

Integrovaný systém v budově rodinného domu před rekonstrukcí s využitím obnovitelných zdrojů energie

Bc. David Hertl

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David Hertl**
Osobní číslo: **A15209**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově rodinného domu před rekonstrukcí s využitím obnovitelných zdrojů energie**

Téma anglicky: **An Integrated System in a Reconstructed Family Residence with the Utilisation of Renewable Energy Resources**

Zásady pro vypracování:

1. Popište řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu ověřte její tepelně technické parametry a navrhnete případné změny v konstrukcích tak, aby byly splněny požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie s ohledem na ekonomickou tloušťku izolace.
4. Navrhnete vhodný systém techniky prostředí s možností využití obnovitelných zdrojů energie se zaměřením na maximální energetickou soběstačnost.
5. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA.
6. Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém PZTS.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. OldenbourgVerlag GmbH, Munchen, 2003. ISBN 3-83563104-7
2. VALENTA,V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
3. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
4. KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
5. MERZ, H., HANSEMANN, T.,HUBNER,C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

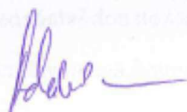
Datum zadání diplomové práce:

3. března 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

22. května 2017

Ve Zlíně dne 3. března 2017



doc. Mgr. Milař Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s tím, že vyrovnaní případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 22.5.2017


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou integrovaných systémů v budovách. Na konkrétním objektu budou zhodnoceny důležité parametry navržené změny s ohledem na ekonomický a ekologický provoz budovy. Součástí je zhodnocení tepelně technických parametrů stávající stavby a návrh změn v souladu s platnými normami a návrh otopné soustavy a se systémem pro přípravu teplé vody. V dalších částech je vypracován návrh řízení a vizualizace instalovaných technologií. Práce také obsahuje návrh zabezpečovacího systému.

Klíčová slova: tepelná soustava, SCADA, solární kolektory, PTZS, tepelné čerpadlo

ABSTRACT

This diploma thesis deals with an issue of integrated systems in buildings. On particular object will be evaluated important parameters and proposed changes with respect of economic and ecological operation of building. It includes the evaluation of thermal-technical parameters of existing building and proposal of changes, that are in accordance with valid standards and the design of heating with hot water preparation system. In next part, there is design of control and visualization of installed technologies. The thesis also contains the design of security system.

Keywords: thermal system, SCADA, solar collectors, I&HAS, heat pump

Zde bych rád poděkoval vedoucímu práce, panu Ing. Martinu Zálešákovi, Csc., za odborné rady a předání důležitých praktických zkušeností při vypracování práce i v průběhu celého studia.

Také bych chtěl poděkovat své rodině za jejich trpělivost a podporu při studiu.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY	12
1.1 ROZDĚLENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV	12
1.1.1 Nulový dům.....	12
1.1.2 Pasivní dům.....	13
1.1.3 Nízkoenergetický dům.....	13
1.2 ZDROJE ENERGIE	13
1.2.1 Obnovitelné zdroje energie	13
1.2.2 Neobnovitelné zdroje energie	14
1.3 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY.....	14
1.3.1 Energetický průkaz a energetický štítek	14
2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ.....	15
2.1 MIKROKLIMA.....	15
2.2 TEPELNÁ POHODA	15
2.3 TEPLOTA.....	17
2.3.1 Teplota vzduchu	17
2.3.2 Operativní teplota	17
2.3.3 Teplota kulového teploměru	18
2.3.4 Střední radiační teplota	18
2.4 VLHKOST VZDUCHU	18
2.5 RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU	19
2.6 INDEX PMV A PPD	19
2.6.1 PMV (Predicted Mean Vote)	19
2.6.2 PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).....	19
2.7 VÝMĚNA VZDUCHU	20
3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ.....	21
3.1 TEPLOTA VENKOVNÍHO VZDUCHU.....	21
3.2 VLHKOST VZDUCHU	21
3.3 RYCHLOST A SMĚR PROUDĚNÍ VZDUCHU	21
3.4 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	21
3.5 OSVĚTLENÍ	22
3.5.1 Denní osvětlení.....	22
3.5.2 Umělé osvětlení.....	23
3.5.3 Sdružené osvětlení.....	23
3.6 AKUSTIKA.....	23
3.6.1 Zvuková neprůzvučnost.....	23
3.6.2 Kročejová neprůzvučnost.....	24
4 STAVEBNÍ FYZIKA	25

4.1	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	25
4.2	PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	26
4.3	VLHKOST VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI	27
4.4	TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI	28
4.4.1	Zimní období	28
4.4.2	Letní období	28
4.5	TEPELNÉ ZTRÁTY A TEPELNÉ ZISKY	29
4.5.1	Tepelné ztráty	29
4.5.2	Tepelné zisky	31
4.6	ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE	33
4.6.1	Solární energie	33
4.6.2	Energie biomasy	35
4.6.3	Tepelné čerpadlo	36
5	SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ.....	38
5.1	VYTÁPĚNÍ	38
5.1.1	Otopná tělesa	39
5.1.2	Potrubí	40
5.1.3	Regulační armatury	41
5.1.4	Pojistné zařízení	42
5.1.5	Expanzní zařízení	43
5.2	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	44
5.3	SOLÁRNÍ SOUSTAVA	46
5.4	KLIMATIZACE	47
5.5	SBĚRNICOVÁ ELEKTROINSTALACE	47
	II PRAKTICKÁ ČÁST.....	49
6	POPIS A PARAMETRY OBJEKTU	50
6.1	DÍLČÍ KONSTRUKCE STAVBY	54
7	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ.....	55
7.1	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA OBVODOVÉHO ZDIVA	55
7.2	SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA OSTATNÍCH KONSTRUKCÍ	58
7.3	PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	58
7.4	TEPELNÉ ZTRÁTY	60
7.5	TEPELNÁ STABILITA	61
8	TEPELNÁ SOUSTAVA.....	62
8.1	ZDROJE TEPLA	64
8.1.1	Tepelné čerpadlo	64
8.1.2	Plynový kondenzační kotel	64

8.2	VYVÁŽENÍ OTOPNÉ SOUSTAVY.....	64
8.3	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	66
8.4	NÁVRH SOLÁRNÍ SOUSTAVY PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY	68
8.5	NÁVRH EXPANZNÍ NÁDOBY A POJISTNÉHO VENTILU	70
9	SYSTÉM ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ	71
10	ELEKTROINSTALACE	76
10.1	ZÁSUVKOVÉ OKRUHY	76
10.2	SVĚTELNÉ OKRUHY	77
10.3	SYSTÉM PZTS.....	79
	ZÁVĚR.....	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	82
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	86
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM TABULEK.....	88

ÚVOD

Trendem u výstavby moderních rodinných domů představují takzvané inteligentní domy. Stavby tohoto typu nabízí uživateli snadné a efektivní ovládání jednotlivých integrovaných prvků v budově. Inteligentní domy se snaží co nejvíce omezit požadované vstupní energie, čímž snižují náklady na bydlení. Mezi hlavní důvod snížení spotřeby energie patří správný výběr konstrukcí a jejich tepelně izolační vlastnosti. U nízkoenergetických domů se často vyskytují systémy, které pro výrobu energie využívají obnovitelných zdrojů. Nejčastěji používané jsou solární kolektory, tepelná čerpadla. Fotovoltaické panely se díky jejich dlouhé době návratnosti investice využívají jen zřídka.

Stále častěji jsou součástí domu systémy, které uživateli umožní vzdálené ovládání domu. Na základě integrovaného systému řízení a monitorování lze snadno pomocí mobilu či tabletu zjistit jaké jsou vnitřní teploty v objektu a popřípadě nastavit požadované hodnoty. Pomocí inteligentních sběrníkových systémů lze ovládat větrání nebo zastínění objektu. Součástí jsou také zabezpečovací prvky, které zvyšují bezpečnost objektu v nepřítomnosti majitele či oprávněných osob.

Praktická část diplomové práce se bude zabývat návrhem úprav rodinného domu před rekonstrukcí tak, aby splňoval podmínky nízkoenergetické stavby s využitím obnovitelných zdrojů. Nejprve bude třeba posoudit tepelně-technické parametry stávající stavby a navrhnout případné změny. Součástí bude také návrh otopné soustavy a jejich jednotlivých prvků. Při výběru zdrojů pro vytápění a ohřev teplé vody bude zohledněna jejich efektivita a cílem bude co nejvíce využívat obnovitelné zdroje energie.

Součástí bude také návrh osvětlení a elektroinstalace. V objektu bude využíván systém monitorování a řízení tepelné soustavy. Pomocí vizualizačního prostředí SCADA bude možné monitorování a ovládání vytápění a ohřev teplé vody. Nedílnou součástí je také návrh zabezpečovacího systému PZTS.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

Při výstavbě nových budov, ale i při rekonstrukci stávajících staveb se v posledních letech klade stále větší důraz na co nejnižší spotřebu vstupní energie. Důraz je také kladen na vliv stavby na životní prostředí, zejména produkci CO₂. Provoz budov ve vyspělých zemích je zodpovědný za velkou část spotřeby energie a tomu odpovídající množství CO₂. V dnešní době se proto novostavby snaží o zabudování systémů, které využívají obnovitelné zdroje energie.

1.1 Rozdělení energeticky úsporných budov

Tab. 1: Základní rozdělení budov podle spotřeby tepla na vytápění[1]

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby
Obvyklá novostavba	80-140 kWh/m ² a
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/m ² a
Pasivní dům	≤ 15 kWh/m ² a
Nulový dům	≤ 5 kWh/m ² a

První dvě kategorie z uvedené tabulky považujeme na energeticky neúsporné stavby. Kategorie nízkoenergetický, pasivní a nulový dům uvažujeme jako nízkoenergetické stavby.

1.1.1 Nulový dům

Za nulový dům považujeme stavbu, u které je roční spotřeba tepla menší než ≤ 5 kWh/m²a. Stavby tohoto typu se v dnešní době objevují, na rozdíl od pasivních domů, zcela zřídka. Pro splnění požadavků nulového domu se využívají mimořádně vhodné klimatické podmínky. Za nulové stavby můžeme také uvažovat domy, které obsahují velké množství fotovoltaických systémů pro výrobu elektrické energie. Přebytečná energie je dodávána do rozvodné sítě. Roční energetická bilance se tedy jeví jako záporná[1].

1.1.2 Pasivní dům

Spotřeba energie na vytápění u pasivního domu nesmí přesáhnout hodnotu $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Pasivní stavby využívají právě pasivní zisky jako například sluneční paprsky procházející okny, teplo vyzařované lidmi nebo spotřebiči. Nízké spotřeby energie je také dosaženo pomocí vysoce kvalitní izolace a důkladným výběrem oken, které mají dobré tepelně izolační vlastnosti. Často se využívá řízené větrání s možností rekuperace vzduchu[2].

Základní vlastnosti pasivního domu:

- Měrná spotřeba tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Celková potřeba primární energie $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Celková průvzdušnost $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

1.1.3 Nízkoenergetický dům

Spotřeba energie na vytápění nízkoenergetického domu musí být $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. U staveb jsou často využívány fotovoltaické systémy nebo solární panely. V nízkoenergetických domech jsou instalovány otopné soustavy o nižším výkonu než u klasických novostaveb. Nízké spotřeby energie je dosaženo pomocí vhodné tepelné izolace stavby.

1.2 Zdroje energie

Zdroje energie můžeme rozdělit do dvou základních kategorií a to obnovitelné a neobnovitelné. Trend moderních nízkoenergetických staveb je co nejvíce využívat obnovitelné zdroje a omezit potřebné množství energie, které je čerpáno z neobnovitelných zdrojů.

1.2.1 Obnovitelné zdroje energie

Mezi obnovitelné zdroje energie považujeme zdroje, které se za určitý čas částečně nebo úplně obnoví. Mezi obnovitelné zdroje můžeme zahrnout například:

- Energie slunečního záření
- Větrná energie
- Geotermální energie
- Energie biomasy

1.2.2 Neobnovitelné zdroje energie

Do skupiny neobnovitelných zdrojů jsou zahrnuta fosilní paliva. Tyto paliva se mnohem rapidněji spotřebovávají a není možné je obnovit. Mezi neobnovitelné zdroje můžeme zahrnout například:

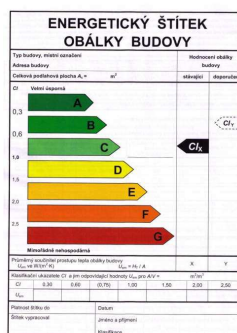
- Ropa
- Zemní plyn
- Uhlí

1.3 Energetické hodnocení budovy

Od 1.1.2013 nabyl účinnost zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií. Také od 1.4.2013 vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov, která nahradila vyhlášku č. 148/2007 SB.

1.3.1 Energetický průkaz a energetický štítek

Průkazem energetické náročnosti budovy je dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy. Hodnocení se rozděluje do tříd značených A-G. Na základě energetického průkazu můžeme porovnávat budovy z hlediska spotřeby energie pro vytápění stavby, chlazení, přípravy teplé vody a osvětlení. Energetický štítek posuzuje stavby z hlediska konstrukcí a jejich izolací. Energetický štítek má obdobné hodnocení jako PENB, skupiny A-C jsou vyhovující a D-G nevyhovující. Kategorie A zahrnuje pasivní budovy, B nízkoenergetické stavby. Kategorii C můžeme nadále rozdělit na dvě kategorie a to C1, která zahrnuje budovy splňující doporučené hodnoty a kategorie C2, pro budovy splňující požadované hodnoty. Hodnoty pro kategorie C1 a C2 jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540[3, 4].



Obr. 1: Energetický štítek obálky budovy

2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

2.1 Mikroklima

V současnosti se klade velký důraz na snižování spotřeby energetické náročnosti staveb. Také je kladen velký důraz na kvalitu prostředí, ve kterém se vyskytují osoby. Návrhové parametry a kvalitou vnitřního prostředí se zabývá norma ČSN EN 15251. Důležité parametry pro vnitřní prostředí jsou[7].

- Teplota vzduchu
- Vlhkost vzduchu
- Složení vzduchu
- Hluk
- Osvětlení

Tab. 2: Kategorie vnitřního prostředí

Kategorie	Popis
I	Vysoká úroveň, prostory s velmi citlivými osobami, zvláštní požadavky
II	Běžná úroveň očekávání, nové budovy a rekonstrukce
III	Přijatelné, střední úroveň očekávání, stávající stavby
IV	Hodnoty mimo kritéria pro výše uvedené kategorie, přípustné pro omezenou část roku

2.2 Tepelná pohoda

Člověk na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Stav, kdy člověk dodává právě tolik tepla, kolik odebírá z okolního prostředí, se nazývá tepelná rovnováha. Teplo, které člověk odevzdává do okolí, je závislé na rozdílu teplot povrchu těla a okolí. Pokud člověk odebírá více tepla, než vyprodukuje, dochází k podchlazení. V opačném případě k přehřívání organismu[8].

Rovnice tepelné pohody:

$$M - W = C + R + E_{res} + C_{res} \quad (1)$$

kde M energetický výdej, ve W

W mechanická práce, ve W

C tepelný tok prouděním, ve W

- R výdej tepla sáláním, ve W
- E výdej tepla difuzí vodní páry, ve W
- E_{res} výdej tepla odpařováním vody v plicích, ve W
- C_{res} teplo odevzdané ohříváním vdechovaného vzduchu, ve W

Levá strana rovnice označuje teplo produkované člověkem, pravá teplo vydávané do prostředí.

R označuje výdej tepla sáláním. Všechny povrchy, které mají teplotu vyšší než 0 K, produkují teplo sáláním. Sálavý tok prochází vzduchem i vakuem a na teplo se mění až při dopadu na pevný povrch. Díky tomu se člověk zahřívá slunečním zářením, přestože je okolní vzduch chladný. Předávání tepla dvou pevných povrchů je závislé na jejich povrchových teplotách, tento jev nazýváme tepelná bilance mezi dvěma pevnými povrchy. Vliv teploty vzduchu a okolních stěn se pro současné hodnocení výdeje tepla konvekcí a sáláním sdružuje do jedné veličiny zvané operativní teplota[8].

E značí výdej tepla difuzí vodní páry. Každý člověk neustále odevzdává do prostředí určité množství vodní páry. Pokud veškeré množství vodní páry pohltní okolní vzduch, pokožka člověka zůstává suchá. Naopak pokud je okolní prostředí velmi teplé, teplotní spád mezi povrchem těla a okolím se zmenšuje, tak se člověk ochlazuje pomocí pocení[8].

Plocha povrchu těla dospělého člověka je přibližně 1,8 m².

Tab. 3: Energetický výdej[8]

Činnost	Měrný energetický výdej [W/m ²]
Spánek	41
Sezení v klidu	58
Kancelářské práce	58 - 70
Ruční hoblování	350
Vaření	83 - 116
Ruční praní a žehlení	116 - 210

2.3 Teplota

Teplota je jedna ze základních veličin, která nám ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí. Určuje energetickou náročnost budovy a také má vliv na komfort obyvatel stavby.

2.3.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu v místnosti je závislá na účelu využívání místnosti, oblečení člověka, vnitřní produkci tepla apod. V našich klimatických podmínkách bereme jako optimální teplotu v zimním období pro průměrně oblečeného člověka 21,5 °C. Teplota okolních ploch (stropů, stěn) by neměla být nižší než o 2 °C. V letním období se optimální teplota pohybuje kolem 26 °C. Každý člověk vnímá teplotu jinak, pokud je tedy v budově o 4 °C až 6 °C chladněji než ve venkovním prostředí, lze považovat toto prostředí jako příjemné. Rychlost proudění vzduchu by neměla překročit 0,1 m/s [8].

2.3.2 Operativní teplota

Operativní teplota je hodnotícím kritériem pro tepelnou pohodu v prostoru podle Nařízení vlády č. 523/2002 Sb. Výpočet zahrnuje teplotu okolního vzduchu, střední radiační teplotu a rychlost proudění.

$$\theta_0 = A\theta_a + (1 - A)\theta_r \quad (2)$$

kde A hodnota závislá na relativní rychlosti proudění vzduchu

θ_a teplota vzduchu, v °C

θ_r střední radiační teplota, v °C

Tab. 4: Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu v prostoru

w_a [m/s]	< 0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
A [-]	0,5	0,53	0,6	0,65	0,7	0,75

Pokud je rychlost proudění vzduchu nižší než 0,2 m/s lze nahradit operativní teplotu, teplotou kulového teploměru θ_g .

2.3.3 Teplota kulového teploměru

Teplota kulového teploměru označována jako θ_g vyjadřuje vliv radiační teploty a teploty okolního vzduchu. V ČR se používá modifikace podle Jokla. Černá koule, je zhotovena z tenkého měděného plechu, v jeho středu je umístěn rtuťový teploměr. Podstavec i koule musí být izolován od teploměru. Joklova modifikace spočívá v tom, že koule je obalena vrstvou pěnového polystyrenu, který snižuje odraz tepelných paprsků od povrchu koule lépe než černý nátěr. Nevýhodou tohoto teploměru je dlouhá doba ustálení teploty[10].

2.3.4 Střední radiační teplota

Střední radiační teplota byla zavedena z důvodu usnadnění výpočtu a posouzení sálavého vlivu všech okolních ploch jednou veličinou. Je definována jako společná teplota všech okolních ploch, při které by bylo celkové množství tepla sdílené sáláním mezi povrchem těla a okolními plochami stejné jako ve skutečnosti[9].

Obecný výpočet střední radiační teploty

$$\theta_r = \sqrt[4]{F_{r1}T_1^4 + F_{r2}T_2^4 + \dots + F_{rn}T_n^4} \quad (3)$$

Kde F_{rn} poměry osálení jednotlivých okolních ploch S_n , plochou S_r

T_n absolutní teploty povrchů okolních ploch S_n , v K

2.4 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu vyjadřuje podíl vodní páry ve vzduchu. Stejně jako teplota vzduchu má vliv na celkové pohodlí člověka. Také ovlivňuje vnitřní hygienické podmínky.

Relativní vlhkost

Vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodními parami. Nejčastěji ji vyjadřujeme v % a je dána podílem hmotností vodní páry obsažené ve vzduchu a hmotností vodních par, které by vzduch obsahoval při plném nasycení. Relativní vlhkost se doporučuje udržovat v hodnotách 40-60%. Pokud hodnota poklesne pod 35%, zahajujeme vlhčení. Naopak pokud vzroste nad 60%, odvlhčujeme. Vysoká vlhkost nám může zapříčinit vznik plísní, naopak nízká vlhkost způsobuje prašnost, která může mít za následek vznik dýchacích potíží.

Absolutní vlhkost

Vyjadřuje hmotnost vodních par vztažených na určitý objem vzduchu. Lze ji také považovat za hustotu vodní páry, protože její jednotka je kg/m^3 [11].

$$a = \frac{m_v}{V} = \rho_v \quad (4)$$

kde m_v hmotnost vodních par, v kg/m^3

V objem vzduchu, v kg/m^3

2.5 Rychlost proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu ovlivňuje přestup tepla prouděním mezi osobou a prostředím. Má také vliv na celkový tepelný komfort. Přípustná hodnota proudění vzduchu v místnostech je v rozmezí mezi 0,13 až 0,2 m/s. Vyšší rychlost proudění můžeme využít u místností s větší teplotou. Při teplotě 26°C je přípustná hodnota do 0,3 m/s.

2.6 Index PMV a PPD

Hodnocení tepelného stavu prostředí interiéru se určuje jako pocit spokojenosti s tepelným stavem prostředí. Index PMV – předpověď středního tepelného pocitu a PPD – předpovídané procento nespokojených.

2.6.1 PMV (Predicted Mean Vote)

Střední tepelný pocit PMV ukazatel, který byl získán zprůměrováním velkého počtu hlasů od zkoumaných osob pomocí sedmibodové stupnice. Při vytváření tepelného pocitu je důležité, aby byly přesně dodrženy teploty lidského těla[13].

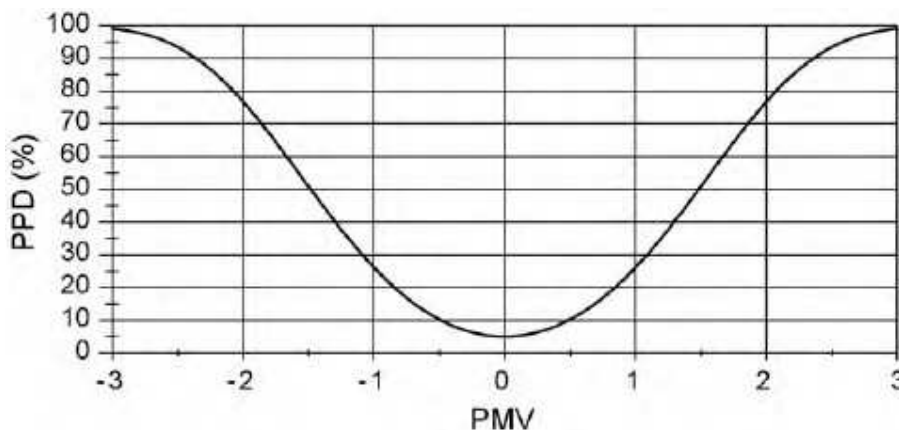
Tab. 5: Stupnice PMV

PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Charakter	Horko	Teplo	Mírné teplo	Neutrální	Mírné chladno	Chladno	Zima

2.6.2 PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Index PPD představuje předpověď procenta nespokojených osob v daném tepelném prostředí. Nespokojené osoby jsou ty, které volí na stupnici PMV hodnotu horko, teplo,

chladno nebo zima. Z obrázku číslo 2 lze vidět, že vždy bude minimálně 5% lidí nespokojených.



Obr. 2: Závislost PPD na PMV

2.7 Výměna vzduchu

Abychom zabezpečili dostatečně vyhovující hygienické vnitřní prostředí, je potřeba zajistit dostatečnou výměnu vzduchu. U nedostatečně větraných prostor se vzduch znehodnocuje a to zvyšováním koncentrací CO₂, kouřem, vodními parami a další. Pomocí větrání se nám také snižuje koncentrace škodlivin v místnosti. Škodliviny představují látky, které ovlivňují kvalitu prostředí a mají negativní vliv na zdraví člověka. Množství přiváděného vzduchu, s ohledem na koncentraci škodliviny, lze vypočítat dle následujícího vztahu[17].

$$V = \frac{m}{\rho_{max} - \rho} \quad (5)$$

kde V potřebné množství větracího vzduchu, v m³/h

m množství vznikající škodliviny, v g/h

ρ_{max} maximální přípustná koncentrace škodlivin, v g/m³

ρ koncentrace škodlivin v přiváděném vzduchu, v g/m³

3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Vnější klimatické podmínky můžeme charakterizovat teplotou vnějšího vzduchu, vlhkostí vzduchu, směr a rychlost proudění vzduchu a další. Vnější klimatické podmínky ovlivňují vnitřní a jsou důležité při návrhu tepelně-technického provedení budovy a při návrhu systémů techniky prostředí.

3.1 Teplota venkovního vzduchu

Teplota venkovní vzduchu je ovlivněna nadmořskou výškou lokality. Další faktory, které ovlivňují teplotu venkovního vzduchu, jsou:

- Rychlost proudění vzduchu
- Směr slunečních paprsků
- Intenzita slunečního záření

V ČR jsou teplotní oblasti rozděleny do čtyř kategorií. Jednotlivé hodnoty pro každou lokalitu nalezneme v normě ČSN 73 0540.

3.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost venkovního vzduchu je stejně jako teplota ovlivněna lokalitou. Další faktory, které mohou ovlivnit vlhkost venkovního vzduchu, jsou například roční i denní doba nebo intenzita srážek. Vlhkost ve vzduchu vzniká především vypařováním vody z vodních hladin.

3.3 Rychlost a směr proudění vzduchu

Rozdílný tlak vzduchu na dvou místech způsobí, že se vzduch pohybuje z místa vyššího tlaku k místu s nižším tlakem. Na směr proudění vzduchu má také vliv otáčení Země a překážky (kopce, budovy, hory apod.). K měření síly větru můžeme využít anemometr[14].

3.4 Sluneční záření

Sluneční záření, jež představuje základní zdroj energie pro veškeré procesy probíhající v atmosféře a na zemském povrchu, lze rozdělit na dvě části, a to na sluneční záření přímé a rozptýlené (difúzní). Systémy, které využívají sluneční záření, můžeme rozdělit do tří kategorií a to pasivní, fototermické a fotovoltaické[15].

Solární konstanta je celkový tok slunečního záření v celé oblasti spektra u Země vně zemské atmosféry, který dopadá kolmo na jednotkovou plochu 1 m^2 při střední vzdálenosti Země od Slunce. Často používaná hodnota solární konstanty pro výpočty je 1360 W/m^2 [16].

3.5 Osvětlení

Dostatečné osvětlení patří k důležitým faktorům zdravého životního prostředí. Nedostatečné osvětlení může mít negativní vliv na pohodu osob. Kvalitní osvětlení také zabezpečuje bezpečnost práce při různých činnostech. Osvětlení můžeme rozdělit na přirozené, umělé a sdružené.

3.5.1 Denní osvětlení

Rozumí se jím přirozené sluneční osvětlení. Jedná se o nestálý zdroj světla (závisí na lokalitě, klimatických podmínkách, atd.), který lze využívat pouze v průběhu dne (mezi východem a západem Slunce). Při návrhu denního osvětlení v interiérech je nutné zachovat zrakovou pohodu člověka a to jak při přímém slunečním světle, tak i při polojasné či zatažené obloze. Pro zajištění zrakové pohody je potřeba zabezpečit přístup přirozeného světla podle činitele denní osvětlenosti D .

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (6)$$

Kde D činitel denní osvětlenosti, v %

E naměřená osvětlenost v konkrétním bodě interiéru, v lx

E_h osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny, v lx

3.5.2 Umělé osvětlení

Umělé osvětlení vhodně doplňuje nebo zcela nahrazuje denní osvětlení v případě jeho nedostatku, a tím přispívá ke zlepšení zrakové pohody člověka. Snaha je o co největší omezení zdrojů umělého osvětlení, z důvodu jejich provozních nákladů. Umělé osvětlení lze rozdělit:

- Celkové
- Odstupňované
- Místní
- Kombinované

3.5.3 Sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení je dáno kombinací denního a umělého osvětlení. Z dlouhodobého hlediska má sdružené osvětlení lepší vliv na člověka, než umělé osvětlení, ale není rovnocenné dennímu osvětlení. Využívá se v prostorech, kde je denní osvětlení nedostatečné, například kuchyně, jídelny, šatny, koupelny apod.

3.6 Akustika

Stavební akustika se zabývá především zvukovou izolací budov. Stavební akustiku je nutné řešit již před samotnou realizací stavby, protože následné problémy je obtížné (nákladné) odstranit. Požadavky na ochranu proti hluku jsou uvedeny v normě ČSN 73 0532. Přípustné hodnoty hluku jsou stanoveny nařízením vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Hluk vznikající uvnitř budovy lze rozdělit:

- Vzduchová neprůzvučnost
- Kročejová neprůzvučnost

3.6.1 Zvuková neprůzvučnost

Zvuková neprůzvučnost je hluk, který se uvnitř budovy šíří vzduchem. Mezi jeho zdroje zařadíme mluvenou řeč, hudbu apod. Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost mezi místnostmi jsou stanoveny normou ČSN 73 0532. Tyto požadavky, mezi jednotlivými místnostmi, v budovách jsou stanoveny na základě charakteru oddělovaných prostor a v závislosti směru přenosu zvuku. Základní požadovaná hodnota zvukové izolace mezi byty v bytových domech je $R'_w = 53$ dB[39].

3.6.2 Kročejová neprůzvučnost

Kročejová neprůzvučnost je hluk, který vzniká například chůzí osob, pádem předmětu, přesunem nábytku a zařízení, apod. Zdroj hluku má náhodný charakter, který lze nahradit normalizovaným zdrojem kročejového zvuku. Veličiny kročejové neprůzvučnosti jsou přímo vyjádřeny hladinou akustického tlaku[40].

Mezi základní veličiny stavení akustiky patří:

- Akustický výkon (popis zdroje hluku), ve W
- Akustický tlak (změna tlaku vzduchu), v Pa
- Intenzita hluku (plošná hustota akustického výkonu), ve W/m²

Akustická intenzita I, je hladina akustické intenzity L a je ji možné určit následujícím vztahem:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2} = 20 \log \frac{p}{p_{ref}} \quad (7)$$

kde I_{ref} referenční intenzita zvuku $I_{ref} = 10^{-12}$ W/m²

p_{ref} referenční akustický tlak $p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Z důvodů různého vnímání citlivostí různých frekvencí jsou zavedeny váhové filtry, které upravují citlivost zvukoměru. Jednotlivá frekvenční pásma mají svoji váhu, podle přidělené korekce. Pásma jsou měřena jednotlivě s přidělením korekce a následně sečtena. Hodnoty korekce jsou uvedeny v normě ČSN EN 15251. Hladina akustického tlaku je dána vztahem:

$$L_a = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + K_{Ai})} \quad (8)$$

kde n počet frekvenčních pásem

4 STAVEBNÍ FYZIKA

Stavební fyzika se zabývá šířením tepla konstrukcemi, které tvoří obálku budovy. Dále pak řeší problematiku energetické náročnosti, kondenzace vodních par v konstrukcích a další.

4.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m² a při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K. Pro jeho určení je potřeba znát součinitel tepelné vodivosti a tloušťku jednotlivých vrstev konstrukce. Také je potřeba znát součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce. Jednotka součinitele prostupu tepla je W/(m²K)

Rovnice součinitele prostupu tepla

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad (9)$$

kde $R_{si,e}$ tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní nebo vnější straně, v m²K/W

R tepelný odpor konstrukce, v m²K/W

Pro tepelný odpor konstrukce platí vztah:

$$R = \sum \frac{d}{\lambda} \quad (10)$$

Pro $R_{si,e}$ platí:

$$R_{si,e} = \frac{1}{h_{i,e}} \quad (11)$$

Kde d tloušťka konstrukce, v m

λ součinitel tepelné vodivosti vrstvy konstrukce, v W/(mK)

$h_{i,e}$ součinitel přestupu tepla na vnitřní nebo vnější straně, v m²K/W

Výsledný vzorec součinitele prostupu tepla bude vypadat následovně:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad (12)$$

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla pro různé druhy konstrukcí uvádí norma ČSN 730540-2. Každá stavební konstrukce musí splňovat podmínku $U \leq U_N$.

4.2 Průměrný součinitel prostupu tepla

Požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla jsou uvedeny v normě ČSN 730540. Vyjadřuje vliv samotného stavebního řešení na spotřebu energie a vytápění. Nezohledňuje se zde například vliv klimatických podmínek nebo chování uživatelů. Hodnocená budova musí splňovat:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (13)$$

kde U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla, ve $W/(m^2K)$

$U_{em,N}$ požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla, ve $W/(m^2K)$

Průměrný součinitel prostupu tepla pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou od 18 do 22°C se určuje dle následujícího vztahu:

$$U_{em} = \frac{\sum U_i \cdot b_i \cdot A_i}{\sum A_j} + \Delta U_{tb} \quad (14)$$

kde A teplosměnná plocha obálky budovy, v m^2

U součinitel prostupu tepla konstrukce, včetně vlivu tepelných mostů

b činitel teplotní redukce

ΔU_{tb} průměrný vliv tepelných vazeb, ve $W/(m^2K)$

Hodnoty průměrného vlivu tepelných vazeb ΔU_{tb} jsou stanoveny v normě ČSN EN 12831. Hodnota $U_{em,N}$ u nových budov nesmí překročit limit 0,5 $W/(m^2K)$. Pro ostatní stavy se $U_{em,N}$ vypočítá podle následujícího vztahu:

$$U_{em,N} = 0,30 + \frac{0,15}{\sqrt{A}} \quad (15)$$

kde A celková plocha konstrukcí na obálce budovy, v m^2

V vytápěný objem budovy, v m^3

Měrná ztráta prostupem tepla H_T se stanoví dle normy ČSN EN 12831. Vztah pro výpočet je popsán následujícím vzorcem.

$$H_T = \sum (A_i U_i b_i) + A \cdot \Delta U_{tb} \quad (16)$$

4.3 Vlhkost ve stavební konstrukci

Zvýšená vlhkost v budovách a jejich konstrukcích značně zhoršuje jejich tepelně izolační vlastnosti. Vlhkost v bytě způsobuje zvýšenou tvorbu plísní, které mají negativní vliv na zdraví člověka. Příčin vlhnutí zdiva je velká řada. Voda se dostává do stavební konstrukce jako kapalina (ve skupenství tekutém) i jako vodní pára (ve skupenství plynném) různými cestami a formami[18].

Nejčastější zdroj vlhkosti je srážková voda. Dokáže v době trvání deště proniknout do zdiva do hloubky několika centimetrů, v závislosti na nasákavosti materiálu. Srážková voda se nejčastěji vyskytuje u spodní části zdiva, které se nachází ve výšce 0-40cm nad terénem. V soklové části zdiva dochází také k namáhání způsobené například: jarním táním ledu, odstříkující vodou, a další. Srážková voda se zde může dostat také při nesprávném spádování chodníků.

Pokud zkondenzovaná vodní pára v konstrukci ovlivní její požadovanou funkci, nesmí zde dojít ke kondenzaci vodní páry.

$$M_c = 0 \text{ kg/m}^2 \quad (17)$$

Pro konstrukce, u kterých koncentrace vodní páry neohrozí jejich požadovanou funkci, platí vztah:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (18)$$

Pokud se jedná o konstrukci jednoplášťové střechy, konstrukce s dřevěnými prvky a konstrukci s vnějším tepelně izolačními prvky nesmí přesáhnout hodnotu:

$$M_{c,N} = 0,1 \text{ kg/m}^2 \quad (19)$$

nebo 3% plošné hmotnosti materiálu.

Pro ostatní stavební konstrukce platí:

$$M_{c,N} = 0,5 \text{ kg/m}^2 \quad (20)$$

nebo 5% plošné hmotnosti materiálu[19].

4.4 Tepelná stabilita místnosti

Tepelnou stabilitu místností dělíme: v zimním a letním období. V zimním období se jedná a pokles vnitřní teploty a v letním období o vzestup, popřípadě maximální hodnotu v určitém časovém intervalu.

4.4.1 Zimní období

V zimním období spočívá hodnocení tepelné stability ve sledování poklesu teploty vnitřního vzduchu a teploty povrchů konstrukcí. K poklesu teploty dochází během přerušení vytápění za určitou časovou periodu. Posuzuje se pokles výsledné teploty v kritické místnosti v čase[20].

$$\Delta\theta_{r(\tau)} \leq \theta_{r,N(\tau)}$$

kde $\theta_{r,N(\tau)}$ je požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty dle tabulky 6

Tab. 6: Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období[20]

Druh místnosti	Pokles teploty $\theta_{r,N(\tau)}$ [°C]
S pobytem lidí	
-vytápění radiátory, sálavé panely, teplovzdušně	3
-vytápění kamny, podlahové vytápění	4
Bez pobytu lidí	
-přerušování vytápění - budova masivní	6
-přerušování vytápění - budova lehká	8

4.4.2 Letní období

Hlavním důvodem posuzování tepelné stability v letním období je posouzení rizika přehříváním. Hodnotí se nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v kritické místnosti. Kritickou místností většinou bývají místnosti s největší plochou přímo osluněných prosklených ploch orientované na V, J, Z, JV, JZ. Maximální dovolená hodnota teploty vnitřního vzduchu, pro nevýrobní budovu bez strojního chlazení, je $\theta_{ai,max} = 27^\circ\text{C}$ [21].

4.5 Tepelné ztráty a tepelné zisky

Na základě vypočtených hodnot tepelných ztrát a zisků se stanoví celkový tepelný výkon budovy. Tento výpočet se využívá pro dimenzování otopné soustavy objektu.

4.5.1 Tepelné ztráty

Pro výpočet tepelných ztrát je zapotřebí znát několik údajů. Všechny výpočty tepelných ztrát se týkají vytápěných prostorů budovy. Z výsledků je možné určit celkovou návrhovou ztrátu budovy.

Potřebné parametry pro výpočet:

- Výpočtová venkovní teplota θ_e dle normy ČSN 73 0540-3
- Průměrná roční venkovní teplota $\theta_{e,m}$
- Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$
- Plochy a součinitele prostupu tepla všech konstrukcí
- Objemy místností
- Lineární činitel prostupu tepla každého tepelného mostu
- Délky lineárního tepelného mostu

Tab. 7: Výpočtové vnější podmínky vybraných lokalit

Místo	n.m.n [m]	θ_e [°C]	$\theta_{m,e}$ [°C]	d [dny]
Brno	227	-12	4	232
Liberec	357	-18	3.6	256
Olomouc	226	-15	3.8	231
Plzeň	331	-12	3.6	242
Praha	181	-12	4.3	225
Vsetín	346	-15	3.6	236
Zlín	289	-12	3.9	226

Tab. 8: Výpočtové teploty vnitřních prostorů

Prostor	$\theta_{int,i}$ [°C]
Obývací místnosti	20
Kuchyně	20
Koupelny	24
Chodby, předsíně	15
Místnosti chráněné proti mrazu	5

Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru, označována Φ_i ve W se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (21)$$

kde $\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla prostoru (i), ve W

$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i), ve W

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ ve W, se počítá následujícím vztahem:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (22)$$

Kde $H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem pláštěm budovy, ve W/K

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem nevytápěným prostorem, ve W/K

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy, ve W/K

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do prostoru vytápěného na jinou teplotu, ve W/K

$\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová teplota, v °C

θ_e vnější výpočtová teplota, v °C

Návrhová tepelná ztráta větráním

Podle hygienického předpisu musí být do místnosti přivedeno minimálně 30 m³ čistého vzduchu na 1 osobu za 1 hodinu. Výše tepelné ztráty také závisí na vnitřní a venkovní teplotě vzduchu. Návrhová ztráta větráním $\Phi_{V,i}$, ve W, se určí dle následujícího vztahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (23)$$

kde $H_{V,i}$ součinitel tepelné ztráty větráním, ve W/K, který určuje následující vztah

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (24)$$

kde V_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru, v m³/s
 ρ hustota vzduchu, v kg/m³
 c_p měrná tepelná kapacita vzduchu, v kJ/(kgK)

Při konstantní hustotě a měrné tepelné kapacitě vzduchu lze výpočet zjednodušit na:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \quad (25)$$

kde V_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru, v m³/h

4.5.2 Tepelné zisky

Tepelné zisky můžeme rozdělit do dvou kategorií a to zisky solární a vnitřní. Solární zisky mají velký podíl na tepelné stabilitě místností. Solární zisky mohou přispívat k pokrytí tepelných ztrát objektu, pokud stavba obsahuje velké množství prosklených ploch. Vnitřní zisky neboli zisky od vnitřních zdrojů tepla mohou být například: produkce tepla od lidí, svítidel, technologií, elektronických zařízení[22].

Produkce tepla od lidí

Do produkce tepla od lidí se započítává pouze citelné teplo, jeho hodnota závisí na činnosti člověka a teplotě vzduchu. Za výchozí hodnotu se považuje produkce citelného tepla muže 62 W při mírně aktivní práci a při teplotě okolního vzduchu 20 °C[23].

Tab. 9: Citelné teplo při různých činnostech[24]

Činnost člověka	Místo činnosti	Teplota vzduchu		
		24 °C	26 °C	28 °C
		teplo citelné	teplo citelné	teplo citelné
		[W]	[W]	[W]
sedící, odpočívající	divadlo, kino	74	62	50
sedící, mírně aktivní	kancelář, byt	74	62	50
stojící, lehká práce	obchody, sklady	72	60	48
chodící, přecházející	obchodní domy, banky	77	64	51
lehká práce u stolu	dílny	79	66	53
mírný tanec		92	77	62

Množství tepla se určí následujícím vztahem:

$$Q_l = i_l \cdot 6,2 \cdot (36 - \theta_i) \quad (26)$$

kde θ_i teplota vnitřního vzduchu, v °C
 i_l vypočítáme dle následujícího vztahu

$$i_l = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad (27)$$

kde i_z, i_d, i_m počet žen, dětí a mužů

Produkce tepla od svítidel

Produkce tepla od svítidel se počítá pouze u prostorů, ve kterých se nenacházejí okna (kina, divadla) a u místností s vyššími požadavky na intenzitu světla (rýsovný, provozy jemné mechaniky). Předpokládá se, že celkový elektrický příkon svítidel se přemění v teplo. Příkon svítidel se odvodí z jejich intenzity[23].

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (28)$$

kde P celkový příkon
 c_1 součinitel současnosti používání svítidel
 c_2 zbytkový součinitel v případě používání svítidel s odsáváním

Produkce tepla elektronických zařízení a elektromotorů

Při výpočtu produkce tepla elektromotoru je důležitý jeho štítkový výkon a účinnost. Výpočet Q_m se provádí dle následujícího vztahu[23]:

$$Q_m = c_1 \cdot \sum \left(c_2 c_3 \frac{N}{\eta_m} \right) \quad (29)$$

kde c_1 součinitel současnosti chodu elektromotorů
 c_2 zbytkový součinitel při odsávání motorů
 c_3 průměrné zatížení stroje
 N štítkový výkon, ve W
 η_m účinnost

Produkce tepla u menších zařízení (PC, tiskárny) lze počítat dle následujícího vztahu:

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \sum P \quad (30)$$

kde	c_1	součinitel současnosti chodu elektromotorů
	c_3	průměrné zatížení stroje
	P	příkon zařízení

Zařízení s příkonem menším než 100 W můžeme zanedbat.

Produkce tepla od ventilátorů

Produkcí tepla od ventilátorů můžeme vypočítat dle následujícího vztahu[23]:

$$Q_V = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_V \cdot \eta_m} \quad (31)$$

kde	\dot{V}	průtok vzduchu ventilátorem, v m ³ /s
	Δp	celkový tlak ventilátoru, v Pa
	η_V	účinnost ventilátoru
	η_m	účinnost elektromotoru

4.6 Alternativní zdroje energie

4.6.1 Solární energie

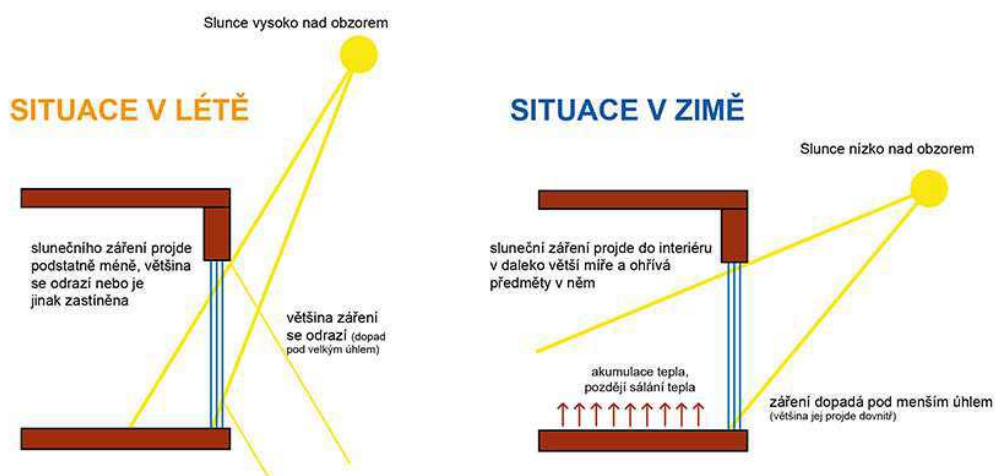
Přímé sluneční záření můžeme využít pro výrobu tepla pomocí fototerických systémů nebo pro výrobu elektřiny pomocí fotovoltaických systémů. Na území ČR dopadá ročně na 1 m² plochy v průměru 1200 až 1350 kWh sluneční energie. Doba slunečního svitu je přibližně 1700 hodin za rok.

Pasivní využití solární energie

V případě pasivního využití solární energie není potřeba žádná dodatečná zařízení.

Využívají se prvky či objekty, které již existují, například

- Orientace a umístění stavby
- Velikost a typ výplní stavebních otvorů
- Celkový návrh stavby



Obr. 3: Pasivní využití solární energie[25]

Mezi výhody pasivního využití solární energie patří:

- Minimální náklady na údržbu
- Úspora provozních nákladů na energie
- Nulové provozní náklady
- Absence zvláštních zařízení

Na druhou stranu máme i nevýhody pasivních systému:

- Omezeno povahou stavby
- Nedůvěra lidí
- Omezeno umístění stavby
- Externí vlivy

Aktivní využití energie slunečního záření

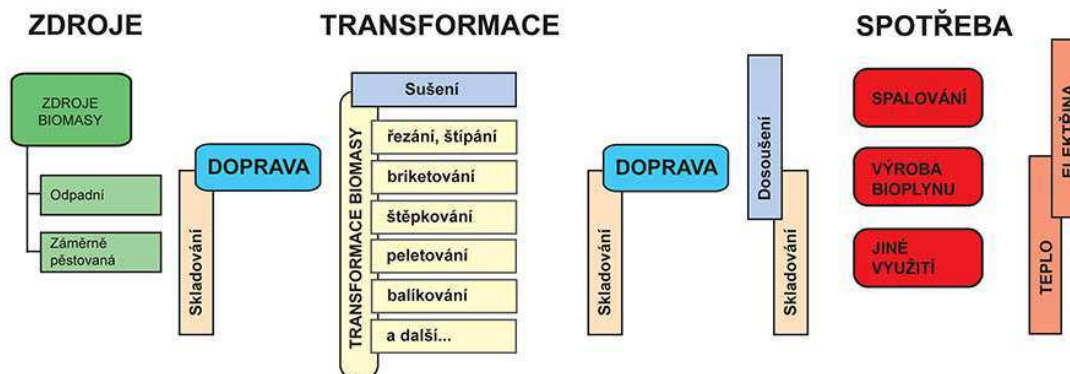
Pro aktivní využívání energie přímého slunečního záření potřebujeme nějaké dodatečné zařízení, které bude sluneční záření absorbovat a nějak dále přeměňovat, zpracovávat, transportovat, akumulovat, distribuovat apod. Do této oblasti zahrneme jak zařízení na ohřev teplé vody či přitápění, tak i zařízení na přeměnu sluneční energie na elektřinu. Abychom mohli využít aktivní sluneční energie je potřeba zvážit několik faktorů[25]:

- Vhodně umístěná plocha s požadovaným výkonem
- Negativní vliv zastínění
- U fotometrických systémů - vzdálenost mezi kolektory a zásobníkem
- U fotovoltaických systému – nutnost akumulace nebo dodávky do rozvodné sítě
- Náklady na provoz a údržbu
- Pořizovací náklady

4.6.2 Energie biomasy

Mezi biomasu můžeme zařadit přírodní či zemědělské produkty (organické i anorganické), komunální odpady, dřevní odpady a další. Největší část tvoří rostlinná biomasa, především takzvané energické plodiny. Jedná se o dřeviny s urychlenou dobou růstu například topol. Nevýhodou je degenerace půdy, na které je dřevina vysazena. Nejčastější způsob využití biomasy je přímé spalování. Důležitý parametr při spalování biomasy je její výhřevnost. Před samotným spalováním je důležité materiál nejdříve vysušit. Při spalování dochází k pyrolýze – (spaluje se plyn, který vzniká při postupném zahřívání paliva v topeništi). Mezi další možnosti zpracování biomasy zahrnujeme například[26]:

- Zplynování
- Zkapalňování
- Esterifikaci



Obr. 4: Schéma procesu transformace biomasy v různé formě[26]

4.6.3 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla odnímají teplo z okolního prostředí (voda, vzduch nebo země) a převádí ho na vyšší teplotní hladinu. Odnímatelnou látku ochladíme o několik stupňů, čímž ji odebereme energii, kterou lze využít pro vytápění nebo ohřev teplé vody. Pomocí okolní naakumulované energie se látka dostane do původního stavu. Pro provoz tepelného čerpadla je zapotřebí určitého množství elektrické energie. Velkou roli zde hraje topný faktor tepelného čerpadla. Vyjadřuje poměr dodaného tepla a množství spotřebované energie. Tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř základních částí chladicího okruhu[27]:

- Výparník
- Kompresor
- Kondenzátor
- Expanzní ventil

Základní rozdělení tepelných čerpadel:

Vzduch/voda

Energie je odebírána přímo z venkovního vzduchu, pro následné využití tepla na ohřev vody v otopném systému nebo v zásobníku teplé vody. Vhodné pro rodinné domy s malým okolním pozemkem. Na rozdíl od tepelných čerpadel typu země/voda jsou nižší pořizovací náklady, ale přibližně o 30% vyšší spotřeba energie na provoz a kratší životnost kompresoru. Při nízkých venkovních teplotách se snižuje výkon a tudíž i výstupní teplota vody. Tepelná čerpadla lze využít na chlazení během letního období.

Vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch odebírá teplo z venkovního vzduchu a přímo ohřívá vzduch uvnitř budovy. Protože není potřeba topný systém, dosahuje tento typ tepelného čerpadla vyššího topného faktoru než ostatní typy. Mezi výhody toho typu tepelného čerpadla patří jeho nízké pořizovací náklady, velmi lehká a rychlá instalace a možnost využití dalších doplňkových funkcí (odvlhčení, čištění nebo ionizace vzduchu). Na druhou stranu systém není vhodný pro objekty s velkým počtem malých místností, nelze jím ohřívát teplou vodu. Počet vnitřních jednotek, které lze připojit k jedné venkovní je omezen.

Země/voda - Plocha

Jedná se o tepelné čerpadlo, které odebírá teplo z plochy (nejčastěji přilehlé zahrady) pomocí systému, zabudovaným pod povrchem zeminy. Tento typ tepelného čerpadla je vhodný pro stavby, které mají velký okolní pozemek. Výhodami je bezhlučnost řešení, dlouhá životnost tepelného čerpadla i plošného kolektoru a nízká spotřeba elektřiny. Tento systém vyžaduje dostatečně velkou plochu (200 až 400 m²). Před výstavbou kolektoru je nutné znát případné rozmístění dalších staveb (bazén, garáž).

Země/voda - vrt

Teplo je odebíráno pomocí hloubkového vrtu (popřípadě i více vrtů). Do vrtu je zapuštěná sonda naplněná nemrznoucí směsí, pomocí které se přenáší teplo mezi zeminou a tepelným čerpadlem. Hlavní výhodou je stabilní výkon a topný faktor i při nízkých venkovních teplotách. Na rozdíl od ostatních tepelných čerpadel jsou vyšší investiční náklady (pořízení vrtů). Je zde také nutné mít stavební povolení na vybudování vrtů.

Voda/Voda

Teplo je odebíráno ze spodní nebo geotermální vody. Voda je čerpána ze studny a přes výměník se vrací zpět do země. Systémy voda/voda dosahují vysokých topných faktorů. Menší prostorová náročnost ve srovnání se systémy s vrtu. Komponenty jako jsou filtry, výměníky vyžadují servis a kontroly. Využití je možné pouze v určitých lokalitách (dostatek spodní, geotermální vody)

5 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Systémy techniky prostředí v budovách zajišťují tvorbu vnitřního prostředí a mají vliv na celkovou pohodu uživatelů. Mezi tyto systémy zahrneme především prvky vytápění a klimatizace.

5.1 Vytápění

Druhy vytápění dělíme:

- Místní – zdroj tepla se nachází přímo v místnosti
- Etážové – vytápění každého poschodí zvlášť
- Ústřední – zdroj tepla je umístěn mimo vytápěné prostory
- Dálkové – zdroj tepla se nachází mimo vytápěnou budovu
- Centralizované zásobování teplem – teplo se využívá pro vytápění a ohřev TV

Při návrhu otopné soustavy je důležitý správný výběr zdroje tepla, topných těles, potrubí, a armatury. Vhodný výběr těchto prvků vede ke snížení investičních a provozních nákladů. Zdroje tepla dělíme dle následujících kritérií.

Podle druhu paliva:

- Plynové
- Na kapalná paliva
- Na tuhá paliva
- Elektrokotle

Podle pracovního (teplonosného média)

- Teplovodní (s teplotou vody do 115°C)
- Horkovodní (s teplotou vody na 115°C)
- Parní (nízkotlaké, středotlaké,...)

Podle použitého materiálu

- Ocelové
- Litinové
- Jiné (kombinace materiálů, speciální materiály)

Podle způsobu upevnění

- Stacionární (na podlaze)
- Závěsné

Podle způsobu odvodu spalin

- Do komína
- Do kouřovodu s funkcí komína
- Na venkovní fasádu nebo nad střechu

5.1.1 Otopná tělesa

Článeková otopná tělesa

Jsou složena z libovolného množství takzvaných článků, které představují dutá žebra s co největší plochou. Jednotlivé části jsou propojeny pomocí dvou komor. Těmito komorami protéká topné médium, které plochou žeber předává teplo do okolí pomocí sálání. Mezi články otopného tělesa dochází k cirkulaci vzduchu, který zajistí rychlou výměnu ohřátého vzduchu v celé místnosti. Výhodou článkového provedení otopných těles je vysoká účinnost a malý hydraulický odpor. Tento systém je často využíván v kombinaci se zdrojem na tuhá paliva a u malých soustav se často obejde bez čerpadla. Nejčastěji používané materiály na výrobu jsou[29]:

- Šedá litina – těžké radiátory s velkou odolností proti korozi, vysoké akumulční vlastnosti
- Slitiny hliníku – lehké radiátory s velkou vodivostí tepla, rychleji se zahřejí a vychladnou
- Ocelové plechy – nízké cena radiátorů, nízká životnost

Desková otopná tělesa

Jsou zkonstruovány nejčastěji ze dvou až tří dutých desek, mezi kterými je teplovzdušná komora. Desky jsou často zvlněny, aby se zvětšila jejich plocha. Topné médium protéká deskami, které předávají část tepla do místnosti a do teplovzdušné komory. Tato komora napomáhá k rychlé výměně vzduchu v místnosti. Jedná se o nejčastěji používaná tělesa v interiérech.

Mezi jejich výhody patří[30]:

- Snadná montáž
- Rychlý ohřev
- Snadné čištění
- Nenápadnost
- Malá hloubka

Trubková otopná tělesa

Tělesa tohoto typu se vyznačují svojí tvarovou rozmanitostí. Jsou složeny z trubkových rozvodů, spojených pomocí rozvodných a sběrných komor. Trubky jsou obvykle kruhového průřezu. Tento typ radiátorů se obvykle používá spíše jako doplňkový ke stávajícímu otopnému tělesu. Nejčastější využití nalezneme v koupelnách na vysoušení textilií, proto je jejich účinnost velice nízká. Lze je rozdělit dle uspořádání trubek do tvarů[31]:

- Meandru
- Registru s vodorovnými trubkami
- Registru se svislými trubkami
- Kombinované

5.1.2 Potrubí

Úkolem potrubí u teplovodního vytápění je cirkulace vody v okruhu zdroj tepla – otopné těleso – zdroj tepla. Potrubí se skládá z: ležatého potrubí, stoupacího potrubí a přípojovacího potrubí, na které se napojují otopná tělesa[32].

Parametry potrubí:

- Jmenovitá světlost
- Jmenovitý tlak
- Pracovní teplota
- Montážní teplota
- Délková roztažnost
- Životnost
- Odolnost proti korozi

Materiály, ze kterých se potrubí vyrábí vliv na právě zmíněné parametry. Nejčastěji používané jsou kovy (ocel, měď) a plastová potrubí (chlorované PVC).

5.1.3 Regulační armatury

Mezi regulační prvky otopných soustav zařadíme směšovací, seřizovací a regulační armatury. Svoji funkcí ovlivňují parametry topné vody (teplota, průtok). Pro správné plnění těchto funkcí je důležité zvážit jejich konstrukci a parametry. Při výběru ventilů jsou rozhodující následující kritéria

- Jmenovitý tlak
- Přípustný rozdíl tlaků
- k_v ventilu
- charakteristika ventilu
- autorita ventilu

Průtokový součinitel – K_{vs}

Průtokový součinitel K_{vs} , v m^3/h , udává vztah mezi průtokem ventilu a jeho nastavením. Jeho pomocí je určena velikost ventilu. Představuje průtok armaturou při maximálním otevření h_{100} a tlakové ztrátě 1bar (100 kPa). Pro vodu platí následující zjednodušený vztah:

$$K_{vs} = \dot{V} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p_v}} \quad (32)$$

kde \dot{V} objemový průtok, v m^3/h

Δp_v tlaková ztráta ventilu, v kPa

Δp_0 100 kPa

Autorita armatury - P_v

Autorita ventilu má podstatný vliv na regulační vlastnosti soustavy. Čím větší je autorita ventilu, tím lepší jsou jeho regulační vlastnosti (P_v v rozmezí 0,3 až 0,5). Autorita ventilu je poměr tlakových ztrát při plně otevřeném a plně uzavřeném ventilu[34].

$$P_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v0}} \quad (33)$$

Kde Δp_{v100} tlaková ztráta ventilu při plném otevření, v Pa

Δp_{v0} tlaková ztráta ventilu při plném uzavření, v Pa

5.1.4 Pojistné zařízení

Dle normy ČSN 06 0830 musí být každý zdroj v otopné soustavě vybaven pojistným a expanzním zařízením. Pojistné zařízení musí být schopno spolehlivě odvést ze zdroje tepla pojistný výkon Q_p , kW, který je dán vztahem:

$$Q_p = Q_n \quad (34)$$

pro výměníky:

$$Q_p = 2 \cdot Q_n \quad (35)$$

kde Q_n jmenovitý výkon zdroje, v kW

Pojistný průtok \dot{m}_p , v kg/h, je poté dán pro vodu vztahem:

$$\dot{m}_p = Q_p \quad (36)$$

pro páru:

$$\dot{m}_p = 10^3 \frac{Q_p}{r} \quad (37)$$

kde r výparné teplo při otevíracím přetlaku pojistného ventilu, ve Wh/kg

Normy ČSN 13 4309 udává způsob výpočtu průřezu sedla S_0 . Zabývá se také umístěním pojistného ventilu. Pro vodu platí vztah:

$$S_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{a_v \sqrt{p_{ot}}} \quad (38)$$

Pro páru (do ventilu vstupuje pára):

$$S_0 = \frac{Q_p}{a_v \cdot K} \quad (39)$$

Kde a_v výtokový součinitel pojistného ventilu

K konstanta, závislá na stavu syté vodní páry při p_{ot} , kW/mm²

p_{ot} otevírací přetlak pojistného ventilu, v kPa

Dalším důležitým parametrem při návrhu, je průměr pojistného potrubí d_v , který je pro vodu definován vztahem:

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p}$$

5.1.5 Expanzní zařízení

Objem expanzního zařízení (expanzní nádoby, EN) V_e , se stanovuje jako 1,3 násobek zvětšení objemu vody v soustavě při ohřátí z 10 °C na střední návrhovou teplotu vody.

Výpočet je dán následujícím vztahem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad (40)$$

- kde V_e objem expanzní tlakové nádoby, v l
 V_0 objem vody v celé otopné soustavě, v l
 n součinitel zvětšení objemu
 η stupeň využití EN

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} \quad (41)$$

- Kde $p_{h,dov,A}$ nejvyšší dovolený absolutní tlak (otevírací tlak pojistného ventilu), v kPa
 $p_{d,A}$ hydrostatický absolutní tlak, v kPa

$$p_{d,A} = h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} + p_B \quad (42)$$

- Kde h výška vodního sloupce roviny EN, v m
 ρ hustota vody, v kg/m³
 G tíhové zrychlení, v m/s²
 p_B barometrický tlak = 100 kPa

Tab. 10: součinitel zvětšení objemu

$\Delta\theta = \theta_{\max} - 10$ [K]	20	30	40	45	50	55
n [-]	0,00401	0,00749	0,01169	0,01413	0,01672	0,01749

Po výpočtu minimálního potřebného objemu se vybere expanzní nádoba s nejbližší vyšší hodnotou. U tlakové membránové EN se poté při studené soustavě seřídí přetlak EN na hodnotu:

$$p_{e,t} = (1,1 \text{ až } 1,3) h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \quad (43)$$

5.2 Příprava teplé vody

Spotřeba energie na ohřev teplé vody je jedním z důležitých parametrů pro stanovení celkové spotřeby energie budovy. Aby mohl být stanoven energetický požadavek na zdroj tepla je potřeba znát spotřebu tepla pro přípravu teplé vody, a ztráty při její přípravě a rozvodu. Teplota teplé vody v místě odběru by měla dosahovat hodnot 50 až 55 °C (ve výjimečných případech 45 až 60 °C). V případě zásobníkového ohřevu je nutné, aby teplá voda v zásobníku periodicky zvyšovala svoji teplotu na 70 °C. Na základě tohoto opatření se zamezí výskytu bakterií *Legionella pneumophila*, která postihuje především dýchací cesty a pro starší a slabé osoby může být smrtelná.

K určení parametrů zařízení pro přípravu bylo využito normy ČSN 06 0320. Zmiňovaná norma také uvádí předpokládané hodnoty spotřeby na jednu osobu během jednoho dne.

Tab. 11: Potřeba teplé vody pro jednu osobu na den[36]

Parametr	Značka	Jednotka	Umyvadlo	Dřez	Sprcha	Vana
Počet dodávek	n_d	-	3	0,8	1	0,3
Objem dodávek	V_d	m^3	0,03	0,002	0,025	0,025
Teplota v dodávkách	Q_d	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4
Součet objemu dodávek	V_{2p}	m^3		0,082		
Součet tepla v dodávkách	Q_{2t}	kWh		4,3		

Celková spotřeba teplé vody se určí podle vztahu:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u \quad (44)$$

kde V_o spotřeba vody na mytí osob, v m³

V_j spotřeba vody na mytí nádobí, m³

V_u spotřeba vody na úklid, m³

Teplu odebrané z ohřivače teplé vody během jedné periody Q_{2p} je dáno součtem teoretického odebraného tepla Q_{2t} a ztrát při jeho ohřevu Q_{2z} .

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad (45)$$

Q_{2t} učíme vztahem:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p}(\theta_2 - \theta_1) \quad (46)$$

kde c měrná tepelná kapacita vody ($c = 1,163 \text{ kWh/m}^3\text{K}$)

V_{2p} celková potřeba teplé vody v periodě, v m³

θ_1 teplota přívodní vody, v °C

θ_2 teplota teplé vody, v °C

Q_{2z} stanovíme vztahem:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \quad (47)$$

kde z poměrná ztráta při ohřevu

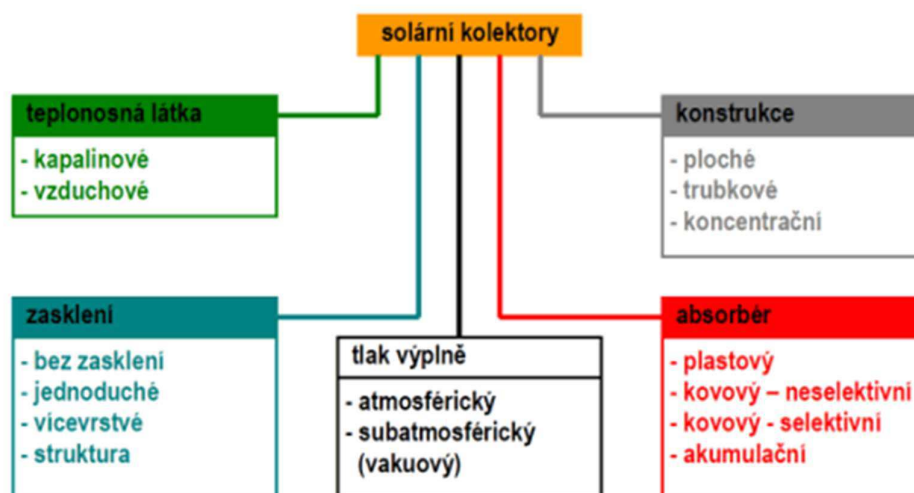
Objem zásobníku teplé vody se stanoví nalezením maximálního rozdílu mezi křivkou spotřeby tepla a křivkou dodávky tepla. Tento rozdíl označujeme jako ΔQ_{\max} . Samotný objem zásobní teplé vody se určí ze vztahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad (48)$$

$$(49)$$

5.3 Solární soustava

Solární kolektor je zařízení, které slouží k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii. Tato energie je předávána teplotonosné látce, protékající kolektorem. Mezi nejrozšířenější teplotonosné látky patří voda nebo nemrznoucí směs vody a propylenglykolu. Rozdělení solární kolektorů lze vidět na obrázku 5.



Obr. 5: Rozdělení solárních kolektorů[37].

Výpočet množství sluneční energie

$$P_{den} = \frac{P_{rok}}{365} \quad (50)$$

kde P_{rok} roční množství slunečního záření (dle lokality), v kWh

Množství energie potřebné pro ohřátí vody E_v v Mj se vypočítá pomocí následujícího vztahu:

$$E = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta \quad (51)$$

kde V objem zásobníku teplé vody, v m^3

ρ hustota vody, v kg/m^3

c_p měrná tepelná kapacita vody, v kJ/kgK

$\Delta\theta$ rozdíl požadované teploty vstupní a výstupní vody, v K

Pro výpočet plochy solárního kolektoru je nutný převod množství energie v MJ na množství energie v kWh (1 MJ = 0,277 kWh). Plocha kolektorů se určí dle vztahu:

$$S = \frac{E}{P_{den}} \quad (52)$$

5.4 Klimatizace

Klimatizační systém má za úkol zajišťovat požadované parametry prostředí (teplota, vlhkost, proudění, atd.). Podle účelu lze klimatizační zařízení dělit na komfortní a technologické. Komfortní klimatizační zařízení využijeme pro tvorbu mikroklimatu v prostoru, ve kterém pobývají lidé. Technologické klimatizační zařízení slouží k vytváření prostředí nutného k běhu určitých technologických procesů. Základní rozdělení klimatizačních jednotek[38]:

- Split klimatizace
- Multisplit klimatizace

Split klimatizace

Zařízení typu split klimatizace se skládá z vnitřní a venkovní jednotky, které jsou mezi sebou navzájem propojeny. Vnitřní jednotka obsahuje ventilátor, výparník a řídicí elektroniku. Kompresor, kondenzátor, řídicí elektroniku a expanzní ventil nalezneme ve venkovní jednotce.

Multisplit klimatizace

Hlavním rozdílem je, že na jednu centrální venkovní jednotku můžeme připojit více vnitřních jednotek. Počet množství vnitřních jednotek, které lze připojit, udává výrobce. Každá vnitřní jednotka je připojena k venkovní svou pomocí své vlastní trasy.

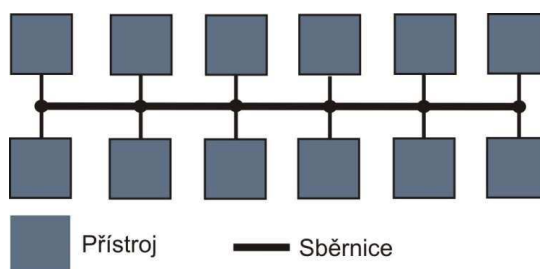
5.5 Sběrníková elektroinstalace

Ovládání přístrojů u moderních elektroinstalačních systémů není prováděno přímo spínáním spotřebiče, ale pomocí příkazů, které se šíří po datové sběrnici. Komunikační sběrnici proudí bezpečné napětí s nízkými odpory, tudíž jsou průřezy vodičů poměrně malé. Různé systémy mohou využívat odlišné komunikační protokoly nebo rozdílné fyzické vlastnosti přenosu informace. Z uvedených odlišností vyplývá, že různé systémy

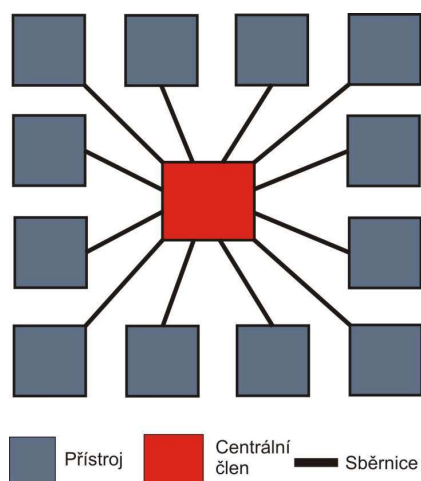
mají rozdílné požadavky na datová vedení. Pro sběrnice rozvody se nejčastěji využívá kroucená dvojlinka. Sběrnice systémy využívají dvě základní topologie sítí.

První z nich je sběrnice topologie, která se využívá u decentralizované soustavy. Výhodou sběrnice topologie je bezproblémové rozšiřování, jednoduché spojování přístrojů a poměrně nízká spotřeba sběrnice kabelu. Hlavní nevýhodou zmíněné topologie je výpadek všech přístrojů při poruše na sběrnici a možnost komunikace pouze jednoho přístroje v daném okamžiku.

Další využívaná topologie je hvězdicová. V hvězdicové topologie jsou všechny prvky propojeny navzájem do jednoho centrálního řídicího členu. Každý prvek sběrnice obsahuje vlastní vedení k centrálnímu prvku. Hlavní výhodou je možnost komunikace více přístrojů navzájem a vysoká spolehlivost. Nevýhodou zapojení jsou zvýšené požadavky na množství kabeláže.



Obr. 6: Sběrnice topologie



Obr. 7: Hvězdicová topologie

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 POPIS A PARAMETRY OBJEKTU

Starší stavba se nachází ve městě Zlín, Mladcová. V současné době na pozemku probíhají stavební práce spojené s výstavbou přístavby rodinného domu. Stavba obsahuje jedno nadzemní podlaží, které je kompletně podsklepené a podkrovní podlaží.

Tab. 12: Okrajové podmínky lokality

Zlín	
Nadmořská výška	234 m.n.m
Délka otopného období	226 dnů
Průměrná venkovní teplota přes otopné období	4 °C
Vnější teplota, při které se zahajuje vytápění	13 °C
Návrhová venkovní teplota	-12 °C

Popis objektu

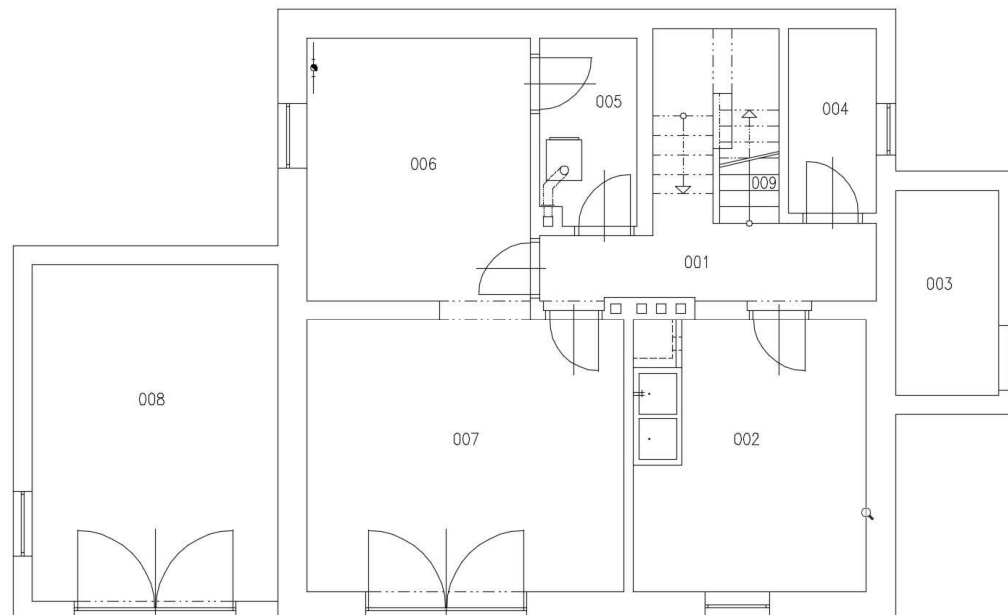
Jedná se o stavbu rodinného domu, který byl postaven kolem roku 1963. Stavba je umístěna na pozemku s výměrou 480 m². SV strana domu leží rovnoběžně s pozemní komunikací, ze které je přístup do garáže. Garáž byla dostavena v roce 2006. Z JV strany je přístup na zahradu. Část sklepního prostoru, který se nachází pod celým půdorysem stavby, je využíván jako další garáž. V domě původně bydlela starší rodina. Nyní probíhá na SZ straně domu přístavba o rozloze 50 m². Součástí stavebních prací je i kompletní rekonstrukce původních vnitřních prostor, které mají rozlohu 100 m². Po rekonstrukci domu bude možné objekt na dvě bytové části.

Podzemní podlaží

Největší část podzemního podlaží zabírají dvě garáže. Nachází se zde také technická místnost a sklepní prostory.

Tab. 13: Parametry místností podzemního podlaží

Označení	Název	Plocha A_i [m ²]	Objem V_i [m ³]	Teplota θ_i [°C]	Vlhkost ϕ_i [%]	Int. Větrání n [1/h]
001	Chodba	9,8	22,9	5	70	0,5
002	Prádelna	15,1	35,3	5	70	0,5
003	Sklep	5,1	11,9	5	70	0,5
004	Sklep	3,8	8,9	5	70	0,5
005	Tech. místnost	4,3	10,1	5	70	0,5
006	Sklep	14,4	33,7	5	70	0,5
007	Garáž	21,2	49,6	5	70	0,5
008	Garáž	19,7	48,9	5	70	0,5



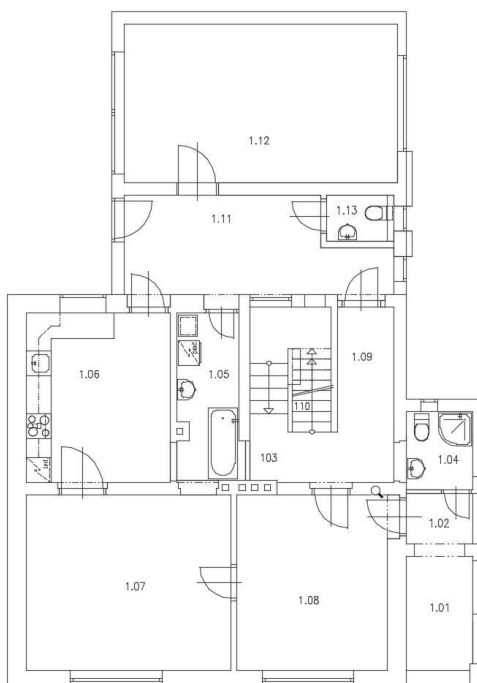
Obr. 8: Půdorys podzemního podlaží

Nadzemní podlaží

V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní hala, díky které bude možno rozdělit dům na dvě samostatné části.

Tab. 14: Parametry místností nadzemního podlaží

Označení	Název	Plocha A_i [m ²]	Objem V_i [m ³]	Teplota θ_i [°C]	Vlhkost ϕ_i [%]	Int. Větrání n [1/h]
1.01	Šatna	4,7	14,1	20	50	1
1.02	Chodba	1,9	5,7	20	50	1
1.03	Chodba, schodiště	8,3	24,9	20	50	1
1.04	Sprcha, WC	3,0	9,0	24	70	4
1.05	Koupelna	6,0	18,0	24	70	4
1.06	Kuchyně	14,0	42,0	20	50	4
1.07	Pokoj	20,6	61,8	20	50	1
1.08	Pokoj	15,1	45,3	20	50	1
1.09	Chodba	4,1	12,3	20	50	1
1.11	Vstupní chodba	14,0	42,0	20	50	1
1.12	Obývací pokoj	25,4	76,2	20	50	1
1.13	WC	1,6	4,8	20	50	4



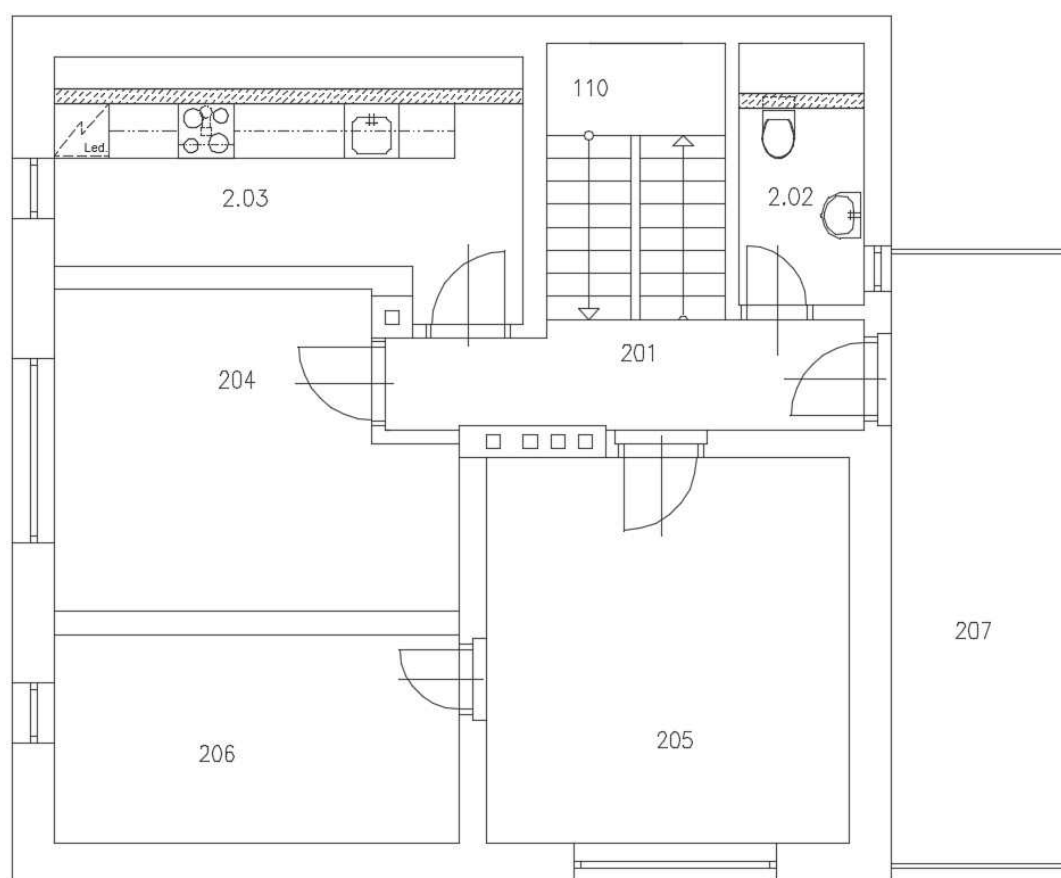
Obr. 9: Půdorys nadzemního podlaží

Podkroví

Podkrovní místnosti budou převážně využívány jako obytné. Nachází se zde také nevytápěný půdní prostor, sloužící jako sklad.

Tab. 15: Parametry podkrovních místností

Označení	Název	Plocha A_i [m ²]	Objem V_i [m ³]	Teplota θ_i [°C]	Vlhkost ϕ_i [%]	Int. Větrání n [1/h]
2.01	Chodba	6,0	17,8	20	50	1
2.02	WC	3,0	8,9	20	50	4
2.03	Kuchyňka	9,3	27,6	20	50	4
2.04	Pokoj	13,8	41,0	20	50	1
2.05	Pokoj	16,6	49,3	20	50	1
2.06	Půda	10,0	29,7	5	70	0,5



Obr. 10: Půdorys podkroví

6.1 Dílčí konstrukce stavby

Stropy a střešní konstrukce

Na objektu se nachází sedlová střecha, která je tvořena pouze střešní konstrukcí a difuzní folií. Při rekonstrukci střechy, která proběhla kolem roku 2004, bylo provedené také zateplení půdních prostor, které jsou tvořeny střešní konstrukcí, minerální vlnou. Stropy podkrovních místností jsou tvořeny minerální vlnou, parozábranou, dřevěnými deskami a omítkou. V místnosti 2.01 se také nachází vchod do půdního prostoru, kde jsou pouze volně položené dřevěné desky.

Podlahy

Podsklepené podlahy jsou převážně tvořeny železobetonem a betonem. Pouze v místnosti 002 se nachází keramické dlažba. Sklepní prostory neobsahují žádnou tepelnou izolaci.

Podlahy obytné části prvního podlaží s výjimkou přístavby jsou tvořeny betonem, škvárou a asfaltovou izolací. Podlahy jsou tvořeny parketami s výjimkou kuchyně, kde se nachází linoleum, a koupelen a WC kde je dlažba.

Okna a dveře

Veškerá okna na budově jsou kazetového typu. Vstupní jednokřídlové dveře jsou vyrobeny ze dřeva se skleněnou výplní.

Obvodové zdivo

Stávající obvodové zdivo je původní cihlová konstrukce s břizolitovou fasádou. Tloušťka zdiva je 450 mm a není zde žádná tepelná izolace. Přístavba v zadní části domu bude postavena pórobetonovými cihlami Ytong o tloušťce 300 mm. Celý objekt po dokončení přístavby bude opatřen tepelnou izolací z polystyrenu o tloušťce 160 mm.

7 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ

Výpočty součinitelů prostupu tepla a průběhy tlaků vodních par byly řešeny pomocí programu Teplo 2014. V následujících tabulkách budou popsány skladby původních konstrukcí.

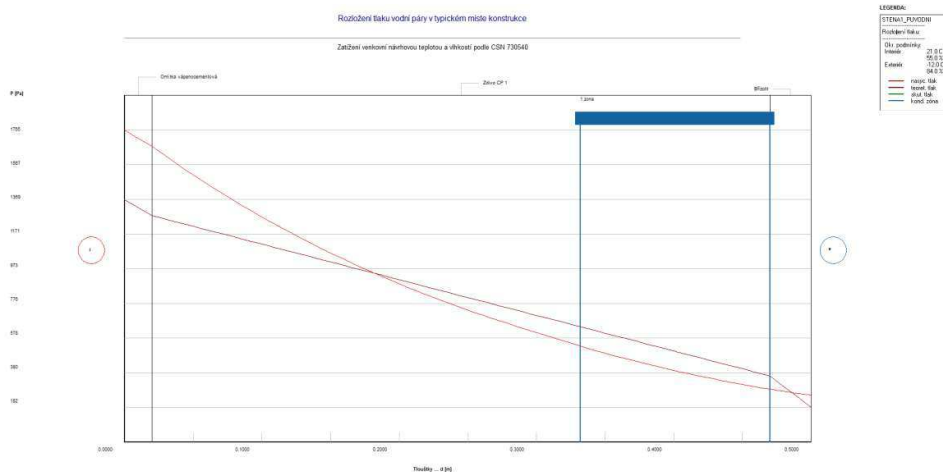
7.1 Součinitel prostupu tepla obvodového zdiva

Skladba obvodového zdiva původní částí je zobrazena v tabulce (tab 16).

Tab. 16: Skladba obvodového zdiva

Materiál	d [m]	λ [W/mK]
Vápenocementová omítka	0,02	0,99
Zdivo CP	0,45	0,80
Břizolit	0,03	0,90

Součinitel prostupu tepla stávajícího zdiva $U = 1,272 \text{ W/m}^2\text{K}$



Obr. 11: Průběh tlaků vodní páry v obvodovém zdivu

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_c = 0,0339 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev} = 2,2642 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než $-5 \text{ }^\circ\text{C}$

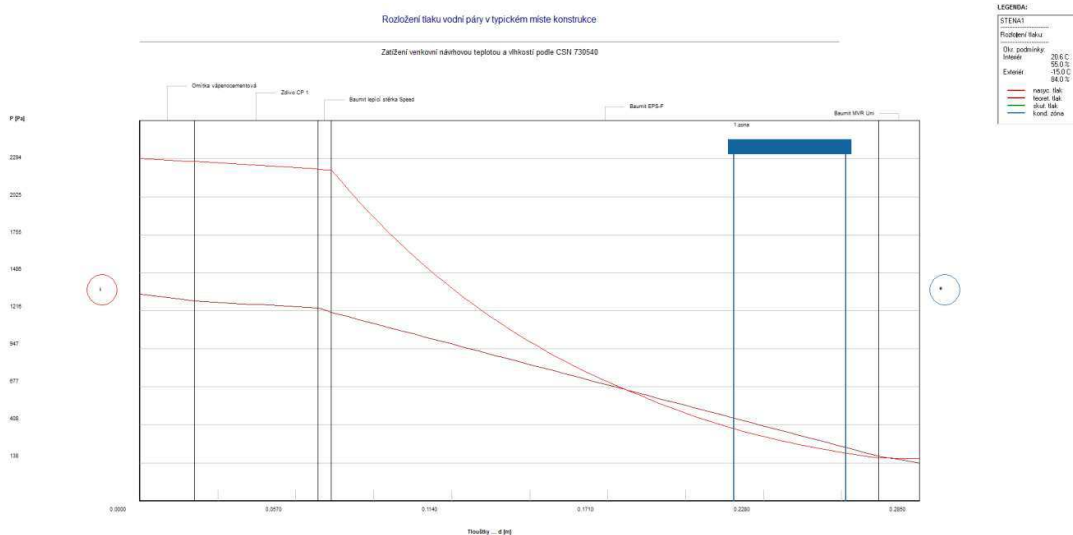
Požadavky: $M_c < M_{ev}$ a současně $M_c \leq 0,1 \text{ kg}/\text{m}^2$ za rok – splněno

Pro obvodové zdivo byla navržena tepelná izolace z polystyrenu (Baumit EPS-F) o tloušťce 200 mm. Návrh byl proveden tak, aby výsledný součinitel prostupu tepla vyhovoval požadovaným hodnotám pro pasivní budovy, uvedených v normě ČSN 73 0540. Maximální přípustnou požadovanou hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu $U_{pas,20} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ nelze splnit s ohledem na ekonomickou tloušťku izolace.

Tab. 17: Skladba obvodového zdiva s navrhnutou tepelnou izolací

Materiál	d [m]	λ [W/mK]
Omítka vápenocementová	0,020	0,990
Zdivo CP	0,045	0,800
Baumit lepící stěrka speed	0,005	0,800
Baumit EPS-F	0,140	0,041
Baumit MVR Uni	0,015	0,470

Součinitel prostupu navrhnutého zdiva $U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$



Obr. 12: Průběh tlaků vodní páry v navrhnutém obvodovém zdivu

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_c = 0,0081 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{rok)}$

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev} = 1,7648 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{rok)}$

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než $-5 \text{ }^\circ\text{C}$

Požadavky: $M_c < M_{ev}$ a současně $M_c \leq 0,1 \text{ kg/m}^2$ za rok – splněno

Ekonomické zhodnocení

Denostupně pro danou lokalitu a objekt:

$$D = d(\theta_{is} - \theta_{es}) \quad (53)$$

$$D = 226(20 - 4) = 3616 \text{ K} \cdot \text{den}$$

Kde d počet otopných dní

θ_{is} průměrná vnitřní výpočtová teplota, ve °C

θ_{es} průměrná venkovní teplota v otopném období, ve °C

Spotřeba tepla Q , v kWh/rok, na vytápění je dána vztahem:

$$Q = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot D}{\theta_i - \theta_e} \quad (54)$$

kde ε opravný součinitel zahrnující provedení a řízení soustavy

η_0, η_r průměrná regulace soustavy a rozvodu vytápění

Pro zjednodušení lze vztah upravit:

$$\Delta \dot{q} = \frac{24 \cdot \Delta U \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot D}{\theta_i - \theta_e} = 24 \cdot \Delta U \cdot D \quad (55)$$

$$\Delta \dot{q} = 24 \cdot 1,08 \cdot 3616 = 93726 \text{ Wk/m}^2$$

Průměrná cena zateplení je 1000 Kč/m², předpokládaná cena zemního plynu 1,46 Kč/kWh.

Prostá doba návratnosti je dána vztahem.

$$T_s = \frac{\text{investice}}{\text{výnos}} = \frac{1000}{93,726 \cdot 1,46} = 7,3 \text{ let}$$

7.2 Součinitele prostupu tepla ostatních konstrukcí

Pomocí programu Teplo 2014 byly vypočítány součinitele prostupu tepla podlahy, stropů a střechy. Pro původní podlahu byla navržena tepelná izolace s polystyrenu se zvýšenou pevností. Původní kazetové výplně byly nahrazeny plastovými okny s izolačními trojskly. Zasklené dřevěné dveře byly nahrazeny plastovými.

Tab. 18: Součinitele prostupu tepla konstrukcí

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]	
	Vypočteno	Požadováno
Aktuální konstrukce domu		
Obvodové zdi	1,272	0,18 až 0,12
Kazetová okna	2,9	0,8 až 0,6
Stropy pod nevytápěnou půdou	0,218	0,30 až 0,20
Vchodové dveře	2,8	0,9
Podlaha	1,803	0,22 až 0,15
Po navrhnutých úpravách		
Obvodové zdi	0,194	0,18 až 0,12
Plastová okna	0,7	0,8 až 0,6
Vchodové dveře	0,9	0,9
Podlaha	0,205	0,22 až 0,15

7.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Nejprve je nutné stanovit měrné ztráty prostupem tepla H_T

$$H_T = \sum (A_j U_j B_j) + A \cdot \Delta U_{tb} = 82,08 + 39,19 = 121,27 \text{ W/K}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{121,27}{391,91} = 0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ byla stanovena podle normy ČSN 73 0540 pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_i v intervalu 18 °C až 22 °C. Tabulka (tab. 19) byla použita pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla.

Parametry domu

- Půdorysná plocha $A = 136,4 \text{ m}^2$
- Celkový vytápěný objem $V = 409,2 \text{ m}^3$

Nejvyšší dovolená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla:

$$U_{em,N,20} = 0,3 + \frac{0,15}{\frac{A}{V}} = 0,3 + \frac{0,15}{\frac{136,4}{409,2}} = 0,75 \text{ 0,31 W/(m}^2\text{K)}$$

Vypočítaný průměrný součinitel prostupu tepla splňuje:

$$U_{em} \leq U_{em,N,20}$$

Tab. 19: Hodnoty pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Činitel teplotní redukce
	A [m ²]	U [(W/m ² K)]	b [-]
Okna	35,14	0,70	1,00
Dveře	2,46	0,90	1,00
Stěny-cihla	138,23	0,19	1,00
Podlaha půdy	58,70	0,22	0,83
Stěny-přístavba	39,84	0,13	1,00
Podlaha	77,70	0,21	0,49
Podlaha na terénu do 1m	16,34	0,21	0,66
Podlaha na terénu do 1-2m	15,32	0,21	0,57
Podlaha na terénu do 2-3m	7,15	0,21	0,49
Podlaha na terénu nad 3m	1,02	0,21	0,43

7.4 Tepelné ztráty

Pro ukázkou výpočtů tepelných ztrát prostupem tepla byla zvolena místnost v prvním podlaží (1.07 - Pokoj)

Měrná tepelná ztráta obvodovými stěnami:

$$H_{T,ie,os} = \sum A_k U_{kc} e_k = 27,54 \cdot (0,194 + 0,005) \cdot 1 = 5,48 \text{ W/K}$$

Měrná tepelná ztráta okny:

$$H_{T,ie,ok} = \sum A_k U_{kc} e_k = 3,3 \cdot (0,7 + 0,4) \cdot 1 = 3,63 \text{ W/K}$$

Měrná tepelná ztráta nevytápěným prostorem:

$$H_{T,iue} = \sum A_k U_{kc} b_u = 20,6 \cdot 0,205 \cdot \frac{20 - (-5)}{20 - (-12)} = 3,29 \text{ W/K}$$

Měrná tepelná ztráta z/do vytápěných prostorů:

$$H_{T,ij} = \sum f_{ij} U_k A_k = \frac{20 - 24}{20 - (-12)} \cdot 1,891 \cdot 3,9 = -0,92 \text{ W/K}$$

Měrná tepelná ztráta přílehlou zeminou:

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \left(\sum A_k U_{equiv} \right) G_w = 0$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla:

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

$$\Phi_{T,i} = (5,48 + 3,63 + 3,29 - 0,92 + 0)(20 - (-12)) = 367 \text{ W}$$

Návrhová tepelná ztráta větráním:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 0,34 \cdot V_i \cdot n \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot 61,8 \cdot 1 \cdot (20 - (-12)) = 672 \text{ W}$$

Návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$$

$$\Phi_{HL,i} = 365 + 672 + 0 = 1039 \text{ W}$$

Tab. 20: Tepelné ztráty

č.m.	Místnost	$H_{T,ie}$ [W/K]	$H_{T,iue}$ [W/K]	$H_{T,ij}$ [W/K]	$H_{T,ig}$ [W/K]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
101	Šatna	4,10	0,75	0,00	0,00	155	153	309
102	Chodba	1,05	0,30	-1,16	0,00	6	62	68
103	Schodiště	0,00	1,33	-2,90	0,00	-50	271	221
104	Sprcha, WC	2,83	0,48	2,32	0,00	203	441	643
105	Koupelna	0,00	0,96	7,99	0,00	322	881	1203
106	Kuchyně	5,75	2,24	-2,90	0,00	183	2056	2239
107	Pokoj	9,11	3,30	-0,94	0,00	367	672	1039
108	Pokoj	5,12	2,42	-0,15	0,00	237	493	730
109	Chodba	2,87	0,66	-1,16	0,00	76	134	209
111	Vstupní chodba	3,27	0,00	-1,09	2,87	162	457	619
112	Obývací pokoj	18,04	0,00	0,00	5,21	744	829	1573
113	WC	1,14	0,00	0,00	0,33	53	235	288
201	Chodba	1,07	0,00	0,00	0,00	34	196	230
202	WC	3,38	0,00	0,00	0,00	122	441	562
203	Kuchyň	1,77	0,00	0,00	0,00	64	1366	1430
204	Pokoj	4,77	19,50	-3,20	0,00	674	450	1125
205	Pokoj	8,48	10,19	-1,67	0,00	544	542	1086
Celkem						3895	9679	13574

7.5 Tepelná stabilita

Kritickou místností pro vyhodnocení tepelné stability v letní období byl obývací pokoj (1.12). Tepelná stabilita místností je dána nejvyšším denním vzestupem teploty. Požadavek dle normy ČSN 73 0540 je, aby nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti, která je určena pro pobyt lidí, nepřesáhla 27 °C. Místnost 1.12 obsahuje velké množství a na základě simulace bylo zjištěno, že bez absence zastínění by docházelo k přehřívání. Problém přehřívání byl řešen pomocí instalace vnějšího roletového systému. Vnitřní teplota vzduchu $\theta_{i,max} = 26,3$ °C. Majitel domu s navrženými úpravami i s výslednou teplotou souhlasil. Norma při souhlasu investora dovoluje krátkodobě dosáhnout teploty až 29 °C.

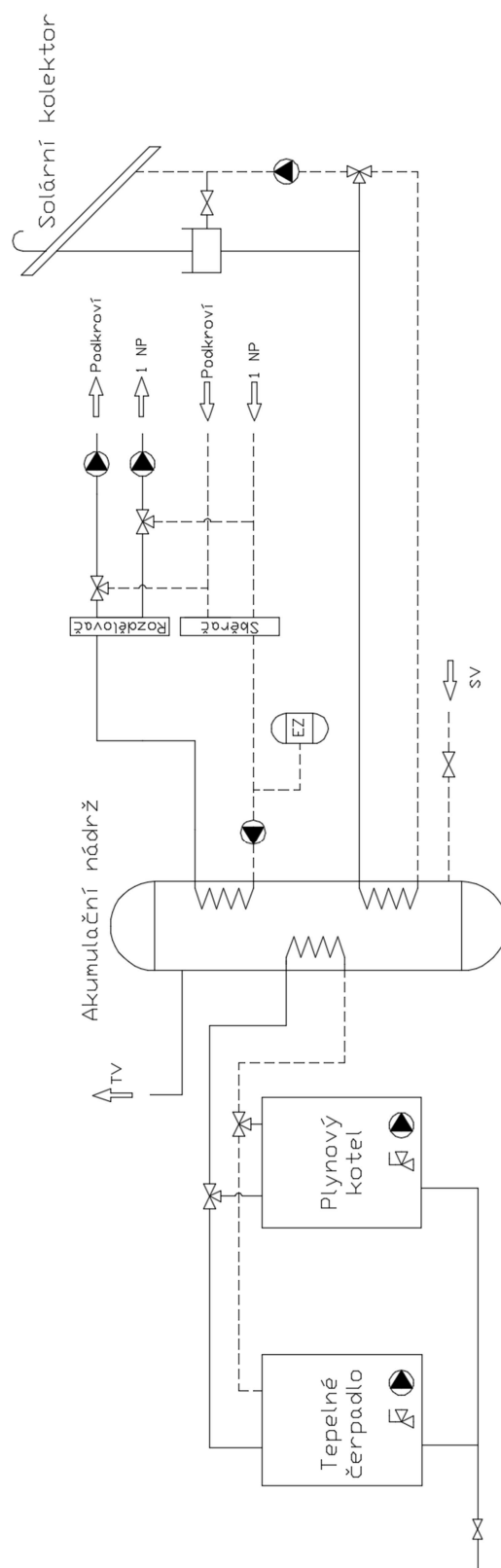
8 TEPELNÁ SOUSTAVA

V sledující kapitole budou navrženy jednotlivé části otopné soustavy. Soustava bude obsahovat tři zdroje tepla. Tepelné čerpadlo bude sloužit pro vytápění a ohřev teplé vody. Jako záložní zdroj byl zvolen kondenzační plynový kotel. Součástí budou také solární kolektory na ohřev teplé vody.

Teplovodní systém bude rozdělen na dva okruhy (nadmenní podlaží a podkroví). Desková otopná tělesa a jejich parametry byly vybrány na základě příručky firmy Korado (tab. 21). Celá otopná soustava bude navržena na teplotní spád 50/40 °C. Součástí návrhu bude také zásobník na teplou vodu a akumulační nádoba. Schéma otopné soustavy se nachází na obrázku (obr. 13)

Tab. 21: Parametry otopných těles

č.m.	Otopná tělesa	Výška OT	Délka OT	Výkon OT	$\Phi_{HL,i}$
		[mm]	[mm]	[W]	[W]
101	Radik VK 10	500	700	347	309
104	Radik VK 11	600	700	683	643
105	Radik VK 21	1000	600	1288	1203
106	Radik VK 33	1200	500	2287	2239
107	Radik VK 21	1000	500	1117	1039
108	Radik VK 21	700	500	782	730
109	Radik VK 10	500	400	212	209
111	Radik VK 11	900	400	637	619
112	Radik VK 21	1100	700	1595	1573
113	Radik VK 10	600	500	308	288
201	Radik VK 10	600	400	254	230
202	Radik VK 21	400	700	580	562
203	Radik VK 21	1000	700	1450	1430
204	Radik VK 21	900	600	1159	1125
205	Radik VK 21	900	600	1159	1086



Obr. 13: Schéma otopné soustavy

8.1 Zdroje tepla

8.1.1 Tepelné čerpadlo

Jako hlavní zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody bylo zvoleno tepelné čerpadlo flexo THERM exklusive VWF 157/4 firmy Vaillant ve výkonovém provedení 15 kW. Tento typ tepelného čerpadla dosahuje výstupní teploty až do 65 °C. Topný faktor provedení VWF 157/4 dosahuje hodnoty až 4,90. Umožňuje také možnost přepnutí na chlazení v letním období. Díky systému Soud Safe System dosahuje velmi nízké hlučnosti a to kolem 50 dB v topném provozu. Minimální venkovní teplota pro provoz je udávána -10 °C a maximální 25 °C. Tepelné čerpadlo je také vybaveno přídatným elektrickým ohříváčem o výkonu 9 kW.

Z důvodu využití tepelného čerpadla bylo nutné také vybrat vhodnou akumulaci nádrží. Akumulační nádrž nám zajistí oddělený průtok tepelného čerpadla a průtok otopnou soustavou, čímž zajistíme konstantní požadovaný průtok tepelným čerpadlem. Výhodou je také zamezení cyklování čerpadla při nepříznivých podmínkách. Objem akumulaci nádrže stanovíme jako 15 až 20 násobek výkonu tepelného čerpadla. Pro náš případ byla vybrána akumulaci nádrž od výrobce Vaillant (shodný výrobce také pro tepelné čerpadlo a plynový kotel) model allSTOR VPS/3 exklusive o objemu 300 l. Vybraná varianta obsahuje jak přípojku pro potrubí topných okruhů tak i přípojku pro solární panely. Uvnitř zásobníku se nachází přepážka a tlumiče proudění, aby docházelo k účinnému vrstvení vody. Přepážka odděluje zóny určené pro ohřev teplé vody a vody potřebné pro vytápění.

8.1.2 Plynový kondenzační kotel

Plynový kondenzační kotel, sloužící jako záloha, byl vybrán model ecoTEC VUW 246/5-5 také od firmy Vaillant. Jmenovitý výkon kotle je udáván 4,2 až 21,2 kW. Rozsah výstupních teplot je 30 až 80 °C (35 až 65 °C pro ohřev teplé vody). Obsahuje elektronicky řízený Thermo-Compact modul, který je vybaven nerezovým hořákem a ventilátorem, s plynulou regulací otáček pro optimální spalování. Díky široké modulaci je možné měnit výkon v rozmezí 17 až 100 %. Součástí kotle je také 10 l expanzní nádoba.

8.2 Vyvážení otopné soustavy

Pro správnou funkci otopné soustavy je důležité správné nastavení regulačních ventilů. Které se nacházejí u každého otopného tělesa. Výpočty jednotlivých parametrů budou

uvedeny v následující kapitole. Pro první okruh, který zahrnuje tělesa v 1 NP bylo vybráno čerpadlo Grundfos ALPHA 15-55SF. Pro podkrovní okruh bylo vybráno čerpadlo Grundfos MAGNA 40-80F. Regulační ventily byly vybrány Danfoss USV-I.

Parametry části okruhu potřebné k výpočtu:

- Otopný výkon $P = 5681 \text{ W}$
- Délka úseku $l = 5 \text{ m}$
- Vnitřní průměr potrubí $d = 0,026 \text{ m}$
- Součinitel tření $\lambda = 0,04$
- Suma součinitelů vřezaných odporů $\xi = 32$
- Dispoziční tlak $\Delta p_{disp} = 7219 \text{ Pa}$

Výpočet hmotnostního a objemového průtoku:

$$\dot{m} = \frac{P}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{5681}{4180 \cdot 10} = 0,135 \text{ kg/h} \rightarrow \dot{V} = 0,486 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet rychlosti:

$$w = \frac{\dot{V}}{S} = \frac{0,486}{\frac{3600}{\pi \cdot \left(\frac{0,026}{2}\right)^2}} = 0,254 \text{ m/s}$$

Výpočet tlakových ztrát:

$$\Delta p_{celk} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \left(0,04 \cdot \frac{5}{0,026} + 32 \right) \cdot \frac{0,254^2}{2} \cdot 1000 = 1288 \text{ Pa}$$

Výpočet tlakové ztráty ventilu:

$$\Delta p_v = \Delta p_{disp} - \Delta p_{celk} = 7219 - 1288 = 5931 \text{ Pa}$$

Výpočet K_v a K_{vs} ventilu:

$$K_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\Delta p_v}} = \frac{0,486}{\sqrt{\frac{15596}{10^6}}} = 1,99 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow K_{vs} = 2,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet Δp_{v100} a autority ventilu:

$$\Delta p_{v10} = \left(\frac{\dot{V}}{K_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{0,486}{1,60} \right)^2 = 0,035 \text{ bar}$$

$$a = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{disp}} = \frac{0,092}{0,016} = 0,486$$

Tab. 22: Parametry regulačních ventilů

č.m.	ΔP_v [Pa]	K_v [m ³ /h]	K_{vs} [m ³ /h]	P_{v100} [bar]	a [-]
101	7061	0,61	0,80	0,04	0,58
104	6995	0,73	0,95	0,04	0,57
105	4587	3,19	4,15	0,03	0,38
106	5931	2,00	2,60	0,04	0,49
108	7165	0,36	0,46	0,04	0,59
109	6903	0,96	1,24	0,04	0,57
111	6757	1,14	1,48	0,04	0,55
112	6475	1,38	1,79	0,04	0,53
113	6806	1,03	1,34	0,04	0,56
201	2651	0,92	1,19	0,02	0,54
202	2747	0,60	0,78	0,02	0,56
203	2374	1,11	1,44	0,01	0,48

8.3 Příprava teplé vody

Vstupní parametry pro výpočty přípravy teplé vody:

- potřeba teplé vody podle ČSN 06 0320 $V_{2p} = 82 \text{ l}/(\text{os} \cdot \text{den})$
- teplo odebrané z ohříváče $Q_{2p} = 4,3 \text{ kWhl}/(\text{os} \cdot \text{den})$
- ztráty přípravou vedením $z = 0,3$
- počet uživatelů v domácnosti $n = 4$

Tab. 23: Harmonogram dodávky teplé vody

Čas	Využití [%]	Teplo [kWh]
do 4:00	0	0
4:00 až 7:00	25	4,3
7:00 až 14:00	10	1,72
14:00 až 19:00	40	6,88
od 19:00	25	4,3

Teplo odebírané z ohřivače během jednoho dne:

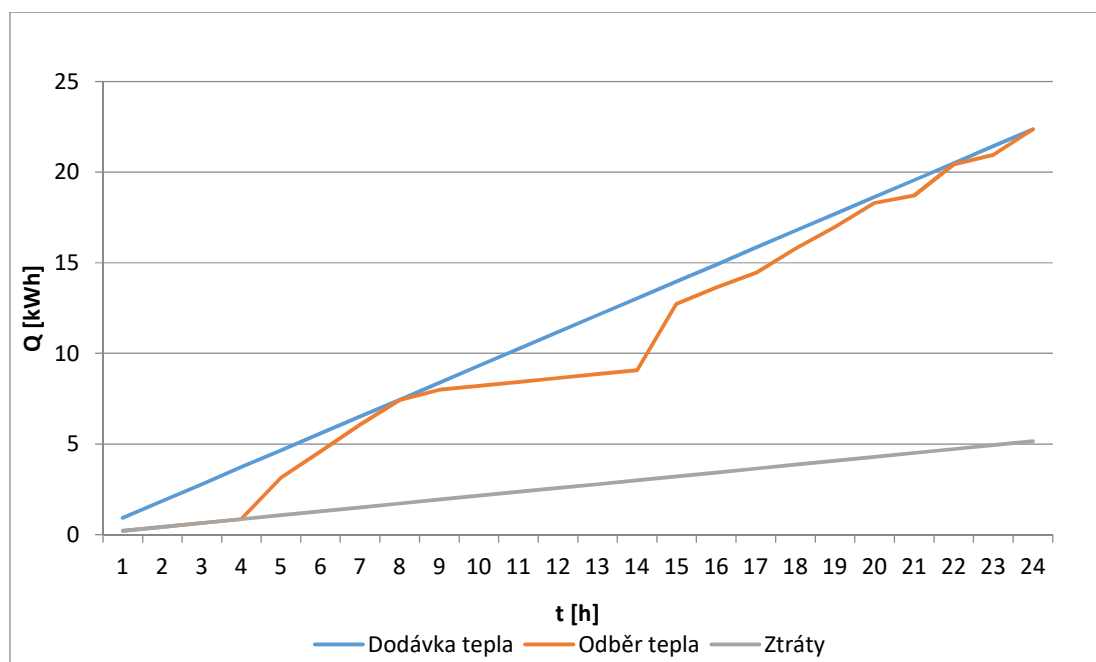
$$Q_{2t} = n \cdot 4,3 = 4 \cdot 4,3 = 17,2 \text{ kWh}$$

Tepelná ztráta při distribuci:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 17,2 \cdot 0,3 = 5,16 \text{ kWh}$$

Celkové dodané teplo:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 17,2 + 5,16 = 22,36 \text{ kWh}$$



Obr. 14: Křivky průběhu dodávek a odběru tepla

Velikost zásobníku stanovíme podle vztahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{3,97}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,076 \text{ m}^3$$

Minimální velikost zásobníku na teplou vodu by měla být 76l.

Tepelný výkon, potřebný pro ohřev teplé vody:

$$\Phi_{tn} = \frac{Q_{2p}}{24} = 932 \text{ W}$$

8.4 Návrh solární soustavy pro přípravu teplé vody

Při návrhu slunečních kolektorů je důležitý výpočet celkové plochy solárních kolektorů. Plocha bude stanovena pro referenční den období, po které požadujeme pokrytí tepla soustavou. Bylo zvoleno období pro měsíce duben a srpen. Pro výpočet byly uvažovány solární kolektory SUNTIME 2.1 s následujícími parametry:

- Optická účinnost $\eta_0 = 0,781$
- Lineární součinitel tepelné ztráty $a_1 = 2,495 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Kvadratický součinitel $a_2 = 0,028 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Plocha absorberu $A = 1,83 \text{ m}^2$
- Doporučený průtok $\dot{V} = 60 \div 120 \text{ l/h}$

Skutečná dávka ozáření plochy:

$$H_{T,den} = \tau_t \cdot H_{T,den,teor} + (1 - \tau_t) \cdot H_{T,den,dif}$$

$$H_{T,den,4} = 0,39 \cdot 6,34 + (1 - 0,39) \cdot 1,32 = 3,277 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{den})$$

$$H_{T,den,8} = 0,53 \cdot 6,64 + (1 - 0,53) \cdot 1,51 = 4,228 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{den})$$

Průměrná denní účinnost:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \left(\frac{\theta_m - \theta_{es}}{G_{T,stř}} \right) - a_2 \left(\frac{\theta_m - \theta_{es}}{G_{T,stř}} \right)^2$$

$$\eta_{k,4} = 0,781 - 2,495 \left(\frac{40 - 12}{527} \right) - 0,028 \left(\frac{40 - 12}{527} \right)^2 = 0,648$$

$$\eta_{k,8} = 0,781 - 2,495 \left(\frac{40 - 22,6}{515} \right) - 0,028 \left(\frac{40 - 22,6}{515} \right)^2 = 0,696$$

Měrný teplený zisk z kolektorů:

$$q_k = \eta_k \cdot H_{T,den}$$

$$q_{k,4} = 0,648 \cdot 3,277 = 2,123 \text{ kWh}/(m^2 \text{ den})$$

$$q_{k,8} = 0,696 \cdot 4,228 = 2,942 \text{ kWh}/(m^2 \text{ den})$$

Plocha slunečních kolektorů bude vypočítána pro požadovaný objem teplé vody na jeden den. Dle normy ČSN 06 0320 je stanovený požadavek na teplou vodu 82 l/(os·den). V praxi se tato hodnota uvažuje nižší. Pro výpočty bude použita hodnota 50 l/(os·den) a součinitel tepelných ztrát $p = 0,15$.

Denní potřeba tepla na přípravu teplé vody:

$$Q_{pc} = (1 + p) \cdot \frac{n \cdot V \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{3,6 \cdot 10^6}$$

$$Q_{pc} = (1 + 0,15p) \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot 1000 \cdot 4180 \cdot (60 - 15)}{3,6 \cdot 10^6} = 12,02 \text{ kWh}/\text{den}$$

Potřebná plocha solárních kolektorů:

$$A_k = \frac{Q_{pc}}{q_k} = \frac{(1 + p) \cdot Q_p}{\eta_k \cdot H_{T,den}}$$

$$A_{k,4} = \frac{12,02}{2,213} = 5,43 \text{ m}^2$$

$$A_{k,8} = \frac{12,02}{2,942} = 4,08 \text{ m}^2$$

Z předchozích výpočtů vyplývá, že budeme potřebovat 3 solární kolektory SUNTIME 2.1 o celkové ploše absorberu 5,49 m². Systém bude otevřený, takže nebude potřeba navrhovat tlakovou expanzní nádobu. Výhody otevřeného systému je, že není potřeba plnit soustavu nemrznoucí směsí a je možné ji kdykoliv vypouštět v zimním období. Systém bude připojen pomocí měděné trubky o průměru 22 mm. Cena jednoho panelu SUNTIME 2.1 se pohybuje kolem 15000 Kč.

8.5 Návrh expanzní nádoby a pojistného ventilu

Výrobce tepelného čerpadla i plynového kotle udává maximální dovolený provozní tlak 3 bar. Pojistný ventil byl vybrán IVAR.PV KD, který má nastavitelný otevírací tlak v rozmezí 0,5 až 5,5 bar. Výtokový součinitel ventilu je $a_v = 0,565$.

Vypočet minimálního průřezu sedla:

$$S_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{a_v \sqrt{p_{ot}}}$$

$$S_{o,T\check{c}} = \frac{2 \cdot 15,6}{0,565 \sqrt{300}} = 3,19 \text{ mm}^2$$

$$S_{o,PK} = \frac{2 \cdot 14,9}{0,565 \sqrt{300}} = 3,05 \text{ mm}^2$$

Výpočet vnitřního průměru pojistného potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p}$$

$$d_{v,T\check{c}} = 10 + 0,6 \sqrt{15,6} = 12,36 \text{ mm}$$

$$d_{v,PK} = 10 + 0,6 \sqrt{14,9} = 12,31 \text{ mm}$$

Zvolený pojistný ventil pro obě zařízení má skutečný průtočný průřez 176 mm a jmenovitou světlost 20 mm.

Expanzní nádoba pro otopnou soustavu. Dle následujícího vztahu vypočítáme stupeň využití expanzní nádoby.

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} = \frac{p_{h,dov,A} - (1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3})}{p_{h,dov,A}} = 0,79$$

Objem expanzního zařízení:

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} = 1,3 \cdot 180 \cdot 0,01169 \cdot \frac{1}{0,79} \cong 4 \text{ l}$$

9 SYSTÉM ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ

Celý systém řízení bude obsluhovat přípravu teplé vody a přípravu topné vody. Systém vytápění se skládá z tepelného čerpadla, plynového kotle a v případě ohřevu teplé vody je možné navíc využít solární soustavu.

Příprava teplé vody

Hlavním zdrojem teplé vody při vhodných venkovních podmínkách bude solární soustava. Tyto podmínky budou monitorovány pomocí venkovního čidla teploty a teploty vzduchu v okolí solárních kolektorů. Důležité je aby teplota vody vstupující do akumulární nádrže měla vyhovující teplotu (50 až 60 °C). Při snížené intenzitě slunečního záření je okruh se solárními kolektory vybaven trojcestným ventilem. Při velmi nízkých teplotách lze pro ohřev teplé vody využít tepelné čerpadlo či plynový kondenzační kotel.

Pro přípravu teplé vody je také důležité, aby se teplota vody s určitou periodou zvýšila na 70 °C. To nám umožní vyhubení bakterií *Legionella pneumophila*. V letním období nám zvýšení teploty zajistí solární soustava. V zimním období a v případě vhodných podmínek využijeme tepelné čerpadlo. Plynový kotel využijeme jako poslední možnost zvýšení teploty.

Vytápění

Vytápěcí voda bude primárně ohřívána pomocí tepelného čerpadla. Otopná voda bude přiváděna do akumulární nádoby, kde bude hlídána její teplota. Požadovaná teplota otopných těles bude regulována pomocí trojcestných ventilů, které se nacházejí na každém okruhu. Třícestné ventily nám zajistí směšování přívodní vody do radiátorů s vratnou vodou. V případě nízkého topného faktoru tepelného čerpadla bude dodávka vody do akumulární nádrže zajištěna pomocí plynového kotle.

Technologie řízení

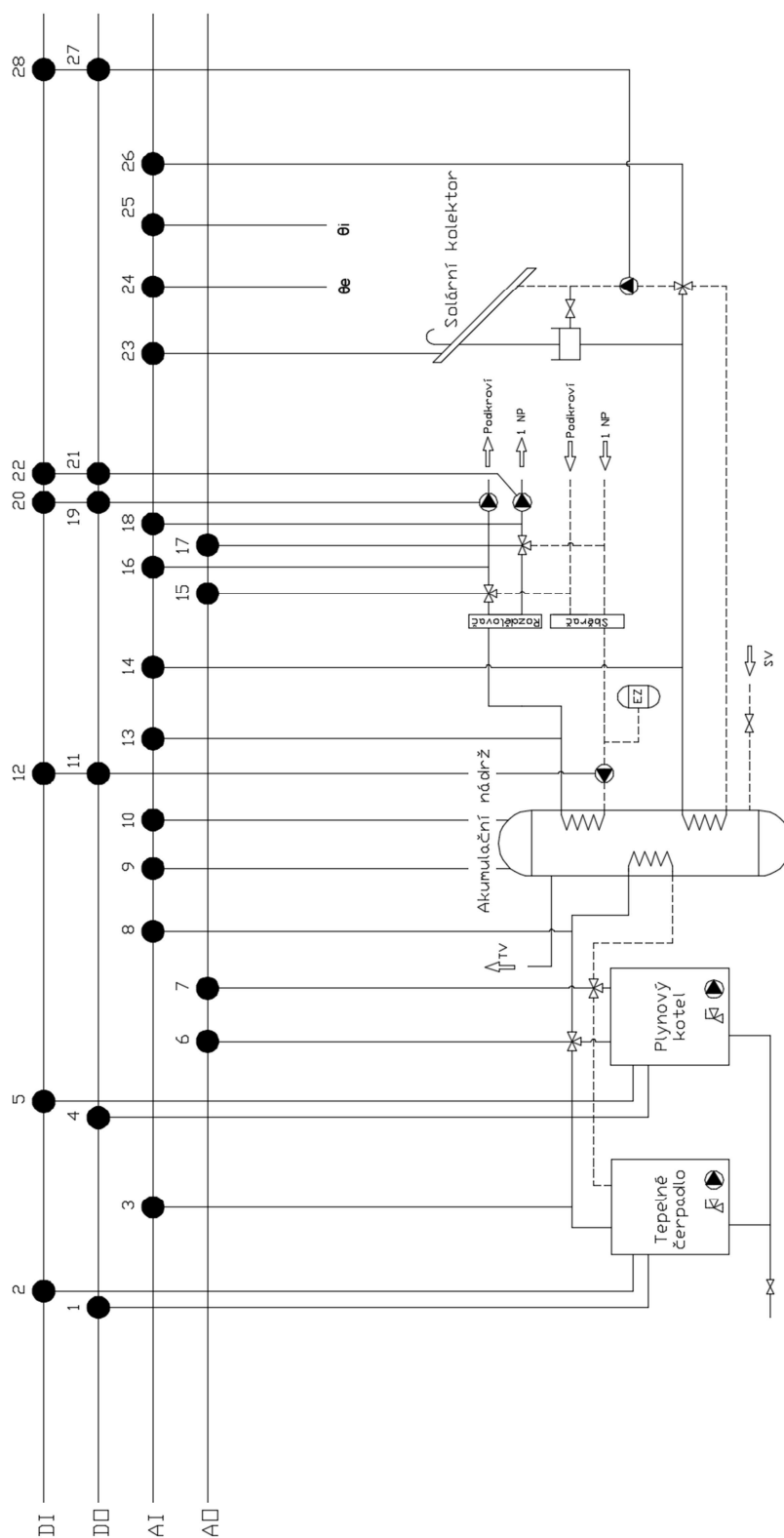
Při řízení systému je důležité najít vhodnou technologii, která bude disponovat požadovaným počtem vstupů a výstupů. Požadované počty vstupů a výstupů jsou uvedeny v tabulce (tab. 24). Dále jsou zde také uvedeny zařízení, funkce a typ I/O. Tabulka byla vytvořena na základě schématu na obrázku.

Tab. 24: Technologie – funkce a I/O

č. I/O	Typ I/O	Zařízení	Funkce
1	DO	Tepelné čerpadlo	řízení
2	DI	Tepelné čerpadlo	monitorování
3	AI	Čidlo teploty	monitorování
4	DO	Plynový kotel	řízení
5	DI	Plynový kotel	monitorování
6	AO	Trojcestný ventil	řízení
7	AO	Trojcestný ventil	řízení
8	AI	Čidlo teploty	monitorování
9	AI	Čidlo teploty	monitorování
10	AI	Čidlo teploty	monitorování
11	DO	Čerpadlo	řízení
12	DI	Čerpadlo	monitorování
13	AI	Čidlo teploty	monitorování
14	AI	Čidlo teploty	monitorování
15	AO	Trojcestný ventil	řízení
16	AI	Čidlo teploty	monitorování
17	AO	Trojcestný ventil	řízení
18	AI	Čidlo teploty	monitorování
19	DO	Čerpadlo	řízení
20	DI	Čerpadlo	monitorování
21	DO	Čerpadlo	řízení
22	DI	Čerpadlo	monitorování
23	AI	Čidlo teploty	monitorování
24	AI	Čidlo teploty	monitorování
25	AI	Čidlo teploty	monitorování
26	AI	Čidlo teploty	monitorování
27	DO	Čerpadlo	řízení
28	DI	Čerpadlo	monitorování

Potřebné počty vstupů a výstupů:

- DI digitální vstup, 6x
- DO digitální výstup, 6x
- AI analogový vstup, 12x
- AO analogový výstup, 4x



Obr. 15: Schéma otopné soustavy a její regulace

Řízení systému bude zajišťovat PLC Tecomat Foxtrot CP-1003. Zvolený programovatelný automat disponuje 8 DI, 12 DO, 8AI, 4AO. Kvůli nedostatku analogových vstupů bude nutné nainstalovat přídatný modul IT-1604, který obsahuje 8 AI a 2 AO. Základní modul obsahuje ethernetové rozhraní a integrovaný web server. Nevyužité porty systému můžeme využít pro termostaty v jednotlivých místnostech a budoucí rozšíření řídicí soustavy.

Vizualizace

Vizualizace systému řízení byla vytvořena v programu Control Web. Díky vytvořené aplikaci bude možné systém ovládat a řídit přes internetové rozhraní, kterým PLC disponuje. Výhodou je, že systém řízení může uživateli posílat různé zprávy a výpisy přes internet. Vizualizace byla rozdělena do dvou částí.

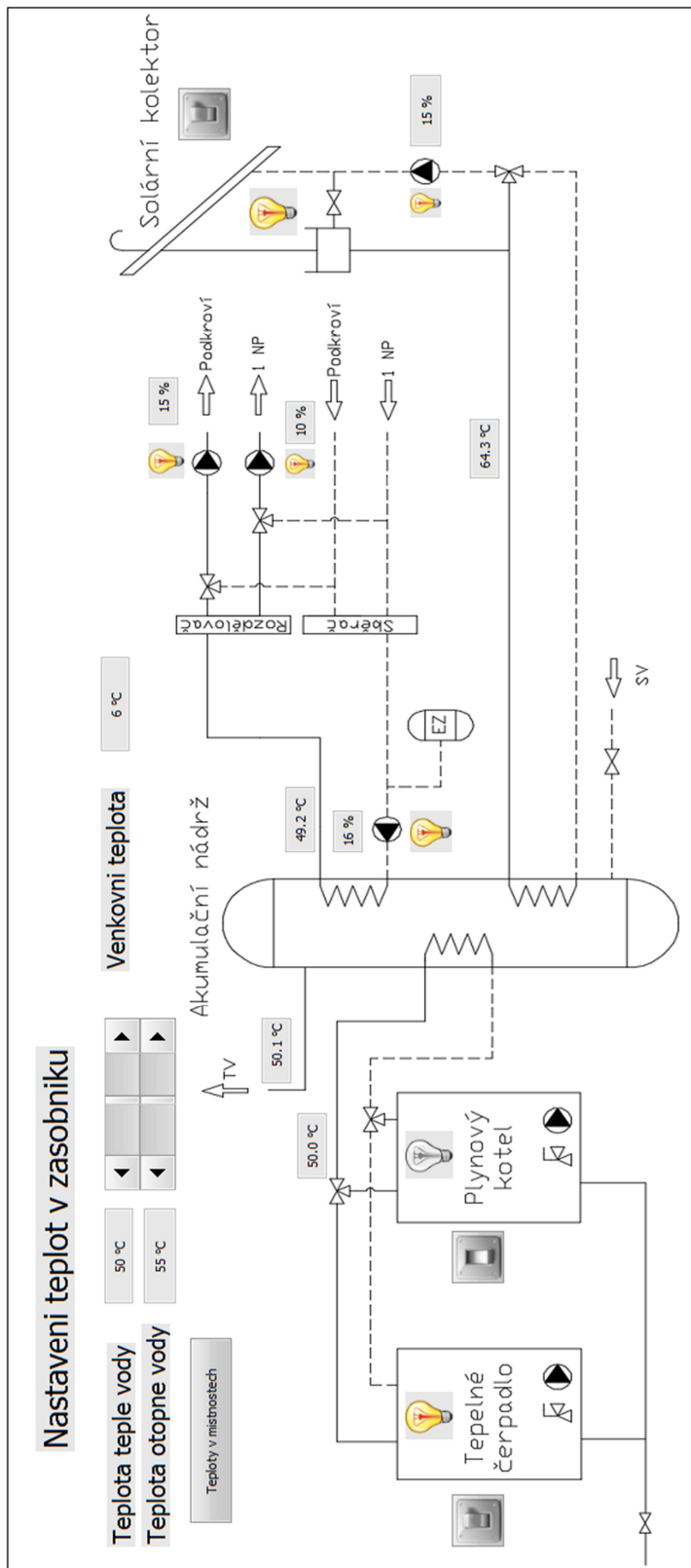
- Nastavení teplot v místnostech
- Monitorování soustavy

Ovládání teploty v místnostech, které jsou vybaveny termostaty, lze vidět na následujícím obrázku. (obr. 16). Na panelu lze vidět aktuální teplotu v místnosti a venkovní teplotu. Požadovanou teplotu lze nastavit pomocí posuvníku a její hodnotu lze vidět nad ním v zobrazovacím textovém poli.



Obr. 16: Ovládání teploty v místnosti

Vizualizace monitorování otopné soustavy je zobrazena na obrázku (obr. 17). Pomocí žárovek je zobrazen stav zapnuto/vypnuto u jednotlivých prvků. Pomocí dvou posuvníků lze zvýšit či snížit teploty jednotlivých částí akumulční nádoby.



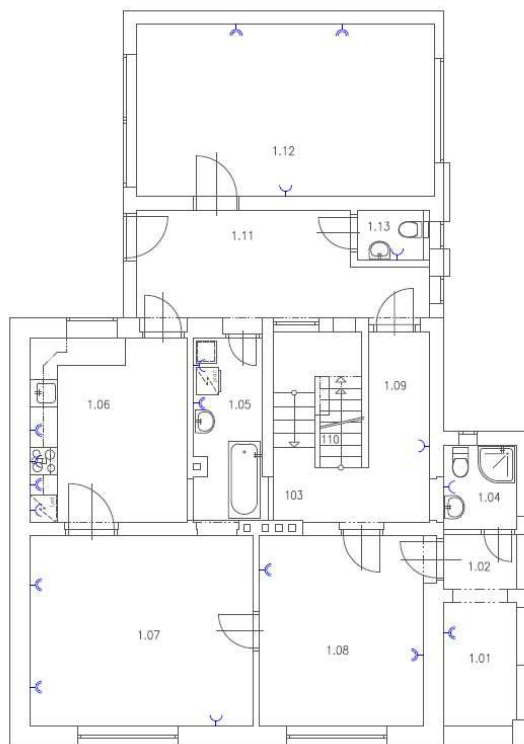
Obr. 17: Vizualizace otopné soustavy

10 ELEKTROINSTALACE

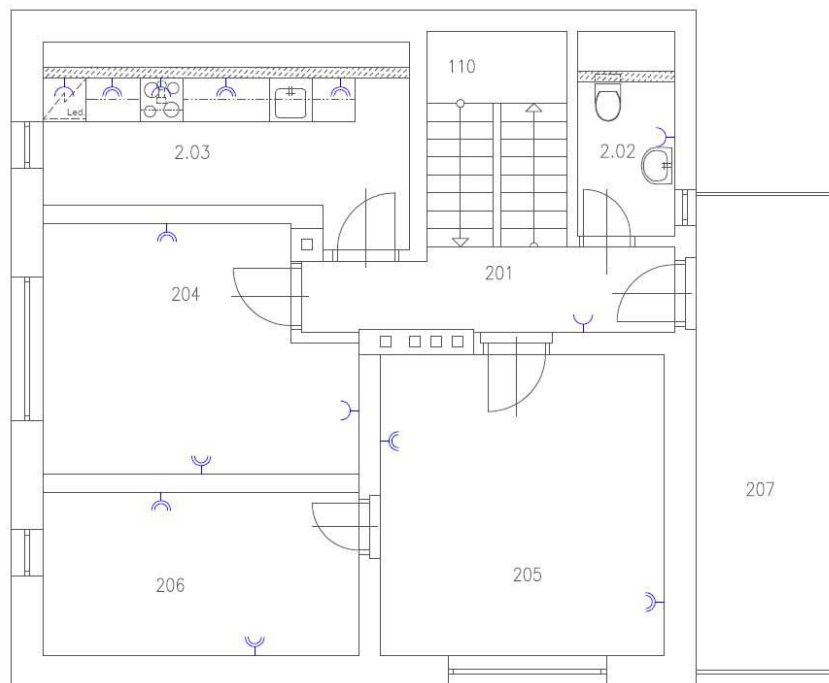
Hlavní domovní rozvaděč je typu TN-S s vodičem PEN, který je rozdělen na PE a N. Objekt je také vybaven přípojkou na 400 V. Třífázové vedení je zde zavedeno, protože to vyžaduje tepelné čerpadlo. Třífázové zásuvky se budou nacházet pouze v technické místnosti a jedné z garáží pro případné připojení techniky, která by vyžadovala dané připojení.

10.1 Zásuvkové okruhy

Jistící prvky pro zásuvkové okruhy budou převážně 16 A. Zaveden budou také okruhy 20 A pro zařízení jako je například trouba kuchyni apod. Bude zaveden také speciální jistící okruh pro spotřebiče, které vyžadují trvalé zapojení (např. lednice). Na jeden jistící prvek bude připojeno maximálně 10 zásuvek. Zásuvky v koupelnách a kuchyních budou vybaveny zvýšenou ochranou proti vniknutí vody. Jelikož jsou na objektu prováděny rekonstrukční práce, zásuvkové okruhy možná podlehnou zásadním změnám podle vybavení v jednotlivých místnostech. Umístění zásuvek lze vidět na obrázku (obr 18, 19).



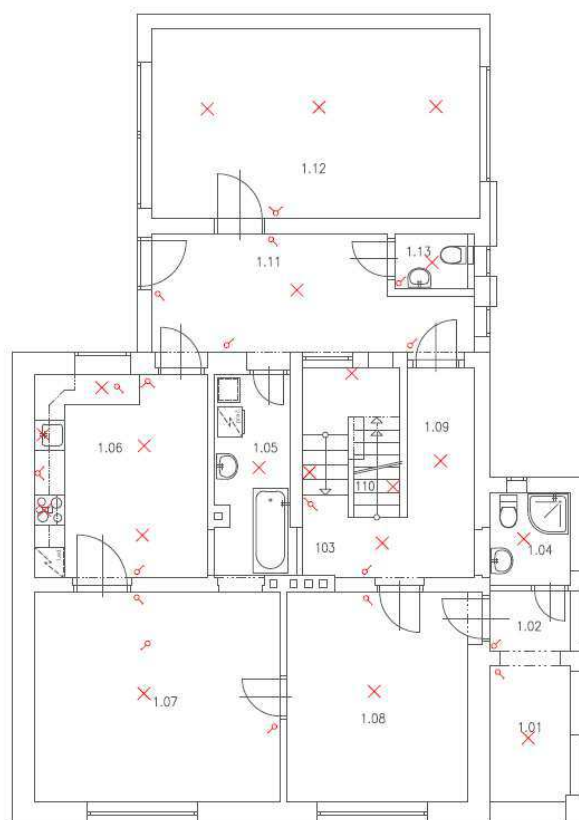
Obr. 18: Umístění zásuvek v 1 NP



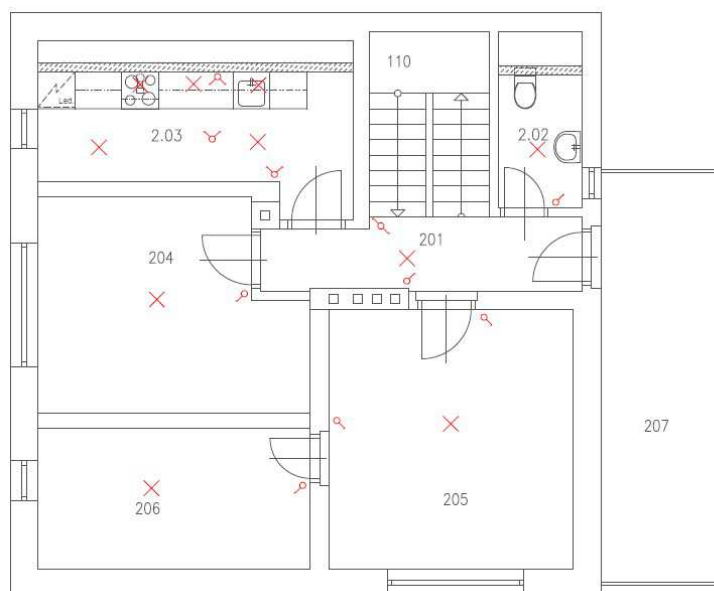
Obr. 19: Umístění zásuvek v podkroví

10.2 Světelné okruhy

Pro světelné okruhy v domě budou využity 10 A jističí prvky. Jako světelné prvky budou využity úsporná svítidla či led osvětlení. Nad pulty pro přípravu jídla v kuchyních budou požita bodová led osvětlení. V prostorách kuchyní budou využita zářivková svítlení. V malých prostorech (např. místnost 2.02) budou instalována nástěnná svítidla.



Obr. 20: Umístění světel a vypínačů v 1 NP



Obr. 21: Umístění světel a vypínačů v podkrovi

10.3 Systém PZTS

Poplachový zabezpečovací a tísňový systém (PZTS) slouží k ochraně majetku a snaží se zabránit vniknutí nežádoucích osob. Součástí PZTS může být i elektronický požární systém EPS. V systému budou využity následující detektory.:

- Kontakty otevření dveří
- Pohybová čidla
- Detektory rozbití skla
- Požární a teplotní čidla

Celý systém bude řešen jako samostatná aplikace. Součástí bude LCD ovládání ve vstupní hale. Pro ochranu pláště budovy využijeme magnetický detektor pro vstupní dveře a detektory rozbití skla do oken. Detektor rozbití skla reaguje na frekvence zvuku, odpovídající tříštění skla. Vzdálenost pokrytí může být i několik metrů, z toho vyplývá, že jedním detektorem můžeme pokrýt více oken v jedné místnosti. Tyto detektory budou využity v místnostech v 1 NP (1.11, 1.12, 1.06, 1.07, 1.08, 1.02) Vnitřní prostory budou obsahovat PIR detektory, pro detekci pohybu osob. Vnitřní detektory budou vybaveny funkcí pro zabránění detekci domácích mazlíčků.

PIR detektor byl vybrán JA-186 P. Jedná se o dvouzónový bezdrátový PIR detektor, který poskytuje vysokou ochranu před falešnými poplachy. Jeho běžná instalační výška je 120 cm nad podlahou a komunikační dosah zhruba 300m při přímé viditelnosti.

Pro vstupní dveře a vchod na balkon v podkrovní části byl zvolen magnetický dveřní kontakt SA-200-A.

V technické místnosti se bude nacházet bezdrátový detektor úniku plynu JA-180G

Kuchyně budou vybaveny bezdrátovým kombinovaným detektorem kouře a teploty. Jeho komunikační dosah je 300 m, což bude dostačující i při umístění v podkrovním patře.

V místnostech s okny se budou nacházet detektory rozbití skla JA-185B. Jedná se o malé zařízení, které detekuje rozbití dveřních nebo okenních skleněných výplní. Detektor využívá analýzu změny tlaku v místnosti v kombinaci s detekcí charakteristického zvuku rozbíjeného skla. Komunikační dosah je cca 100 m při přímé viditelnosti a detekční vzdálenost udávána výrobcem je až 9 m.

Přístup do domu bude zajištěn pomocí bezdrátového přístupového modulu s klávesnicí a RFID JA-153E.



Obr. 22: Přístupový modul JA-153E

Ovládání celého systému bude zajištěno ústřednou JA-101KR, která obsahuje i GSM/GPRS komunikátor a rádiový modul. Zařízení je vhodné pro rodinné domy a disponuje až 50 bezdrátovými nebo sběrníkovými zónami. Díky vestavěnému GSM/GPRS komunikátoru, umožňuje hlasovou, SMS nebo GPRS komunikaci s koncovými uživateli a středisky PCO.



Obr. 23: Ústředna JA-101KR

ZÁVĚR

V teoretické části bylo popsáno vnitřní a vnějšího prostředí budov. Na základě rozebírané problematiky byla zpracována teoretická část. Mimo jiné byla řešena otázka obnovitelných zdrojů energie. Byly zde popsány i systémy techniky prostředí a stavební fyzika. V posledních kapitolách byla zmíněna sběrníková elektroinstalace.

V úvodu praktické části byly popsány technické parametry stávajících konstrukcí domu. Následně byly popsány nedostatky konstrukcí a jejich návrhy na případné změny. Výsledné návrhy byly zpracovány tak, aby navržené konstrukce splňovaly tepelně-technické parametry pro pasivní domy. Výsledkem byl výpočet součinitelů prostupu tepla a průměrného součinitele prostupu tepla. U vnějších obvodových stěn tyto podmínky nebyly splněny s ohledem na ekonomickou tloušťku izolace, která byla 200 mm. Součástí je také výpočet difuze vodních par, kde všechny hodnoty odpovídaly platným normám.

Další část byla věnována výpočtu tepelných ztrát prostupem tepla a větráním. Hodnoty intenzity větrání byly zvoleny tak, aby bylo možné prostory vyvětrat i při zvýšených (nárazových) požadavcích na čerstvý vzduch. Celkové tepelné ztráty prostupem tepla byly stanoveny na 3895 W, celkové tepelné ztráty větráním 9679 W.

V následující části byl popsán návrh otopné soustavy, která se skládala z tepelného čerpadla, solárních kolektorů, akumulární nádrže a kondenzačního plynového kotle. Všechny radiátory byly vybrány pomocí interaktivní příručky firmy Korado. Součástí byl také výpočet tlakových ztrát soustavy a výpočet parametrů regulačních ventilů. V závěru této části byly navrženy solární kolektory a zásobník na teplou vodu, který nebyl v systému využit z důvodu možnosti rozdělení akumulární nádoby na dvě části. Oba navržené zdroje tepla i akumulární nádoby byly vybrány od jednoho prodejce a to firmy Vaillant.

Následně byl popsán systém monitorování a řízení otopné soustavy. Nejdříve byly popsány požadavky na HW vybavení a způsob řízení. Bylo vybráno PLC od firmy Teco a následná vizualizace SCADA proběhla v programu Control Web. V závěru oddílu byly navrhnuty zásuvkové okruhy a rozvržení osvětlení.

Poslední kapitola byla věnována návrhu zabezpečovacího systému. Prvky celého systému byly vybrány na základě katalogů firmy Jablotron.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TZWONIAK, Jan. *Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech* [online]. 2007 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>
- [2] Co je pasivní dům. *Centrum pasivního domu* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [3] Energetická náročnost budov - definice pojmů. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [4] Rozdíl mezi energetickým štítkem a energetickým průkazem budovy. *Energetický štítek od ArchEnergy* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.budovyprukaz.cz/rozdil-stitek-prukaz.html>
- [5] ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY. *RDPLAN-VILTA* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.rdplan.cz/?page=texty&id=19>
- [6] Průkaz energetické náročnosti budovy: K čemu vám je a kolik bude stát? *MĚŠEC.CZ* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.mesec.cz/clanky/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-k-cemu-vam-je-a-kolik-bude-stat/>
- [7] RUBIN, Aleš a Olga RUBINOVÁ. Mikrobiální mikroklima budov (I). *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/12819-mikrobiaalni-mikroklima-budov-i>
- [8] RUBIN, Aleš a Olga RUBINOVÁ. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
- [9] ZMRHAL, Vladimír. Stanovení střední radiační teploty (I). *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/3072-stanoveni-stredni-radiacni-teploty-i>
- [10] LEHOCKÁ, Hana. *Kulový teploměr a jeho vývoj z hlediska hodnocení tepelné pohody organismu* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb->

info.cz/2896-kulovy-teplomer-a-jeho-vyvoj-z-hlediska-hodnoceni-tepelne-pohody-organismu

- [11] SCHWARZER, Jan. *TZB-info / Větrání a klimatizace / Teorie a výpočty / Teorie vlhkého vzduchu (I) Teorie vlhkého vzduchu (I)* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/3323-teorie-vlhkeho-vzduchu-i>
- [12] KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2681-7.
- [13] HREBÍK, Pavol. *Analýza neurčitosti vnútornej teploty výpočtu potreby tepla na vykurovanie* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/10871-analyza-neurcitosti-vnutornej-teploty-vypoctu-potreby-tepla-na-vykurovanie>
- [14] PROUDĚNÍ VZDUCHU. *Katedra fyziky Přf OU* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz/MMi/meteo1/diplomka/Ramec2_soubory/AAA/proudeni.html
- [15] ŠKORPÍK, Jiří. *Sluneční záření jako zdroj energie* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/02.html>
- [16] BRANDOS, Otakar. *Solární konstanta* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.treking.cz/astronomie/solarni-konstanta.htm>
- [17] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. *Bytové větrání ve vztahu k produkci CO₂, vlhkosti a škodlivin (II). TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3042-bytove-vetrani-ve-vztahu-k-produkci-co2-vlhkosti-a-skodlivin-ii>
- [18] BEKSA, Martin. *Vlhkost stavebních konstrukcí. TopDesign Stavby, s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://projektovani.top-design.cz/clanky/7-vlhkost-stavebnich-konstrukci-i-dil.html>
- [19] *ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictv, 2011.
- [20] *Tepelná stabilita místnosti v zimním období. STAVEBNÍ KLUB* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z:

https://www.stavebniklub.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrOM1TL05UgePQXdmE1nJ9S8gkniCBTij6JA

- [21] Tepelná stabilita místnosti v letním období. *STAVEBNÍ KLUB* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: https://www.stavebniklub.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrOM1TL05UgePQsRKKzhTiG-8kniCBTij6JA
- [22] TEPELNÉ ZISKY. *Centrum pasivního domu* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/tepelne-zisky/t115?chapterId=1632>
- [23] Tepelné zisky od vnitřních zdrojů. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>
- [24] Produkce tepla a vodní páry od lidí. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/61-produkce-tepla-a-vodni-pary-od-lidi>
- [25] Solární systémy a jejich využití. *Pozorování slunce* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/solarni-systemy-a-jejich-vyuziti.html>
- [26] Energie biomasy. *Pozorování slunce* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/vyuziti-slunecni-energie/energie-biomasy.html>
- [27] HOŘEJŠÍ, Miroslav Tepelná čerpadla pro každého (I). *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
- [28] Typy tepelných čerpadel. *IVT Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [29] Článeková otopná tělesa. *EKOMPLEX* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa/clankova.php>
- [30] Desková otopná tělesa. *EKOMPLEX* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa/deskova.php>

- [31] Trubková otopná tělesa. *EKOMPLEX* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa/trubkova.php>
- [32] Rozvody teplovodních soustav a jejich materiály. *Snižujeme.cz* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.snižujeme.cz/clanky/rozvody-teplovodnich-soustav-a-materialy/>
- [33] BAŠTA, Jiří. Regulační armatury - teoretická základna (I). *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>
- [34] *Topenářská příručka*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [35] MAZAČ, Petr. *Připojení rodinného domu na distribuční síť a návrh jeho elektroinstalace*. Praha, 0015n. 1. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. Ivan Cimbolínek.
- [36] *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [37] MATUŠKA, Tomáš. Typy solárních kolektorů. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [38] Jak rozdělujeme klimatizace. *Blueteam Klimatizace a tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.splitova-klimatizace.cz/jak-rozdelujeme-klimatizace.html>
- [39] NOVÁČEK, Jiří. Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/189-pozadavky-na-vzduchovou-nepruzvucnost>
- [40] NOVÁČEK, Jiří. *Krocejová neprůzvučnost* [online]. In: . [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/190-krocejova-nepruzvucnost>
- [41] Rozvody se sběrníkovými systémy. *Učíme v prostoru* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2986
- [42] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN 80-902-9382-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AI	Analog input
AO	Analog output
DI	Digital input
DO	Digital output
EN	Expanzní nádoba
EPS	Elektronická požární signalizace
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Globální systém pro mobilní komunikace
HW	Hardware
I/O	Input/output
LCD	Liquid crystal display
NP	Nadzemní podlaží
PCO	Pult centrální ochrany
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
PIR	Pasivní infračervené čidlo
PLC	Programmable logic controller
PMV	Střední tepelný pocit
PPD	Předpokládané procento nespokojených
PZTS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém
TV	Teplá voda

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Energetický štítek obálky budovy	14
Obr. 2: Závislost PPD na PMV	20
Obr. 3: Pasivní využití solární energie	34
Obr. 4: Schéma procesu transformace biomasy v různé formě	36
Obr. 5: Rozdělení solárních kolektorů.....	46
Obr. 6: Sběrníková topologie	48
Obr. 7: Hvězdicová topologie	48
Obr. 8: Půdorys podzemního podlaží.....	51
Obr. 9: Půdorys nadzemního podlaží	52
Obr. 10: Půdorys podkroví	53
Obr. 11: Průběh tlaků vodní páry v obvodovém zdivu	55
Obr. 12: Průběh tlaků vodní páry v navrhnutém obvodovém zdivu	56
Obr. 13: Schéma otopné soustavy	63
Obr. 14: Křivky průběhu dodávek a odběru tepla.....	67
Obr. 15: Schéma otopné soustavy a její regulace	73
Obr. 16: Ovládání teploty v místnosti	74
Obr. 17: Vizualizace otopné soustavy	75
Obr. 18: Umístění zásuvek v 1 NP.....	76
Obr. 19: Umístění zásuvek v podkroví.....	77
Obr. 20: Umístění světel a vypínačů v 1 NP.....	78
Obr. 21: Umístění světel a vypínačů v podkroví	78
Obr. 22: Přístupový modul JA-153E.....	80
Obr. 23: Ústředna JA-101KR	80

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Základní rozdělení budov podle spotřeby tepla na vytápění	12
Tab. 2: Kategorie vnitřního prostředí	15
Tab. 3: Energetický výdej[8]	16
Tab. 4: Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu v prostoru	17
Tab. 5: Stupnice PMV	19
Tab. 6: Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období	28
Tab. 7: Výpočtové vnější podmínky vybraných lokalit	29
Tab. 8: Výpočtové teploty vnitřních prostorů.....	29
Tab. 9: Cítné teplo při různých činnostech	31
Tab. 10: součinitel zvětšení objemu	43
Tab. 11: Potřeba teplé vody pro jednu osobu na den	44
Tab. 12: Okrajové podmínky lokality	50
Tab. 13: Parametry místností podzemního podlaží.....	51
Tab. 14: Parametry místností nadzemního podlaží	52
Tab. 15: Parametry podkrovních místností.....	53
Tab. 16: Skladba obvodového zdiva	55
Tab. 17: Skladba obvodového zdiva s navrhnutou tepelnou izolací.....	56
Tab. 18: Součinitele prostupu tepla konstrukcí.....	58
Tab. 19: Hodnoty pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla	59
Tab. 20: Tepelné ztráty	61
Tab. 21: Parametry otopných těles.....	62
Tab. 22: Parametry regulačních ventilů.....	66
Tab. 23: Harmonogram dodávky teplé vody	67
Tab. 24: Technologie – funkce a I/O.....	72

SEZNAM PŘÍLOH

P I Půdorysy

P II Otopná soustava

P III Elektroinstalace

P IV Osvětlení

P V Řízení

P VI SCADA

Poznámka: přílohy jsou pouze v elektronické podobě