porovnává aktuální teplotu na kolektorech a v zásobníku. Pokud dojde k dostatečnému rozdílu teplot, spustí se oběhové čerpadlo solárního systému. Pokud rozdíl teplot klesne pod nastavenou mez, čerpadlo se odstaví. Pokud klesne teplota v zásobníku pod stanovenou mez a klesne rozdíl teplot mezi teplotou vody v zásobníku a kapaliny v kolektorech, spustí se plynový kotel v režimu ohřevu teplé vody a trojcestný ventil plně otevře okruh pro ohřev teplé vody.

D.6.7 Zabezpečovací zařízení

Každý ohřívač je osazen vlastním pojistným ventilem HONEYWELL SM 120-1/2“ (DN15) s otevíracím přetlakem 250 kPa

Solární soustava je napojen na mezilehlou nádobu DD25.10, která slouží jako primární ochrana expanzní nádoby před vyšší teplotou teplotonosné látky v solárním okruhu. Na mezilehlou nádobu je dále napojena expanzní nádoba SU 140.6, která plní funkci vyrovnávání tlaků v solárním okruhu.

Okruh pro ohřev teplé vody kotlem viz Zdroj tepla – Zabezpečovací zařízení.

D.7. Požadavky na profese

D.7.1 Stavební práce

Z technické místnosti bude vyvedeno odkouření od kotle, které bude ústít v komínu. Potrubí vedené pod stropem bude uchyceno pomocí ocelových úchytek. Potrubí vedené v podlaze musí být vyhotoveno před zalitím podlahy vyrovnávací vrstvou. Svislé potrubí bude vedené v instalačních šachtách. Déle je nutné vybudovat prostupy konstrukcemi, kde povede otopné potrubí.

D.7.2 Zdravotechnika

Pro napuštění nebo doplňování vody v otopné soustavě a zásobníku teplé vody musí být do technické místnosti zavedeno vodovodní potrubí studené vody, které se napojí na blokovou automatickou úpravnu vody.

Pro odvod kondenzátu je nutné napojit odvod kondenzátu na kanalizaci a vybudovat podlahovou vpusť v technické místnosti.

D.7.3 Plynoinstalace

Do technické místnosti bude zavedeno plynové potrubí, které se napojí na plynový kondenzační kotel.

D.7.4 Elektroinstalace

Pro napojení kotlů, regulačních zařízení a čerpadel musí být v jejich blízkosti vybudováno napojení na elektroinstalaci ukončenou zásuvkami 230V/50Hz.

Kotel Valliant ecoTEC plus VU 206/5-5	35–70 W
---------------------------------------	---------

Čerpadlo Grundfos Alpha1 L 25-40 130	25 W
--------------------------------------	------

D.8. Montáž a uvedení do provozu

Při montáži musí být dodrženy zásady BOZP, technologické postupy, předepsané montážní postupy výrobců, čím se maximálně zamezí nefunkčnosti systému nebo poruchám.

D.8.1 Zdroj tepla

Montáž a uvedení do provozu smí provádět pouze osoba s dostatečnou kvalifikací. Osoba, která provádí montáž, musí být držitelem osvědčení o kvalifikaci pro provádění dané činnosti.

Uvedení do provozu a montáž zařízení je ve shodě s ČSN 06 310 – Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž.

D.8.2 Otopná soustava

Montáž a uvedení do provozu smí provádět pouze osoba s dostatečnou kvalifikací. Osoba, která provádí montáž, musí být držitelem osvědčení o kvalifikaci pro provádění dané činnosti.

Uvedení do provozu a montáž zařízení je ve shodě s ČSN 06 310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž.

D.8.3 Zkoušky

D.8.3.1 Dilatační zkouška

Soustava se provede ohřátím teplotonosné látky na maximální pracovní teplotu a poté se znovu ochladí. Tento postup je opakován dvakrát. Při zkoušce nesmí být zjištěny netěsnosti ani žádné jiné závady.

D.8.3.2 Zkouška těsnosti

Zkouška těsnosti se provádí po dokončení všech rozvodů a před jejich zakrytím. Zkouška se provádí na nejvyšší dovolený přetlak, na který je soustava navržena. Po dosažení nejvyššího dovoleného přetlaku se vizuálně zkontrolují veškeré rozvody, spoje a zařízení. Těsnost se kontroluje minimálně po dobu 6 hodin. Zkouška se považuje za úspěšnou, pokud se neobjeví žádná netěsnost a nedojde-li ke znatelnému poklesu tlaku.

D.8.3.3 Topná zkouška

Účelem topné zkoušky je zajištění správné funkce chodu soustavy a její hydraulické vyvážení. Před zkouškou se provede autorizované uvedení kotlů do provozu a soustava se dvakrát propláchne ohřátou vodou.

Při topné zkoušce se kontroluje:

- Správná funkce regulačních zařízení a armatur
- Správná funkce zabezpečovacích zařízení
- Výkon zdroje
- Výkon přípravy teplé vody
- Dosažení technických předpokladů projektu
- Dosažení projektované účinnosti zdroje
- Rovnoměrné ohřívání všech otopných těles

D.9. Obsluha a ovládání

Provoz a užívání zařízení může provádět pouze zaškolená osoba. Při obsluze zařízení je nutno dodržovat postupy uvedené v návodech k obsluze zařízení a bezpečnostní podmínky zařízení. Předání návodů a pokynů pro obsluhu zařízení je povinností zhotovitele zařízení. Bezpečnost, ochrana zdraví a životního prostředí

D.9.1 Ochrana životního prostředí

Instalací a provozem nesmí dojít k poškození životního prostředí, nebo zhoršení vlivů na životní prostředí.

D.9.2 Hospodaření s odpady

Při realizaci i při provozu je nutno splňovat požadavky na hospodaření s odpady dle zák. 185/01 Sb.

D.9.3 Bezpečnosti při realizaci

Všechny práce budou provádět pouze osoby, které mají příslušnou kvalifikaci k dané činnosti. Zhotovitel musí zajistit bezpečnost při realizaci díla dle zákona č. 262/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č.591/2006 Sb.

D.9.4 Požární ochrana

Při realizaci a provozu zařízení je nutno dodržovat požadavky na požární ochranu, které stanovuje ČSN 73 0810.

Závěr

Primární cíl této diplomové práce bylo sepsání teoretické části (seznámení se solárními soustavami) a vypracování projektu, který řeší vytápění objektu a přípravu teplé v novostavbě bytového domu v Novém Městě na Moravě. Práce je dělena do čtyř částí.

V první teoretické části (A) jsem se zabýval seznámení se solárními soustavami.

Části druhé (B) byly vypočítány tepelné ztráty, celkem 12,028 kW, byl vypracován energetický štítek obálky budovy s průměrným součinitelem prostupu tepla $0,298 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$, klasifikace B – úsporná, navržena otopná tělesa desková RADIK LINE VK/VKL a trubková KORALUX LINEAR CLASSIC–M s celkovým tepelným výkonem 13,755 kW, byl proveden výpočet dimenzí a hydraulické posouzení soustavy, byl navržen zdroj tepla, ohříváč vody a další zařízení a armatury potřebné pro správnou funkci systému. a bylo vypočítáno množství potřebné energie a paliva za rok.

Ve třetí části (C) byly simulací v programu Valentine TSOL porovnány primárně trubkové solární kolektory od jednotlivých výrobců, kteří jsou uvedeni v seznamu Zelená úsporám 2023, a byla vyhodnocena nejvhodnější varianta, která byla implementována do projektu, a byl na ni vypracovaný návrh. Nejvýhodnější variantou byla vyhodnocena Varianta 10 s kolektory C01-20. Návrh solárního systému obsahuje dimenzování a hydraulické posouzení solárního okruhu, návrh čerpadla solárního okruhu, návrh expanzní nádoby a ekonomické zhodnocení investice do solární soustavy.

Je patrné, že solární soustavu je vhodné využít především v případě, pokud by byla realizace finančně podpořena dotačním programem (obnovitelný zdroj energie).

Ve čtvrté části (D) byla sepsána technická zpráva vypracovaná společně pro obě varianty návrhu ohřevu teplé vody. v technické zprávě je shrnuté kompletní řešení.

Seznam použitých zdrojů

1. Ing. Jaroslav Peterka, CSc. Článek od Ing. Jaroslava Peterky, CSc. [Online] [Citace: 22. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/historie-solarnich-termicky-kolektoru-a-soustav-1-cast-detail-1038>.
2. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [Online] [Citace: 22. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/29137/31459/334195/priloha001.pdf>.
3. TZB-INFO: Charakteristické parametry solárních soustav. [Online] [Citace: 23. 12 2023.] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/138-charakteristicke-parametry-solarnich-soustav>.
4. TZB-INFO: Solární příprava teplé vody. [Online] [Citace: 22. 12 2023.] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/140-solarni-priprava-teple-vody>.
5. ČSSE: Solární termické soustavy. [Online] [Citace: 23. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.solarnispolecnost.cz/cz/solarni-soustavy>.
6. TZB-INFO: Solární soustavy - rozdělení podle velikosti kolektorové plochy. [Online] [Citace: 22. 12 2023.] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/146-solarni-soustavy-rozdeleni-podle-velikosti-kolektorove-plochy>.
7. topeni-topenari. [Online] [Citace: 23. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove/>.
8. energie21. [Online] [Citace: 24. 12 2023.] Dostupné z: <https://energie21.cz/vzduchove-solarni-kolektory/>.
9. TZB-INFO-Analýza využití solárních vzduchových kolektorů pro vytápění rodinného domu. [Online] [Citace: 24. 12 2023.] Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/teplovzdušne-vytapeni/17641-analyza-vyuziti-solarnich-vzduchovych-kolektoru-pro-vytapeni-rodinneho-domu>.
10. TZB-INFO: Solární soustavy - rozdělení podle měrného průtoku teplotnosné kapaliny kolektory. [Online] [Citace: 23. 12 2023.] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/147-solarni-soustavy-rozdeleni-podle-merneho-prutoku-teplonosne-kapaliny-kolektory>.
11. TZB-INFO-Typy solárních panelů. [Online] [Citace: 24. 12 2023.] Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>.
12. solarnienergie.cz. [Online] [Citace: 25. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.solarnienergie.cz/>.
13. Viessmann.cz. [Online] [Citace: 12. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/>.

14. MPO: Specializované zprávy o výsledcích statistického zjišťování o solárních kolektorech za roky 2010. [Online] [Citace: 4. 1 2024.] Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/>.
15. LADENER, Heinz a SPÄTE, Frank. *Solární zařízení. vyd.1.* Praha : Grada, 2003. 267s. ISBN 80-247-0362-9..
16. KORADO a.s. [Online] [Citace: 14. 5 2022.] Dostupné z: <https://www.korado.cz/>.
17. IMI Hydronic Engineering. [Online] [Citace: 14. 5 2022.] Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/cs>.
18. BRILON Telepná technika. [Online] [Citace: 22. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.brilon.cz/>.
19. GRUNDFOS. [Online] [Citace: 14. 5 2022.] Dostupné z: <https://www.grundfos.com/cz>.
20. TZBINFO. [Online] [Citace: 23. 12 2023.] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>.
21. TZBINFO. *Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla.* [Online] [Citace: 23. 12 2023.] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>.
22. TZBINFO. *Výpočet tepelné ztráty potrubí s izolací.* [Online] [Citace: 15. 12 2023.] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-vypocet-tepelne-ztraty-potrubis-izolaci>.
23. ČNB. [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/>.
24. *Zavelkoobchodneceny.sk.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://zavelkoobchodneceny.sk/kolektor-vitosol-300-tm-viessmann-typ-sp3c-303m-sk06739/>.
25. *Zavelkoobchodneceny.sk.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] <https://zavelkoobchodneceny.sk/vitosol-200-fm-viessmann-typ-sh2f-zk02454/>.
26. *SERVISJUNKERS.cz.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://www.servisjunkers.cz/produkt/vk120-2-cpc-7735600146>.
27. *TZB-CZ.CZ.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Ceník dostupný z: https://www.tzb-cz.cz/wp-content/uploads/2023/07/TZB_2023-2024-KPT-topeni_v2307.pdf.
28. *xtra-solar web.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://www.new.xtra-solar.cz/trubicove-kolektory/152-slunecni-kolektor-jmc-5818-20.html>.
29. *Voda-Topení com s.r.o.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://www.voda-topeni.com/kopie-z-solarni-kolektory/>.
30. *SolarProfí.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://shop.solarprofi-24.de/solaranlagen/flachkollektoren/4120/flachkollektoren-solaranlage-solarkollektor-flachkollektor-solarplatte-solar-amx-2.51>.

31. *EnergySol.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <http://www.energysol.cz/eshop/apricus-etc-30-p354>.
32. *Solutions.cz.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://server-solutions.cz/product/vacuum-cs-15/>.
33. *Solutions.cz.* [Online] [Citace:] 8. <https://server-solutions.cz/product/csi-full-plate-2-0/>.
34. *AAA Solar.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Dostupné z: <https://www.aaasolar.cz/produkt/solarni-vakuovy-trubicovy-kolektor-aaa-sol-20t/>.
35. *Solar Solution.* [Online] [Citace: 8. 1 2024.] Ceník 2023 dostupný z: <https://solarsolution.cz/ke-stazeni/>.
36. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. *ČVUT Fakulta strojní.* [Online] [Citace: 9. 1 2024.] <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2010-19-Matuska.pdf>.

Software

1. Autodesk Autocad 2020
2. GRAPHISOFT Archicad 25
3. Microsoft Excel
4. Microsoft Word
5. Korado – program pro přepočítání tepelných výkonů otopných těles
6. TZB-info, Výpočet tlakové ztráty třením v potrubí
7. TZB-info, Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu
8. TZB-info, Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla
9. Grundfos Product Center – program pro návrh oběhových čerpadel
10. IMI HySelect

Použité normy a předpisy

ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov

ČSN 73 4201 – Komíny a kouřovody

ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb

ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž

ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování

ČSN 06 1101 – Otopná tělesa pro ústřední vytápění

ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení

ČSN 06 0205 – Tepelné soustavy v budovách – navrhování teplovodních otopných soustav

ČSN 07 0703 – Kotelny se zařízeními na plynná paliva

ČSN 01 1101 – Otopná tělesa pro ústřední vytápění

ČSN 38 3350 – Zásobování teplem – Všeobecné zásady

ČSN EN 442-1 – Otopná tělesa část 1

ČSN EN 12831-1 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 15316-3 – Energetická náročnost budov – Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav

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

Zákon č. 201/2012Sb. – Zákon o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb. – Zákon o odpadech

Vyhláška 193/2007Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

Seznam obrázků

Obrázek 1: Patent plochého kolektoru amerického C.M. Kempa [1]	20
Obrázek 2: Vynálezce solární vakuové trubice Ch. G. Abbot, rovněž USA a jeho patent [1]	20
Obrázek 3: Jeden z prvních solárních systémů u nás – JZD Čechtín, 1978 [2]	21
Obrázek 4: Zjednodušené schéma solární soustavy pro přípravu TV a její energetická bilance [3]	22
Obrázek 5: Schéma solární přípravy teplé vody pro rodinný dům: vlevo – s předehřívacím zásobníkem, vpravo – s bivalentním zásobníkem [4]	27
Obrázek 6: Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody – se zásobníky teplé vody [4]	28
Obrázek 7: Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody – se zásobníky tepla [4]	29
Obrázek 8: Schéma kapalinového solárního systému [7]	30
Obrázek 9: Principiální schémata z analýzy vzduchových kolektorů [9]	31
Obrázek 10: Rozdělení solárních kolektorů [11]	33
Obrázek 11: Bazénové absorbery jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [11]	33
Obrázek 12: Plochý neselektivní kolektor MEGASUN [12]	34
Obrázek 13: Schéma plochého selektivního kolektoru [7]	35
Obrázek 14: Schéma plochého vakuového kolektoru [7]	36
Obrázek 15: Vakuové trubice s přímo protékajícím absorberem [13]	37
Obrázek 16: Vakuové trubice s absorberem Heatpipe (tepelná trubka) [13]	37
Obrázek 17: Trubkový dvojtěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s	39
Obrázek 18: Schéma trubkového dvojtěnného (Sydney) vakuového kolektoru	39
Obrázek 19: Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách: trubkový Sydney kolektor s reflektorem (vlevo), solární kolektor s lineární Fresnelovou čočkou (vpravo) [11]	40
Obrázek 20: Schéma vzduchového solárního kolektoru [9]	41
Obrázek 21: Půdorys typického podlaží objektu	45
Obrázek 22: Vizualizace objektu	45
Obrázek 23: Deskové těleso RADIK VK [16]	60
Obrázek 24: Umístění šroubení a termostatického ventilu na RADIK VK [16]	60
Obrázek 25: Termostatický ventil pro tělesa VK [16]	61
Obrázek 26: Regulační H přímé šroubení Heimeier Vekolux [17]	62
Obrázek 27: Trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR CLASSIC–M [16]	64

Obrázek 28: Multilux 4 Set s hlavici Halo [16]	64
Obrázek 29: Návrh oběhového čerpadla pro větev 1 [19].....	75
Obrázek 30: Návrh pojistného ventilu [21]	79
Obrázek 31: Návrh pojistného ventilu [21]	80
Obrázek 32: Návrh tepelné izolace potrubí	81
Obrázek 33: Vyvažovací ventil STAD [17]	84
Obrázek 34: Simulační model	98
Obrázek 35: Schéma energetické bilance modelu.....	99
Obrázek 36: Energetická bilance solárního kolektoru [36]	102
Obrázek 37: Zapojení kolektorů na střeše	119
Obrázek 38: Čerpadlová solární S2 Solar 2.....	120
Obrázek 39: Navržená mezilehlá a expanzní nádoba	122
Obrázek 40: Ekonomické zhodnocení investice (tzb-info) [20]	123

Seznam tabulek

Tabulka 1: Ukázka výpočtu tepelných ztrát pro místnost B1.1.04	51
Tabulka 2: Nastavení termostatického ventilu podle otáček [16].....	62
Tabulka 3: Nastavení H šroubení podle otáček [16].....	63
Tabulka 4: Nastavení ventilu Miltlux 4 podle otáček [16].....	65
Tabulka 5: Podíl potřeby energie pro teplou vodu během dne	67
Tabulka 6: Tabulka odkouření plynového kotle [18]	70
Tabulka 7: Jednotlivé parametry neutralizačního boxu [18].....	70
Tabulka 8: Dimenzování a hydraulické posouzení – základní okruh. OT1.....	72
Tabulka 9: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT2.....	73
Tabulka 10: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT3	73
Tabulka 11: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT4	73
Tabulka 12: Dimenzování a hydraulické posouzení – byt B10.4. – OT5	74
Tabulka 13: Součinitel zvětšení objemu [20].....	77
Tabulka 14: Navržené tloušťky tepelné izolace na jednotlivé dimenze	82
Tabulka 15: Parametry trojcestného směšovacího ventilu ESBE VRG131	83
Tabulka 16: Hodnoty Kv pro vyvažovací ventil STAD [17]	84
Tabulka 17: Hodnoty Kv pro vyvažovací ventil STAD [17]	85
Tabulka 18: Jednotlivé parametry měřiče tepla SHARKY 775	85
Tabulka 19: Cena solárních kolektorů	115
Tabulka 20: Roční úspory za ohřev teplé vody	115
Tabulka 21: Tabulkový přehled výstupu simulace	116
Tabulka 22: Tabulkový přehled výstupu simulace	117
Tabulka 23: Vyhodnocení variant.....	118
Tabulka 24: Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí solárního okruhu	119

Seznam grafů

Graf 1: Tlakové ztráty termostatického ventilu [16].....	61
Graf 2: Tlakové ztráty H šroubení Vekolux [17]	63
Graf 3: Tlakové ztráty ventilu Multilux 4 [16].....	65
Graf 4: Stanovení odběru a dodávky tepla	67
Graf 5: Celková energie přijata kolektorem ze slunečního záření	101
Graf 6: Celkové ztráty energie kolektoru	102
Graf 7: Čistá energie předána z kolektoru do solárního okruhu.....	103
Graf 8: Tepelné ztráty solárním okruhem.....	104
Graf 9: Energie dodaná do nádrže.....	105
Graf 10: Tepelné ztráty zásobníkem teplé vody.....	106
Graf 11: Tepelné ztráty rozvody teplé vody	107
Graf 12: Solární příspěvek pro ohřev teplé vody	108
Graf 13: Efektivita systému	109
Graf 14: Pomocná energie ze sekundárního zdroje.....	110
Graf 15: Výsledná bilance pokrytí potřeby teplé vody	111
Graf 16: Měrný využitelný zisk solárního systému	112
Graf 17: Ušetřené emise	113
Graf 18: Cena solárních kolektorů	114

Přílohy

Textové přílohy

- P1 Výpočet tepelných ztrát všech místností a součinitelů prostupu tepla
- P2 Kompletní návrh otopných těles
- P3 Technická dokumentace zásobníkového ohřívače – var 1
- P4 Technická dokumentace kotle
- P5 Technická dokumentace neutralizačního boxu
- P6 Kompletní výpočet dimenzování potrubí a hydraulického vyvážení
- P7 Technická dokumentace expanzní nádoby – VAR 1
- P8 Technická dokumentace pojistného ventilu
- P9 Technická dokumentace trojcestného ventilu
- P10 Technická dokumentace vyvažovacího ventilu
- P11 Technická dokumentace bytového měřiče tepla
- P12 Technická dokumentace solárního kolektoru – Varianta 10
- P13 Technická dokumentace zásobníkového ohřívače – VAR 2
- P14 Technická dokumentace čerpadlové skupiny
- P15 Technická dokumentace expanzní nádoby a mezilehlé nádoby - VAR 2

Výkresy

- V1 Půdorys 1.PP
- V2 Půdorys 1.NP
- V3 Půdorys 2.NP
- V4 Půdorys 3.NP
- V5 Půdorys 4.NP
- V6 Půdorys technické místnosti – VAR 1
- V7 Schéma zapojení technické místnosti – VAR 1
- V8 Rozvinutý řez otopné soustavy
- V9 Půdorys 1.PP, 1.NP, 2.NP, 3.NP, 4.NP - VAR 2
- V10 Půdorys střechy – VAR 2
- V11 Půdorys technické místnosti – VAR 2
- V12 Schéma zapojení technické místnosti – VAR 2