

Intelligentní penzion pro seniory

Intelligent boarding house for retired people

Bc. Ondřej Hadač

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem inteligentního penzionu pro seniory. Jedná se o systémy vytápění, elektroinstalace, návrhu služeb a správu celého objektu.

Výsledkem práce je plán realizace řízení technologií v budově penzionu. Díky sběrníkovým systémům (zejména KNX) je tak možné objekt kontrolovat, řídit a dohlížet na jeho chod a podávat obsluze informace při mimořádné situaci (ohrožení života – selhání životních funkcí, požár, porucha). Cílem celého návrhu je zvýšit komfort a posílit bezpečnost ubytovaných hostů penzionu.

Klíčová slova: inteligentní penzion, KNX, sběrníkový systém, vytápění, požární a zabezpečovací systém, solární panely

ABSTRACT

This diploma thesis deals with intelligent boarding-house for elderly people design. It includes the sub-projects of heating system, wiring and monitoring the building as a whole.

The main result of this work is proposal and application of control technologies in a boarding house. By using bus system technologies (especially KNX), it is feasible to control, manage and supervise the performance of the building. Acknowledging the operator about alarm states (life-threatening failure of vital bodily functions, fire, malfunction) was also taken into account. The goal of the entire project is to increase the comfort of accommodated guests and strengthen safety measures.

Keywords: intelligent building, KNX, bus system, heating, fire alarm and electronic security systems, solar panel

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce, Ing. Martinu Zálešákovi, CSc., za jeho rady, připomínky ale zejména za odbornou výuku v oblasti inteligentních budov, díky které jsem si prohloubil vědomosti a stala se základem pro psaní této práce.

Nejvíce si však cením zázemí, které mi poskytla moje rodina a za to jsem ji neskonale vděčný. Bez nich by tato práce nikdy nevznikla.

Motto

“

Z ničeho se nemá dělat věda. Ani z vědy ne, natož pak ze života.

”

JAN WERICH (* 1905 – † 1980)

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské 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/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY	13
1.1 ÚVOD.....	13
1.2 ROZDĚLENÍ BUDOV	13
1.2.1 Nízkoenergetický dům	14
1.2.2 Pasivní dům	14
1.2.3 Nulový dům, dům s energetickým přebytkem	14
1.3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY KONSTRUKCE ÚSPORNÝCH DOMŮ	15
1.3.1 Orientace, umístění	15
1.3.2 Tvar a poloha	16
1.3.3 Izolace obvodových konstrukcí	16
1.3.4 Výplně otvorů	17
1.3.5 Těsnost.....	18
1.3.6 Větrání	19
1.4 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV	19
1.4.1 Průkaz energetické náročnosti budov	19
1.4.2 Energetický štítek obálky budovy.....	20
2 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU	22
2.1 VNITŘNÍ PODMÍNKY	22
2.1.1 Tepelné faktory prostředí.....	23
2.1.2 Tepelné osobní faktory	24
2.1.3 Tepelná pohoda.....	25
2.1.4 Kritéria tepelné pohody	26
2.1.5 Čistota vzduchu	28
2.1.6 Vizuální pohoda.....	29
2.1.7 Akustická pohoda	30
2.2 TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU	31
2.2.1 Zdroje energie	31
2.2.2 Solární kolektory.....	32
3 SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY	36
3.1 SBĚRNICOVÝ SYSTÉM EIB/KNX.....	36
3.1.1 Základní parametry	36
3.1.2 Struktura komunikace.....	37
3.1.3 Vrstvy KNX.....	38
3.1.4 Struktura sítě.....	38
3.1.5 Komunikační rámec.....	40
3.1.6 Komunikační média.....	40
3.1.7 Příklady užití.....	41
3.1.8 Porovnání KNX s klasickou elektrickou instalací	42
4 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU	43

4.1	ÚČEL HODNOCENÍ	43
4.2	HODNOTÍCÍ PARAMETRY	43
4.2.1	Diskont.....	43
4.2.2	Úročitel	43
4.2.3	Inflace	44
4.2.4	Peněžní tok	44
4.2.5	Čistá současná hodnota.....	44
4.2.6	Vnitřní výnosové procento.....	45
4.2.7	Doba splacení.....	45
II	PRAKTICKÁ ČÁST	46
5	PŘEDMĚT PRÁCE.....	47
6	CHARAKTERISTIKA OBJEKTU	48
6.1	OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA.....	48
6.2	POŽADAVKY NA OBJEKT	48
6.3	POSOUZENÍ PLÁŠTĚ BUDOVY	52
7	NÁVRH SYSTÉMU TEPELNÉHO PROSTŘEDÍ	54
7.1	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	54
7.1.1	Návrhové tepelné ztráty prostupem	54
7.1.2	Návrhové tepelné ztráty větráním.....	55
7.1.3	Zátopový tepelný výkon.....	56
7.2	CELKOVÝ NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON	57
7.3	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	57
7.4	VÝPOČET TEPELNÝCH ZISKŮ	58
7.5	HYDRAULICKÉ SCHÉMA VYTÁPĚČÍHO SYSTÉMU	60
7.6	OKRUH S OTOPNÝMI TĚLESY	60
7.6.1	Rozdělení otopných větví	62
7.6.2	Návrh třífázového regulačního ventilu.....	63
7.6.3	Návrh oběhového čerpadla	67
7.7	PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	68
7.8	VZDUCHOTECHNIKA	74
7.8.1	Dimenzování vzduchotechnického systému	74
7.8.2	Letní provoz – chlazení	75
7.8.3	Zimní provoz – vytápění.....	79
7.8.4	Přívod čerstvého vzduchu.....	82
7.8.5	Odvod odpadního vzduchu	82
7.8.6	Návrh ventilátorů	83
7.9	PŘÍPRAVA TV	86
7.9.1	Dimenzování zásobníku TV	86
7.9.2	Dimenzování výměníku a čerpadel TV	88
7.9.3	Návrh systému solárních kolektorů	90
7.9.4	Dimenzování výměníku a čerpadel solárního systému.....	92
7.9.5	Dimenzování vyrovnávací nádrže	95

7.10	VYTÁPĚCÍ ZDROJ – KOTELNA	96
7.10.1	Výběr zdrojů tepla	96
7.10.2	Dimenzování kotlového čerpadla	97
7.10.3	Dimenzování termohydraulického rozdělovače	98
7.10.4	Větrání kotelny	99
7.10.5	Odvod spalin	99
7.11	ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ	99
7.11.1	Návrh expanzní nádoby	100
7.11.2	Návrh pojistného ventilu	101
8	NÁVRH SILNOPROUDÝCH ROZVODŮ	103
8.1	PŘIPOJENÍ PENZIONU	103
8.1.1	Dimenzování hlavního domovního vedení	103
8.1.2	Návrhové parametry el. sítě	105
8.2	POŽADAVKY NA EL. SILNOPROUDÝ ROZVOD	105
8.3	NÁVRH ZÁSUVKOVÝCH OBVODŮ	106
8.4	NÁVRH KOUPELNOVÝCH ROZVODŮ	107
8.5	NÁVRH SVĚTELNÝCH OBVODŮ	108
8.6	ŘEŠENÍ SILNOPROUDÝCH ROZVODŮ	109
9	POŽÁRNÍ SYSTÉM, ELEKTRONICKÝ POŽÁRNÍ SYSTÉM	110
9.1	POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ	110
9.1.1	Rozdělení do požárních úseků	110
9.1.2	Požární riziko	110
9.1.3	Únikové cesty	111
9.1.4	Protipožární zařízení	112
9.1.5	Elektrická požární signalizace	112
10	ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM	114
10.1	ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM	114
10.1.1	Plášťová ochrana	114
10.1.2	Prostorová ochrana	115
10.2	ELEKTRONICKÝ PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM	115
10.2.1	Kartový systém	115
10.2.2	Indikace přítomnosti osob	116
10.3	MONITOROVÁNÍ ZDRAVÍ OSOB	116
11	SYSTÉM SLUŽEB	118
11.1	ZDŮVODNĚNÍ POTŘEB SLUŽEB	118
11.2	VÝBĚR SLUŽEB	118
11.3	KOMUNIKACE SE SYSTÉMEM SLUŽEB	119
12	INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTACE	121

12.1	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	121
12.2	ELEKTROINSTALACE KNX.....	121
12.2.1	Spínání obvodů kartou.....	121
12.2.2	Řízení osvětlení	122
12.2.3	Ovládání oken.....	123
12.2.4	Dálkové vytápění	124
12.3	SCHÉMA ŘEŠENÍ.....	124
13	ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY BUDOVY	126
13.1	CÍL ŘÍZENÍ.....	126
13.2	MĚŘÍCÍ A REGULAČNÍ OKRUHY	126
13.2.1	Zdroj tepla.....	126
13.2.2	Zdroj chladu.....	129
13.2.3	Vzduchotechnika	130
13.3	VOLBA ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ.....	132
13.4	VZDÁLENÉ ŘÍZENÍ.....	133
13.5	TOPOLOGIE	134
13.6	NÁVRH SYSTÉMU SCADA.....	136
14	TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU	138
14.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY.....	138
14.2	POŘIZOVACÍ NÁKLADY	140
14.3	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	140
14.3.1	Kondenzační kotel	141
14.3.2	Solární kolektory.....	142
	ZÁVĚR.....	144
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	146
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	149
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	153
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	154
	SEZNAM TABULEK	157

ÚVOD

Pojem "inteligentní budova" (IB) dnes není žádnou novinkou. Svůj původ má v USA, kdy byl poprvé použit v 80. letech 20. století. Definice termínu inteligentní budovy se různily v důsledku rychlého vývoje technologií a požadavků na vnitřní prostředí budov. Do roku 1985 byla IB definována jako automaticky řízený objekt pro konkrétní účel. Od 1986 do 1991 pak jako budova schopná reagovat na měnící se potřeby.

V současné době se nabízí nespočet běžně citovaných definic od různých autorů, různě upravovaných a ještě navíc z různých zdrojů a hledisek. Ve většině případů však vychází ze zprávy Pracovní skupiny CIB W098 z roku 1995, kde: „Inteligentní budova je dynamická a citlivá architektura, jež poskytuje každému obyvateli produktivní, úsporné a ekologicky přijatelné podmínky pomocí soustavné interakce mezi svými čtyřmi základními prvky: místem (materiál, struktura, prostor), procesy (automatizace, kontrola, systémy), správou (údržba, provoz) a vzájemnými vztahy mezi nimi.“

Účelem všech inteligentních budov je pomáhat vlastníkov, správci i uživatelům těchto budov realizovat jejich vlastní cíle v oblasti nákladů, komfortu prostředí, bezpečnosti, dlouhodobé flexibility a prodejnosti. Inteligentní budova má uspokojovat současné potřeby vlastníka a nájemce budovy a může být jednoduše přizpůsobena jejich rostoucím nárokům v budoucnosti, umožňuje úspory pořizovacích i provozních nákladů.

Cílem diplomové práce byl návrh systémů techniky prostředí pro úsporné budovy tak, aby byla zajištěna vysoká efektivita těchto systémů při minimálních výdajích na jejich provoz. Výsledný projekt návrhu by měl posloužit všem, kteří o problematiku úsporných budov mají zájem a hledají komplexní zdroj informací.

Pro svoji práci jsem čerpal znalosti z vyučovaných odborných předmětů Projektování integrovaných systémů, Inteligentní budovy a Technika prostředí vyučovaných na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Z dalších zdrojů jsem používal Internet a odbornou literaturu, která je uvedena na konci v seznamu literárních odkazů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

1.1 Úvod

Výstavbu budov, jakožto produktu s velmi dlouhou životností, lze hodnotit dle mnoha hledisek, mimořádný vliv však má na spotřebu energie a životní prostředí [1]. Tuto skutečnost dokládá dokument OECD o udržitelnosti výstavby (tzv. sustainable building) [2], kde provoz budov ve vyspělých zemích je zodpovědný za více než 40 % potřeby energie a tomu odpovídající množství emisí CO₂.

Základním parametrem pro stanovení úspor budovy, dle vyhlášky 148/2007 Sb. [3] a ČSN EN ISO 13970 [4] je energetická náročnost budovy. Ta vyjadřuje celkové množství spotřeby energie na její provoz, což zahrnuje vytápění, chlazení, přípravu TV, větrání a osvětlení. Výsledné energetické vlastnosti budovy ovlivní celá řada faktorů, ke kterým lze zařadit například:

- volba pozemku a osazení budovy na něm
- orientace budovy ke světovým stranám s ohledem na dopad slunečního záření
- směr a intenzita větru
- velikost budovy a její tvarové řešení a vnitřní uspořádání

1.2 Rozdělení budov

Dle spotřebované energie na vytápění lze budovy rozdělit do několika kategorií. Parametrem dle [3] je tzv. *měrná potřeba tepla na vytápění*, která udává potřebu tepla v kWh na vytápění 1 m² plochy za rok.

Tabulka č. 1: Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění [kWh / (m ² rok)]
Starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro novostavby a více
Novostavba	80 – 140
Nízkoenergetický dům	≤ 50
Pasivní dům	≤ 15

Nulový dům	< 5
------------	-----

1.2.1 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetický dům, dle [4], je stavba s měrnou potřebou tepla na vytápění méně než 50 kWh/(m² rok). Tento typ objektu odpovídá na energetickém štítku obálky budovy klasifikaci B, v průkazu energetické náročnosti budovy totožné klasifikace B.

Dům může být postaven z libovolného materiálu, ovšem upřednostňují se hmoty se schopností akumulovat teplo. Při návrhu domu by se měly dodržet určité zásady, jejímž společným znakem je minimalizace úniků tepla – toho lze dosáhnout mnoha způsoby, mezi které například patří kompaktní tvar budovy bez výčnělků (žádné balkóny, vikýře, ...).

1.2.2 Pasivní dům

Pasivní dům označuje budovu, která se celoročně obejde bez použití klasického vytápěcího systému, bez snížení užitého komfortu. Dle Tabulky č. 1 lze vyčíst, že měrná potřeba tepla na vytápění nesmí překročit 15 kWh/(m² rok) – odpovídá tak klasifikační třídě A v energetické náročnosti budovy. Topení a větrání v takovém domě probíhá kombinací různých technologií a materiálů. K vytápění postačí solární kolektory, sluneční záření, které prochází okny, a teplo, ze spotřebičů a obyvatel domu. Větrání neprobíhá otevřenými okny, ale využívá se systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu.

Podmínkou pasivního domu je kvalitní tepelná izolace pláště budov s použitím řízeného větrání a odvětrání s účinným systémem rekuperace, vzduchotěsnost a správná orientace domu.

1.2.3 Nulový dům, dům s energetickým přebytkem

Nulový dům (dům s nulovou potřebou energie) je typ budovy, která nevyžaduje výrazné zlepšení tepelné izolace (oproti pasivnímu domu), ale obsahuje navíc vlastní zdroj energie – fotovoltaické panely. Za nulové domy jsou považovány stavby s potřebou tepla menší než 5 kWh/(m² rok).

Dalším navýšením vnějších tepelných zisků je možné dosáhnout i takového stavu, kdy je možné kompletně pokrýt potřebu domu a ještě dodávat elektrickou energii nebo teplo do

rozvodné sítě. Takováto stavba se označuje jako dům s energetickým přebytkem (též aktivní dům).

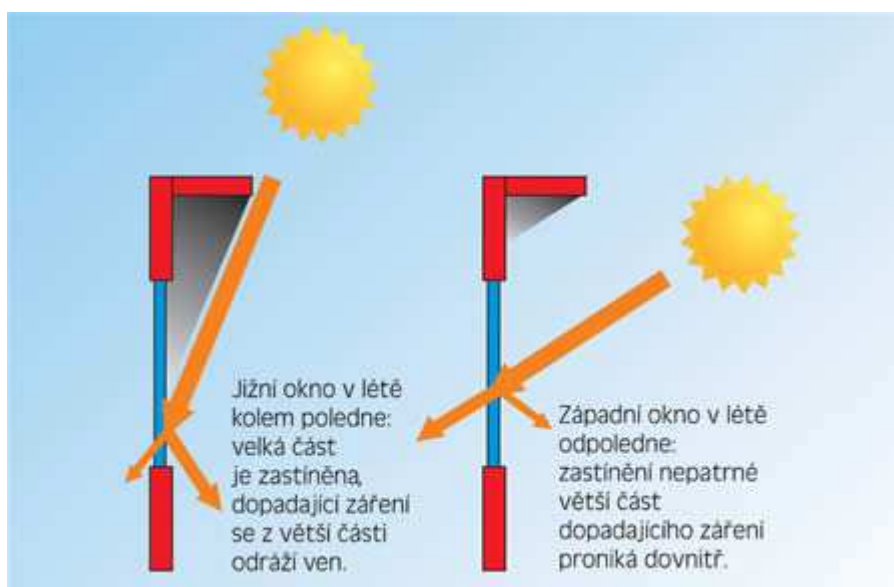
1.3 Základní principy konstrukce úsporných domů

Při návrhu úsporného domu je důležitá optimalizace základních prvků – orientace a tvar budovy, izolace obvodových stěn, výplně otvorů, neprůvzdušnost a větrání.

1.3.1 Orientace, umístění

Pro navýšení pasivních zisků (tedy využití sluneční energie) je nezbytné, aby většina prosklených ploch směřovala na jižní stranu (eventuálně jihovýchod či jihozápad) a zároveň nebyla zastíněna okolní výstavbou. K ostatním světovým stranám by měla být soustředěna menší okna.

V letním období je intenzita Slunce velmi vysoká, ale právě díky umístění skel na jižní stranu lze okna snadno stínit (např. markýzou) a omezit tak přehřívání. U oken směřovaných na západ či východ by bylo stínění složité a docházelo by k přehřívání budovy. Podobně nejsou příliš vhodná šikmá střešní okna, jimiž vlivem sklonu proniká více slunečního záření a lze je obtížně zastínit.



Obrázek č. 1: Dopad slunečního záření na okna na jižní a západní straně

1.3.2 Tvar a poloha

Pro minimalizaci spotřeby tepla by měl mít dům co nejvíce kompaktní tvar. Tedy aby měl co nejnižší poměr ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy (ideální je tvar koule, v praxi pak krychle či kvádr). Není vhodné dům projektovat s velkým počtem výstupků a výčnělků (balkóny apod.).

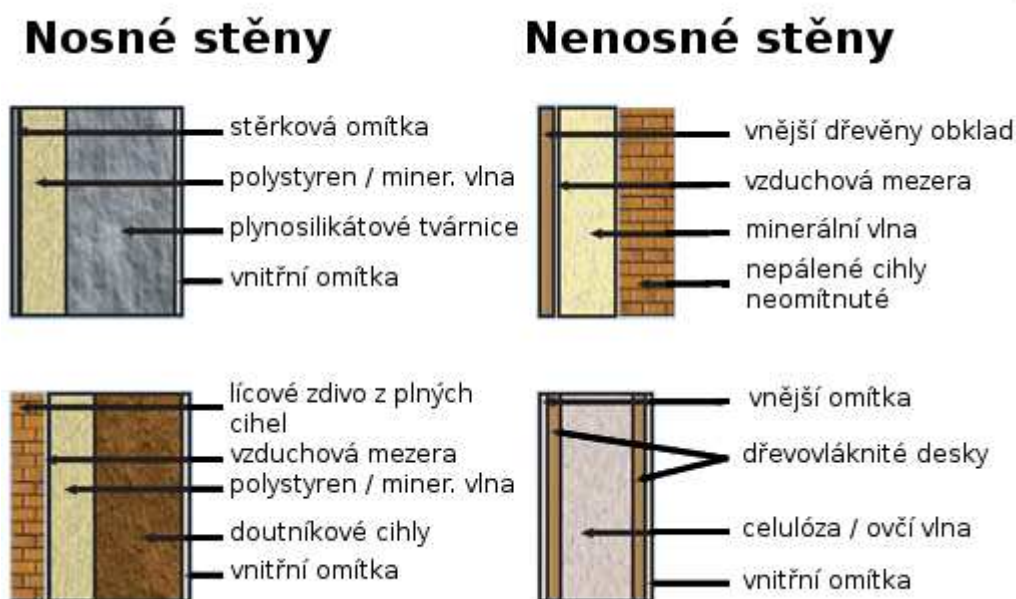
Výhodné je dům umístit do řadové a blokové výstavby a vyhýbat se volně stojícím prostorům, protože by docházelo k intenzivnímu ochlazování obvodové konstrukce větrem.

1.3.3 Izolace obvodových konstrukcí

Tepelná izolace obvodových konstrukcí je pravděpodobně nejdůležitější součástí domu, která výrazně snižuje tepelné ztráty a přináší objektu celou řadu výhod.

Nosné obvodové zdi u masivních staveb mají obvykle šířku 50 cm, nutné je však doplnit izolací. Ta může být provedena kontaktním zateplovacím systémem se sítěrkovou omítkou, keramickým či dřevěným podkladem. Lze aplikovat i sendvičovou konstrukci, kde je izolace (jádro) umístěna mezi vrstvy zdiva či zdiva a fásadu.

U lehkých staveb (převážně dřevostaveb) lze nosnou dřevěnou konstrukci vyplnit různými materiály – například dřevovláknité desky, desky z konopí, slámy, lnu či celulózy. Kromě nosné dřevěné konstrukce lze použít i panelové systémy.



Obrázek č. 2: Typy izolačních systémů obvodových konstrukcí

1.3.4 Výplně otvorů

Výplněmi stavebních otvorů jsou myšleny dveře a okna. Jsou součástí obálky budovy a z hlediska tepelné techniky jsou to nejslabší místa obvodového pláště kudy uniká nejvíce tepla. Rovněž právě okenní prosklené plochy umožňují solární zisky.

Nejdůležitějším parametrem pro hodnocení kvality okna je *součinitel prostupu tepla* U_w [W / m² × K], který lze stanovit výpočtem:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + I_g \times \phi_g + I_{Osazeni} \times \phi_{Osazeni}}{A_g + A_f}$$

A_g plocha zasklení [m²]

U_g součinitel prostupu tepla zasklení [W / m²K]

A_f plocha rámu [m²]

U_f součinitel prostupu tepla rámu [W / m²K]

I_g délka uložení zasklení do rámu [m]

ϕ_g lineární činitel prostupu tepla v uložení zasklení do rámu [W / mK]

$I_{Osazeni}$ délka osazení rámu do stěny [m]

$\phi_{Osazeni}$... lineární činitel prostupu tepla v osazení rámu do stěny [W / mK]

Z tohoto vztahu vyplývá, že kvalita okna nezávisí pouze na parametrech zasklení, ale i kvalitě okenního rámu a jeho způsobu uložení. Ten bývá v současné době u moderních oken komorový ze dřeva či plastu s polyuretanovou izolací. Vzhledem k tomu, že rám má horší parametry než skleněná plocha, vytváří se tak tepelný most. Omezení tepelných ztrát tepelného mostu lze dosáhnout například okenními roletami.

Typů oken je velká řada, nejčastější je použití oken s izolačním dvojsklem (trojsklem – případně je prostřední sklo nahrazeno odrazivou fólií – tzv. tepelné zrcadlo). Obvyklou součástí je selektivní, neboli polopropustná vrstva na vnitřním povrchu skla, zajišťující

dobrou propustnost slunečního záření do interiéru a bránící unikání tepelného záření směrem do exteriéru.

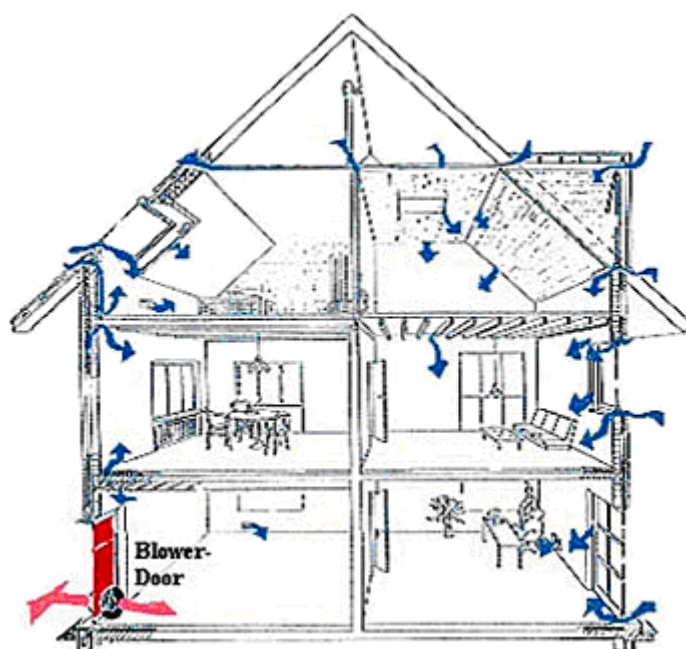
Tepelně izolační vlastnosti okna rovněž ovlivňuje mezera mezi skly. Její šířka je omezena konstrukčními možnostmi použitých okenních profilů. Kromě klasické vzduchové mezery lze okenní mezeru plnit i vzácnými plyny, které mají menší tepelnou vodivost. Nevýhodou je vyšší cena a také fakt, že přes sebelepší vzduchotěsnost okna, plyn pomalu uniká a je nahrazován vzduchem.

Snížení tepelných ztrát lze dosáhnout i návrhem oken, která jsou neotvíravá (tzv. pevná okna). Ta jsou používána především u pasivních domů, vybavených vzduchotechnickým systémem s nuceným . Pro lepší pocit obyvatel domu je však vhodné nechat v každé místnosti alespoň jedno okno otevíratelné.

1.3.5 Těsnost

Pro budovu je nezbytné vytvořit spojitou, vzduchotěsnou obálku. Tuto obálku popisuje parametr **těsnosti** (neprůvzdušnost). Cílem je, aby malými otvory a netěsnostmi v konstrukcích neunikalo teplo a zároveň aby vnitřní vlhkost nekondenzovala na konstrukcích a nesnižovala jejich životnost. U masivních staveb toho lze dosáhnout vrstvou omítky bez prasklin a důkladného utěsnění oken případně použitím parotěsnicí fólie. U dřevostaveb pak vzduchotěsnicí vrstvy plné konstrukční desky (např. OSB desky z lisovaných štěpek).

Kontrola neprůvzdušnosti se provádí testem (tzv. blow-door test), viz Obrázek č. 3. Do dveřního nebo okenního otvoru se umístí ventilátor, který vytváří přetlak nebo podtlak a měří se rozdíl tlaků uvnitř a vně budovy. K lokalizaci cest průniku vzduchu lze poté použít vyvíječe inertního dýmu případně termovizní kameru.



Obrázek č. 3: Test neprůvzdušnosti domu

1.3.6 Větrání

Energie potřebná na ohřev vzduchu vyměněného při větrání tvoří přibližně 30 % z celkové spotřeby domu. Výměnu vzduchu nelze nikterak zanedbat, protože dle [5] je požadavek na výměnu vzduchu z hygienických důvodů 0,3 – 0,5 objemu místnosti za hodinu, případně 30 – 50 m³/hod na osobu. V době, kdy v domě nikdo není, by měla být intenzita větrání cca 0,1 m³/hod kvůli odvodu vlhkosti a případných škodlivin (např. těkavé látky uvolňující se z nábytku).

Výměna vzduchu je v současné době realizována nejčastěji nuceným větráním (poháněným ventilátorem), který zajišťuje dostatek čerstvého vzduchu a je možné jej filtrovat či zvlhčovat – vše bez nutnosti otevírání oken. U pasivních domů se systém nuceného větrání vyžaduje kvůli využití odpadního tepla z odváděného vzduchu pro předehřátí vstupního čerstvého vzduchu.

1.4 Hodnocení energetické náročnosti budov

1.4.1 Průkaz energetické náročnosti budov

Dle zákona 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a prováděcí vyhlášky č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, musí mít každý dům tzv. **Průkaz energetické náročnosti**

budovy (PENB). Výstupem PENB je hodnota spotřeby energie na metr čtvereční podlahové plochy. Do spotřeby je započtena spotřeba tepla na vytápění, ohřev vody, osvětlení, elektřina na provoz oběhových čerpadel a ventilátorů a případně i na chlazení budovy. Průkaz tak vlastně hodnotí kvalitu budovy včetně obvodových konstrukcí a nároků na energie. PENB je vyžadován u následujících staveb:

- při výstavbě nových budov
- při větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m², které ovlivňují jejich energetickou náročnost. (Větší změnou dokončené budovy je taková změna, která probíhá na více než 25% celkové plochy obvodového pláště budovy, nebo taková změna technických zařízení budovy s energetickými účinky, kde výchozí součet ovlivněných spotřeb energií je vyšší než 25% celkové spotřeby energie).
- při prodeji nebo nájmu budov nebo jejich částí v případech, kdy pro tyto budovy nastala povinnost zpracovat průkaz energetické náročnosti dle předchozích odstavců

1.4.2 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy je dokument, který by měl být součástí projektové dokumentace stavby. Jedná se o grafické vyjádření stavebně-energetických vlastností konstrukcí domu (zavádí se parametr *průměrného součinitele prostupu tepla* U_{em} pro hodnocení prostupu tepla obálkou budovy) a je obdobou energetického štítku používaného u elektrických spotřebičů.

Štítek klasifikuje budovy do sedmi kategorií A – G od velmi úsporných (A) až po mimořádně nevhodných (G). Rozhodující jsou normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla a hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stavebního fondu. Za vyhovující jsou považovány budovy v kategoriích A – C. Klasifikační třída A odpovídá pasivním domům, třída B nízkoenergetickým domům. Třída C se podrobněji dělí na C1 (budova vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla), a C2 (budova vyhovuje požadované úrovni součinitele prostupu tepla). Rozmezí tříd D a E odpovídá průměrnému stavu stavebního fondu ČR do roku 2006. Součástí energetického štítku je také protokol, který popisuje tepelné

parametry budovy. Energetický štítek obálky budovy je graficky velmi podobný průkazu energetické náročnosti budovy, viz Obrázek č. 4.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY					ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY								
Typ budovy, místní označení Adresa budovy		Hodnocení budovy stávající doporučení			Typ budovy, místní označení Adresa budovy		Hodnocení obálky budovy stávající doporučení						
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ					XY	XY	Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{en} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{en} = H_T / A$						
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^2					XY	XY	Klasifikační ukazatele C_i a jim odpovídající hodnoty U_{en} pro $A/V =$ m^2/m^3						
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení		C_i	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
XY%	XY%	XY%	XY%	XY%		U_{en}							
Platnost průkazu		DD.MM.RRRR			Platnost štítku do		Datum						
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č. XY			Štítek vypracoval		Jméno a příjmení Klasifikace						

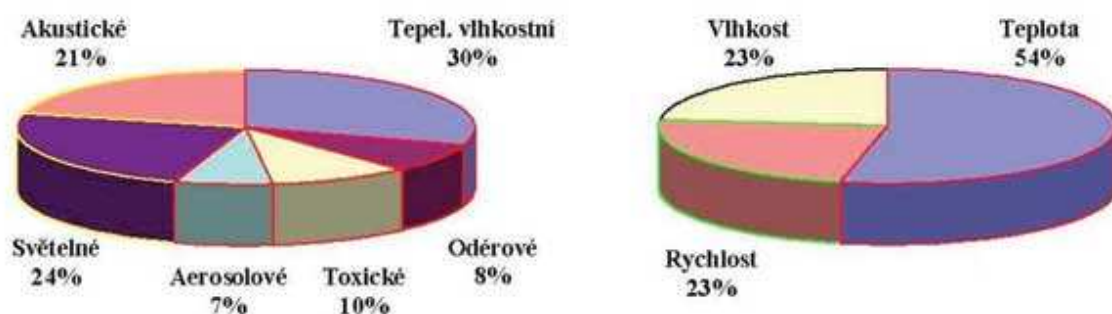
Obrázek č. 4: Průkaz energetické náročnosti budovy a energetický štítek obálky budovy

2 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU

Lidé tráví v budovách podstatnou část svého života. Cílem tvorby vnitřního klimatu je optimální stav prostředí s konstantní úrovní, při minimálních energetických nárocích v průběhu ročního období. Vzhledem k velkým nárokům na kvalitu vnitřního pracovního prostředí je nutné tvorbu vnitřního klimatu navrhovat v souladu se standardy norem [5] pro vnitřní klimatické podmínky.

2.1 Vnitřní podmínky

Vnitřní podmínky jsou tvořeny souhrnem několika energetických (teplo, chlad, hluk, chvění, záření) a látkových (oděry, vodní pára, prach, plyny, aerosoly, kouř) parametrů. V budovách pro pobyt osob je zásadní tepelně vlhkostní, oděrové a akustické mikroklíma, jak dokládá Obrázek č. 5.



Obrázek č. 5: Podíly složek vnitřního mikroklímatu

Tabulka č. 2: Přehled parametrů a systémů pro tvorbu vnitřního klimatu

Vnitřní mikroklíma	Typické škodliviny	Technické zařízení	Soustava, systém	Veličiny
Oděrové	oděry	vzduchotechnika	větrání, klimatizace	koncentrace
Tepelné	teplo (chlad)	vytápění, vzduchotechnika	vytápění klimatizace	teplota
Tepelně vlhkostní	teplo (chlad), vodní pára	vzduchotechnika	klimatizace	teplota, vlhkost

Vnitřní mikroklima	Typické škodliviny	Technické zařízení	Soustava, systém	Veličiny
Aerosolové	látky ve vzduchu	vzduchotechnika	větrání, odsávání, klimatizace	koncentrace
Toxické	plynné látky ve vzduchu	vzduchotechnika	větrání, odsávání, klimatizace	koncentrace
Mikrobiální	mikroorganismy ve vzduchu	vzduchotechnika	větrání, klimatizace	koncentrace

Největší podíl na tvorbě vnitřního mikroklimatu mají faktory ovlivňující výměnu tepla mezi tělem člověka a jeho okolím – ty mají zároveň vliv na dosažený stupeň tepelné pohody. Dělí se do dvou základních kategorií, a to na faktory prostředí a faktory osobní.

2.1.1 Tepelné faktory prostředí

Faktory prostředí jsou parametry, které nejsou závislé na subjektivních pocitech lidí a lze je snadno regulovat a měřit. Jsou to:

- *Teplota vzduchu* θ_{ai} [°C] je veličina měřena v interiéru bez vlivu sálání z okolních povrchů; při měření je čidlo teploměru nutné účinně chránit před tepelným zářením z okolních povrchů
- *Střední radiační teplota* θ_{sr} [°C] je myšlená rovnoměrná společná teplota všech ploch v místnosti, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný, jako ve skutečnosti
- *Rychlost proudění vzduchu* v_{ai} [ms⁻¹] významně ovlivňuje subjektivní vnímání teploty vzduchu (odpařování z povrchu kůže). Veličina je určena svojí velikostí a směrem. Hodnota nad 0,2 ms⁻¹ je chápána jako průvan.
- *Relativní vlhkost vzduchu* φ [%] udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Pokud je hodnota v rozmezí 30 – 70 %, je její vliv nepatrný

2.1.2 Tepelné osobní faktory

Osobní faktory jsou parametry závislé na subjektivních pocitech lidí a jsou proto značně individuální. Přizpůsobit prostředí podle osobních faktorů pro skupinu osob je obtížné a je nutné počítat s kompromisy.

Tepelný odpor oděvu (oblečení) I_{cl} [Clo] je jeden z hlavních faktorů ovlivňujících odvod tepla z lidského těla do okolí. Pro účely studia tepelné pohody byla zavedena jednotka s názvem *clo*, kdy 1 clo odpovídá izolační hmotě s tepelným odporem $R_{cl} = 0,155 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$. Tato hodnota je izolační hodnota běžného pánského obleku v kombinaci s bavlněným prádlem); celková hodnota clo pro soubor oblečení je 0,82 násobek součtu hodnot jednotlivých částí oblečení (viz Tabulka č. 3, [7]).

Tabulka č. 3: Tepelný odpor částí oblečení

Část oblečení	Tepelný odpor [clo]
Kabát	0,60
Kalhoty	0,35
Tričko	0,09
Svetr	0,28
Sako	0,35
Ponožky	0,02

Tepelná produkce organismu M [W/m^2] udává tepelný výkon člověka závislý na jeho tělesné aktivitě (viz Tabulka č. 4, [8]), osobních dispozicích (věk, postava, fyzická kondice) a podmínkách, v nichž se daná osoba nachází.

Tabulka č. 4: Hustota tepelného toku produkovaného člověkem

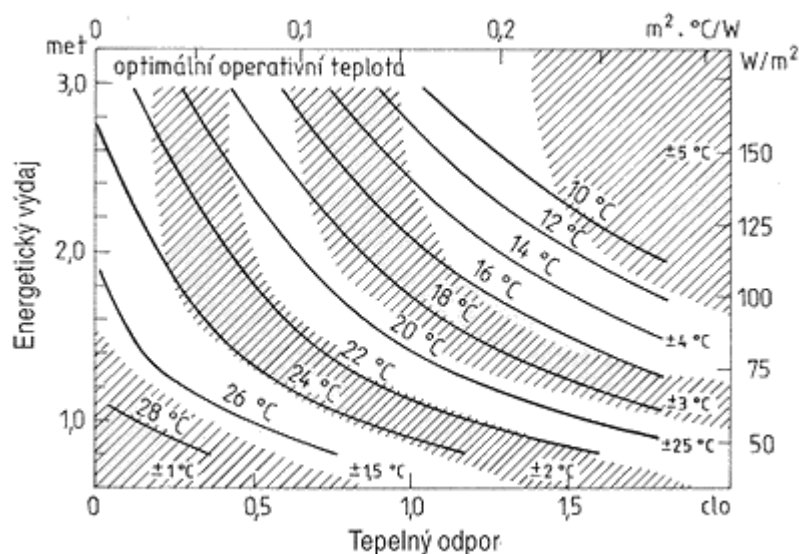
Činnost	Výdej energie [Wm^{-2}]
Spánek	46
Sezení	58
Práce vsedě	70
Lehká práce	93

Činnost	Výdej energie [Wm^{-2}]
Středně těžká práce	116
Těžká fyzická práce	180 – 380

2.1.3 Tepelná pohoda

Tepelnou pohodou (tepelný komfort, tepelná neutralita) je označován subjektivní stav, při kterém je dosaženo tepelné rovnováhy člověka. Tedy stav, kdy prostředí odebírá tělu tepelnou produkci bez nadměrného pocení (při suchém pocení). Nedosáhne-li se ani mokřým pocením tepelné rovnováhy, sníží chemická termoregulace těla intenzitu látkových přeměn a intenzita činnosti člověka nutně poklesne. Člověk by tedy neměl mít v daném prostředí pocit nepříjemného chladu a ani nepříjemného tepla. Tepelný stav prostředí je limitujícím činitelem, který omezuje dosažitelný pracovní výkon a stává se faktorem ovlivňujícím produktivitu činnosti člověka.

Na tepelný komfort člověka tak nemá vliv pouze teplota vzduchu, ale též teplota stěn a předmětů, rychlosti proudění vzduchu, tepelný odpor oděvu, vlhkost vzduchu a aktivita dotyčného jedince. Hodnocení tepelné pohody, stejně tak jako podmínky tepelného mikroklimatu přijatelného pro tepelnou pohodu člověka obecně, popisuje norma [7]. Mezi tyto podmínky patří i doporučené operativní teploty pro 90% spokojenost lidí v daném interiéru, viz Obrázek č. 6 a Tabulka č. 5.



Obrázek č. 6: Optimální operativní teploty jako funkce tělesné aktivity a oděvu

Tabulka č. 5: Doporučené operat. teploty pro 90% spokojenost lidí v interiéru

Období	Izolace oblečení [clo]	Stupěň aktivity [met]	Optimální operativní teplota [°C]	Přípustné rozmezí operativní teploty [°C]
Zima	1,0	1,2	22	20 – 24
Léto	0,5	1,2	24,5	23 – 26

2.1.4 Kritéria tepelné pohody

K hodnocení tepelné pohody se nejčastěji používá *operativní teplota* θ_0 , předpověď středního tepelného pocitu, tzv. *index PMV*, dále předpověď procentuálního podílu nespokojených, tzv. *index PPD* a obtěžování průvanem *DR* [9].

Operativní teplota

Operativní teplota θ_0 je vypočtená hodnota definována jako jednotná teplota uzavřeného prostoru (tj. prostoru o stejné teplotě vzduchu i stejné střední radiační teplotě), černého z hlediska radiace, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekci i sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném, teplotně nesourodém prostředí [7].

Ve většině případů, kde je relativní rychlost proudění vzduchu malá (menší než $0,2 \text{ ms}^{-1}$) nebo kde je rozdíl mezi střední radiační teplotou θ_{sr} a teplotou vzduchu θ_{ai} menší než 4 K, lze operativní teplotu vypočítat jako aritmetický průměr teplot θ_{sr} a θ_{ai} . Při vzrůstající rychlosti proudění vzduchu v_{ai} a rostoucím rozdílu teplot θ_{sr} a θ_{ai} se operativní teplota určí podle rovnice:

$$\theta_0 = \theta_{sr} + A \times (\theta_{ai} - \theta_{sr}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

kde

θ_{sr}střední radiační teplota [°C]

θ_{ai}teplota vnitřního vzduchu [°C]

Afunkce relativní rychlosti proudění vzduchu v_{ai} [ms^{-1}]

Tabulka č. 6: Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu v_{ai}

v_{ai} [ms^{-1}]	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
A [-]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Index PVM – PPD

Index PMV (Predicted Mean Vote) je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit velké skupiny osob. Lze ho stanovit, jestliže se odhadne energetický výdej člověka, hodnota tepelného odporu oděvu a změří se již zmíněné faktory prostředí. Vzorec pro jeho výpočet je odvozen z řešení tepelné bilance dle [7] takto:

$$PMV = (0,303 \times \exp^{-0,036M} + 0,028) \times L$$

Menergetický výdej povrchu lidského těla [Wm^{-2}]

Lrozdíl energetického výdeje a množství odvedeného tepla

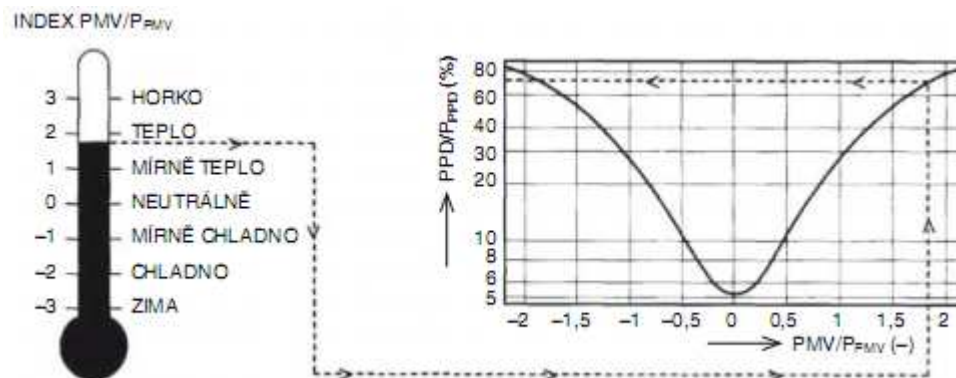
Pro ohodnocení indexu PMV se používá dvou sedmibodových stupnic Bedforda a stupnice ASHRAE.

Tabulka č. 7: Měření tepelné pohody podle stupnice Bedforda a ASHRAE

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

Stupnice tepelné pohody tak představuje *spokojenost člověka* s vytvořeným mikroklimatem. Vzhledem k individuálním odchylkám fyziologických funkcí jednotlivců a množstvím jiných (psychologických) vlivů nelze zajistit pocit pohody všem lidem v daném prostoru. Vždy existuje určité procento nespokojených, kteří pociťují tepelnou nepohodu, tzv. diskomfort.

Zavádí se tak **index PPD** (Predicted percentage dissatisfied) pro vyjádření předpokládaného procenta nespokojených, který je funkcí PMV indexu [10]. Z Obrázku č. 7 je patrné, že u velké skupiny lidí, vystavených témuž prostředí, bude vždy alespoň 5 % nespokojených.



Obrázek č. 7: Graf předpokládaného procenta nespokojených (PPD) jako funkce PMV

2.1.5 Čistota vzduchu

Čistota vzduchu popisuje kvalitu vzduchu a zahrnuje parametry jakou jsou chemické škodliviny, radon, oxid uhličitý a biologické faktory.

Koncentrace chemických škodlivin uvnitř budov je závislá na koncentraci těchto látek jednak z venkovního vzduchu a jednak zevnitř – ze vzduchotechnických zařízení, stavebních materiálů, zařizovacích předmětů a hlavně z činnosti člověka.

Větracím vzduchem se do interiéru přenáší škodliviny obsažené ve vnějším ovzduší. Jde zejména o prachové částice, oxidy síry, dusíku a uhlíku a polycyklické aromatické uhlovodíky.

Vnitřní vzduch obsahuje, kromě běžných odérů (t.j. plynných složek ovzduší vnímaných jako vůně a pachy) jako např. kouření a příprava jídel, i atypické, což jsou styreny, formaldehydy a odpařiny z nátěrů. Při pobytu lidí pak i zvýšenou koncentrací CO_2 a tělesných pachů.

Čistotu vzduchu v budovách lze zásadně ovlivnit pouze dostatečným přívodem čerstvého vzduchu.

2.1.6 Vizuální pohoda

Vizuální (případně zraková) pohoda je příjemný a příznivý psychofyziologický stav organismu, vyvolaný optickou situací vnějšího prostředí, který odpovídá potřebám člověka při práci i při odpočinku. Umožňuje zraku optimálně plnit jeho funkce. Zrakovou pohodu ovlivňuje nejen množství, rozložení a kvalita světla, ale i psychické ladění organismu, stav zraku, věk, únava a barevné řešení prostoru. Požadavky na vizuální pohodu a její parametry jsou formulovány v ČSN 730580 [11].

Pro dobré vidění je třeba zajistit především dostatečnou intenzitu osvětlení, jas, přiměřený kontrast (poměr nejvíce a nejhůře osvětlených ploch v zorném poli), poměr jasů pozorovaných předmětů a jejich detailů, rozložení jasů a barvu světla.

Zraková pohoda závisí na třech faktorech [12]:

- vizuální vztah s vnějším prostředím
- přirozené osvětlení
- umělé osvětlení

Příjemný vizuální vztah s vnějším prostředím je dosažen tím, že obyvatel určitého prostoru si na jednu stranu přeje vidět vnější prostředí (volný a příjemný výhled), na druhou stranu nebyt z vnějšího prostředí viděn (ochrana soukromí). Toho lze dosáhnout vhodným rozmístěním a velikostí prosklených ploch.

Optimální *přirozené osvětlení* ve smyslu pohody má za cíl zjednat do místnosti přístup slunečnímu světlu, které je rozptýleno v atmosféře. A to tak, aby byly vnitřní prostory dostatečně světlé. Přirozené osvětlení by vždy mělo být základním osvětlením, neboť je pro oko nepříjemnější. Základním parametrem pro určení přirozeného osvětlení je činitel denního osvětlení, což je poměr osvětlenosti ve vnějším prostředí vůči osvětlenosti daného místa v interiéru. Minimální hodnota tohoto činitele ve všech místnostech musí být alespoň 0,5 %, průměrná hodnota pak minimálně 2 %.

Umělé osvětlení musí být dostatečné pro noční podmínky a zároveň pouze doplňovat přirozené světlo. Body umělého osvětlení by měly vhodně osvětlovat vnitřní prostory. Dále pak ovládání umělého osvětlení každé místnosti (společné, individuální) by, aby bylo pouze doplněním přirozeného osvětlení, mělo vzít v úvahu specifické využívání dané místnosti a

využít odpovídající typy vypínačů (manuální, automatické). Požadavky na umělé osvětlení jsou předepsány normou ČSN 36 0452 [13]. Některé z hodnot jsou uvedeny v Tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Požadavky na umělé osvětlení

Místo, příp. činnost	Intenzita osvětlení E [lx]
Celkové nebo odstupňované osvětlení obytné místnosti	50 – 100
Celkové nebo odstupňované osvětlení pracovních prostor	200 – 500
Místo pro společné stolování	200
Obývací kuchyně, koupelny, WC, ložnice, předsíň	100
Studium, psaní, kreslení, kuchyňské práce	300

2.1.7 Akustická pohoda

Akustická pohoda (příznivé akustické prostředí) je zcela nezbytným požadavkem udržení vysokého stupně pohody a morálního zdraví obyvatel budov.

Do interiéru proniká zvuk jednak z exteriéru přes obvodový plášť a jednak je utvářen zdroji uvnitř budovy. Od zdroje se hluk šíří buď pouze vzduchem, nebo je přenášen různými konstrukcemi a pak teprve vzduchem.

Akustické toky jsou vytvářeny rozkmitáním molekul vzduchu nebo kapaliny zdrojem zvuku, čímž vznikají akustické vlny různých vlnových délek a kmitočtů pro které platí vztah:

$$\lambda = c / f \text{ [m]}$$

kde

c rychlost šíření zvuku [ms^{-1}]

f frekvence vlnění [Hz]

Parametrem pro měření zvukové energie emitované zdrojem hluku je hladina akustického tlaku L_p . Stupnice této hladiny je logaritmická, kdy dosažení dvojnásobně silného vjemu odpovídá zvýšení hladiny akustického tlaku o 10 dB.

$$L_p = 20 \times \log (p / p_0) \text{ [dB]}$$

p akustický tlak (efektivní hodnota) [Pa]

p_0 akustický tlak na prahu slyšení [Pa]

2.2 Technická zařízení pro tvorbu vnitřního klimatu

Stav interního mikroklimatu místností a budov se formuje provozem soustav technického zařízení budov, aby jejich aktuální výkon odpovídal působícím vlivům, provozu budovy i jejímu zařízení a bylo dosaženo požadovaného stavu prostředí. Aktuálním kritériem volby technických prostředků k zajištění úrovně interního mikroklimatu se stávají i ekonomické a ekologické faktory.

Volba zdroje tepla je závislá na objektu samotném (jeho účelu, velikosti), a také na jeho umístění z hlediska dostupnosti např. plynové přípojky. Nízkoenergetické a pasivní domy bývají vybaveny systémy pracujícími s obnovitelnými zdroji energie, mezi které patří tepelná čerpadla, solární a fotovoltaické panely.

2.2.1 Zdroje energie

Neobnovitelné zdroje energie

Za neobnovitelný zdroj energie je obvykle považován takový zdroj energie, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let, ale jeho případné obnovení by trvalo mnohonásobně déle. Neobnovitelné zdroje energie jsou především fosilní paliva jako uhlí, ropa, zemní plyn, rašelina, hořlavé písky a hořlavé břidlice.

Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelný zdroj energie je označení některých vybraných, na Zemi přístupných forem energie, získané primárně především z jaderných přeměn v nitru Slunce. Dalšími zdroji jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc. Lidstvo je čerpá ve formách např.

sluneční záření , větrné energie, vodní energie, energie přílivu, geotermální energie, biomasy a další.

Definice obnovitelného zdroje podle českého zákona o životním prostředí zní: „Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebování částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“

Důvodem pro využívání obnovitelných zdrojů energií v EU je fakt, že více než 50 % energie spotřebované v EU se „dováží“ (zejména z Ruska). Proto se EU zavázala, že sníží emise skleníkových plynů do roku 2020 o 20 % oproti hodnotám z roku 1990, zejména širším využitím energie z obnovitelných zdrojů a úsporami v celkové spotřebě energie.

Česká republika v roce 2008 snížila emise skleníkových plynů o 27,5 % v porovnání s rokem 1990 a výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů (OZE) se podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny 4,7 %.

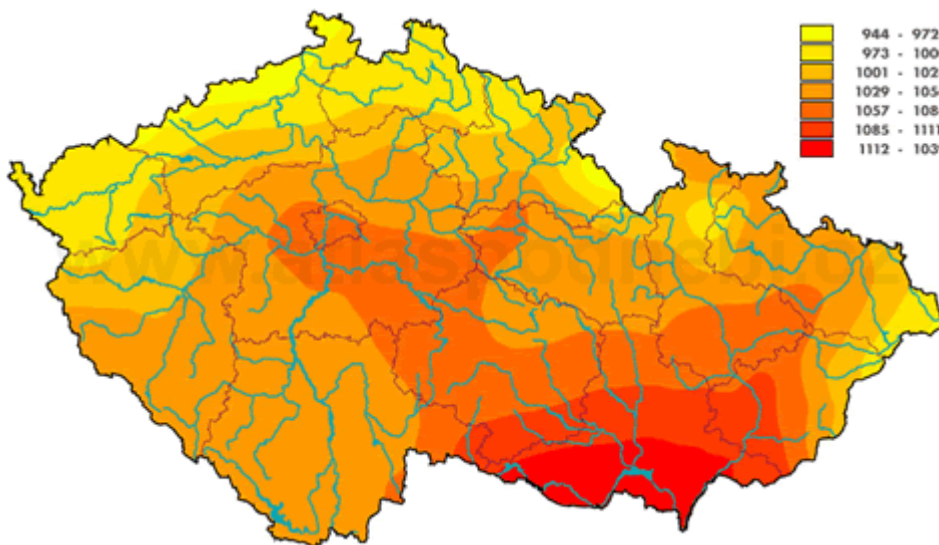
2.2.2 Solární kolektory

Solární kolektory patří mezi tzv. aktivní systémy využití solárního záření. Slouží k získání tepelné energie dopadajícího slunečního záření a tím tak k celoroční přípravě ohřevu teplé vody (TV) a vytápění budov pomocí teplovodního nebo teplovzdušného vytápění.

Sluneční záření

Sluneční záření dopadající na Zemi se skládá z přímého a rozptýleného (difúzního) záření. Přímé přichází do oka pozorovatele ze Slunce a vzhledem k velké vzdálenosti Země od Slunce tvoří svazek prakticky rovnoběžných paprsků. Rozptýlené sluneční záření vzniká následkem rozptylu přímých slunečních paprsků na molekulách vzduchu, vodních kapičkách, ledových krystalcích.

Parametrem pro dopad slunečního záření je *sluneční konstanta* (též solární konstanta), což je tok sluneční energie procházející plochou 1 m^2 , kolmou na směr paprsků, za 1 s ve střední vzdálenosti Země od Slunce měřený mimo zemskou atmosféru. Tento měrný tok dopadající na povrch atmosféry tzv. solární konstanta $I_0 \approx 1\,360 \text{ Wm}^{-2}$.



Obrázek č. 8: Roční průměrný úhrn slunečního záření [$kWh/(m^2 rok)$]

Konstrukce kolektoru

Solární kolektor má několik základních částí. Jsou to

- *Jímač (absorbér)* je klíčová část při pohlcování paprsků a jejich zadržení. Musí být schopen pohltnout 98% záření a tuto pohlcenou energii nesmí zpětně vyzářit – tento jev se označuje jako tzv. selektivnost. Je většinou tvořen z tvarovaného měděného plechu, který je připevněn k měděným trubicím a předává jim tak teplo.
- *Solární krycí sklo* minimalizuje tepelné ztráty přední stěnou kolektoru. Oproti klasickému sklu vyšší propustnost všech složek slunečního záření, je vysoce kalené a má speciální povrch pro usměrnění paprsků směrem k absorbéru. Cílem je vytvořit skleníkový efekt – propustit co nejvíce záření a bránit jeho úniku ven.
- *Izolace* omezuje tepelné ztráty a úniky tepla z kolektoru. Na izolaci jsou kladeny vysoké nároky z důvodu odolnosti proti vysokým teplotám a vlhkosti prostředí.

Instalace kolektoru

Instalace se provádí nejčastěji na střeše, případně i na stěně budovy či ve volném terénu. Pro správné fungování a bezúdržbový provoz je nezbytné splnit několik podmínek:

- *Konstrukce* musí být dostatečně pevná, aby spolehlivě odolávala všem přírodním vlivům (vítr, krupobití, sníh).
- *Umístění* solárních panelů by mělo být co nejbližší místu spotřeby ohřáté vody pro omezení tepelných ztrát v rozvodném potrubí.

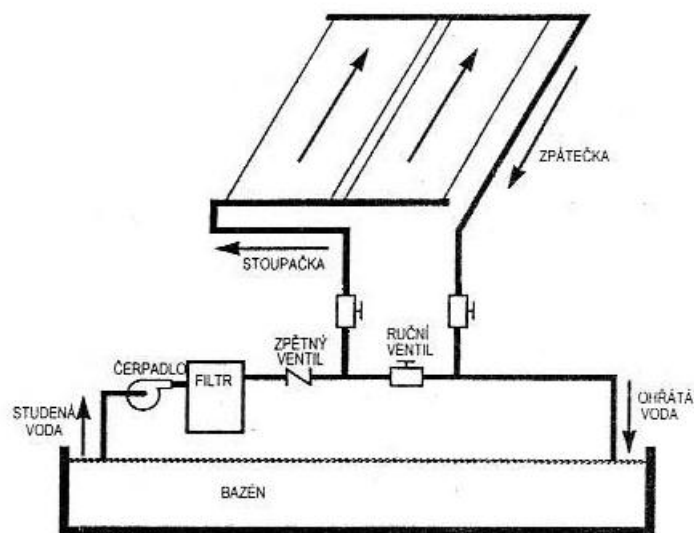
- *Orientace* kolektorů je nejvhodnější směrem k jihu nebo jihozápadu, čímž je dosaženo maximálního využití slunečního záření.

Sklon by měl být ideálně takový, aby zabezpečil dopad slunečního záření kolmo na jeho plochu. Výška slunce nad obzorem se však mění jak v průběhu dne i roku. V létě je vhodný sklon solárního kolektoru 30° od vodorovné roviny, v zimě 60° . Pokud kolektor neumožňuje dynamické natáčení, volí sklon v rozmezí $35^\circ - 45^\circ$.

Solární systém

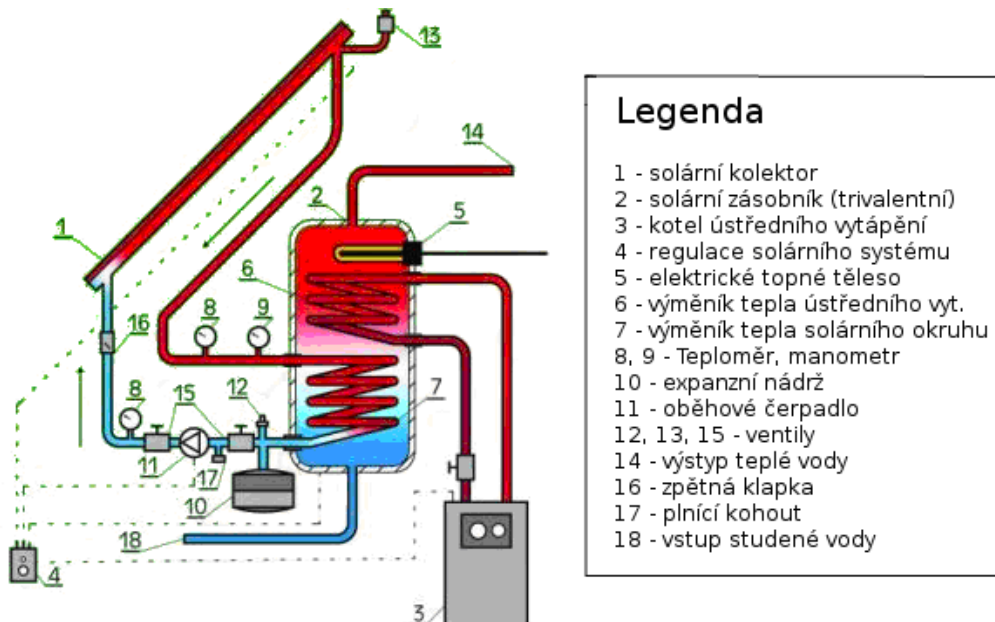
Solární systém je komplexní systém pro praktické využití získané energie. Skládá se ze zásobníku pro uchování ohřáté vody spolu s tepelným výměníkem, oběhového čerpadla, expanzní nádrže, potrubí a prvků pro regulaci. Solární systém může zajistit ohřev teplé vody (TV), vytápění či ohřev bazénu.

K (sezónním) ohřevům bazénu se používají jednodušší jednookruhové kapalinové solární systémy, kde je teplotní médium (voda) postupně ohříváno a po dosažení určité teploty je odváděno do bazénu, viz Obrázek č. 9.



Obrázek č. 9: Jednookruhový solární systém pro ohřev bazénu

Pro ostatní systémy (celoročního) ohřevu se užívá dvou a tří okruhů. Vzhledem k celoročnímu používání je teplotním médiem nemrznoucí směs (na bázi propylenglykolu). Teplo získané v kolektoru je předáváno přes tepelný výměník do nádrže TV, viz Obrázek č.10.



Obrázek č. 10: Dvouokruhový solární systém pro vytápění

3 SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY

Vzhledem k tomu, že součástí nových budov, a zejména těch inteligentních, je velké množství regulačních a ovládacích prvků a systémů, je výhodné užívat sběrnice systémy k jejich snadnému propojení.

Sběrnice systém oproti instalaci realizované s klasickými přístroji je výhodné použít, protože lze dosáhnout úspory vodičů, jednodušší instalace, projektování a následným změnám konfigurace systému a možnost vizualizace. Velkou předností je rovněž otevřenost systému, tedy že sběrnice systém umožňuje uskutečnit řešení nezávislá na výrobci zařízení.

V současné době existuje celá řada komunikačních sběrnic, mezi ty nejvýznamnější patří EIB/KNX, LonWorks a BACnet.

3.1 Sběrnice systém EIB/KNX

Systém sběrnice KNX (Konnex bus) je uznávaný evropský (CENELEC EN 50090 a CEN EN 13321-1) i mezinárodní (ISO/IEC 14543-3) standard. Využívá zkušenosti tří existujících technologických sběrnic EIB (European Enstallation Bus, tzv. Instabus), BatiBUS a EHS (European Homa System). KNX je otevřený systém, tedy že sběrnice prvky mohou pocházet od různých výrobců a uživatel není omezen jen na produkty jediné firmy.

Princip technologie je založen na vzájemné komunikaci jednotlivých přístrojů, propojených sdělovacím kabelem. Jedná se o distribuovaný (decentralizovaný) systém, ve kterém neexistuje centrální jednotka a „inteligence“ je uložena v jednotlivých přístrojích.

3.1.1 Základní parametry

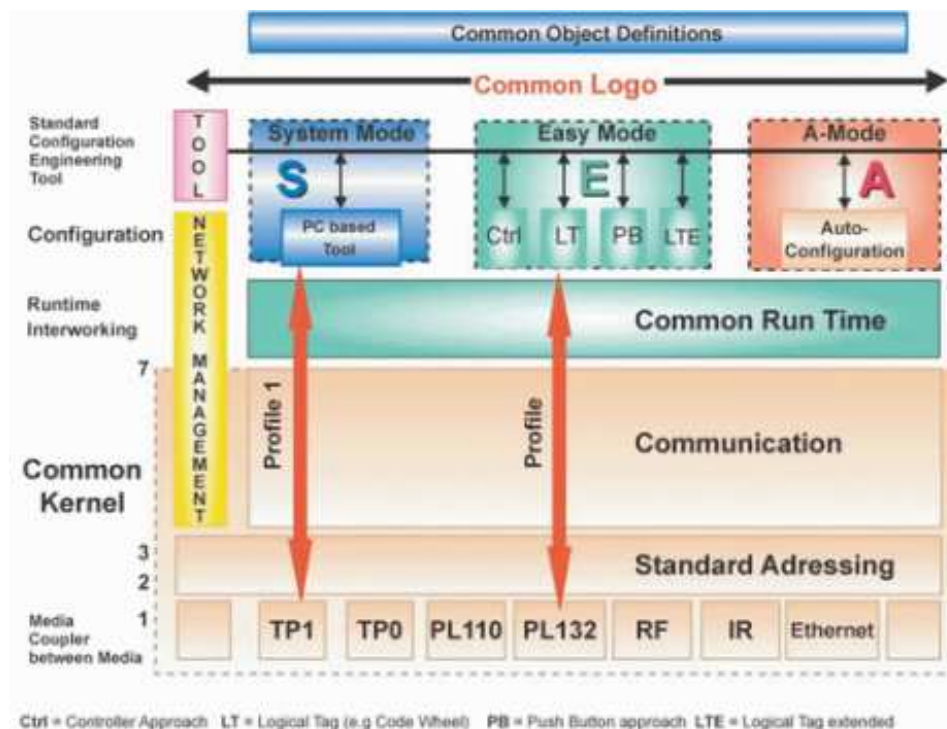
- Přenos dat s rychlostí 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 nebo 32 kbit/s v závislosti na použitém komunikačním médiu
- Maximální délka sítě 1000 m
- Maximální vzdálenost mezi dvěma připojenými zařízeními 700 m
- Nejvyšší počet prvků v síti až 57 375
- Až 256 prvků v každé podsíti (linii), 15 linií na oblast, 15 oblastí
- Datové pakety s délkou 14 nebo 248 bajtů

- Segmentace dat do rámců a bloků
- Vytvoření různých přenosových standardů

3.1.2 Struktura komunikace

Struktura komunikace sběrnice KNX je velmi podobná klasickému modelu OSI. Model specifikující síťovou komunikaci a rozhraní se skládá ze čtyř hlavních prvků (Obrázek č. 11):

- **Common Object Definitions** – vzájemně propojené distribuované aplikační modely určené pro zpracování a přizpůsobení úloh z oblasti automatizačních a inteligentních systémů v budovách
- **Configuration Tools** – schéma pro řízení a konfiguraci síťových zdrojů a na logické propojení částí distribuovaných aplikací, které běží na jednotlivých uzlech
- **Common Kernel** – systém spravující komunikaci po fyzickém médiu, protokoly zpráv a komunikační modely. Podporuje a vyřizuje komunikační požadavky běžících distribuovaných aplikací.
- **Media Coupler** – hardwarové rozhraní pro připojení a přístup zařízení na komunikační médium



Obrázek č. 11 Grafická struktura propojení vrstev standardu KNX

3.1.3 Vrstvy KNX

System KNX je nezávislý na volbě *fyzické vrstvy* a v praxi je možné v rámci jedné sítě kombinovat několik standardů. Možnosti přenosových médií jsou uvedeny v kapitole 3.1.6 – Komunikační média. KNX je do vrstev rozdělen následovně:

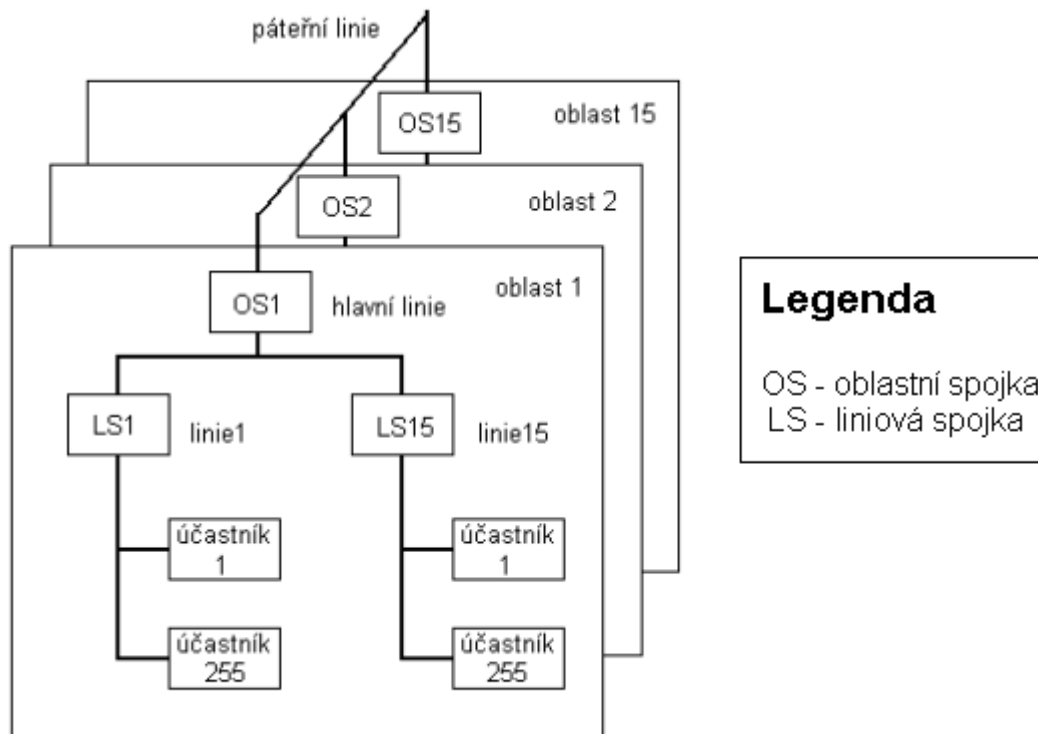
- *Linková vrstva* řídí přístup prvků k přenosovému médiu a navazování vzájemných spojení. Provedení a konkrétní funkce linkové vrstvy je přímo závislé na použitém médiu. Princip vysílání je takový, že pokud sběrnice není obsazená, účastník (zařízení) může vysílat. Pokud dojde k pokusu o vysílání ve stejný okamžik více účastníky, síť je ošetřena protokolem CSMA/CA pro přístup k médiu, tedy účastník čeká, až bude na sběrnici volno..
- *Síťová vrstva* řídí a provádí segmentaci rámců a řídí jejich směrování v síti.
- *Transportní vrstva* vytváří komunikační propojení mezi jednotlivými komunikujícími uzly a řídí vysílání a příjem dat.
- *Aplikační vrstva* nabízí množství služeb pro aplikační procesy podle typu použité komunikace. Tyto služby jsou závislé na typu komunikace, použitého na transportní vrstvě. Pro správu sítě jsou určeny služby související s broadcastingem a point-to-point komunikací, zatímco pro provozní operace slouží služby související s multicast komunikací.

3.1.4 Struktura sítě

Struktura sítě EIB/KNX se skládá celkem ze tří úrovní: páteřní linie, hlavní linie a linie [14].

Nejvýše postavená je páteřní linie (backbone line) s 15 hlavními liniemi (main line). Na každou z nich je napojeno dalších 15 linií (line). Každá linie má vlastní napájení a lze na ni připojit až 255 zařízení. Teoreticky je tak možné připojit až 57 375 ($255 \times 15 \times 15$) zařízení. Jednotlivé hlavní linie tak tvoří podsítě označované jako *zóny*, které jsou číslovány 1 – 15 (zóna 0 je vyhrazena pro páteřní linii).

Fyzická topologie sítě KNX je odvozena od zvoleného přenosového média. Pro kroucenou dvojlinku (TP) je možno použít topologie typu sběrnice, strom či hvězda. Topologie kruh je zakázaná vzhledem k tomu, že síť nesmí nikde být zapojena do smyčky.



Obrázek č. 12: Topologie sítě KNX

Vzhledem k tříúrovňové struktuře sítě je vyžadováno oddělovačů zón (area coupler) a linií (line coupler), bez kterých by byla síť omezena jen na jednu linii s maximálně 256 připojenými jednotkami.

Každý prvek sběrnice má jedinečnou 16 bitovou fyzickou adresu, jež slouží k jeho identifikaci. Komunikace mezi jednotlivými prvky probíhá přes sběrnici, po níž jsou vysílány nebo přijímány tzv. telegramy obsahující instrukce, jak se má cílový prvek zachovat. Prvky sběrnice se dělí na:

- **senzory**, což jsou prvky, které poskytují vstupní informace do systému. Nejčastěji používané senzory jsou teplotní čidlo, tlačítko, binární jednotka (magnetický nebo jiný bezpotenciálový kontakt), termoregulátor, pohybové čidlo atd.
- **aktory** jsou prvky, jež provádí nějakou akci (vykonávají povely). Může se jednat např. o stmívací aktor (řízení osvětlení), binární výstupní aktor (např. spínání žárovky) či analogový výstupní aktor (např. s napěťovým unifikovaným signálem 0 – 10 V) pro ovládání servopohonů.

Standard KNX také zahrnuje různé vazební členy, které lze využít pro segmentaci sítě nebo na vzájemné propojení linek typu TP (viz kapitola 3.1.6) s jinými médii. Lze také využít opakovače, mosty, směrovače, paketové filtry či ochranné firewally.

3.1.5 Komunikační rámeček

Pro přenos dat se využívá rámeček standardu KNX, jehož úkolem je přenášet veškerá potřebná data a informace, které zajišťují správnou komunikaci mezi jednotkou a zařízením. Standardní délka rámečku bývá až 22 B, u rozšířeného pak až 256 B.

První bajt (oktet 0) obsahuje řídicí pole, které definuje důležitost rámečku a snaží se rozlišit mezi standardním a rozšířeným módem. Po něm následuje individuální 16 bitová adresa konkrétního zdroje rámečku (Source Address) a individuální nebo skupinová 16 bitová cílová adresa (Destination Address), tedy bajty 1 a 2 a 3 a 4. Cílová adresa je definována speciálním pátým bajtem – Adress Type & NPCI & length. Toto speciální pole představuje tzv. hop counter, neboli čítač přeskoků. Čítač přeskoků je při každém průchodu routerem snížen o jedna, čímž nedojde k zacyklení rámečku. Jestliže je čítač roven nule, rámeček se vyřadí.

Další dva bajty jsou vyhrazeny pro vlastností transportní vrstvy. Šestý byte je označen jako TPCI (Transport Layer Protocol Control Information) a má za úkol řídit veškerou komunikaci mezi transportními vrstvami. Byte 7 označený jako ACPI (Application Layer Protocol Control Information) určuje služby aplikačním vrstvám.

V závislosti na schématu adresování a hodnotě ACPI může standardní rámeček dosahovat 14 bajtů dat. V případě potřeby přenesení většího množství dat jsou data segmentována. Rozšířený rámeček umožňuje přenést až 248 bajtů dat. Poslední byte obsahuje kontrolní součet pro zabezpečení kvality a správnosti přenosu dat.

3.1.6 Komunikační média

Pro propojení zařízení a modulů prostřednictvím KNX existuje několik typů médií, které znázorňuje následující Tabulka č. 9.

Tabulka č. 9: Přehled komunikačních médií pro sběrniceový systém KNX

Komunikační médium	Přenosová rychlost [bits/s]	Podrobnosti
Kroucená dvoulinka (KNX TP)	4800 či 9600	Napájení sběrnice 30V, maximálně 64 prvků, každý nejvíce 10 mA. Různé komunikační rychlosti jsou pro standardy TP0 (BatiBUS) a TP1 (EIB)
Silové vedení (KNX PL)	1 200 či 2 400	Prvky EIB a KNX spolu vzájemně komunikují po elektrickém vedení (sítě 230V), nosná frekvence 110 kHz případně 132 kHz
Radiové vlny (KNX RF)	16 384	Frekvence 868 MHz (VKV) s maximálním vysílacím výkonem 25 mW
IP/Ethernet (KNX IP)	10 až 100 MBits	KNX telegramy mohou být vysílány jako součást IP telegramů, k jejich přenosu je možné využít sítě LAN nebo Internet. Přenos dat pomocí standardů Ethernet IEEE 802.2, Bluetooth, Wifi IEEE 802.11 a FireWire

3.1.7 Příklady užití

Sběrnice KNX může být využita k ovládní a automatizaci velkého množství prvků v domech, komerčních budovách a průmyslových provozech. Ovládat lze například osvětlení, žaluzie, topení, větrání, klimatizaci, bezpečnostní systémy, systémy protipožární ochrany a podobně. Oblast použití sběrnice KNX ilustruje následující Obrázek č. 13.

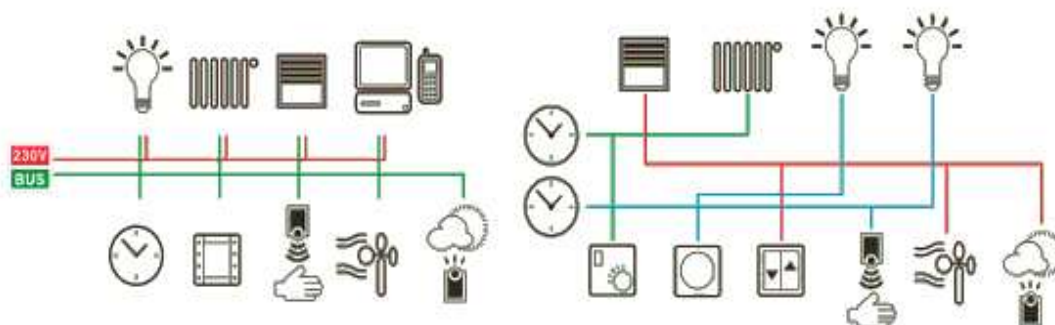


Obrázek č. 13: Oblasti užití sběrnice systému EIB/KNX

3.1.8 Porovnání KNX s klasickou elektrickou instalací

Klasická elektrická instalace nevyžaduje pouze napájené vedení, ale další kabeláž pro jakékoliv další funkce. Tedy, že pro každý spínací příkaz, měření, odeslanou zprávu a pro každý ovladač či regulátor bude nezbytné použít nadbytečný vodič.

Inteligentní instalace KNX vyžaduje pouze dva kabelové systémy – jeden pro výkonový přenos (silové vedení) a druhý pro přenos informací (vedení sběrnice).



Obrázek č. 14: Porovnání KNX s klasickou elektrickou instalací

4 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU

4.1 Účel hodnocení

Ekonomické hodnocení projektu je název ekonomické studie, která je nezbytným podkladem pro rozhodování investora. Dochází k výpočtu ekonomických dopadů hodnocených projektů na ekonomiku investora při respektování korektních pravidel ekonomického rozhodování i ekonomických podmínek, v nichž se investor při přípravě investice právě nalézá.

Ekonomické hodnocení je povinná příloha při žádosti o dotace z operačních programů.

4.2 Hodnotící parametry

Základními veličinami pro posuzování jsou investiční výdaje, doba životnosti a doba hodnocení zařízení, provozní náklady na obsluhu zařízení a velikost úspor energie. Hodnocení je rovněž ovlivněno úrokovou sazbou poskytnutého úvěru, cena peněz investora, daň z příjmů, případné daňové úlevy a státní či jiné podpory.

4.2.1 Diskont

Diskont (diskontní sazba) vyjadřuje cenu ušlé příležitosti (opportunity costs), jinak řečeno výnos, který by investor mohl získat použitím peněžních prostředků na jiné, alternativní investice. Vyjadřuje tedy výnos, cenu vlastního kapitálu investora. Pro výpočet diskontní sazby platí vztah

$$r_n = (1 + r_r) \times (1 + \alpha) - 1$$

r_n nominální diskont (včetně inflace)

r_r reálný diskont (bez inflace)

α míra inflace

4.2.2 Úročitel

Úročitel (q) je míra změny budoucích výnosů z vložené hodnoty. Stanoví se ze vztahu

$$q_1 = (1 + r)^t$$

r úroková míra (diskont)

t počet period

4.2.3 Inflace

Inflace je definována jako růst všeobecné cenové hladiny v čase, neboli jako snížení kupní síly peněz. V původním významu neznamena růst cen, ale zvyšování (inflaci) peněžní zásoby.

4.2.4 Peněžní tok

Peněžní tok (cash flow [CF]) je příjem nebo výdej peněžních prostředků. Peněžní tok za určité období představuje rozdíl mezi příjmy a výdaji peněžních prostředků za dané období. e. Schopnost přinést peněžní prostředky je jedním z rozhodujících kritérií při hodnocení investičních projektů.

$$CF_t = V - N_p - IN$$

V příjmy (tržby, úspory) plynoucí z realizace hodnocené investice

N_p provozní výdaje (náklady na paliva a energie, mzdy, opravy a údržba, režie, ostatní)

IN investiční výdaje (včetně úroků v době výstavby)

4.2.5 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (Net Present Value [NPV]) je finanční veličina vyjadřující současnou hodnotou budoucích peněžních toků a (případného) současného výdaje. NPV se používá jako kritérium pro hodnocení výnosnosti investičních projektů. Hlavní výhodou tohoto kritéria je zohlednění faktoru času.

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

CF generovaný peněžní tok v daném roce

r diskontová míra

t doba životnosti

Pro $NPV = 0$, přináší hodnocená investice výnos z vložených prostředků právě ve výši zadaného, zvoleného diskontu (viz kritérium IRR).

Pro $NPV > 0$ je výnos větší, než by byl při použití investované částky na jinou, alternativní investici, přinášející výnos ve výši zadaného diskontu.

4.2.6 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return [IRR]) se počítá iterativně, kdy se hledá hodnota diskontu r , pro který je splněna podmínka v rovnici

$$NPV = (A/a) - IN = 0$$

A roční čisté výnosy projektu

a úročíteľ

Užitečnost kritéria spočívá v možnosti posoudit efektivnost hodnocené investice ve srovnání se zvoleným diskontem, tj. s požadovanou, očekávanou mírou výnosnosti vlastních prostředků.

4.2.7 Doba splacení

Dobu splacení (rovněž prostá doba návratnosti) lze vypočítat jako rok, v němž tvorba peněžních prostředků (kladný cash flow, postupně kumulovaný během doby provozu) převáží nad počátečními (investičními) výdaji. Zjednodušeně lze provést, při stálých cenách a financování z vlastních prostředků nebo investičních dotací, výpočet prosté doby návratnosti jako podíl vložených investic a konstantních příjmů (kladného cash flow) v době provozu

$$T_s = \frac{IN - \text{dotace}}{(V - N_p - D)}$$

IN investiční výdaje (včetně úroků v době výstavby)

V příjmy (tržby, úspory) plynoucí z realizace hodnocené varianty

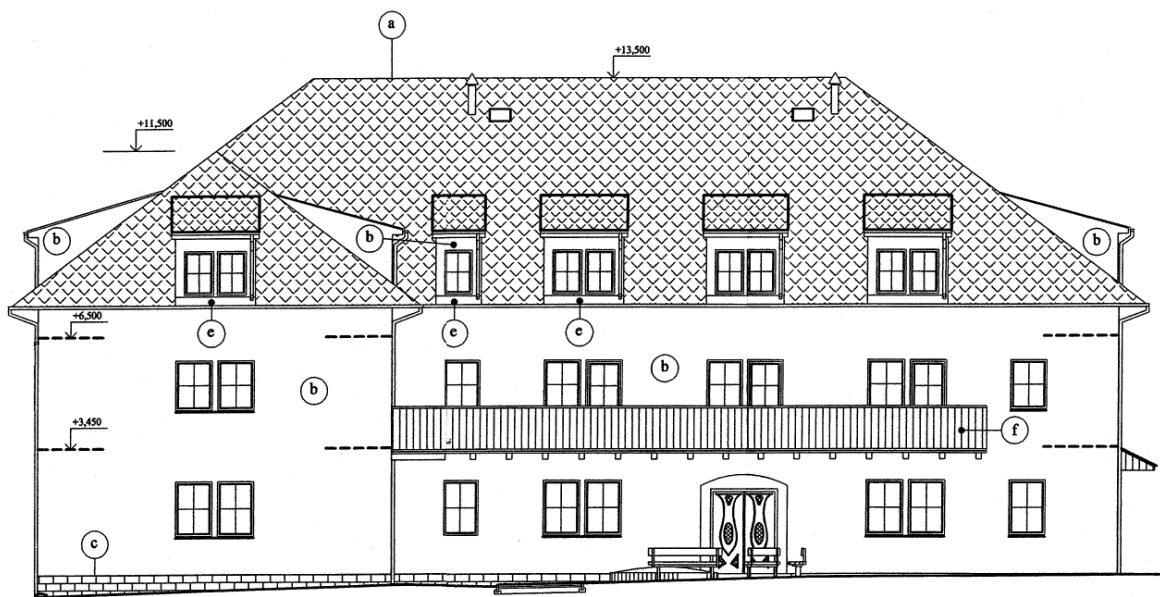
N_p provozní výdaje (náklady na paliva a energie, mzdy, opravy a údržba, režie, ostatní)

D daň z příjmů investora

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDMĚT PRÁCE

Předmětem diplomové práce je návrh systémů pro tvorbu vnitřního prostředí objektu penzionu pro seniory. Jedná se o stavbu, s pokoji hotelového typu s kulturním a sociálním zázemím, která bude zajišťovat veškeré služby pro obyvatele, včetně monitorování jejich zdravotního stavu. Samotný objekt po stavební stránce již existuje, ale nespĺňuje požadavky na tvorbu vnitřního klimatu. Profil novostavby znázorňuje Obrázek č.15.



Obrázek č. 15: Profil objektu – západní pohled

6 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

6.1 Obecná charakteristika

Celý návrh inteligentního penzionu pro seniory je založen na reálném projektu podobné stavby penzionu, který je postaven na Olomoucku v blízkosti města Litovel. Z dokumentace stavby byla použita pouze stavební část.

Jedná se o novostavbu o třech nadzemních podlažích (3.n.p se nachází v podkroví) a jednom podsklepeném. Jednotlivá podlaží jsou propojena dvěma schodišti, k dispozici je i lůžkový výtah.

Budova je členěna do dvou traktů kolmých na sebe (tvar písmene L). Hlavní trakt je orientován ve směru sever-jih, vedlejší trakt ve směru východ-západ. Budova obsahuje celkem 30 bytových jednotek (11 bytů 1 + 1, 19 bytů 1 + 0) pro maximální počet ubytovaných 41. V 1.n.p ve vstupní hale se nachází recepce s 24 hodinovým dohledem. Vytápěná část objektu je celé 1., 2. a 3. nadzemní podlaží, z podzemního podlaží je vytápěna pouze koupelna a prádelna se sušárnou.

6.2 Požadavky na objekt

Pro výpočty vedoucí k návrhu jednotlivých systémů technických zařízení je nutné znát určité informace o budově, mezi které patří klimatické údaje (výpočtová vnější teplota θ_e , průměrná roční venkovní teplota $\theta_{m,e}$), výpočtová vnitřní teplota θ_i a relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_{ai} a další údaje o budově (objemy vzduchu v místnostech, plochy stavebních částí, tepelné vlastnosti stavebních částí a orientace objektu).

Hodnoty v následujících Tabulka č.10 a č. 11 byly získány z normy ČSN EN 12 831 [16]. Soupis všech místností objektu, popis jejich účelu, plochu podlah a vzduchový objem jsou uvedeny v Příloze III. Pro představu o objektu je uveden půdorys 1.n.p, viz Obrázek č.16.

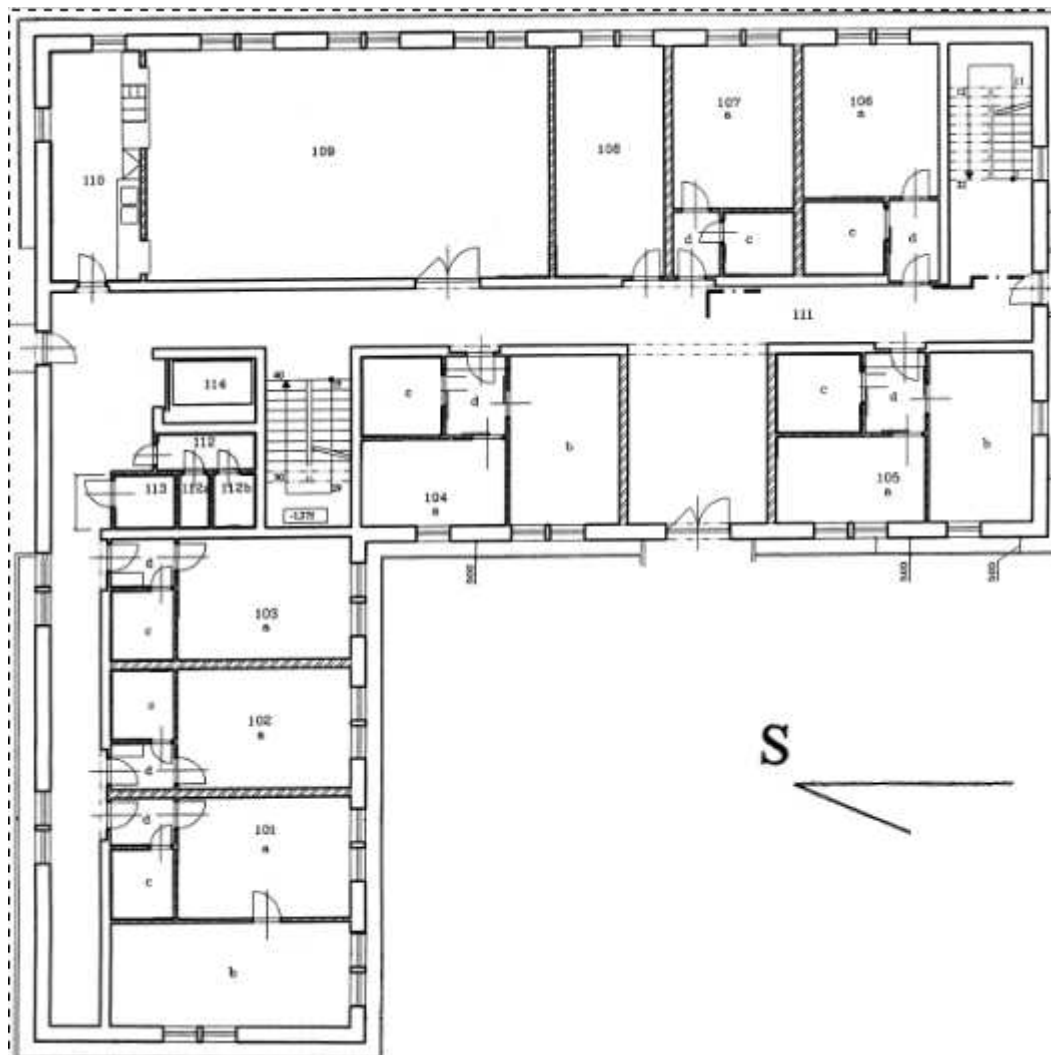
Tabulka č. 10: Základní údaje o objektu – okrajové podmínky

Objekt	Penzion, samostatně stojící
Umístění objektu	Olomouc (226 m. n. m.)
Délka otopného období	221 dní

Venkovní výpočtová teplota	- 15 °C
Průměrná venkovní teplota v otopném období	3,4 °C
Celková zastavěná plocha	595,04 m ²
Celková obytná plocha	1713,11 m ²
Celkový vytápěný prostor	4265,20 m ³
Celkový nevytápěný prostor	449,70 m ³
Celkový obestavěný prostor	5174,50 m ³

Tabulka č. 11: Výpočtové vnitřní teploty θ_i a relativní vlhkosti vzduchu φ_{ai} místností

Vytápěná místnost	Vnitřní výpočtová teplota θ_i [°C]	Relativní vlhkost vzduchu φ_{ai} [%]
Obývací pokoj, kuchyň, společenská místnost	20	60
Koupelny, sprchy, prádelna, sušárna	24	90
Ošetřovna	24	80
Recepce, šatny, úklidová komora, WC	20	60
Chodby, schodiště	20	60



Obrázek č. 16: Půdorys 1. n.p a orientace objektu

K dalším údajům patří tepelné vlastnosti stavebních konstrukcí a použitých stavebních prvků. Hodnoty součinitelů prostupů tepla U_k konstrukcemi byly získány z prospektů výrobců stavebních prvků, případně vypočteny pomocí následujícího vztahu. Tyto hodnoty vyhovují normovaným hodnotám pro jednotlivé konstrukce, viz Příloha II.

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}} \quad [W/(m^2 \times K)]$$

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $[(m^2 \times K) / W]$

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $[(m^2 \times K) / W]$

d tloušťka vrstvy

λ součinitel tepelné vodivosti vrstvy [$\text{W} / (\text{m}^2 \times \text{K})$]

Hodnoty odporů při přestupu tepla na vnitřní a vnější (R_{si} a R_{se}) straně konstrukce jsou tabulkové hodnoty, viz Tabulka č. 12 a 13 dle normy ČSN 730540-2 [17].

Tabulka č. 12: Hodnoty odporů při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

Typ konstrukce		R_{si} [$(\text{m}^2 \times \text{K}) / \text{W}$]
Svislá konstrukce		0,25 (pro neprůsvitné konstrukce) 0,13 (pro výplně otvorů)
Vodorovná konstrukce	Tepelný tok nahoru	0,10
	Tepelný tok dolů	0,17

Tabulka č. 13: Hodnoty odporů při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

Období	R_{se} [$(\text{m}^2 \times \text{K}) / \text{W}$]
Zimní	0,04
Zimní (nadmořská výška ≥ 1000 m. n. m.)	0,03
Letní	0,07

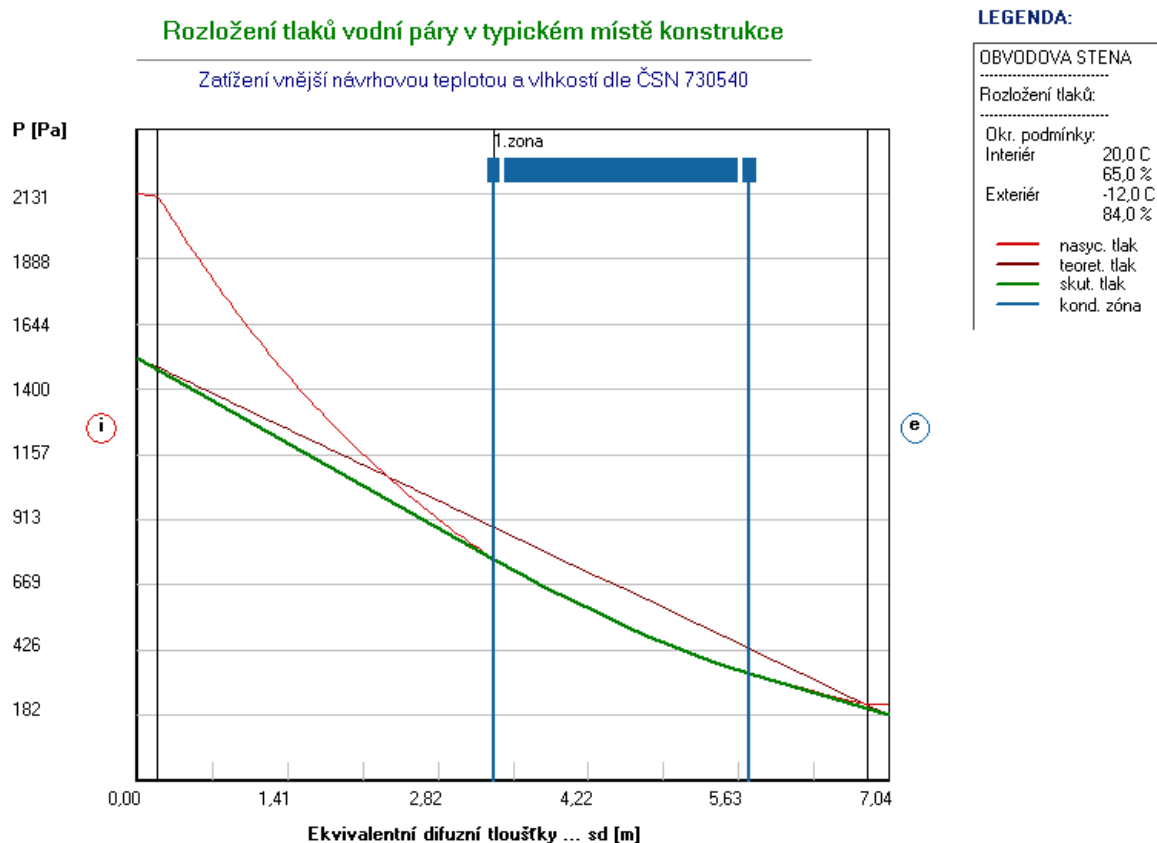
Na základě výše uvedených údajů o navrhovaném objektu je nutné navrhnout výkon vytápěcího systému, kterým bude zajišťován uživatelský komfort tvorbou tepelné pohody. Návrh vytápěcího zdroje musí být ekonomicky ale i energeticky efektivní, tedy nesmí být předimenzován ani poddimenzován.

Pro návrh optimálního vytápěcího systému je nezbytné vypočítat ztrátový tepelný výkon objektu a provést kontrolní výpočet, zda-li v obvodových konstrukcích nedochází ke kondenzaci vodních par.

6.3 Posouzení pláště budovy

Skladba pláště budovy musí být navrhnutá dle [17] tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vodních par. Pokud by v obvodové stěně kondenzovala vlhkost, došlo by k podstatné zkrácení předpokládané životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty vedoucí ke vzniku plísní, objemové změny a výrazné zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň způsobující jeho degradaci.

Aby kondenzace neohrozila požadované funkce pláště, norma stanovuje, že roční množství zkondenzované vodní páry (kondenzátu) uvnitř konstrukce musí být nižší, než roční množství vypařitelné vodní páry. Zároveň roční množství kondenzátu musí být menší než $M_{c,a} = 0,1 \text{ kgm}^{-2}\text{rok}^{-1}$.



Obrázek č. 17: Posouzení obvodové stěny – pásmo kondenzace vodních par

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
tepl.[C]:	18.5	18.5	3.2	-11.6	-11.8
p [Pa]:	1519	1483	885	220	182
p,sat [Pa]:	2131	2123	766	224	221

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny		Kondenzující množství vodní páry [kg/m2s]
	levá	pravá	
1	0.4600	0.5284	2.114E-0008

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$: 0.026 kg/m2,rok

Množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$: 1.291 kg/m2,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C.

Obrázek č. 18: Datový výstup programu Teplo 2009

Z vypočtených výsledků, viz Obrázek č. 17, je modře značeno pásmo, kde by mohlo ke kondenzaci docházet. Z textového výstupu programu Teplo 2009 (viz Obrázek č. 18) vyplývá, že množství kondenzátu za rok je $M_{c,a} = 0,026 \text{ kgm}^{-2}\text{rok}^{-1}$ a množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 1,291 \text{ kgm}^{-2}\text{rok}^{-1}$. Na základě těchto hodnot lze konstatovat, že roční množství odpařitelné vodní páry řádově převyšuje roční množství kondenzátu a lze tvrdit, že plášť vyhovuje požadavkům normy [17] a je možné skladbu obvodové stěny použít pro výpočet tepelných ztrát objektu.

7 NÁVRH SYSTÉMU TEPELNÉHO PROSTŘEDÍ

7.1 Výpočet tepelných ztrát

Pro návrh techniky prostředí je základním předpokladem znalost tepelných ztrát budovy. Pro výpočet se používá norma ČSN 12831 [16] (nahrazující ČSN 06 0210), kde je popsán postup výpočtu dodávky tepla nutného k bezpečnému dosažení výpočtové vnitřní teploty pro jednotlivé místnosti a budovy. Norma udává postupy pro výpočet tepelných ztrát a návrhového tepelného výkonu pro standardní případy v návrhových podmínkách. Standardní případy zahrnují všechny budovy s omezenou výškou místnosti do 5 m a vytápěním do ustáleného stavu.

Objekt, jehož tepelné ztráty mají být vypočítány, splňuje podmínky použití této normy. Pro výpočty byly použity tepelné podmínky, viz Tabulka č. 11, plochy a objemy jednotlivých místností, viz Příloha III, a hodnoty součinitelů prostupu tepla konstrukcemi budovy, viz Příloha P I.

Celkové návrhové tepelné ztráty budovy Φ_i se určí ze vztahu

$$\Phi_i = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} \quad [\text{W}]$$

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

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

Výpočet tepelných ztrát byl proveden podrobným postupem v programu Tepelná technika, modul Ztráty 2009, podle normy ČSN 12831 [16].

7.1.1 Návrhové tepelné ztráty prostupem

Návrhové tepelné ztráty prostupem jsou ztráty do vnějšího prostředí způsobené vedením tepla obklopující konstrukci a šířením tepla mezi vytápěnými prostory, kde se předpokládá vytápění na různé teploty.

Tepelné ztráty prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ se pro vytápěný prostor vypočítají z rovnice:

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

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního (e) pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního (e) nevyt. prostoru (u) [W/K]

$H_{T,ig}$ souč. tep. ztráty prostupem z vyt. prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu [W/K]

$H_{T,ij}$ souč. tep. ztráty z vyt. prostoru (i) do sousedního vyt. (j) na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota (e) [°C]

7.1.2 Návrhové tepelné ztráty větráním

Návrhové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ jsou ztráty do vnějšího prostředí větráním nebo infiltrací pláštěm budovy a šíření tepla větráním z jednoho vytápěného prostoru do jiných uvnitř budovy.

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \times V_i \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

V_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [m³/h]

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]

Jelikož v budově není uvažováno s větrací soustavou, předpokládá se, že přiváděný vzduch má tepelné vlastnosti venkovního vzduchu. Hodnota výměny vzduchu V_i se tak určí podle vztahu pro přirozené větrání:

$$V_i = \max (V_{inf,i}; V_{min,i}) \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$V_{inf,i}$ výměna vzduchu infiltrací spárami a styky obvodového pláště budovy [m³/h]

$V_{min,i}$ minimální hygienické množství vzduchu [m^3/h]

$$V_{min,i} = n_{min} \times V_i \quad [m^3/h]$$

n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [1/h]

V_i objem vytápěné místnosti (i) vypočtený z vnitřních rozměrů [m^3]

Minimální intenzita výměny vzduchu n_{min} pro obytné místnosti dle ČSN 12831 [16] činí $n_{min} = 0,5 h^{-1}$. Tato konkrétní hodnota udává, že za jednu hodinu se musí vyměnit polovina vzduchu v místnosti.

$$V_{inf,i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i \quad [m^3/hod]$$

n_{50} intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy [1/h]

e_i stínící činitel [-]

ε_i výškový korekční činitel zohledňující zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země [-]

7.1.3 Zátopový tepelný výkon

Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ je vyžadován pro prostory s přerušovaným vytápěním, kde slouží k vyrovnání jejich účinků, vypočte ze vztahu

$$\Phi_{RH,i} = A_i \times f_{RH} \quad [W]$$

A_i podlahová plocha vytápěného prostoru (i) [m^2]

f_{RH} korekční činitel záv. na době zátoku a poklesu vnitřní tepl. v útlumové době [W/m^2]

Hodnota korekčního činitele byla vypočtena na základě účelu budovy, předpokládaného poklesu vnitřní teploty v útlumové době, hmotnosti budovy a zátopového času. Pro daný

objekt penzionu bylo uvažováno, že jde o obytnou budovu s poklesem teploty o 2 K při útlumu 8 hodin, vysoké hmotnosti a dobou zátopy 3 hodiny. Hodnota korekčního činitele byla stanovena $\Phi_{RH,i} = 18$.

7.2 Celkový návrhový tepelný výkon

Celkový návrhový tepelný výkon objektu $\Phi_{HL,i}$ je nutné vypočítat pro stanovení tepelného výkonu pro dimenzování otopných těles, výměníků tepla, zdroje tepla. Jedná se o součet celkových tepelných ztrát budovy spolu se zátopovým tepelným výkonem dle rovnice

$$\Phi_{HL,i} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

Vzhledem k velkému počtu místností jsou vypočtené hodnoty tepelných výkonů uvedeny v Příloze IV. Z této Přílohy lze vyčíst, že:

- Tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,i} = 33,7$ kW, tj. 36 % celkového tep. výkonu.
- Tepelné ztráty větráním činí $\Phi_{V,i} = 36,4$ kW, tj. 39% z celkového tep. výkonu.
- Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i} = 22,9$ kW, tj. 25 % všech tepelných ztrát.

Celkový návrhový tepelný výkon má hodnotu $\Phi_{HL,i} \approx 93$ kW.

7.3 Energetický štítek obálky budovy

Základním hodnotícím parametrem je průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U_{em} . Vypočte se

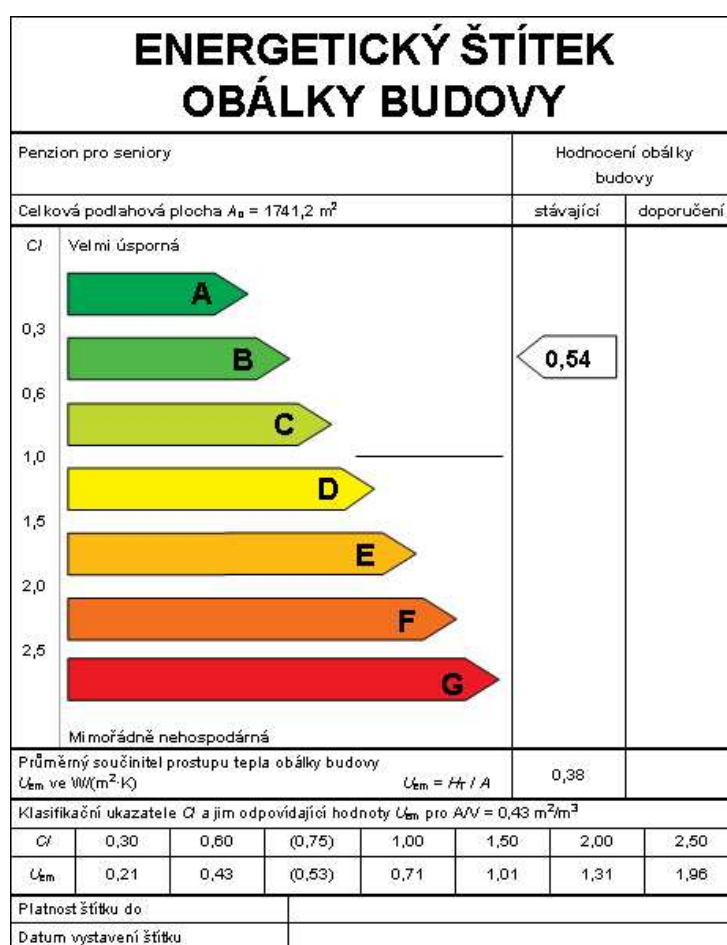
$$U_{e,m} = \frac{H_T}{A} \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

H_T měrná ztráta prostupem tepla konstrukcemi, které tvoří obálku budovy [W/K]

A plocha obálky budovy [m²]

Vypočtený parametr U_{em} je poté srovnáván s požadovanou a doporučenou hodnotou tohoto součinitele dle normy ČSN 73 0540 [17]. Nový nebo rekonstruovaný objekt musí spadat nejhůře do třídy C.

Součinitel řešeného objektu vyšel $U_{em} = 0,38$, který byl porovnán s normovými hodnotami $U_{em,N}$. Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,rq}$ i doporučený průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,rc}$ byly určeny dle [17], kde $U_{em,N,rq} = 0,65$ a $U_{em,N,rc} = 0,48$. Na základě těchto hodnot byl vytvořen energetický štítek, kde U_{em} odpovídá třídě **B**, úsporný objekt. Výsledky ilustruje Obrázek č. 19.



Obrázek č. 19: Výpočet energet. štítku obálky budovy

7.4 Výpočet tepelných zisků

Výpočet tepelných zisků byl proveden pro zjištění tepelné zátěže penzionu v letních měsících, kdy dochází k nadměrné produkci tepla a přehřívání obytných prostor objektu. Tyto hodnoty, které jsou uvedeny v Příloze V, slouží pro návrh a dimenzování chladicího systému.

Propočet tepelných zisků byl proveden v aplikaci „Výpočet tepelných zisků“ firmy QPro a je v souladu s normou ČSN 73 0548 [18]. Při výpočtu se postupovalo po jednotlivých hodinách (0 – 24) a měsících v roce pro typický výpočtový den, kdy se očekává největší tepelná zátěž. Údaje o jednotlivých stavebních konstrukcích byly převzaty z Přílohy P I. Mezi další parametry významné pro výpočet patří následující:

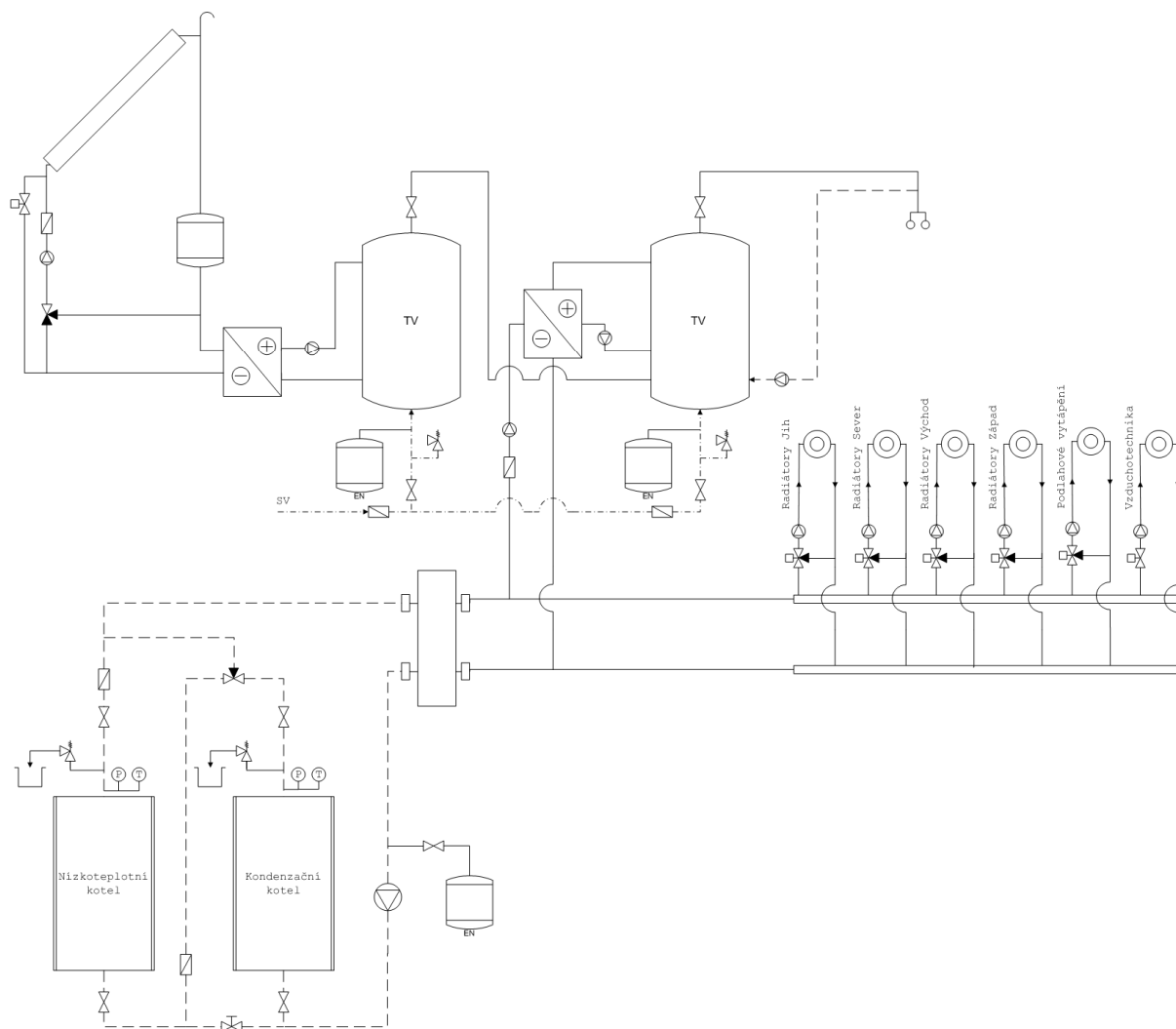
- Maximální vnější výpočtová teplota vzduchu $\theta_{e, max} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$
- Vnitřní výpočtová teplota vzduchu $\theta_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
- Intenzita výměny vzduchu $n = 0,5$
- počet obyvatel $i = 43$
- součinitel stínění $s = 0,55$

Z výsledků Přílohy V vyplývá, že **maximální tepelné zisky** připadají na měsíc srpen ve 14 hodin s hodnotou $P = 29\ 670 \text{ W}$.

Pro správný návrh chladicího systému je rovněž nezbytná znalost produkce vodní páry M . Ta byla vypočtena, za předpokladu tvorby vodní páry $g = 107 \text{ g/h}$ na osobu, jako

$$M = n \times g = 43 \times 107 = 4387 \text{ g/h} = 1,22 \text{ g/s}$$

7.5 Hydraulické schéma vytápěcího systému



Obrázek č. 20: Hydraulické schéma vytápěcího systému

7.6 Okruh s otopnými tělesy

Teplodvodní část otopné soustavy byla navržena jako nízkoteplotní (s teplotním spádem 45/30) s nuceným oběhem teplé vody a uzavřenou tlakovou expanzní nádobou s pružnou membránou. Bylo zvoleno dvoutrubkové souproudé (Tichelmannovo) zapojení otopných těles s dolním horizontálním rozvodem k tělesům.

Otopná tělesa byla navržena v bytech 1 + 0 k pokrytí tepelných ztrát vstupem pouze v místnosti *a* – obývacím pokoji. V případě bytů 1 + 1, byla místnost navíc (místnost *b* – ložnice) osazena radiátory tak, aby pokryla celkové tepelné ztráty. V ošetřovně bylo uvažováno s radiátory pro pokrytí tepelných ztrát vstupem. V ostatních prostorech byla tělesa zvolena pro pokrytí celkových tepelných ztrát.

Při návrhu otopných těles byla zohledněna tepelná pohoda uživatele, viz [19].

Byla zvolena otopná tělesa Koralux a Radik firmy Korado. Výkony těles byly navrženy dle Přílohy IV celkového návrhového tepelného výkonu. Vzhledem k tomu, že výrobce v katalogu otopných těles neuvádí výkon pro teplotní spád 45/30, bylo nezbytné přepočítat výkon těles pro projektovaný spád.

Příklad přepočtu tepelného výkonu pro projektovaný spád 45/30 dle ČSN 06 1101 [20].

Je navrhováno otopné těleso pro místnost 204 b – ložnici. Tepelná ztráta Q_{sk} místnosti činí $Q_{sk} = 767$ W. Výrobce u těles Radik udává teplotní spád 55/45 a teplotní exponent $n = 1,313$.

Výpočet teplotního podílového součinitele c

$$c = \frac{t_{w2} - t_i}{t_{w1} - t_i} = \frac{30 - 20}{45 - 20} = 0,4$$

c teplotní podílový součinitel [-]

t_{w1} teplota vstupní vody [°C]

t_{w2} teplota výstupní vody [°C]

t_i teplota okolního vzduchu (resp. vnitřní výpočtová teplota) [°C]

Výpočet opravného součinitele na teplotní rozdíl $f_{\Delta t}$

Protože podílový součinitel c je menší než hodnota 0,7, použije se pro výpočet opravného součinitele $f_{\Delta t}$ logaritmický rozdíl teplot.

$$\Delta t_{ln} = \frac{t_1 - t_2}{\ln\left(\frac{t_1 - t_i}{t_2 - t_i}\right)} = \frac{45 - 30}{\ln\left(\frac{45 - 20}{30 - 20}\right)} = 16,370$$

$$\Delta t_{N,\ln} = \frac{t_{1n} - t_{2n}}{\ln\left(\frac{t_{1n} - t_{in}}{t_{2n} - t_{in}}\right)} = \frac{55 - 45}{\ln\left(\frac{55 - 20}{45 - 20}\right)} = 29,720$$

$$f_{\Delta t} = \left(\frac{\Delta t_{\ln}}{\Delta t_{N,\ln}}\right)^n = \left(\frac{16,37035}{29,72013}\right)^{1,313} = 0,457$$

Výpočet minimálního výkonu otopného tělesa za jmenovitých podmínek

$$Q_N = \frac{Q_{sk}}{f_{\Delta t}} = \frac{767}{0,457} = 1678 \text{ W}$$

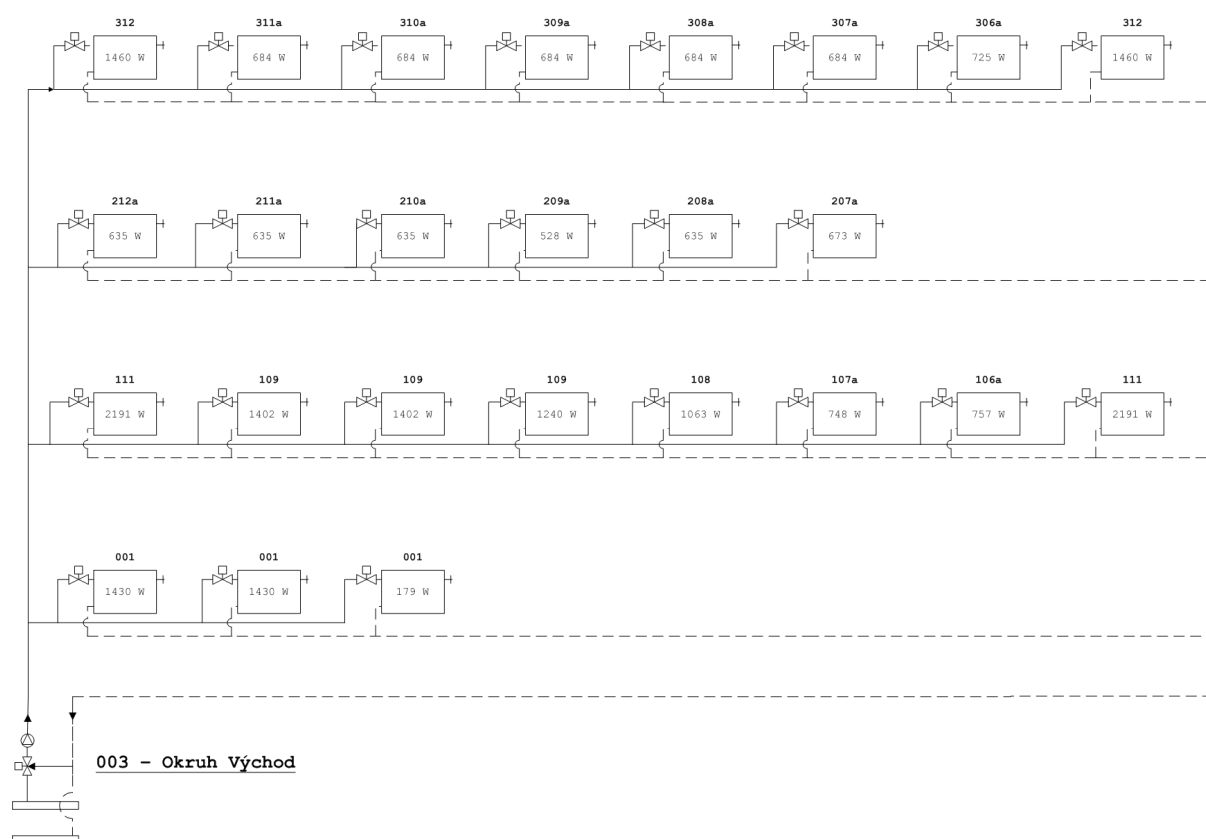
Na základě hodnoty min. výkonu Q_N otopného tělesa byl vybrán radiátor Radik 33 VK s délkou $L = 2000$ mm, výškou $H = 400$ mm a hloubkou $B = 155$ mm o tepelném výkonu $Q_t = 1764$ W pro teplotní spád 55/45 z katalogu výrobce. Přepočet výkonu zvoleného otopného tělesa pro teplotním spád 45/30 se provede výpočtem jako

$$Q_i = 1764 \times 0,457 = 806 \text{ W}$$

Všechna navrhovaná otopná tělesa pro spád 45/30 jsou uvedena v Příloze VI.

7.6.1 Rozdělení otopných větví

Jak je již zmíněno výše, bylo zvoleno dvoutrubkové souproudé (Tichelmannovo) zapojení otopných těles s dolním horizontálním rozvodem. Ležatý (horizontální) rozvod je veden v nejnižším podlaží – 1.p.p. v kanálu pod stropem a na něj jsou napojeny stoupačky (vertikální rozvody) k jednotlivým otopným větvím. Ukázkou zapojení pro východní topnou větev znázorňuje Obrázek č. 21.



Obrázek č. 21: Schéma zapojení východní topné větve dle Tichelmanna

Pro hospodárné dodávky tepla do otopných těles byla tato rozdělena do čtyř otopných větví, členěné podle světových stran. To z toho důvodu, jelikož každá fasáda je jinak osluněna a má i proměnnou potřebu tepla .

Návrh potrubní sítě byl proveden tak, aby byla soustava co nejlépe hydraulicky vyvážená. Tím se zajistí, že všechna otopná tělesa budou dosahovat svých projektovaných výkonů. Schéma jednotlivých otopných větví viz příložené CD, adresář *technicke-vykresy*.

7.6.2 Návrh třicístného regulačního ventilu

Třicístný regulační ventil pro otopné větve se navrhuje z toho důvodu, aby bylo příslušné větvi dodáváno takové množství tepla, které skutečně potřebuje pro vytápění na požadovanou teplotu. Regulační ventil tak plní centrální regulaci pro danou větev.

Pro návržení vhodného ventilu se nejprve stanoví tlaková ztráta v potrubí vedoucího k nejnepříznivěji umístěnému tělesu. Pro severní okruh bylo uvažováno s tělesem o výkonu 1460 W v místnosti č. 311b.

Tlakové ztráty v potrubí třením Δp_{λ} byly vypočteny ze vzorce

$$\Delta p_{\lambda} = \frac{\lambda \times w^2}{2 \times d} \times \rho_{\theta} \times l$$

ρ_{θ} hustota vody při $\theta = 38$ K [kg/m³]

w střední rychlost proudění [m/s]

l délka okruhu [m]

λ součinitel tření [-]

d průměr potrubí [m]

Hustota vody ρ_{θ} dle tabulkových hodnot pro střední teplotu $\theta = 38$ K je rovna $\rho_{\theta} = 992,5$ kg/m³. Střední rychlost proudění w byla zvolena $w = 0,5$ m/s. Délka okruhu $l = 81$ m. Průměr potrubí d byl vypočten pomocí vztahu

$$d = 1,128 \times \sqrt{\frac{m}{w \times \rho}} = 1,128 \times \sqrt{\frac{\left(\frac{P}{c \times \Delta\theta}\right)}{w \times \rho}} = 1,128 \times \sqrt{\frac{\left(\frac{14500}{4180 \times 15}\right)}{0,5 \times 992,5}} = 0,024 \text{ m}$$

m hmotnostní průtok [kg/s]

c tepelná kapacita [J/K]

P tepelný výkon okruhu [W]

$\Delta\theta$ teplotní rozdíl [K]

Ke znalosti součinitele tření λ v potrubí bylo zapotřebí provést výpočet pomocí rovnice

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} = \frac{0,316}{\left(\frac{w \times d}{\nu}\right)^{0,25}} = \frac{0,316}{\left(\frac{0,5 \times 0,024}{6,9527 \times 10^{-7}}\right)} = 0,027$$

Re Reynoldsovo číslo [-]

ν kinematická viskozita vody při $\theta = 38$ K [m²/s]

Z výše uvedených dílčích výpočtů byla získána hodnota tlakové ztráty třením Δp_{λ} v potrubí

$$\Delta p_{\lambda} = \frac{0,027 \times 0,5^2}{2 \times 0,025} \times 992,5 \times 81 = 11265 \text{ Pa}$$

Součástí potrubního vedení je i řada vřazených armatur. Vzhledem k tomu, že počet a typ těchto odporů není znám, byla tlaková ztráta všech těchto armatur Δp_{ξ} určena jako poměrná hodnota z tlakové ztráty třením Δp_{λ} .

$$\Delta p_{\xi} = 0,6 \times \Delta p_{\lambda} = 6759 \text{ Pa}$$

Pro návrh třicestného regulačního ventilu byl zaveden předpoklad na poměrnou autoritu ventilu $P_a = 0,5$.

$$\Delta p_V = P_a \times (\Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\xi}) = 0,5 \times 18,02 = 9 \text{ kPa}$$

Poté byl proveden výpočet K_{vs} ventilu

$$K_{vs} = q_v \times \sqrt{\frac{100}{\Delta p_V}} = \left(\frac{P}{\rho \times c \times \Delta \theta} \right) \times \sqrt{\frac{100}{\Delta p_V}} = \left(\frac{14,5}{0,9925 \times 1,16 \times 15} \right) \times \sqrt{\frac{100}{9}} = 2,85 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

q_v objemový průtok [m³/h]

Z katalogového listu výrobce byl vybrán ventil firmy TA, **CV 316 RGA**, DN 15, **Kvs = 2,5**. Byla zvolena záměrně nižší hodnota K_{vs} , aby bylo dosaženo potřebné tlakové ztráty. Tento ventil lze doplnit proporcionalně řízeným pohonem MC 55/230.

Následně došlo k určení skutečné tlakové ztráty regulačního ventilu Δp_{RV}

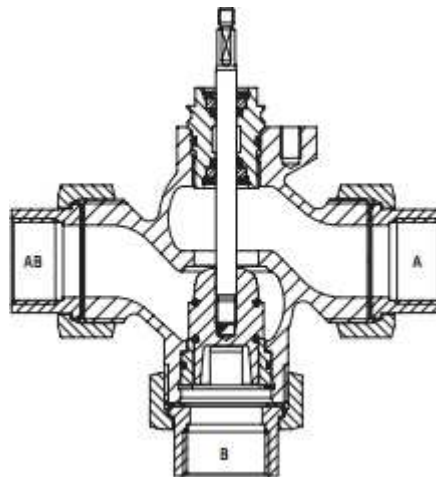
$$\Delta p_{RV} = \left(0,01 \times \frac{m}{K_{vs}} \right)^2 = \left(0,01 \times \frac{832}{2,5} \right)^2 = 11,1 \text{ kPa}$$

K_{vs} průtočné množství na plně otevřeném regulačním ventilu [m³/h]

Ze znalostí hodnot tlakové ztráty ventilu Δp_{RV} a dispozičního tlaku Δp_{disp} bylo možné vypočítat autoritu ventilu

$$P_V = \frac{\Delta p_{RV}}{\Delta p_{DISP}} = \frac{11,1}{11,1 + 11,3 + 6,8} = 0,38$$

Vypočtená hodnota autority třicestného směšovacího ventilu splňuje požadavek na minimální autoritu $P_{v,min} = 0,3$. Ve směru toku $A \rightarrow AB$ má ventil ekviprocentní charakteristiku, ve směru toku $B \rightarrow AB$ má charakteristiku lineární, viz Obrázek č. 22.



Obrázek č. 22: Průřez třicestným regulačním ventilem

Návrh třicestných směšovacích ventilů dalších topných okruhů byl vykonán stejným způsobem. Byly zvoleny ventily stejné firmy a stejného typu s rozdílnou hodnotou K_v . Výsledky shrnuje Tabulka č. 14. Tlaková ztráta spotřebiče Δp zahrnuje tlakové ztráty v potrubí a v jednotlivých odporech (ventilech a tvarovkách) pro okruh vedoucí vždy k nejnepříznivěji (s předpokládanou největší tlakovou ztrátou) umístěnému radiátoru.

Tabulka č. 14: Výpočty hodnot pro návrh regulačních ventilů topných okruhů

Okruh	Q_{max} [kW]	Δp [kPa]	m [kg/h]	K_{vs} [m ³ /h]	Δp_{RV} [kPa]	P_v [-]
Severní	14,5	18,1	832	2,5	11,1	0,38
Jižní	14,9	16,3	852	2,5	11,6	0,42
Východní	24,8	19,1	1426	4	12,7	0,40
Západní	12,3	16,7	709	2,5	8,0	0,33

Q_{max} tepelný výkon okruhu [kW]

m průtočné množství [kg/h]

Δp tlaková ztráta [kPa]

Δp_{RV} tlaková ztráta ventilu [kPa]

P_v autorita ventilu [-]

7.6.3 Návrh oběhového čerpadla

Návrh čerpadel byl proveden pro parametry uvedené v Tabulce č. 15, kde tlak čerpadla $\Delta p_{\check{c}}$

$$\Delta p_{\check{c}} = \Delta p + \Delta p_{RV}$$

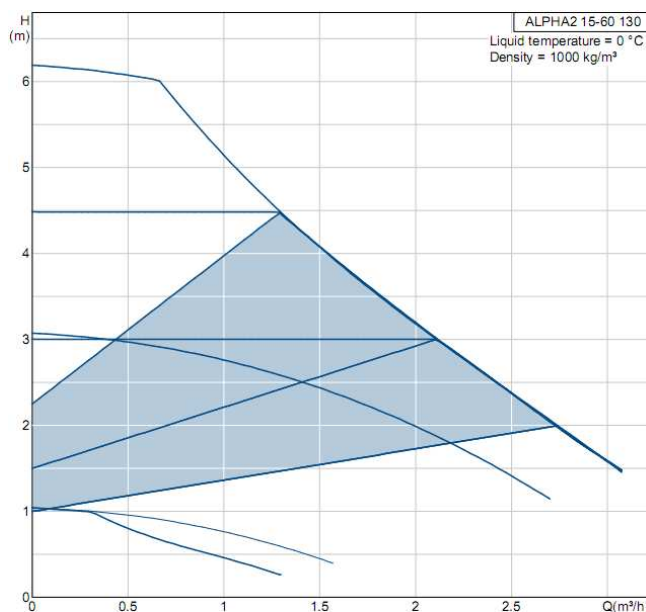
Pro severní okruh budou parametry hledaného čerpadla následující:

- $\Delta p_{\check{c}} = 18,1 + 11,1 = 32,1$ [kPa]
- $m = 832$ [kg/hod]

Tabulka č. 15: Vybraná čerpadla pro jednotlivé topné okruhy

Okruh	$\Delta p_{\check{c}}$ [kPa]	m [kg/h]	Typ čerpadla
Severní	29,1	832	Grundfos Alpha2 15-60
Jižní	27,8	852	Grundfos Alpha2 15-60
Východní	31,7	1426	Wilo Stratos 25/1-6
Západní	24,3	709	Grundfos Alpha2 15-60

Čerpadlo pro severní okruh, které je schopné vyhovět žadaným hodnotám, je výrobek firmy Grundfos, řada **Alpha2**, typ **15-60**. Jde o energeticky úsporné, mokroběžné čerpadlo s elektronicky řízenými otáčkami. Charakteristika čerpadla viz Obrázek č. 23. Zelené pásmo v obrázku vyznačuje oblast, ve které je možná elektronická regulace otáček. Stejně čerpadlo bylo zvoleno i ostatní topné okruhy.



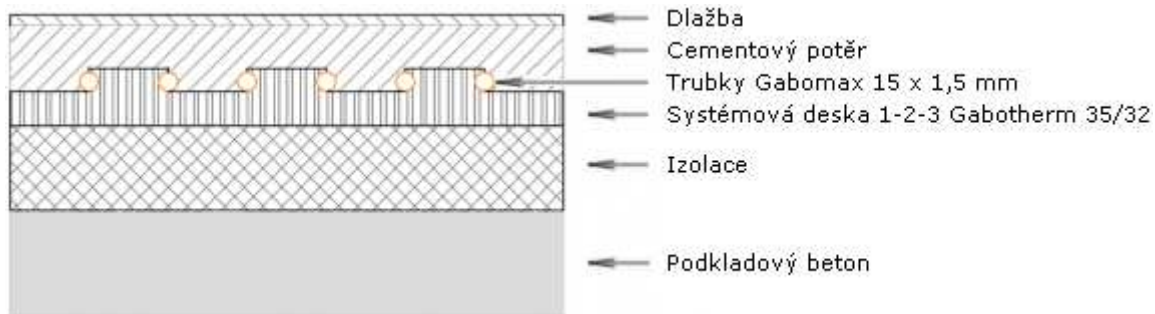
Obrázek č. 23: Charakteristika čerpadla Grundfos Alpha2 15-60

7.7 Podlahové vytápění

Dle zadání diplomové práce, bylo uvažováno v rámci vytápěcího systému i s podlahovým vytápěním. V penzionu pro seniory bylo projektováno jako komfortní způsob vytápění pro pokrytí tepelných ztrát v koupelnách jednotlivých bytů a dále ošetřovny.

Byl použit mokrý **systém 1-2-3** firmy Gabotherm s přímým uložením trubek do betonové mazaniny, viz Obrázek č. 24. Pro rozvod tepla je použito polybutenových trubek o rozměru $15 \times 1,5$ mm, uložených v systémové desce z tvarovaného polystyrenu. Distribuci topné vody budou zajišťovat čtyři rozdělovače firmy Gabotherm GTF-VSS s mísícími sadami s příslušným počtem vytápěcích okruhů (dva osmiokruhové, jeden šesti a jeden dvanáctiokruhový). Na regulaci průtoků v okruzích bylo použito ventilů se servopohonem GTF-TS 360z.

Teplotní spád byl zvolen $40/35$ °C, který zaručuje, že povrchová teplota podlahy $\theta_{F,M}$ nepřekročí hygienické limity (pro obytné prostory 29 °C, pro koupelny 33 °C).



Obrázek č. 24: Skladba vrstev podlahy systému Gabootherm

Výpočty navržených podlahových okruhů jsou uvedeny v Příloze VII. Všechna data z Přílohy pochází z návrhového softwaru Termoplan firmy KKH. Vzorový návrh topného okruhu byl proveden pro koupelnu bytu 104.

Plochu vytápěného prostoru $A = 5,52 \text{ m}^2$, bylo nutno snížit o zastavené objekty (vana, záchod). Tím byla zvolena využitelná plocha $A_i = 4,6 \text{ m}^2$. Projektovaný tepelný výkon Q_H je uvažována tepelná ztráta místnosti snížená o výkon jiných zdrojů tepla. Byla zvolena hodnota $Q_H = 346 \text{ W}$. Jako podlahová krytina je v koupelně uvažováno s keramickými dlaždicemi, jejichž tepelný odpor činí $R_\lambda = 0 \text{ (m}^2\text{K)/W}$.

Na základě těchto hodnot byla vypočítána hustota tepelného toku q_{des} :

$$q_{des} = \frac{Q_H}{A_i} = \frac{346}{4,6} = 75,22 \text{ W/m}^2$$

Poté byla provedena kontrola, zda-li povrchová teplota $\theta_{F,M}$ nepřekračuje hygienické limity (viz výše)

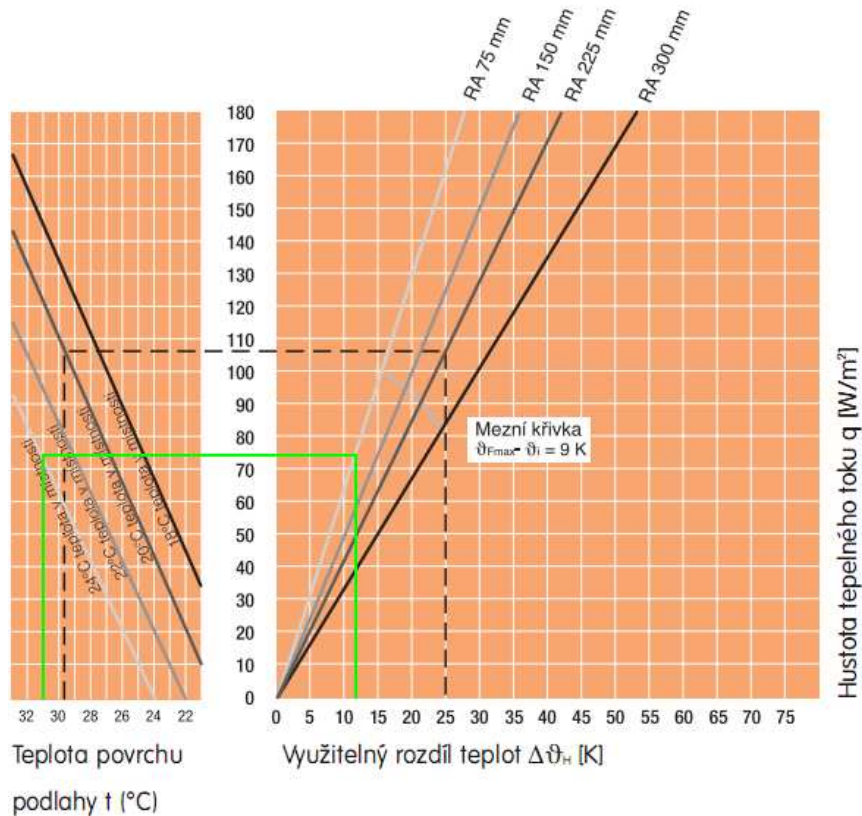
$$\theta_{F,M} = \theta_{int} + \left(\frac{q_{des}}{8,92} \right)^{1,1} = 24 + \left(\frac{75,22}{8,92} \right)^{1,1} = 30,95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Využitelný rozdíl teplot $\Delta\theta_{H,des}$ byl přibližně určen z následujícího vzorce, přesněji pak z grafu Obrázku č. 25.

$$\Delta\theta_{H,des} = \frac{\theta_V + \theta_R}{2} - \theta_{int} = \frac{40 + 35}{2} - 24 = 13,5 \text{ K}$$

θ_V teplota vody na přívodu [°C]

θ_R teplota vody na odtoku [°C]



Obrázek č. 25: Mezní křivka 9 K pro keramickou podlahu ($R_{\lambda,\beta} = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$)

Z Obrázku č. 25, dle zelené čáry, bylo určeno, že pro využitelný teplotní rozdíl $\Delta\theta_{H,des} = 13,5 \text{ K}$ a hustotu tepelného toku $q_{des} = 75,22 \text{ W/m}^2$ je nutné použít trubek s roztečí $RA = 75 \text{ mm}$. Předpoklad ochlazení σ byl zvolen $\sigma = 5 \text{ K}$.

Dalším parametrem nezbytným pro návrh podlahového vytápění je hmotnostní průtok m_H . Součinitel 1,1 v následujícím vzorci je užit, protože se předpokládá 10 % prostup tepla směrem dolů. Průtok pro okruh 104c byl vypočten jako

$$m = 1,1 \times \frac{Q_F}{\sigma \times c} = 1,1 \times \frac{346}{8,6 \times 4180} \times 3600 = 38,05 \text{ kg/h}$$

Q_F požadovaný výkon podlahového vytápění [W]

σ teplotní rozdíl mezi přívodní a vratnou vodou [K]

c měrná tepelná kapacita vody [J/kgK]

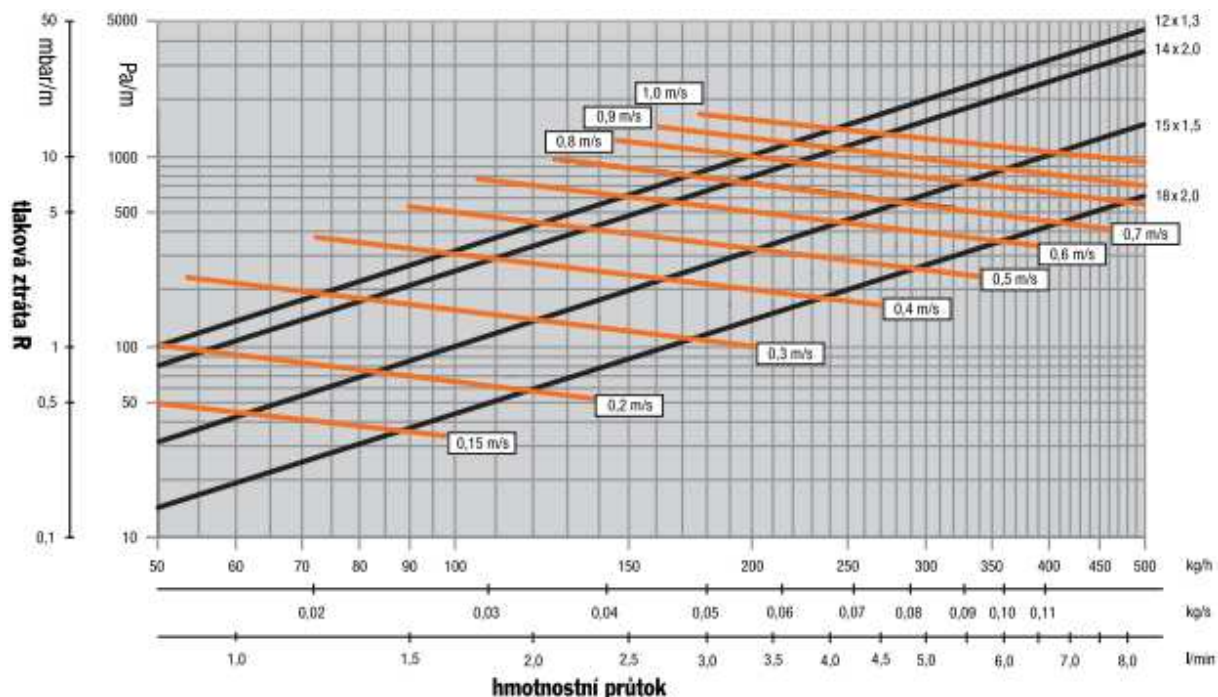
Výpočet délky potrubí topného okruhu L_R je složen z dílčích vzdáleností; z délky přívodu trubky k otopnému hadu L_A a délky trubky samotného otopného hadu L_H . Spotřeba trubek na 1 m^2 , pro systém Gabotherm a rozteč trubek $RA = 75 \text{ mm}$, činí $13,3 \text{ m/m}^2$ (pro rozteč $RA = 150 \text{ mm}$ pak $6,6 \text{ m/m}^2$).

$$L_R = L_A + L_H = L_A + (k \cdot A_t) = 8 + 4,6 \times 13,3 = 69,5 \text{ m}$$

Tlaková ztráta v potrubí Δp_R se určí ze vztahu

$$\Delta p_R = R \times L_R = 25 \times 69,5 = 1738 \text{ Pa}$$

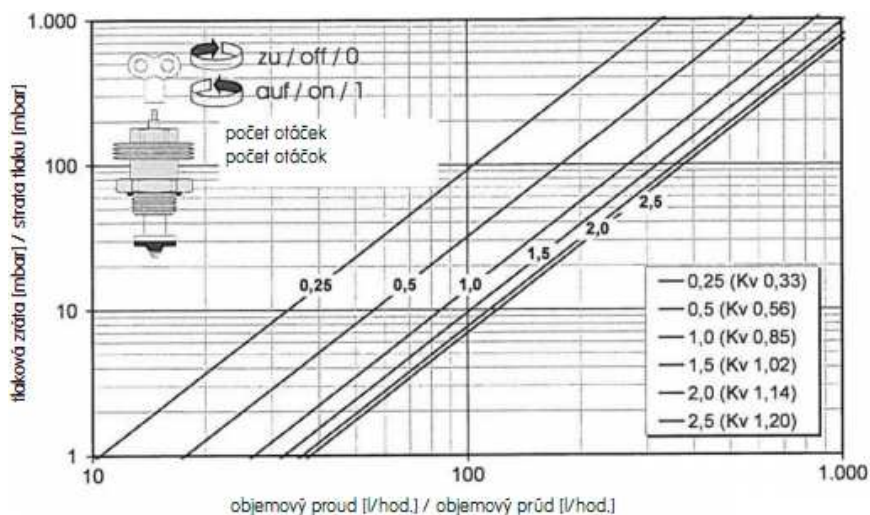
kde měrná tlaková ztráta třením R je odečtena z Obrázku č. 26, na základě hmotnostního průtoku m_H a rozměru polybutenové trubky ($15 \times 1,5$).



Obrázek č. 26: Odporová charakteristika potrubí

Celková tlaková ztráta každého z okruhů Δp_c je rovna součtu hodnot tlakových ztrát v potrubí Δp_R a ztrát na rozdělovači Δp_V . Tlaková ztráta na rozdělovači Δp_V se určí z odporové charakteristiky rozdělovače, viz Obrázek č. 27. Pro hmotnostní průtok $m_H = 38,05$ kg/h ztráta rozdělovače činí $\Delta p_V = 1,2$ mbar. Celková tlaková ztráta okruhu je rovna

$$\Delta p_c = \Delta p_R + \Delta p_V = 17,38 + 1,2 = 18,6 \text{ mbar}$$



Obrázek č. 27: Odporová charakteristika rozdělovače

Posledním krokem je určení přednastavení regulačního ventilu VE_R . Bylo tak provedeno na základě znalostí hodnot tlakového rozdílu Δp_D a příslušného hmotnostního průtoku m_H . Tlakový rozdíl Δp_D je tlak, který je nutno na každém okruhu seškrtnit tak, aby byla soustava co nejlépe hydraulicky vyvážená. Hodnota tohoto tlaku se určí tak, že se nejprve vyhledá nejvyšší tlaková ztráta ze všech okruhů. Výpočet Δp_D pro okruh 104c je roven

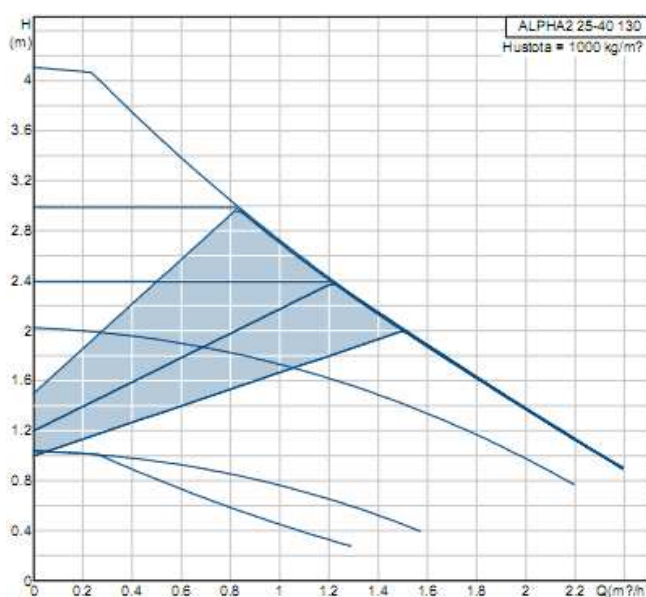
$$\Delta p_D = \Delta p_{max} - \Delta p_c = 84,7 - 18,6 = 66,1 \text{ mbar}$$

Samotná hodnota přednastavení ventilu VE_R je poté odečtena z Obrázku č. 27 na základě průsečíku m_H a Δp_D .

$$VE_R = 0,25 \text{ otáček}$$

Výsledky všech výpočtů podlahového vytápění shrnuje Příloha VII. Tučným písmem vyznačený řádek označuje okruh, kde byla zjištěna největší tlaková ztráta Δp_{max} .

Celkový hmotnostní průtok m soustavou podlahového vytápění je roven $m = 1543,18 \text{ kg/h}$. Pro tento průtok m a tlakové ztráty p bylo navrženo čerpadlo Grundfos **Alpha+ 25/40** s elektronicky řízenými otáčkami, viz Obrázek č. 28.



Obrázek č. 28: Charakteristika čerpadla Grundfos Alpha2 25-40

7.8 Vzduchotechnika

Vzduchotechnický systém byl navržen z toho důvodu, že je v domě uvažováno s okny s vysokou těsností a nízkým součinitelem spárové průvzdušnosti. Při instalaci těchto oken nedochází k dostatečnému provětrávání obytných prostor a hrozí nebezpečí vzniku plísní, atp. Proto je třeba větrat v pravidelných intervalech, nebo otevřít okna na tzv. mikros páru. V zimním období by však tento způsob větrání způsoboval přísun studeného venkovního vzduchu a zvyšoval náklady na spotřebu energií.

Dále pro použití VZT jednotky vedl fakt, že v prostorách sociálních místností (koupelny, záchody) nejsou instalována okna (viz půdorysy jednotlivých pater v adresáři *technicke-vykresy* na přiloženém CD).

Z těchto výše uvedených důvodu, pro splnění hygienických požadavků na větrání, dle Vyhlášky č. 6/2003 Sb., bylo přistoupeno k instalaci VZT systému.

7.8.1 Dimenzování vzduchotechnického systému

Vzduchotechnický systém (VZT) byl navržen jako teplovzdušné větrání s chlazením. VZT jednotka pracuje pouze s čerstvým vzduchem, ke směšování dochází přímo v místnostech. V letním období zajišťuje částečné zchlazení vzduchu, v zimním pak přehřev. Finální úprava vzduchu probíhá v jednotkách FCU (fan-coil unit). Systém byl koncipován jako podtlakové větrání, tedy že z místností se odvádí více vzduchu, než se přivádí – to slouží k zabránění úniku znečištěného vzduchu do okolí.

Distribuce a úprava čerstvého vzduchu zajišťuje vzduchotechnická jednotka (VZT) **Aeromaster FP 458**, firmy Remak. Jednotka byla vybrána na základě výpočtů dle letního a zimního období a návrhových parametrů vzduchu, viz Tabulka č.16. Jedná se o systém s bezrámovou konstrukcí s pozinkovaným potrubím obdélníkového průřezu. VZT zajišťuje distribuci a úpravu vzduchu, tj. filtraci, ohřev, chlazení a vlhčení.

V podhledech vstupních chodeb do jednotlivých pokojů penzionu se umístí mezistropní 4 trubkové jednotky fan-coil firmy Acson **ACW 200H**, které mají za úkol pokrývat tepelnou ztrátu větráním a v letním období zajišťovat tepelnou pohodu eliminací tepelné zátěže. Přívod teplé vody bude přes rozdělovač z kotlového okruhu, přívod chladicí vody bude zajišťovat venkovní chladič vody (chiller). Součástí fan-coilu je i odvod kondenzátu.

Tabulka č. 16: Návrhové parametry VZT jednotky

Tepelné zisky Q_{ZAT}	29 670 W
Tepelné ztráty větráním Q_{ZTR}	19 903 W
Vodní zisky M_W	4 387 g/h
Letní provoz	
Požadovaná vnitřní teplota θ_i	24 °C
Požadovaná vlhkost vnitřního vzduchu φ	50 %
Teplota venkovního vzduchu θ_e	30 °C
Entalpie venkovního vzduchu h_e	56 kJ/kg
Rozdíl teploty přiváděného vzduchu Δt_l	8 K
Zimní provoz	
Požadovaná vnitřní teplota θ_i	20 °C
Požadovaná vlhkost vnitřního vzduchu φ	45 %
Teplota venkovního vzduchu θ_e	-15 °C
Relativní vlhkost venkovního vzduchu φ	85 %
Rozdíl teploty přiváděného vzduchu Δt_z	12 K

7.8.2 Letní provoz – chlazení

Průtok venkovního (čerstvého) vzduchu (minimálního hygienického množství) V_e

$$V_e = n \times V_{OS} = 43 \times 50 = 2150 \text{ m}^3/\text{h}$$

n počet osob [-]

V_{OS} minimální dávka čerstvého vzduchu na osobu [m^3/h]

Celkový průtok vzduchu V_p

$$V_p = \frac{Q_{ZAT}}{\rho_A \times c_A \times \Delta t_l} = 11016 \text{ m}^3/\text{h}$$

ρ_A hustota vzduchu ($\rho_A = 1,2$) [kg/m^3]

c_A tepelná kapacita vzduchu ($c_A = 1010$) [$\text{J}/(\text{kgK})$]

Množství oběhového (cirkulačního) vzduchu V_c

$$V_c = V_p - V_e = 8866 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pro odvlhčení vzduchu, t.j. změny měrné vlhkosti Δx

$$\Delta x = \frac{M_W}{M_P} = \frac{M_W}{V_p \times \rho_A} = 0,33 \text{ g/kg}$$

Bilance mezi produkcí vlhkosti uvnitř objektu a vlhkostí odváděnou

$$\begin{aligned} \Delta x &= M(x_i - x_p) \\ 0,33 &= (9,4 - 7,9)_{HX} \end{aligned}$$

x_i, x_p měrná vlhkost vzduchu v místnosti, přiváděného vzduchu [$\text{g}/\text{kg}_{\text{s.v.}}$]

Aby byla dodržena rovnost mezi vlhkostí produkovanou v místnosti a odváděnou, bylo zapotřebí upravit parametr relativní vlhkosti vnitřního vzduchu $\theta_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ na hodnotu $\varphi = 44 \text{ } \%$, tj. měrná vlhkost se změní z $x_i = 9,5 \text{ g}/\text{kg}_{\text{s.v.}}$ na $x_i = 8,3 \text{ g}/\text{kg}_{\text{s.v.}}$.

Pro výpočet chladicího výkonu a určení stavu vnitřního vzduchu byl použit Mollierův h-x diagram, viz Obrázek č. 29. Výkon chladiče $Q_{CHL,VZT}$ ve VZT jednotce pro chlazení přivodního čerstvého vzduchu byl určen výpočtem:

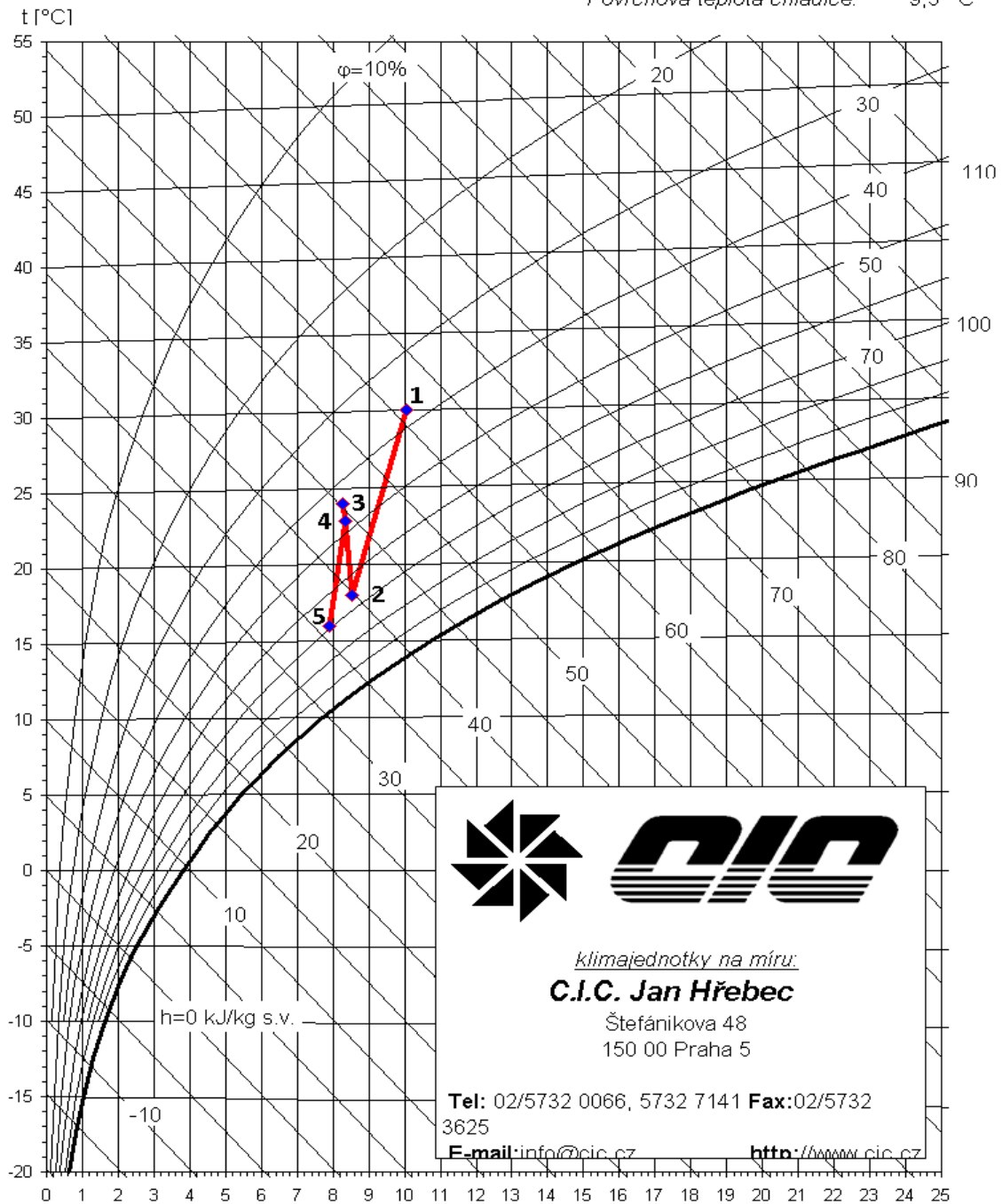
$$Q_{CHL,VZT} = \frac{V_e}{3600} \times \rho \times (h_e - h_p) = 11,6 \text{ kW}$$

Dochlazení na pracovní rozdíl teplot zajišťují bytové ventilátorové jednotky s chladičem (fan-coily), napojené na venkovní výrobu chladu (chiller). Výkon tohoto chladiče $Q_{CHL,chiller}$ byl určen stejným způsobem, viz předchozí výpočet, na hodnotu $Q_{CHL,chiller} = 29,8 \text{ kW}$. Pro tento výkon byl vybrán **chiller** firmy Acson, typ **A4AC 120 CR** o chladícím výkonu $P = 32,2 \text{ kW}$.

V Obrázku č. 29 označení „1“ symbolizuje vnější čerstvý vzduch (E), značka „3“ vnitřní vzduch (I), značka „5“ přiváděný vzduch (P).

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 9,5 °C



klimajednotky na míru:
C.I.C. Jan Hřebec
 Štefánikova 48
 150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 Fax:02/5732 3625
 E-mail: info@cic.cz <http://www.cic.cz>

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teplota	t	°C	30,0	18,0	24,0	22,8	16,0				
rel. vlhkost	φ	%	37%	66%	44%	48%	69%				
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	10,1	8,5	8,3	8,3	7,9				
entalpie	h	kJ/kg s.v.	56,0	39,8	45,3	44,2	36,1				
hustota	ρ	kg/m ³	1,14	1,19	1,17	1,17	1,20				
t. vlhkého tepl.	tv	°C	19,4	14,1	16,0	15,6	12,7				
Skut. průtok	Vs	m ³ /h	2 282	2 186	9 197	11 383	11 112				
Norm. průtok	Vn	m ³ /h	2 150	2 150	8 866	11 016	11 016				
Předaný výkon	P	kW		-11,6			-29,8				
Odpařené vody	qw	kg/h		-3,9		0,0	-5,8				

Obrázek č. 29: Výpočet chladičho výkonu

7.8.3 Zimní provoz – vytápění

VZT jednotka bude předehtřivat venkovní čerstvý vzduch V_e na teplotu $\theta = 15\text{ °C}$. Vzduch poté bude v parním zvlhčovači dovlhčen a smíchán s cirkulačním vzduchem V_c v místnosti. Dohřev na vnitřní teplotu $\theta_i = 20\text{ °C}$ a pokrytí tepelných ztrát větráním zajistí jednotky fan-coil.

Průtok venkovního (čerstvého) vzduchu (minimálního hygienického množství) V_e , cirkulačního vzduchu V_c a celkový průtok vzduchu V_p jsou dány letním provozem. Vzhledem k tomu, že celkový průtok vzduchu pro zimní období byl převzat z období letního, došlo ke korekci pracovního rozdílu teplot Δt_z

$$\Delta t_z = \frac{Q_{ZTR}}{\rho \times c \times V_p} = 5,37\text{ K}$$

Pro určení změny měrné vlhkosti Δx platí vztah

$$\Delta x = \frac{M_w}{M_p} = \frac{M_w}{V_p \times \rho} = \frac{4387}{11016 \times 1,2} = 0,33\text{ g/kg}$$

Následně byla provedena kontrola poloh čar x_i a x_p , tedy bilance mezi produkcí vlhkosti uvnitř objektu a vlhkostí odváděnou

$$\begin{aligned}\Delta x &= M(x_i - x_p) \\ x_p &= x_i - \Delta x = 6,6 - 0,33 \approx 6,3 \\ 0,33 &= (6,6 - 6,3)_{HX}\end{aligned}$$

x_i, x_p měrná vlhkost vzduchu v místnosti, přiváděného vzduchu [g/kg_{s.v.}]

Pro výpočet ohřivače $Q_{OHŘ,VZT}$ byl použit Mollierův h-x diagram, viz Obrázek č. 30. Výkon ohřivače ve VZT jednotce byl určen na hodnotu

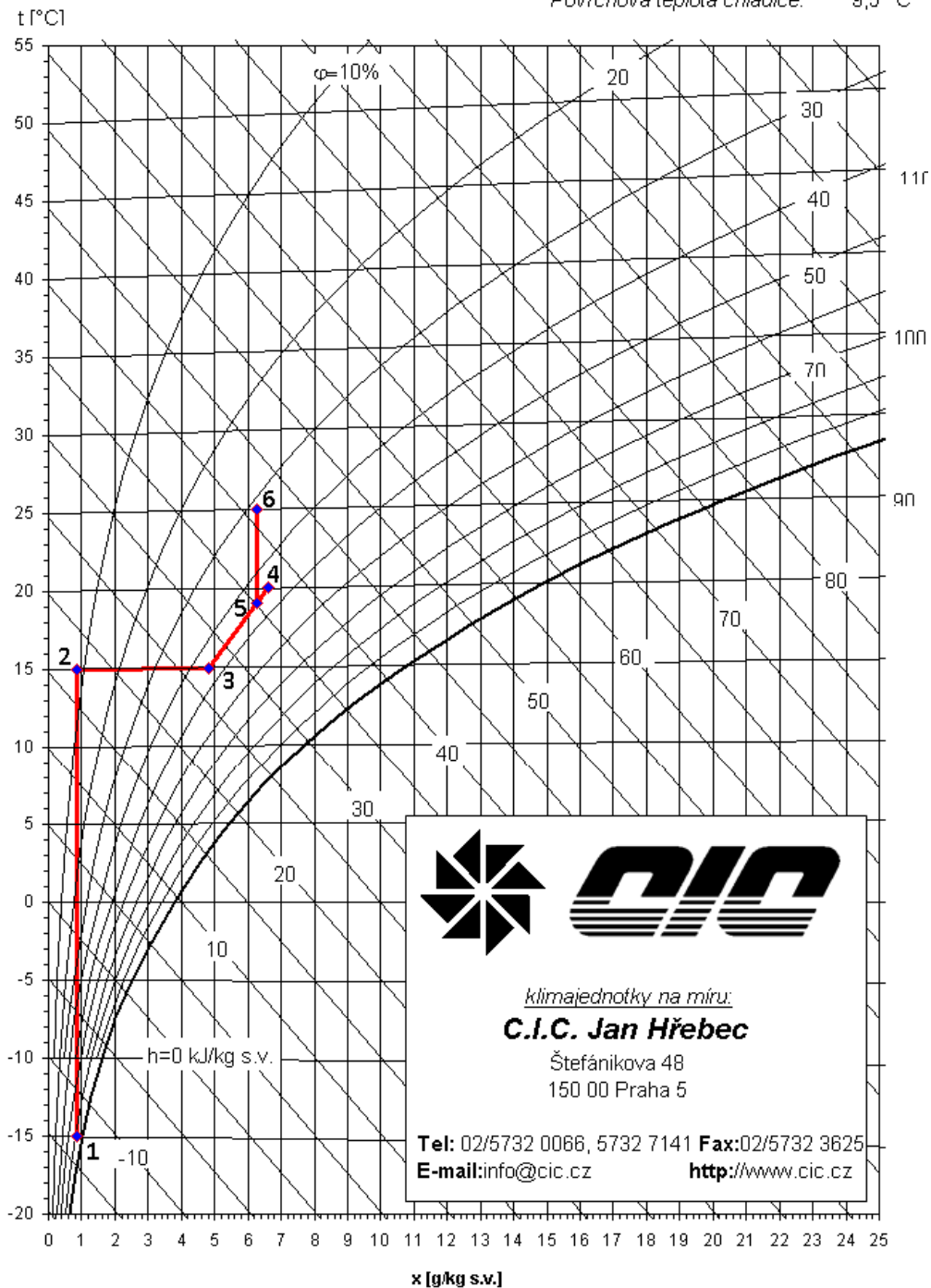
$$Q_{OHŘ,VZT} = \frac{V_e}{3600} \times \rho \times (h_{15^\circ} - h_{-15^\circ}) = 21,7\text{ kW}$$

Množství odpařené vody na zvlhčovači $q_w = 10,7$ kg/h. Dohřev na pracovní rozdíl teplot zajišťují bytové ventilátorové jednotky (fan-coily). Topný výkon všech jednotek $Q_{OH\check{R},FC}$ byl určen stejným způsobem, viz předchozí vzorec, na hodnotu $Q_{OH\check{R},FC} = 22,4$ kW.

V Obrázku č. 30 označení „1“ symbolizuje vnější čerstvý vzduch (E), značka „4“ vnitřní vzduch (I), značka „6“ přiváděný vzduch (P).

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 9,5 °C



klimajednotky na míru:
C.I.C. Jan Hřebec
 Štefánikova 48
 150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 Fax: 02/5732 3625
 E-mail: info@cic.cz http://www.cic.cz

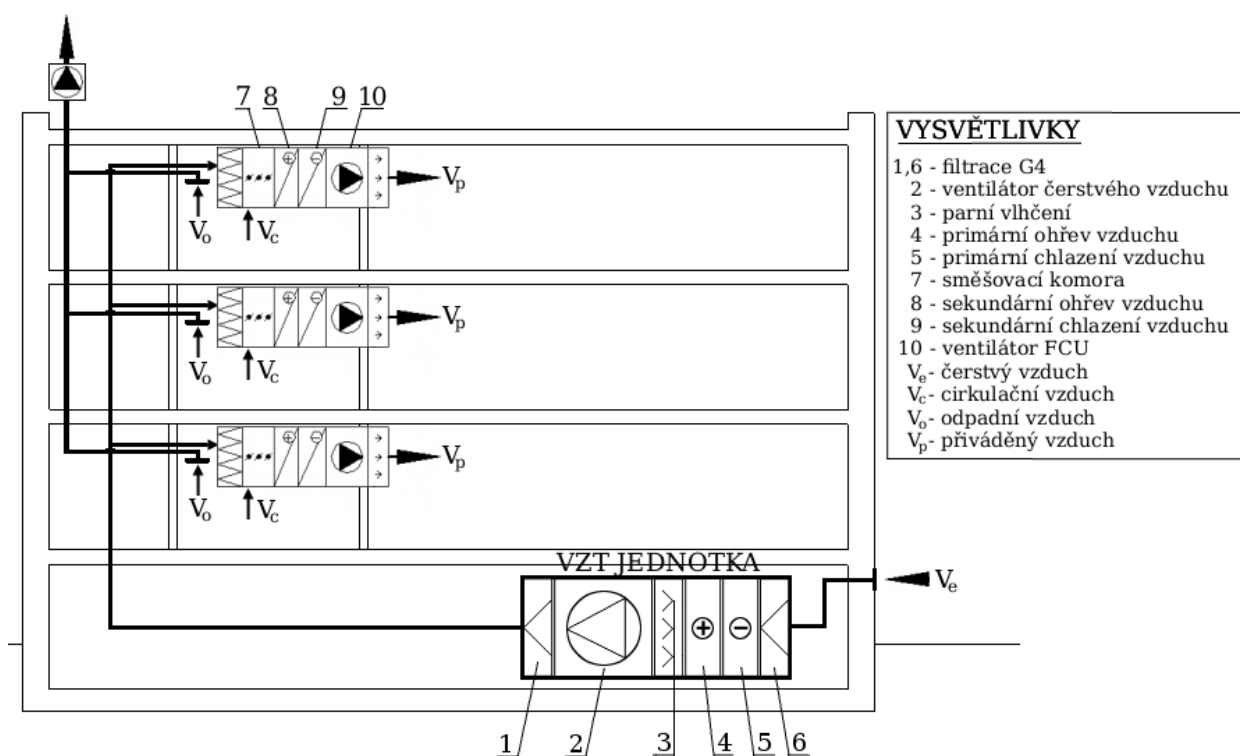
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teplota	t	°C	-15,0	15,0	15,0	20,0	19,0	25,0			
rel.vlhkost	φ	%	85%	8%	45%	45%	45%	31%			
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	0,9	0,9	4,8	6,6	6,3	6,3			
entalpie	h	kJ/kg s.v.	-13,0	17,4	27,3	37,0	35,1	41,2			
hustota	ρ	kg/m ³	1,35	1,21	1,21	1,18	1,19	1,16			
t.vlhkého tepl.	tv	°C	-15,0	4,3	9,0	13,0	12,2	14,6			
Skut. průtok	Vs	m ³ /h	1 915	2 137	2 151	9 049	11 200	11 428			
Norm. průtok	Vn	m ³ /h	2 150	2 150	2 150	8 866	11 016	11 016			
Předaný výkon	P	kW		21,7	7,1			22,4			
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0	10,2		0,0	0,0			

Obrázek č. 30: Výpočet výkonu ohříváče a zvlhčovače

7.8.4 Přívod čerstvého vzduchu

Nasávání čerstvého vzduchu z exteriéru do jednotky VZT bylo uvažováno prostřednictvím svislého otvoru na fasádě budovy přes protidešťovou žaluzii ve výšce 600 mm nad terémem.

Větrací-vytápěcí vzduch je veden od VZT jednotky plochými plechovými vzduchovody v podhledu (stropními kanály) do chodeb jednotlivých pater. Odtud je rozváděn do pokojů bytů a ukončen stropními vyústky, viz Obrázek č. 31. Čerstvý vzduch se směšuje s cirkulačním vzduchem uvnitř pokoje a skrze mřížky ve dveřích se šíří do chodby bytu a koupelny. Trasy rozvodů vzduchu jsou zřejmé z výkresů na příloženém CD v adresáři *technicke-vykresy*.



Obrázek č. 31: Řez objektem s rozvody vzduchotechniky

7.8.5 Odvod odpadního vzduchu

Odváděn je znehodnocený (odpadní) vzduch z koupelen a digestoří jednotlivých bytů. Odsávání je spuštěno automaticky po rozsvícení světla v koupelně (spínání s oddáleným startem a doběhem) nebo při zapnutí digestoře v kuchyni (sepnutí s okamžitým startem bez doběhu) některého z bytů. Zároveň s rozběhem odsávacích ventilátorů je spuštěn ventilátor přívodu čerstvého vzduchu.

Vzduchovod odpadního vzduchu je veden ve stropním podhledu v chodbách jednotlivých pater do venkovního prostředí přes zpětnou klapku střešní vyústkou s protidešťovou žaluzií. Není zde uvažováno se zpětným získáváním tepla (rekuperací), protože odpadní vzduch z digestoří by mohl

zanést výměník rekuperátoru mastnotou a rovněž protože rychlost proudění vzduchu ventilátorem v digestoři je výrazně vyšší než jsou doporučené průtoky vzduchu pro výměník rekuperátoru [21]. Trasy rozvodů vzduchu jsou zřejmé z výkresů na přiloženém CD v adresáři *technicke-vykresy*.

Množství odsávaného vzduchu z koupelen a digestoří V_o bylo dimenzováno na základě německé normy DIN 1946 [22] (neboť toto množství v ČR není stanoveno žádným legislativním dokumentem), viz následující Tabulka č. 17.

Tabulka č. 17: Dimenzování množství odsávaného vzduchu V_i dle DIN 1946

Místnost	Režim odvětrání	V_o [m ³ /h]
Kuchyně	Libovolná provozní doba	60
	Provozní doba delší než 12 h/den	40
Koupelna	Libovolná provozní doba	60
	Provozní doba delší než 12 h/den	40

7.8.6 Návrh ventilátorů

Návrh ventilátorů byl proveden na základě průtoků vzduchu (přiváděného i odváděného) a znalostí tlakových poměrů ve vzduchovodech.

Celkové množství přiváděného vzduchu bylo vypočteno v kapitole Letní období – chlazení, s výsledkem $V_e = 2150 \text{ m}^3/\text{h}$. Objem odváděného vzduchu byl stanoven, na základě Tabulky č. 17 z předcházející kapitoly, pro 29 bytových jednotek s koupelnou a kuchyní jako

$$V_{o,celkem} = \Sigma(n \times V_o) = 2320 \text{ m}^3/\text{h}$$

n počet místností kde je potřeba odvádět vzduch

V_o objem odváděného vzduchu místnosti

Tlakové ztráty vzduchovodů byly vypočteny metodou stálého tlakového spádu, tzn. že hlavní větev byla dimenzována tak, aby měrná tlaková ztráta R byla konstantní. Dopravní tlak ventilátoru čerstvého vzduchu, tj. tlaková ztráta potrubní sítě byla vypočtena jako

$$\Delta p_z = \left(\frac{\lambda \times L}{d} + \sum \xi \right) \times \frac{v^2}{2} \times \rho = 157 \text{ Pa}$$

λ součinitel tření [-]

ξ součinitel místního odporu [-]

L délka vzduchovodu [m]

v střední rychlost vzduchu [m/s]

d ekvivalentní průměr potrubí [m]

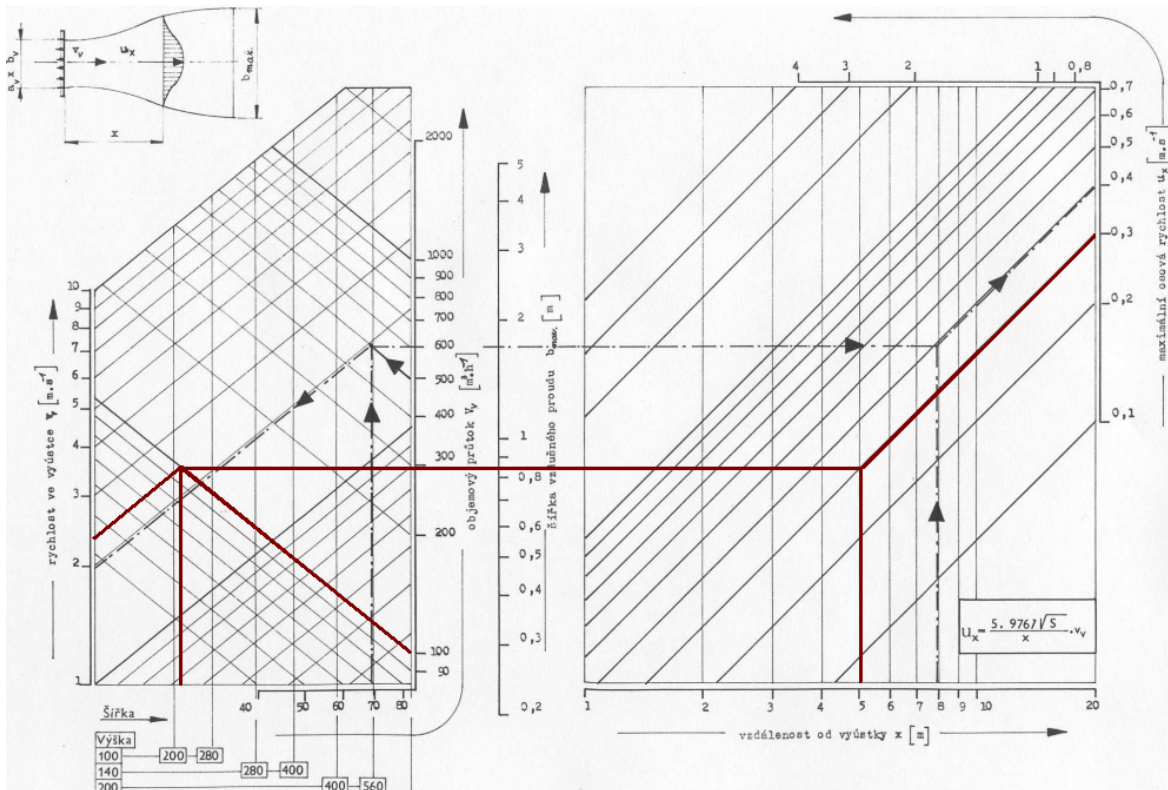
ρ hustota vzduchu [kg/m³]

Dopravní tlak ventilátoru čerstvého vzduchu byl vypočten na hodnotu $\Delta p_z = 157 \text{ Pa}$, tlak ventilátoru pro odtažení znehodnoceného vzduchu $\Delta p_z = 144 \text{ Pa}$. Užití parametry byly, $\lambda = 0,0193$, $L = 140 \text{ m}$, $d = 142 \text{ mm}$ (pro předpokládané čtyřhranné potrubí 250×100), $\xi = 48$, $v = 4 \text{ m/s}$. Výsledné hodnoty odpovídají přibližnému výpočtu tlakových ztrát vzduchovodů pomocí volby měrné tlakové ztráty R (0,5 až 3 Pa/m)

$$\Delta p_z = R \times L = 150 \text{ Pa}$$

Dle výše vypočtených hodnot byl vybrán centrální odtahový ventilátor instalovaný na střeše, centrální ventilátor pro přívod čerstvého vzduchu integrovaný ve VZT jednotce, a jednotlivé odtahové ventilátory do koupelen bytů. Typy a parametry vybraných ventilátorů, viz Tabulka č. 18 a Obrázek č. 33.

Pro přívod vzduchu do místností byl vybrán distribuční element stěnová vyústka **VJNL** firmy Proclima o rozměru $200 \times 100 \text{ mm}$. Velikost elementu byla určena na základě stanovení dosahu proudu ($x_L = 5 \text{ m}$) a z maximální přípustné rychlosti v místě dosahu proudu ($w_M = 0,3 \text{ m/s}$), viz Obrázek č. 32.

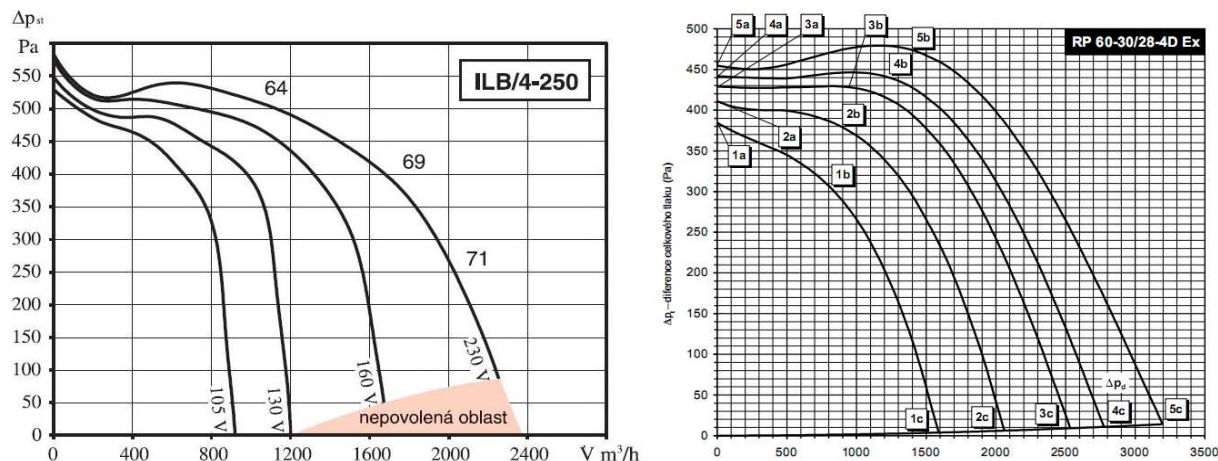


Obrázek č. 32: Stanovení velikosti stěnové výústky

Ventilátor pro odvod vzduchu z kuchyně nebyl navrhován, neboť bývá součástí komplexnějších digestoří. Platí však, že minimální odvod vzduchu musí splňovat hygienické limity, tj. alespon 40 až 60 m³/h dle režimu odvětrávání.

Tabulka č. 18: Navržené ventilátory VZT systému

Typ ventilátoru	Použití	V [m ³ /h]
ILB/4-250, radiální	Odvod vzduchu na střechnu	2320
Remak RP 60-30/28-4D Ex, radiální	Přívod vzduchu do VZT jednotky	2150
Decor 100 CRZ, axiální	Odvod vzduchu z koupelny	60



Obrázek č. 33: Charakteristiky ventilátorů ILB/4-250 a Remak RP 60-30/28-4D Ex

7.9 Příprava TV

Příprava teplé vody (TV) tvoří významnou část spotřeby energie v budovách. V objektu typu penzion pro seniory dokonce tvoří většinou potřebu energie.

Proto systém návrhu přípravy teplé vody zahrnuje nejen správně zvolený typ a velikost zdroje, ale především efektivní regulaci, monitoring a správný provoz systému. Návrh systému rovněž bere v potaz fakt, že teplá voda je 5-6krát dražší než voda studená a odpouštění studené vody pro dosažení potřebné teploty je drahé a zbytečné plýtvání. Proto, vzhledem k rozměrům objektu a délce potrubí do nejvzdálenějšího místa spotřeby TV, bylo navrženo cirkulační čerpadlo s regulovatelnými otáčkami pro minimalizaci odpouštění studené vody.

7.9.1 Dimenzování zásobníku TV

Velikost akumulčního zásobníku teplé vody (TV) byla navržena dle normy ČSN 06 0320 [23]. Pro jednu osobu v penzionu je definována spotřeba vody V_{2P} a spotřeba tepla Q_{2P} dle normových hodnot jako

$$V_{2P} = 0,2 \text{ m}^3 \text{ per}^{-1}$$

$$Q_{2P} = 7 \text{ kWh}$$

Celkové potřebné množství teplé vody V_{TV} a celková potřeba tepla na ohřev Q_{2t} pro 42 osob pak činí $V_{TV} = 8,4 \text{ m}^3$, $Q_{2t} = 42 \times 7 = 294 \text{ kWh}$.

Teplu ztracené při ohřevu a distribuci TV Q_{2z} se předpokládá během dne rovnoměrné, součinitel poměrné ztráty $z = 0,5$, a je rovno $Q_{2z} = 147 \text{ kWh}$.

Teplo dodané ohřivačem do vody během periody Q_{IP} se stanoví ze vztahu:

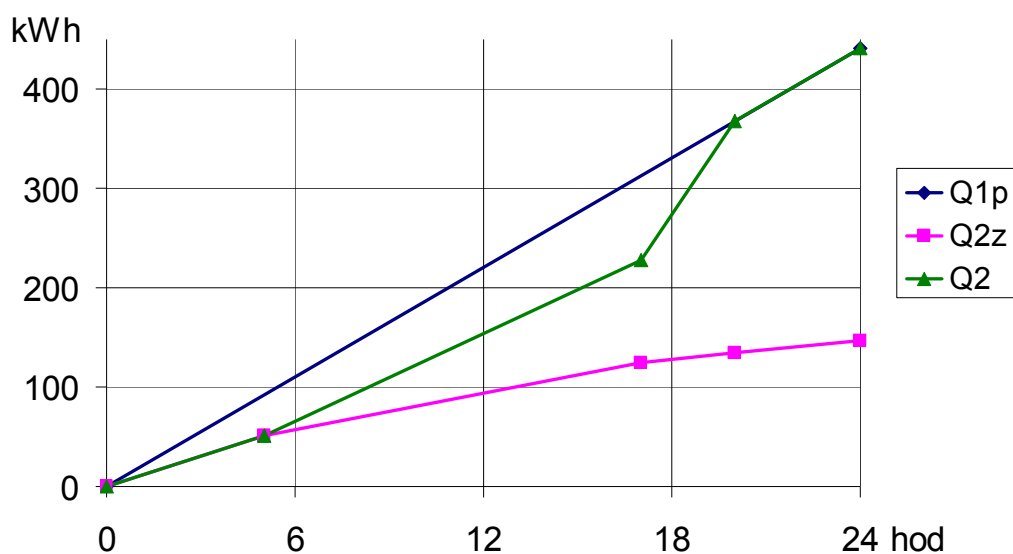
$$Q_{IP} = Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 441 \text{ kWh}$$

Z celkového množství teplé vody se v průběhu dne odebírá nerovnoměrné množství, a tyto dávky lze rozdělit do několika intervalů, viz Tabulka č. 19.

Tabulka č.19: Předpokládaný odběr TV v jednotlivých intervalech

Časový interval [h]		Odběr TV [%]	Odběr energie [kWh]
od	do		
0	5	0	0
5	17	35	102,9
17	20	50	147
20	24	15	44,1

Pro výpočet velikosti zásobníku bylo nutné stanovit největší možný rozdíl mezi dodávkou a předpokládaným odběrem energie ΔQ_{max} . Z Obrázku č. 34 byl stanoven $\Delta Q_{max} = 84,525 \text{ kWh}$.



Obrázek č. 34: Graf rozdílu dodávky a předpokládaného odběru energie

Ze získaných hodnot lze potom určit velikost zásobníku V_z :

$$V_z = \Delta Q_{\max} / [c \times (\theta_2 - \theta_1)] = 84,525 / [1,163 \times (55 - 10)] = 1,615 \text{ m}^3$$

ΔQ_{\max} největší rozdíl mezi dodanou a odebranou energií [kWh]

c měrná tepelná kapacita vody [kWh / kgK]

θ_2, θ_1 teplota teplé a studené vody [°C]

$$\text{Jmenovitý tepelný výkon ohřevu } \Phi_{1n} = Q_{1P} / \tau = 441 / 24 = 18,375 \text{ kW}$$

Skutečná spotřeba TV je závislá na zvyklostech lidí a jejich životním stylu. Na rozdíl od spotřeby tepla na vytápění je odhad skutečného množství tepla potřebného na přípravu TV velmi nejistý. Denní potřeba TV je klíčovým prvkem pro návrh celého systému, a pokud ji nelze změřit, je vhodné ji stanovit potřebám objektu co nejpřesněji.

Na základě vypočtené hodnoty velikosti zásobníku V_z byla zvolena akumulací nádrž **HotJet TUV2000** firmy HotJet o objemu 2000 l. Naddimenzování bylo provedeno proto, že předpokládaný odběr vody se v praxi může výrazně lišit a dále pak z důvodu, že na trhu jsou k dispozici zásobníky velikosti 1000 l, 1500 l a poté až 2000 l. Součástí systému pro ohřev TUV je i oběhové čerpadlo a externí výměník tepla, viz následující kapitola.

7.9.2 Dimenzování výměníku a čerpadel TV

Vzhledem k rozměrům akumulacího zásobníku byl zvolen externí deskový tepelný výměník. Parametry pro jeho návrh viz následující tabulka Tabulka č. 20.

Byl navržen deskový výměník firmy Secespol, typ **LA14-52-2** s teplosměnnou plochou $A = 0,714 \text{ m}^2$ pro výkon $P = 18,5 \text{ kW}$.

Tabulka č. 20: Návrhové parametry výměníku TUV

	Teplá strana (Voda ohřívací)	Studená strana (Voda ohřívaná)
Vstupní teplota θ_{in} [°C]	75	10
Výstupní teplota θ_{out} [°C]	30	55
Hmotnostní průtok m [kg/s]	0,0985	0,0885
Tlaková ztráta Δp [kPa]	1,03	0,79

Výběr oběhového čerpadla proběhl na základě hmotnostního průtoku m a tlakové ztráty Δp_{ξ} . Hmotnostní průtok m byl stanoven jako

$$m = \frac{Q}{\rho \times c_p \times \Delta\theta} = \frac{18,375}{0,985 \times 1,161 \times 40} = 0,401 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet tlakových ztrát Δp_{ξ} byl proveden pomocí vzorce

$$\Delta p_{\xi} = \Delta p_{\text{vým}} + \Delta p_{\text{potrubí}} + \Delta p_{\text{armatury}} = 1,0 + 5,25 + 3,15 = 9,4 \text{ kPa}$$

Přičemž $\Delta p_{\text{potrubí}}$ se vypočte

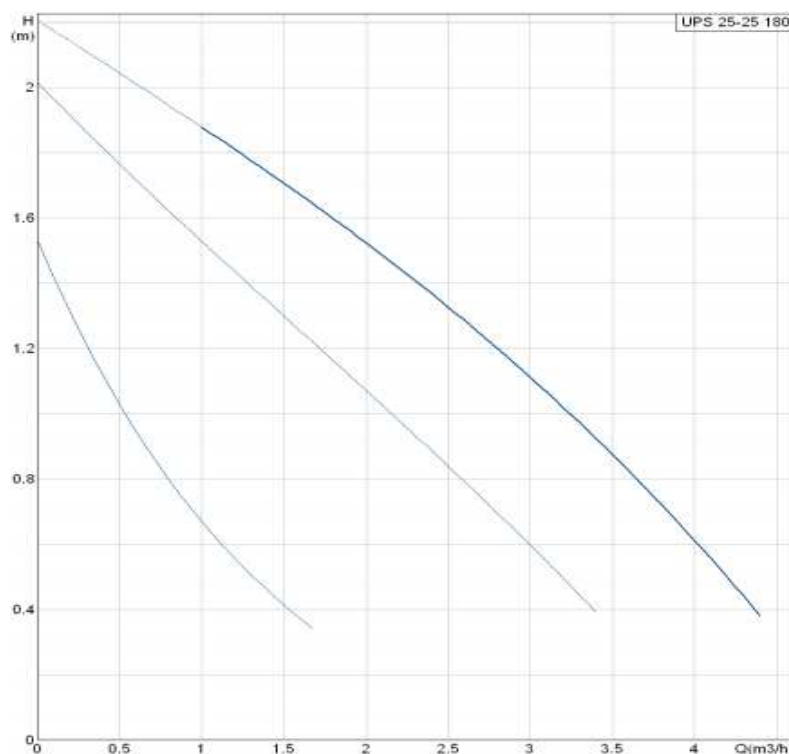
$$\Delta p_{\text{potrubí}} = \left(\frac{\lambda \times w^2}{2 \times d} \times \rho \right) \times l = R \times l = 175 \times 30 = 5250 \text{ Pa}$$

Měrná tlaková ztráta R v předchozím vzorci byla stanovena z výpočtových tabulek, viz [24], na hodnotu $R = 175 \text{ Pa/m}$. Délka potrubí TV byla zvolena $l = 30 \text{ m}$.

Vzhledem k faktu, že není znám počet ani typ vřazených armatur, byla tlaková ztráta v armaturách $\Delta p_{\text{armatury}}$ odvozena jako 60 % tlakových ztrát v potrubí.

$$\Delta p_{\text{armatury}} = 0,6 \times \Delta p_{\text{potrubí}} = 0,6 \times 5250 = 3150 \text{ Pa}$$

Ze znalostí vypočtených hodnot $\Delta p_{\text{c}} = 9,4 \text{ kPa}$ a $m = 0,401 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ bylo navrženo oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25-25 série 100, charakteristika viz Obrázek č. 35.



Obrázek č. 35: Charakteristika čerpadla Grundfos UPS 25-25

7.9.3 Návrh systému solárních kolektorů

K použití solárních kolektorů bylo přihlédnuto na základě toho, že u stavby penzionu pro seniory, je předpoklad vysokého odběru teplé vody.

Pro optimální návrh kolektorového pole je nezbytná znalost konkrétních údajů o spotřebě teplé vody, případně i spotřebě energie nutné pro její ohřev. Klíčovým údajem je denní spotřeba TV v objektu, podle které se velikost solárního systému navrhuje [25]

Jelikož tento údaj není k dispozici, lze denní spotřebu vody V_{TV} stanovit na základě počtu osob trvale žijících v objektu (t.j. 42 obyvatel) a průměrné spotřeby vody na 1 osobu a den (t.j. 30-80 l [26], byla zvolena hodnota 40 l). Denní spotřebu vody V_{TV} je doporučeno 1-2krát navýšit z důvodu překlenutí delšího časového úseku (neslunečných dnů).

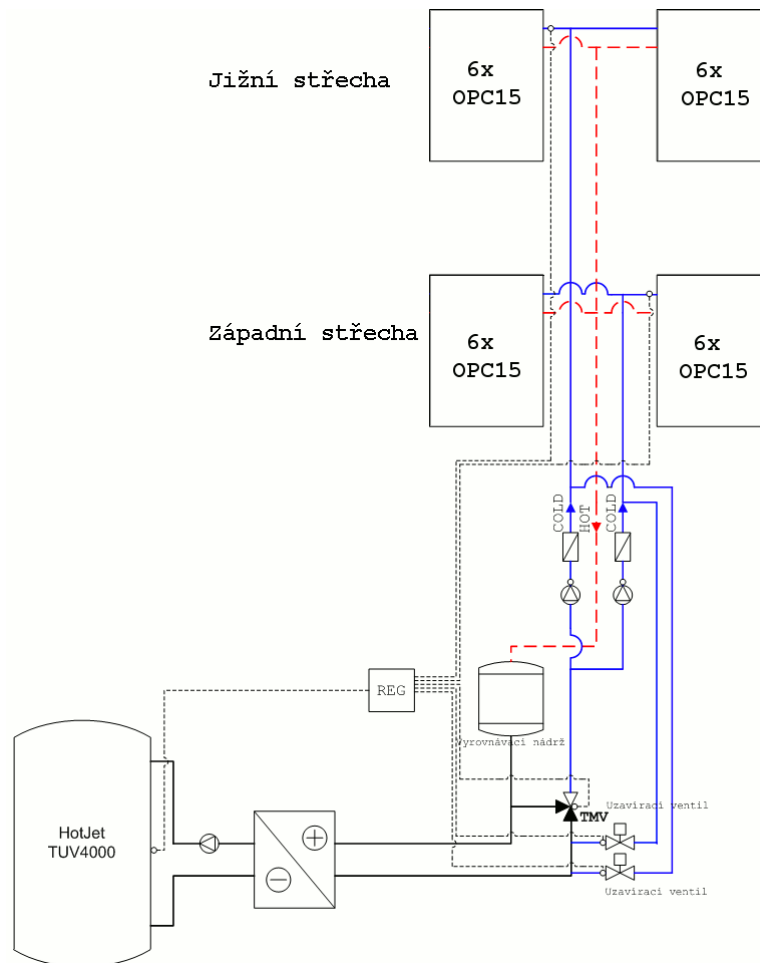
$$V_{TV} = 42 \times 40 \times 2 = 3360 \text{ l}$$

Z vypočtené hodnoty denní potřeby vody V_{TV} byl zvolen akumulční zásobník **HotJet TUV4000** firmy HotJet o objemu 4000 l.

Pro solární systém byl zvolen trubicový vakuový kolektor firmy AMK Solac Systems, typ **OPC15**, který je dimenzován na ohřev 150 l TV denně. Vzhledem k umístění a orientaci kolektorů byla provedena korekce dle doporučení výrobce, který pro sklon 30° na jih uvádí faktor 0,93. Množství ohřáté vody na jeden kolektor je tak sníženo na hodnotu 140 l. Následně je možné určit počet kolektorů

$$n = \frac{V_{TV}}{140} = 24$$

Výsledný počet kolektorů byl určen na 24 kusů. Při ploše jednoho kolektoru $A = 2,13 \text{ m}^2$ vychází celková kolektorová plocha na $51,1 \text{ m}^2$. Z důvodu omezené plochy jižní části střechy bylo zvoleno rozdělení kolektorového pole na dvě části – na jižní a západní úsek střechy po 12 kusech. Hydraulické schéma zapojení včetně regulace viz následující Obrázek č. 36.



Obrázek č. 36: Hydraulické schéma solárního systému

7.9.4 Dimenzování výměníku a čerpadel solárního systému

Vzhledem k rozměrům akumulčního zásobníku byl zvolen externí deskový tepelný výměník. Parametry pro jeho návrh viz následující Tabulka č. 21.

Byl navržen deskový výměník firmy Secespol, typ **LC110-40** s teplosměnnou plochou $A = 4,29 \text{ m}^2$. Výměník byl dimenzován na výkon kolektorového pole $P_C = 36 \text{ kW}$, kde výkon jednoho kolektoru (plocha absorbéru $A = 1,72 \text{ m}^2$) byl roven hodnotě $P = 1500 \text{ W}$ (při intenzitě slunečního záření $I_{SC} = 1000 \text{ W/m}^2$).

Tabulka č. 21: Návrhové parametry výměníku solárního systému

	Teplá strana (Propylenglykol 30 %)	Studená strana (Voda ohřívána)
Vstupní teplota θ_{in} [°C]	50	20
Výstupní teplota θ_{out} [°C]	46	28
Hmotnostní průtok m [kg/s]	2,4392	1,0748
Tlaková ztráta Δp [kPa]	20,5	4,1

Výběr oběhového čerpadla proběhl na základě hmotnostního průtoku m dílčího kolektorového pole a tlakové ztráty Δp_{ε} . Výpočet hmotnostního průtoku m byl demonstrován na kolektorovém poli jižní střechy 12 ks kolektorů, celkové ploše absorberu $A = 20,64 \text{ m}^2$ a maximálním výkonu $P = 1500 \text{ W/kol}$ následovně

$$m = \frac{Q}{c_p \times \Delta\theta} = \frac{12 * 1500}{1,03 \times 14,5} = 1205 \text{ l/h}$$

Výpočet tlakových ztrát Δp_{ε} byl proveden vzorcem

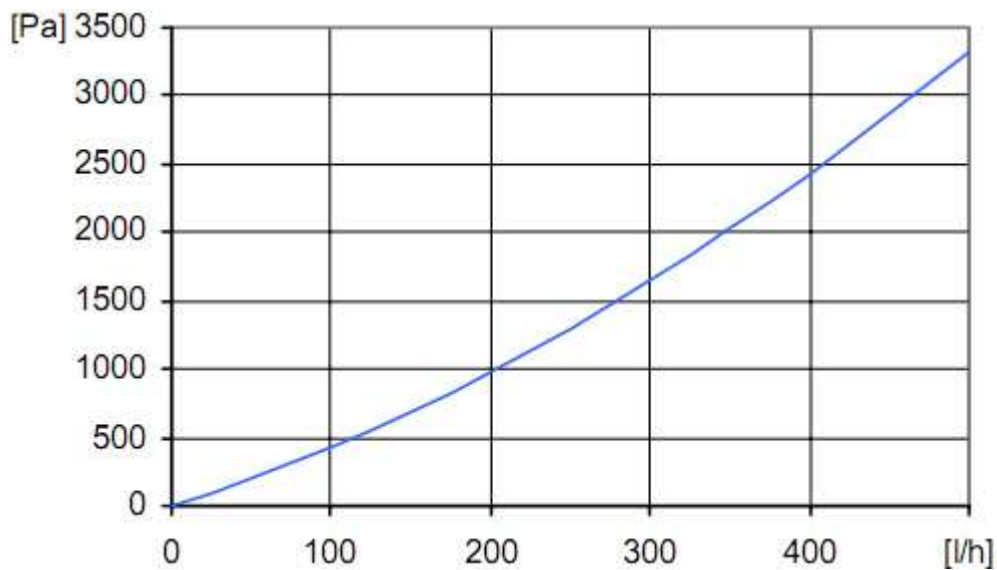
$$\Delta p_{\varepsilon} = \Delta p_{\text{vým}} + \Delta p_{\text{potrubí}} + \Delta p_{\text{armatury}} + \Delta p_{\text{kolektory}} = 20,5 + 3,9 + 2,3 + 4,9 = 31,6 \text{ kPa}$$

Průměr potrubí d byl stanoven pro rychlost proudění $w = 0,5 \text{ m/s}$ jako

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q_V}{\pi \times w}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,000333}{3,1415 \times 0,5}} = 0,029 \text{ m} \approx \text{DN 32}$$

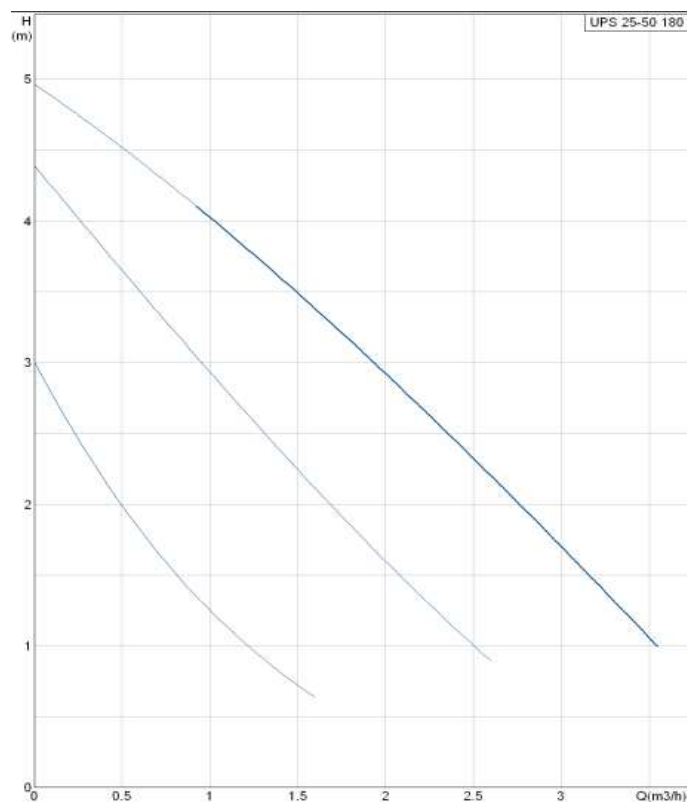
Tlaková ztráta v potrubí $\Delta p_{\text{potrubí}}$, a tlak. ztráta v armaturách $\Delta p_{\text{armatury}}$ byla určena stejným způsobem jako u potrubí pro TV. Bylo určeno že $\Delta p_{\text{potrubí}} = 3900 \text{ Pa}$, $\Delta p_{\text{armatury}} = 2340 \text{ Pa}$, délka potrubí $l = 30 \text{ m}$, a měrná tlavkoá ztráta byla odečtena z tabulek, viz [24].

Tlaková ztráta v kolektorech $\Delta p_{\text{kolektory}}$ byla odvozena z Obrázku č. 37. Pro jeden kolektor OPC15 při průtoku $m = 100 \text{ l/h}$ je tlaková ztráta rovna $\Delta p_{\text{kol}} = 410 \text{ Pa}$. Vzhledem k sériovému řazení panelů je celková ztráta v kolektorech rovna $\Delta p_{\text{kolektory}} = n \times \Delta p_{\text{kol}} = 12 \times 410 = 4920 \text{ Pa}$.



Obrázek č. 37: Průběh tlakových ztrát v solárním kolektoru OPC15

Ze znalostí vypočtených hodnot $\Delta p_{\epsilon} = 31,6 \text{ kPa}$ a $m = 1,2 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ bylo navrženo oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25-50 série 100, charakteristika viz Obrázek č. 38.



Obrázek č. 38: Charakteristika čerpadla Grundfos UPS 25-50

7.9.5 Dimenzování vyrovnávací nádrže

Vyrovnávací nádrž slouží, v případě výpadku systému, jako bezpečnostní zařízení, kam kapalina steče. Objem v soustavě se skládá z dílčích objemů kapaliny v kolektorech, v trubkách a výměníku, viz Tabulka č. 22. Velikost vyrovnávací nádrže je odvozena od celkového objemu kapaliny V v soustavě.

Tabulka č. 22: Dimenzování vyrovnávací nádrže

Typ	Objem V [l]	Počet n [-]	Objem V [l]
Kolektor AMK Solac OPC15	3,1	24	74,4
Potrubí Cu 32 × 1,5	0,795	30	23,9
Výměník Secespol LC110-40	3,2	1	3,2
			V = 101,5

Expanzní objem kapaliny V_e je určen vztahem

$$V_e = 1,3 \times V \times \left(\frac{1000}{\rho_{t_m}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ\text{C}}} \right) = 1,3 \times 101,5 \times \left(\frac{1000}{995} - \frac{1000}{1045} \right) = 6,34 \text{ l}$$

Vyrovnávací nádrž poté byla navržena jako součet objemu kapaliny v soustavě V a expanzního objemu kapaliny V_e , tj. 107,8 litrů. Byla navržena záchytná nádrž firmy Step Trutnov Nx 21–125 o objemu 125 l.

Při návrhu solárního systému byl zvolen systém s vyprazdňováním kolektorů (tzv. „drain-back“). Pokud není solární záření dostatečné, případně nastane výpadek el. proudu, je oběhové čerpadlo neaktivní. Solární médium je tak uchováno v záchytné nádrži, odkud je čerpáno do kolektorů v případě dostatečných solárních zisků. Systém není zcela naplněn solární kapalinou a není pod tlakem, není zde zapotřebí expanzní nádoby, manometru a odvzdušňovacího ventilu.

7.10 Vytápěcí zdroj – kotelna

Při volbě vhodného vytápěcího zdroje nebylo uvažováno použití tepelných čerpadel z důvodu neznámých geologických podmínek a výšky spodní vody. Proto byly navrhovány klasické zdroje vytápění, t.j. plynové kotle.

Dimenzování zdroje tepla bylo provedeno v souladu s normou ČSN 03 0310 [27], podle které se návrh vytápěcího zdroje provádí na tzv. přípojnou hodnotu výkonu Q_{PRIP} , což je větší hodnota z kritérií

$$Q_{PRIP} = 0,7 \times (Q_{TOP} + Q_{VET}) + Q_{TUV} \cong 84 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP} = Q_{TOP} + Q_{VET} \cong 94 \text{ kW}$$

Q_{TOP} nejvyšší tepelný výkon pro vytápění [kW]

Q_{VET} nejvyšší tepelný výkon pro větrání [kW]

Q_{TUV} nejvyšší tepelný výkon pro ohřev TV [kW]

Ačkoliv dle čl. 6.3.8 výše uvedené normy není nutné zálohovat zdroje do výkonu 250 kW, bylo zvoleno, vzhledem k potřebám obyvatel objektu, zálohování pomocí dvou kotlů. Při zálohovosti 60 % (přípojná hodnota výkonu $Q_{PRIP} = 94 \text{ kW}$) by kotelna měla být osazena dvěma kotli o výkonu 56,4 kW.

7.10.1 Výběr zdrojů tepla

Byl zvolen stacionární plynový kondenzační kotel firmy Vaillant, typ **VKK 806/3-E ecoCRAFT exclusiv** o jmenovitém výkonu 80 kW s možností modulace výkonu 14 – 80 kW. Druhý zdroj byl zvolen stacionární plynový nízkoteplotní kotel firmy Vaillant, typ **VK 654/9 atmoCRAFT** o jmenovitém výkonu 65 kW s dvoustupňovou modulací výkonu (min. výkon 42 kW).

Jelikož je součet jmenovitých výkonů obou kotlů větší než 100 kW, nejedná se o odběrné plynové zařízení, ale o kotelnu a je proto nezbytné dodržet příslušná ustanovení dle normy ČSN 07 0703 [28].

7.10.2 Dimenzování kotlového čerpadla

Kotlové čerpadlo má za úkol zajišťovat cirkulaci topné vody v primárním, tj. kotlovém okruhu. Čerpadlo musí umožňovat elektronickou regulaci (změnu otáček) směrem k menším dopravním množstvím m , než je množství navrhované, v případě poklesu potřeby tepla v sekundárních (spotřebitelských) okruzích.

Dopravní tlak čerpadla odpovídá tlakovým ztrátám kotlového okruhu k termohydraulickému rozdělovači (THR). Tlakové ztráty primárního okruhu Δp_{ζ} byly určeny jako součet tlakových ztrát jednotlivých kotlů, potrubí, armatur a THR. Tlakové ztráty v kotlích (Δp_{KK} , Δp_{NK}) byly odečteny z katalogu výrobce, stejně jako ztráty na THR Δp_{THR} . Ztráty v potrubí $\Delta p_{POTRUBI}$ byly určeny z Výpočtových tabulek pro vytápění, viz [24], kde pro měděné potrubí DN 40 o délce $l = 10$ metrů vychází měrná tlaková ztráta $R = 400$ Pa. Tlak. ztráta potrubí pak činí $\Delta p_{POTRUBI} = 4$ kPa, ztráta armaturami $\Delta p_{ARMATURY} = 2,4$ kPa. Tlak čerpadla byl poté vypočten jako

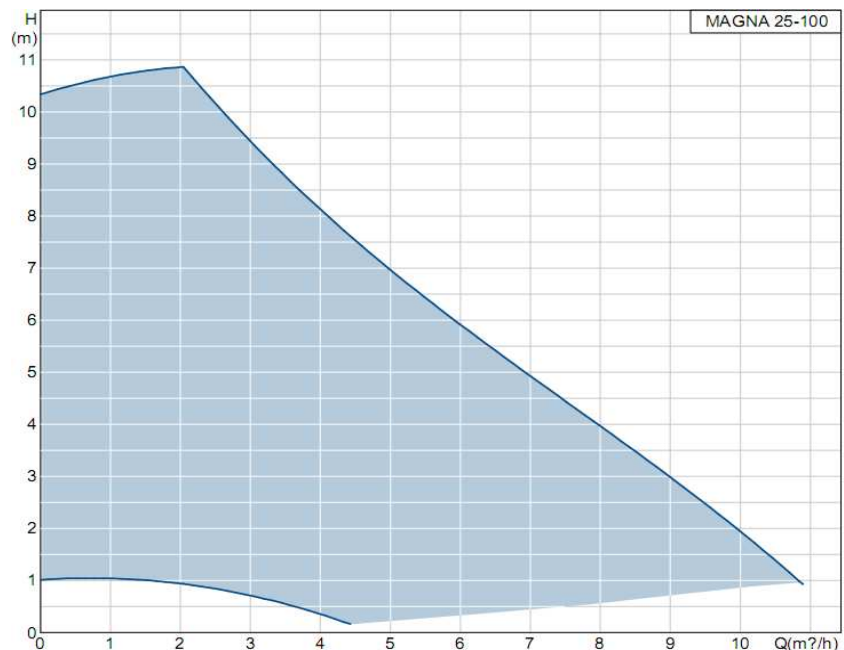
$$\Delta p_{\zeta} = \Delta p_{KOND_K} + \Delta p_{NIZKOTEP_K} + \Delta p_{POTRUBI} + \Delta p_{ARMATURY} + \Delta p_{THR}$$

$$\Delta p_{\zeta} = 2,8 + 8 + 12 + 4 + 2,4 = 29,2 \text{ kPa}$$

Při výpočtu objemového průtoku m by měla být zohledněna skutečnost, že celkový průtok kotlového čerpadel musí být alespoň o 20 % větší, než společný průtok oběhových čerpadel spotřebitelských okruhů [29]. Vzhledem k tomu, že objemový průtok byl vypočten pro jmenovitý výkon obou kotlů, je tato podmínka splněna.

$$m = \frac{(P_{KOND_K} + P_{NIZKOTEP_K}) \times 3600}{c_p \times \Delta T} = 6235 \text{ kg/h} \approx 1,73 \text{ kg/s}$$

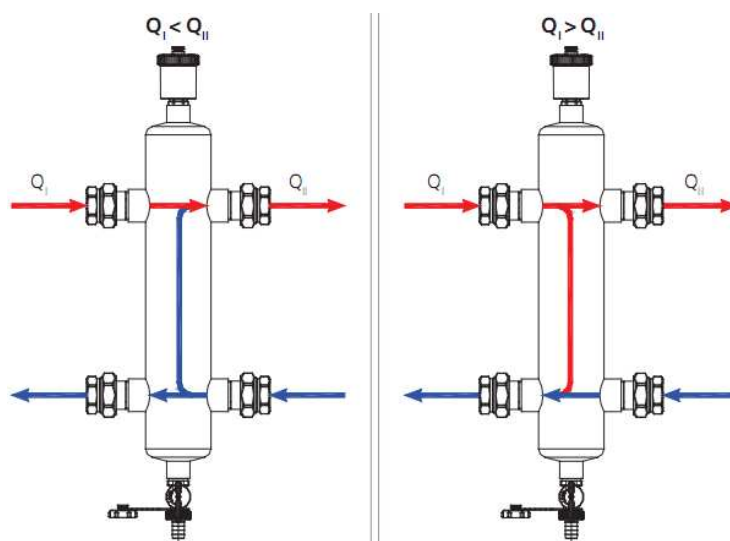
Z vypočtených hodnot bylo zvoleno čerpadlo firmy Grundfos, typ **Magna 25-100**, charakteristika čerpadla viz. Obrázek č. 39.



Obrázek č. 39: Charakteristika čerpadla Grundfos Magna 25-100

7.10.3 Dimenzování termohydraulického rozdělovače

Součástí návrhu vytápěcího zdroje je i výběr termohydraulického rozdělovače (THR). Jeho použití zajišťuje plné hydraulické propojení primárního a sekundárního okruhu a zvyšuje bezpečnost soustavy. V případě zavření některého z třicestných ventilů na sekundárním okruhu by mohlo dojít k prudkému navýšení diferenčního tlaku a ohrozit tak provoz čerpadel a kotlů. Instalací THR je garantován konstantní průtok v primárním okruhu bez ohledu na stav v sekundárním – jestliže dojde k nerovnováze v průtocích jednotlivých okruhů, přebytečné množství vody proteče THR zpět do okruhu, ze kterého přitekla, viz. Obrázek č. 40.



Obrázek č. 40: Schéma THR při nerovnováze průtoků

Byl navržen termohydraulický rozdělovač firmy Giacomini typ **R146I**, o maximálním průtoku $m = 4000$ l/h.

7.10.4 Větrání kotelny

Základním funkčním požadavkem na větrání kotelny je přívod potřebného množství spalovacího vzduchu. Je nezbytné zajistit spolehlivou funkci spalovacího zařízení za všech provozních režimů. Spalovací vzduch se při provozu kotlů u přirozeného větrání dostává do kotelny nejčastěji otvorem u podlahy a je odváděn otvorem u stropu. Větrání kotelny bylo navrženo dle normativních předpisů ČSN 07 0703 [28] a TPG 908 02 [30].

V návrhu větrání kotelny bylo vypočteno přírodní množství spalovacího vzduchu V_s , vzduchu na odvod škodlivin V_i , vzduchu pro odvod tepelné zátěže V_z a velikost otvorů pro přívod S_p a odvod vzduchu S_o . Podrobnosti výpočtů jsou obsaženy v Příloze VIII, souhrn výsledků pak v Tabulce č. 23.

Tabulka č. 23: Vypočtené parametry pro větrání kotelny

V_s [m ³ /h]	V_i [m ³ /h]	V_z [m ³ /h]	S_p [cm ²]	S_o [cm ²]
21,4	57,0	23,9	317	317

7.10.5 Odvod spalin

Pro předběžné určení průřezu komínové vložky A byl použit vztah

$$A = 0,015 \times \frac{Q}{\sqrt{h}} = 0,015 \times \frac{145000}{\sqrt{15,5}} = 552 \text{ cm}^2$$

Q jmenovitý výkon kotlů [W]

h účinná výška komína [m]

7.11 Zabezpečovací zařízení

Zabezpečovací zařízení zajišťují bezpečnost provozu zařízení vytápění a ohřevu teplé vody. Jsou tvořena z ochran proti překročení nejvyššího pracovního přetlaku nebo podtlaku, překročení

nejvyšší pracovní teploty a nedostatku vody v soustavě. Hlavními prvky zabezpečovacího zařízení jsou pojistné ventily a expanzní zařízení.

V kotlovém okruhu a v okruhu pro přípravu TV jsou připojené expanzní nádoby. Pro každý z nich bylo zapotřebí navrhnout adekvátní objem nádoby tak, aby byla schopna vyrovnat změny tlaku v příslušném okruhu. Dále byly navrženy pojistné ventily na ochranu před překročením nejvyššího tlaku. Návrh zabezpečovacích zařízení byl proveden v souladu s normou ČSN 06 0830 [31].

7.11.1 Návrh expanzní nádoby

Příklad návrhu expanzní nádoby byl proveden pro okruh TV. Navržené expanzní nádoby ve všech okruzích shrnuje Tabulka č. 24.

Celkový objem soustavy $V_{TUV} = V_{\text{potrubí}} + V_{\text{nadrže}} \approx 2000$ l. Minimální objem expanzní nádoby V_e

$$V_e = 1,3 \times V \times \left(\frac{1000}{\rho_{t_m}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ\text{C}}} \right) = 1,3 \times 2000 \times \left(\frac{1000}{983} - \frac{1000}{998} \right) = 52 \text{ l}$$

Nejnižší dovolený přetlak p_{ddov}

$$p_{ddov} \geq 1,1 \times [(h_s + \Delta h) \times \rho \times g \times 10^{-3} + \Delta p_z]$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \times [(11 + 1) \times 980 \times 9,81 \times 10^{-3} + 9,4] \geq 137,1 \text{ kPa}$$

h_s výškový rozdíl mezi těžištěm T vody v EN a nejvyšším bodem vody v soustavě [m]

Δh výšková rezerva otopné soustavy (0,80 až 1,20 m) [m]

Δp_z tlakové ztráty v okruhu [kPa]

Skutečný objem expanzní nádoby V

$$V = \frac{V_e \times (p_h + 100)}{p_h - p_d} = \frac{52 \times (570 + 100)}{570 - 144} = 82 \text{ l}$$

kde p_h je předběžný nejvyšší provozní přetlak, který se určí jako

$$p_h = p_{hdov} \times 0,95 = 600 \times 0,95 = 570 \text{ kPa}$$

p_{hdov} otevírací přetlak pojišťovacího ventilu [kPa]

Nejnižší provozní přetlak p_d je vypočten z rovnice

$$p_d = 1,05 \times p_{hdov} = 1,05 \times 137,1 = 144 \text{ kPa}$$

Z vypočtené hodnoty V byla navržena expanzní nádoba firmy Reflex **Refix DT5** o objemu 100 litrů.

Tabulka č. 24: Návrh expanzních nádob jednotlivých okruhů

	Objem kapaliny soustavy [l]	Expanzní nádrž [-]
Kotlový okruh	1 550	Reflex NG 100 litrů
Okruh TUV	2 000	Reflex Refix DT5 100 litrů
Solární okruh	4 000	Reflex Refix DT5 200 litrů

7.11.2 Návrh pojistného ventilu

Pro výběr vhodného pojistného ventilu jednotlivých okruhů byl vypočten minimální průřez sedla ventilu S_o a vnitřní průměr pojistného potrubí d_p . Pro okruh TV byly vypočteny tyto hodnoty

$$S_o = \frac{2 \times Q_p}{\alpha_w \times \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \times 18,375}{0,444 \times \sqrt{600}} = 3,73 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ mm}^2$$

α_w výtokový součinitel [-]

p_{ot} otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa]

$$d_p = 10 + 0,6 \times \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \times \sqrt{18,375} = 13,0 \text{ mm} \rightarrow \text{DN 15}$$

Z hodnot výše byl navržen pojišťovací ventil firmy Meibes **Duco 1/2" x 3/4"** s otvácím přetlakem $p_{ot} = 6$ bar. Všechny navržené pojistné ventily shrnuje Tabulka č. 25.

Tabulka č. 25: Návrh pojistných ventilů pro jednotlivá zařízení

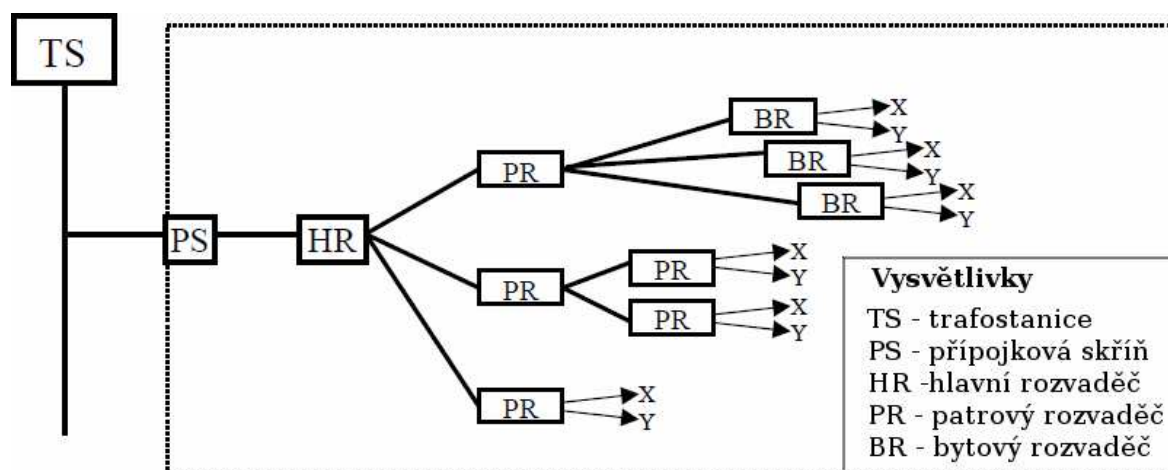
Okruh	S_o [mm ²]	d_p [mm]	Navržený ventil
Kondenzační kotel	21	15	Meibes Duco 1/2" x 3/4", $p_{ot} = 3$ bar
Nízkoteplotní Kotel	17	15	Meibes Duco 1/2" x 3/4", $p_{ot} = 3$ bar
Nádrž HotJet TUV2000	4	13	Meibes Duco 1/2" x 3/4", $p_{ot} = 6$ bar
Nádrž HotJet TUV4000	7	14	Meibes Duco 1/2" x 3/4", $p_{ot} = 6$ bar

8 NÁVRH SILNOPROUDÝCH ROZVODŮ

Silnoproudá elektroinstalace zahrnuje veškeré elektrické rozvody, které slouží k napájení spotřebičů elektrickou energií. V bytových objektech je to zejména světelná a zásuvková instalace.

8.1 Připojení penzionu

Z rozvodné sítě nízkého napětí (nn) bude připojena pomocí přípojovacího vedení hlavní domovní skříň (HDS). Ta bude umístěna na venkovní straně objektu ve výšce 0,6 m nad terénem. Z hlavní domovní skříň vede hlavní domovní vedení do elektroměrového rozvaděče, umístěného v 1. p.p v místnosti 002 – výměníku. Rozvaděč bude montován na omítku, vývody budou provedeny horem, přívody spodem. Z tohoto rozvaděče budou napojeny všechny podružné rozvaděče v jednotlivých patrech, dále odtud bude napájen výtah. V jednotlivých bytech budou umístěny bytové modulární rozvodnice instalované na omítku napojené na patrový rozvaděč. Bytová rozvodnice je tvořena hlavním vypínačem, moduly pro bytový rozvod (moduly proudového chrániče, jističové moduly). Jednotlivé obvody jsou zásuvkové a světelné. Schéma připojení viz Obrázek č. 41.



Obrázek č. 41: Schéma elektroinstalace objektu

8.1.1 Dimenzování hlavního domovního vedení

Cílem návrhu dimenzování hlavního domovního vedení (HDV) je stanovení průřezu vodiče. Ten je zvolen s ohledem na očekávaný soudobý příkon P_p . Průřez musí být alespoň takový, aby dovolené proudové zatížení vodičů bylo vyšší než výpočtový proud I_p . Stanovený průřez vodiče je posléze kontrolován na úbytek napětí předepsaný pro HDV. Tento úbytek napětí ΔU_S pro dva a více bytů pro vícepodlažní budovu musí být nižší než 1 %, viz ČSN 33 2130 [32].

Výpočtový proud I_P se v třífázové soustavě určí ze vztahu

$$I_P = \frac{P_P}{\sqrt{3} \times U_S \times \cos \varphi} \text{ [A]}$$

P_P výpočtové proudové zatížení, soudobý příkon [W]

U_S jmenovité sdružené napětí soustavy [V]

$\cos \varphi$ průměrný účinník spotřebičů (pro bytový odběr $\cos \varphi = 1$) [-]

Výpočtové zatížení P_P se pro objekt typu penzionu uvažuje jako příkon symbolického spotřebiče, který pro byt stupně elektrizace B je roven $P_b = 11$ kW. Zatížení P_P se pak určí ze vztahu

$$P_P = \left(\sum_{i=1}^n P_{bi} \right) \times \beta_n \text{ [kW]}$$

P_{bi} příkon jednotlivého bytu [kW]

β_n koeficient soudobosti pro n bytů (pro 30 bytů odpovídá $\beta_n = 0,33$) [-]

n počet bytů připojených na hlavní domovní vedení [-]

Zatížení celého objektu pro 30 bytových jednotek, příkon výtahu $P_b = 3$ kW a příkon chilleru $P_b = 12$ kW, bylo vypočteno na hodnotu $P_P = 124$ kW.

Úbytek napětí ΔU_j v odbočce od HDV k bytovým rozvodnicím pro třífázovou odbočku (tu je nezbytné použít pro odbočku o soudobém příkonu větším než 5,5 kW) byl vypočten vzorcem

$$\Delta U_j = \frac{2 \times l \times P_b \times 1000}{\gamma \times S \times U_f} = \frac{2 \times 20 \times 11000}{56,0538 \times 10 \times 400} = 1,96 \text{ V}$$

ljednoduchá délka vedení [m]

P_b soudobý příkon bytu (pro byt stupně elektrizace B je $P_b = 11$ kW) [kW]

S průřez jádra vodiče (pro byt stupně elektrizace B je $S_{\min} = 10 \text{ mm}^2$) [mm^2]

γ konduktivita; měrná el. vodivost jádra vodiče (pro Cu je $\gamma = 56,0538$) [$(\text{S}\cdot\text{m})/\text{mm}^2$]

U_fjmenovité napětí fázové [V]

Na základě vypočtených hodnot byl vybrán minimální průřez hlavního domovního vedení, pro 30 bytových jednotek o stupni elektrizace B, jako vedení Cu 3 × 95 + 50.

Tento průřez byl rovněž ověřen na povolený úbytek napětí v třífázovém HDV, který vychází ze znalosti výpočtového proudu a jeho podílu v místech odbočení k rozvodnicím. Úbytek ΔU_s byl zjištěn pomocí rovnice

$$\Delta U_s = \frac{\sqrt{3} \times \left(\sum_{i=1}^n I_i \times l_i \times \cos \varphi \right)}{\gamma \times S} \text{ [V]}$$

I_i podíl výpočtového proudu [A]

l_i dílčí délka vedení k rozvodnicím [m]

8.1.2 Návrhové parametry el. sítě

- Provozní napětí: 3+PE+A AC 50Hz 230/400V TN-C-S
- Ochrana před dotykem: samočinné odpojení od zdroje, pospojováním a proudovými chrániči v souladu s ČSN 33 2000-4-41 [33]
- Celkový soudobý příkon $P_p = 124$ kW
- Výpočtový proud $I_p = 180$ A
- Stupeň důležitosti zajištění dodávky – 3, bez zajištění zvláštních opatření k napájení
- Odběrná místa – kategorie D – malooběr obyvatelstvo
- Hl. jističe před elektroměry – 25 A, 3f s charakteristikou B, min. průřez vodiče Cu 10 mm

8.2 Požadavky na el. silnoproudý rozvod

- *Bezpečnost osob a věcí* - zabránění náhodného a neúmyslného dotyku, požáru a výbuchu
- *Provozní spolehlivost* - schopnost přenést a předat el. energii v požadovaném množství a kvalitě v daném čase. Požadavky podle stupně důležitosti zařízení.

- *Přehlednost provozu* - tam kde není přehled se nahrazuje optickou a akustickou signalizací a počítačovým sběrem dat
- *Přizpůsobitelnost rozvodného zařízení* - tam kde se mění zařízení nebo jsou dokonce mobilní je kladen důraz na variabilitu, univerzálnost a rezervu v rozvodech
- *Rychlé odstranění poruch* - je požadováno rychlé odpojení vadného úseku vedení nebo vadný spotřebič tak, aby nebyla ovlivněna okolní odběrná místa
- *Hospodárnost provozu* - účinnost spotřebičů, kompenzace účiníku, šetření s energií
- *Hospodárnost využití opakovaných celků* - výběr a dimenzování prvků rozvodu
- *Hospodárnost ve využití barevných kovů*
- *Estetické požadavky* - záleží na typu prostor (zejména se zohledňuje osvětlení)

8.3 Návrh zásuvkových obvodů

Návrh zásuvkových obvodů byl vytvářen v souladu s platnými normami [33]. Tedy, že každá pevná zásuvka v rozvodech *nn* musí mít vždy ochranný kontakt. Tento kontakt musí být spojen s ochrannou soustavou, předepsanou pro použitý způsob ochrany. Postavení vodičů je standardní, tedy nulový vodič vpravo a fázový vodič vlevo, při pohledu zepředu. Dále bylo přihlédnuto k tomu, že zásuvkový okruh může obsahovat nejvýše 10 zásuvek a že každé el. zařízení s příkonem nad 2 kW vyžaduje samostatný obvod.

Zásuvkové okruhy jsou jištěny pomocí jističů charakteristiky B s vypínacím proudem 16A (tedy že maximální současný příkon nesmí překročit hodnotu 3680 VA [$230\text{ V} \times 16\text{ A}$]), vedení je provedeno kabely CYKY 3C \times 2,5. Rozvody jsou provedeny v síti TN-S, tedy že jeden bod je uzemněn přímo a neživé části el. zařízení jsou s tímto bodem spojeny prostřednictvím ochranného vodiče, který je oddělen od vodiče středního.

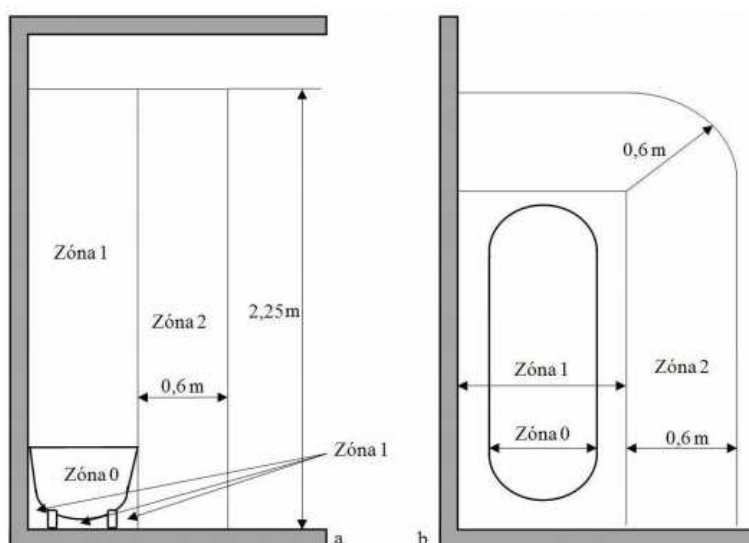
Pro každý byt byly navrženy celkem čtyři zásuvkové okruhy. V kuchyňské lince jeden pro elektrickou troubu, druhý pro ostatní zásuvky. Vlastní okruh byl vytvořen pro zásuvky v koupelně. Čtvrtý okruh je vyhrazen pro ostatní zásuvky pokojů a předsíně. V každém bytě bude umístěna modulární rozvodnice. Zásuvky jsou umístěny 30 cm nad podlahou, v kuchyni nad kuchyňskou linkou. Podrobnosti návrhu počtu zásuvek a obvodů viz Příloha IX.

8.4 Návrh koupelnových rozvodů

Veškeré rozvody a umístění zásuvek je provedeno v souladu s normami, neboť dle ČSN 33 2000-3 [33] je koupelna prostor se zvýšeným nebezpečím a je provedena doplňková ochrana pospojováním všech kovových částí podle ČSN 33 2000-7-701 [33].

Prostor koupelny je členěn na zóny (Obrázek č. 42):

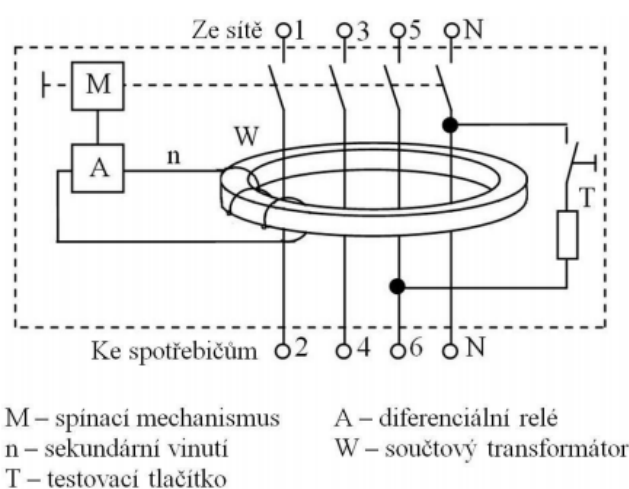
- Zóna 0 – Uvnitř vany nebo sprch. koutu. V zóně nesmí být žádné spínací přístroje, pouze spotřebiče napájené malým napětím (AC 12 V)
- Zóna 1 – Jedná se o prostor nad vanou či sprch. Koutem do výšky 2,25 m. Spotřebiče v tomto prostoru musí mít předřazen proudový chránič 30 mA. Spínané zařízení mohou obsahovat pouze obvody s malým napětím AC 12 V.
- Zóna 2 – Ohraničený prostor v okolí vany do vzdálenosti 0,6 m do výšky 2,25 m. Mohou zde být umístěna svítidla, topidla, ventilátory. Dále mohou být v zóně 2 umístěny zásuvky pro obvody malého napětí, pokud jsou jištěny proudovým chráničem 30 mA.
- Zóna 3 – prostor na vnější straně zóny 2 a rovnoběžnou svislou plochou vzdálenou 2,4 m vně od zóny 2, sahající do výšky 2,25m nad podlahu. Lze zde zapojit ostatní spotřebiče, zásuvky musí mít třívodičové připojení a proudový chránič



Obrázek č. 42: Ochranné zóny v koupelně

Před přímým dotykem živých částí, kde se používá zdrojů SELV, lze tyto části zabezpečit přepážkami nebo kryty zajišťujícími stupeň ochrany IPxxB nebo izolaci schopnou odolávat zkušebnímu napětí 500V st. po dobu 1 minuty.

Dále jako doplňková ochrana je použit proudový jistič s vypínacím reziduálním proudem nižším než 30 mA. Proudový jistič zajišťuje včasné odpojení spotřebiče, pokud dojde k situaci vzniku nebezpečného dotykového napětí. Vypínací čas jističe se pohybuje v řádech jednotek milisekund.



Obrázek č. 43: Znárodnění proudového jističe

8.5 Návrh světelných obvodů

Světelné obvody slouží k instalaci světla pro osvětlení místností. Nejčastější je instalace světla na strop doprostřed místnosti spolu s ovládáním (spínač, vypínač), které se instaluje na stěnu u vchodu do místnosti ve výšce 1,2 m nad podlahu. Nástěnná svítidla jsou instalována dle potřeby (v koupelně nad zrcadlo, na kuchyňské lince nad pracovní plochu).

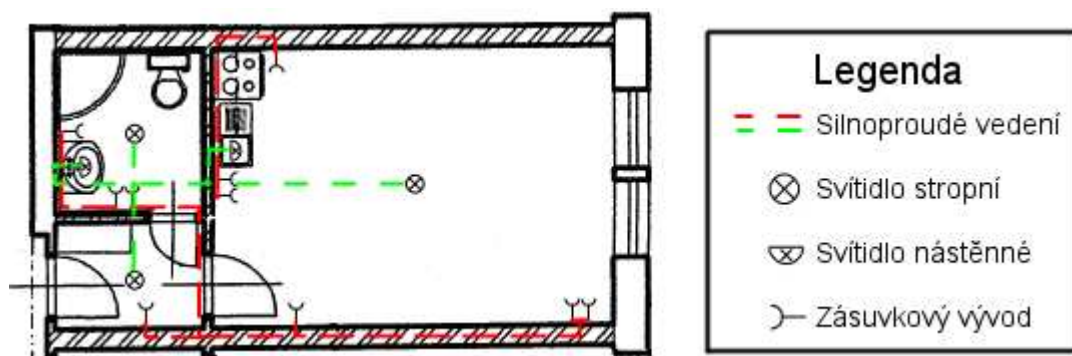
Světelné okruhy jsou taženy vedením CYKY 3C × 1,5. Světla jsou rozdělena na světelné okruhy a taktéž vedena samostatně do rozvaděče v daném bytě. Jištěna jsou pomocí jističe charakteristiky B s vypínacím proudem 10A.

Pro místnosti, kde je předpoklad častého rozsvěcování budou použita světla typu LED (v bytových jednotkách) nebo zářivková (chodby) kdy spínání bude prováděno detektorem pohybu. Pro každý byt jsou navrženy dva světelný obvod. Podrobnosti návrhu světelných obvodů viz Příloha X.

V penzionu nebylo řešeno nouzové únikové osvětlení, ačkoliv patří k velmi důležitým prvkům osvětlovací soustavy a při realizaci podobné stavby by bylo rozumné s tímto typem osvětlení počítat. Nouzové osvětlení slouží v případech nouze, kdy selže normální osvětlení. Při těchto mimořádných událostech je vždy hlavním požadavkem ochrana lidí a jejich bezpečná evakuace z prostorů, které se dočasně nebo trvale staly nebezpečnými.

8.6 Řešení silnoproudých rozvodů

Jednotlivá patra mají prakticky identická schémata zapojení, rozvody v každém patře se mírně liší díky rozdílnému uspořádání místností. Kompletní grafické řešení silnoproudých rozvodů je možné nalézt na CD v adresáři *technicke-vykresy*. Ukázka rozvodů pro typický byt objektu viz Obrázek č. 44.



Obrázek č. 44: Ukázka silnoproudých rozvodů v bytu 1 + 0

9 POŽÁRNÍ SYSTÉM, ELEKTRONICKÝ POŽÁRNÍ SYSTÉM

System elektronické požární signalizace (EPS) slouží k ochraně lidských životů a majetku před vzniklým či vznikajícím požárem. Zpravidla je nastaven tak, aby varoval před požárem již při jeho vzniku, signalizoval nárůst teploty, koncentrace dýmu či jiných zdraví nebezpečných plynů. EPS dále umožňuje okamžitý přenos informace o vzniku požáru příslušnému subjektu (pult centralizované ochrany [PCO], operační středisko hasičského záchranného sboru, ...).

Jelikož se jedná o penzion pro seniory, byl kladen zvýšený důraz na požární zabezpečení. A to z toho důvodu, že se jedná o stavbu, kterou obývají lidé starší, například se sníženou schopností pohybu.

9.1 Požárně bezpečnostní řešení

Při návrhu požárního systému bylo nutno přihlídnout k několika normám a vyhláškám ([34],[34],[36],[37]) a bylo tak vypracováno částečné požárně bezpečnostní řešení. Jelikož cíl diplomové práce nezněl stavbu jako takovou navrhovat, byly tak z požárního řešení vypuštěny pasáže o posouzení stavebních konstrukcí, odstupových vzdálenostech, stupni požární bezpečnosti a velikosti požárních úseků. Nicméně při návrhu požárního systému byly tyto vzaty v potaz.

9.1.1 Rozdělení do požárních úseků

Požární úsek (PÚ) je základní posuzovanou jednotkou z hlediska požární bezpečnosti a je to prostor stavebního objektu, ohraničený od ostatních částí tohoto objektu popř. od sousedních objektů, požárně dělicími konstrukcemi, popř. požárně bezpečnostním zařízením.

Každá obytná buňka (obytnou buňkou je u bytových domů každý samostatný byt podle ČSN 73 4301 [34]) bude tvořit samostatný požární úsek, dále samostatný úsek tvoří kancelář, výdejna jídel a celé 1. PP. Chodby jsou bez požárního nebezpečí. Objekt je zařazen do skupiny OB 2 požární bezpečnosti staveb dle ČSN 730833 [36].

9.1.2 Požární riziko

Požární riziko dle ČSN 73 0802 [35] vyjadřuje míru rozsahu případného požáru v posuzovaném stavebním objektu nebo jeho části; je určeno výpočtovým požárním zatížením.

Požární zatížení p_v je pomyslné množství dřeva (kg) na jednotce plochy (m^2), jehož normová výhřevnost je ekvivalentní normové výhřevnosti všech hořlavých látek nacházejících se na stejné

posuzované ploše (např. na ploše PÚ); sestává ze stálého a nahodilého požárního zatížení a vyjadřuje se v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Vypočte se jako

$$p_v = (p_n + p_s) \times a \times b \times c$$

kde p_n je nahodilé požární zatížení, p_s stálé požární zatížení, a součinitel pro rychlost odhořívání věcí nacházejících se na půdorysné ploše, b součinitel vyjadřující rychlost odhořívání věcí z hlediska stavebních podmínek a c součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních opatření.

Dle vyhlášky č. 246/2001 Sb. [38] o požární prevenci, Přílohy 2.: Hodnoty nahodilého požárního p_n pro účely členění činností podle požárního nebezpečí, položka 8.1 Bytové domy, rodinné domky, domovy důchodců včetně příslušenství bylo určeno $p_n = 40 \text{ kgm}^{-2}$, $c = 1$, $a_s = \text{konst.} = 0,9$, $a_n = 1,2$. Hodnota stálého požárního zatížení byla určena dle normy ČSN 73 0802 jako $p_s = 10 \text{ kgm}^{-2}$. Součinitel b byl stanoven na hodnotu 1,05.

$$a = (p_n \times a_n + p_s \times a_s) / (p_n + p_s) = 1,14$$

$$p_v = (40 + 10) \times 0,9 \times 1,05 \times 1 = 59,85 \text{ kgm}^{-2}$$

9.1.3 Únikové cesty

Úniková cesta, dle vyhlášky č. 137/1998 Sb., ve smyslu požární bezpečnosti staveb, komunikace (chodba, schodiště, pavlače, ...), umožňuje bezpečnou evakuaci osob ze stavby nebo její části zasažené nebo ohrožené požárem na volné prostranství, popřípadě umožňující přístup zasahujících hasičských jednotek.

V budově byly navrženy dle ČSN 73 0802 [35] dvě nechráněné únikové cesty (NÚC) po dvou schodištích vedoucích do každého podlaží z výstupem do volného prostranství. Součástí NÚC je i značení směru úniku osob dle ČSN ISO 3864 Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky a dle vládního nařízení č. 11/2002 Sb.

Nouzové osvětlení nebylo řešeno.

9.1.4 Protipožární zařízení

Dle ČSN 730873 [37] a dalších souvisejících norem byla navržena vnitřní a vnější odběrní místa vody. Vnější odběrní místa jsou určena především pro zásobování požární vodou pro mobilní požární techniku, například automobilové cisterny. Vnitřní odběrní místa slouží zejména k provedení prvotních hasebních prací dříve, než k požáru přijedou požární jednotky.

Jako vnější odběrní místo byl navržen nadzemní hydrant o DN 100 ve vzdálenosti maximálně 200 m od požárního úseku. Jako vnitřní odběrná místa byly navrženy dva hydrantové systémy typu D (tvarově stálá hadice o průměru 25 mm) instalované do skříně označený příslušnou požární značkou dle vládního nařízení č. 11/2002 Sb s minimálním průtokem $Q = 0,5 \text{ l s}^{-1}$. Jejich umístění bylo zvoleno ke schodišťovému prostoru v 1.NP a podkroví ve výšce 1,3 m nad podlahou.

Dále byly navrhovány ruční (přenosné) hasící přístroje pro každý požární úsek dle vzorce

$$n_r = 0,15 (S \times a \times c_3)^{0,5}$$

kde S je plocha požárního úseku, a (hodnota 1,14) součinitel pro rychlost odhořívání věcí nacházejících se na půdorysné ploše a c_3 (hodnota 1,0) součinitel vlivu samočinného stabilního hasícího zařízení.

Bylo zjištěno, že pro každý požární úsek o ploše menší než 39 m^2 bude postačovat 1 hasící přístroj s náplní hasební látky 10 kg u vodních nebo pěnových přístrojů či 6 kg u práškových nebo sněhových přístrojů. Jejich umístění bylo řešeno v souladu s vyhláškou č. 246/2001 Sb [38].

9.1.5 Elektrická požární signalizace

Elektrická požární signalizace (EPS) byla navrhnutá v důsledku vyhlášky č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb §18, kdy stavba zdravotnického zařízení a sociální péče musí být vybavena zařízením autonomní detekce a signalizace kouře v každé ubytovací jednotce.

Do EPS byly zvoleny kouřové detektory firmy MERTEN typ **ARGUS smoke detector Connect**. Tento detektor funguje na principu tzv. Tyndallova jevu. Je napájen 230 V, obsahuje i záložní baterii. Detektor umožňuje tzv. self-test (testování vlastní funkčnosti) kdy případná chyba bude

v ovládacím systému prvků KNX nahlášena. Všechny detektory jsou napojeny na sběrnici KNX přes binární vstupy firmy MERTEN **Binary input REG-K/8x10**.

Výstupním signálem při detekci kouře je integrovaná akustická siréna o intenzitě 85 dB a dále vysílání výstražné informace po sběrnici KNX na panel správce budovy.



Obrázek č. 45: Detektor kouře Merten Argus smoke detector Connect

10 ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM

Elektronické zabezpečovací systémy (EZS) jsou komplexem technických zařízení řešící otázku zabezpečení majetku ubytovacích zařízení, jejich osob a informací. Technologie signalizují nežádoucí vniknutí osob do střeženého prostoru. Nejčastěji jsou průniky do objektu uskutečňovány skrze okna a dveře.

10.1 Elektronický zabezpečovací systém

Elektronický zabezpečovací systém (EZS) je soubor zařízení složený z několika částí, tvořících zabezpečovací řetězec (čidla, ústředny, přenosové prostředky, signalizační a ovládací panely).

Navrhovaný systém EZS bude kombinovat prvky plášťové a prostorové ochrany. Plášť budovy budou chránit akustické senzory rozbití skla a magnetické kontakty. Prostor budovy a pohyb uvnitř ní budou detekovat čidla pohybu.

10.1.1 Plášťová ochrana

Plášťovou ochranu budou tvořit mj. akustické senzory rozbití skla. Instalovány budou na oknech místností v celém prvním podlaží (1. NP) a dále na oknech obytných buněk ve druhém podlaží (2. NP), které mají přístup na balkón či jsou v jeho bezprostřední blízkosti. Ostatní okenní tabule chráněny tímto typem čidel nejsou, protože jejich výška vůči terénu značně snižují pravděpodobnost průniku touto cestou.

Použité senzory firmy GIRA, typ **Glass-breakage sensor**, vyhodnocují akustický efekt při tříštění skla. Elektronika čidla vyhodnocuje frekvenci a amplitudu akustických signálů a pokud odpovídá svým profilem zvuku tříštěního se skla, je vyvolán poplach. Mikroprocesor minimalizuje falešný poplach. Při detekci tříštění je signalizován poplach na recepci budovy.

Magnetické senzory slouží k detekci otevření dveří a oken. Skládají se z magnetu fixovaného na rám okna či zárubně dveří a dále senzoru s vysílačem umístěného na samotné okno či dveře. Detektory firmy GIRA, typ **Magnet contact (VdS) Alarm system**, byly navrženy pro vstupní dveře v 1. NP a dále všechna okna v 1. NP a okna obytných buněk v 2. a 3. NP.

Akustické i magnetické senzory jsou připojeny ke sběrnici KNX přes binární vstupy MERTEN **Binary input REG-K/8x10**.

10.1.2 Prostorová ochrana

Prostorovou ochranu budou tvořit pohybová čidla. Čidla zachycují změny vyzařování (odlišná teplota vůči okolí) v infračerveném pásmu elektromagnetického vlnění. Jejich účelem v penzionu je indikace přítomnosti osob v bytech a dále spínání světel na chodbách a schodištích.

Byla navržena čidla firmy GIRA **E22 Instabus KNX/EIB**, která reagují na pohyby v úhlu 180° do vzdálenosti až 10 m pro aplikaci v jednotlivých bytech a chodbách a dále čidla firmy THEBEN typ **SPHINX 332 KNX Motion detector** pro schodiště reagující v úhlu 360° do vzdálenosti 7 m.

10.2 Elektronický přístupový systém

V objektu penzionu hotelového typu byl uvažován elektronický přístupový systém. Je zde předpokládán zvýšený výskyt osob a proto tedy i kontrola přístupu a indikace stavu přítomnosti.

Přístupovým systémem se rozumí zejména nástroje pro ohraničení prostor, v tomto případě objektu jako celku a jeho dílčích místností (pokojů).

10.2.1 Kartový systém

Kartový systém je typ uzamykacího systému, kdy majitel nebo uživatel objektu, např. ředitel či správce, může přidělovat priority vstupu do jednotlivých místností buď jednotlivcům nebo určeným skupinám.

Tento systém byl aplikován z toho důvodu, že předpokládanými obyvateli objektu budou lidé pokročilého věku. Pro vstup do pokoje nebude potřeba několika různých klíčů (vstupní dveře do objektu a do bytu), ale pouze jedna karta. Při ztrátě lze jakékoliv dveře vybavené kartovým systémem nouzově otevřít pomocí generální karty.

Systém vymezuje, kam obyvatel vstoupit může a kam nikoliv. Systém lze dodatečně modifikovat a během provozu rozšiřovat o další zámky. Další výhodou tohoto řešení je nezávislost na dodávce el. energie – dveřní zámek je napájen lokálně tužkovými bateriemi s životností 4-5 let. Přístupová karta dále slouží jako indikátor přítomnosti osoby, viz níže.

Pro potřeby penzionu byl zvolen systém dveřní čtecí jednotky **Onity HT24** s ovládáním magnetickou LoCo (low-coercivity) nebo HiCo (high-coercivity) kartou, viz Obrázek č. 46.

Správa karet bude umístěna na recepci. Při vstupu obyvatele do objektu mu bude přístupová karta vydána – tou následně může otevřít dveře do vlastního pokoje. V případě odchodu ji umístí zpět na recepci.



Obrázek č. 46: Dveřní čtecí jednotka Onity HT24

10.2.2 Indikace přítomnosti osob

Přístupová karta pro otevírání dveří dále slouží jako prvek pro indikaci přítomnosti osob. Ačkoliv dveřní čtecí jednotka může sloužit jako tzv. on-line systém, tedy systém monitorující přítomnost hostů na pokojích a přenos tohoto stavu z tzv. čteček v reálném čase, jsou on-line přístupové systémy v praxi zcela ojedinělé a to zejména pro velmi vysoké pořizovací náklady a značné nároky na stavební připravenost.

Indikaci přítomnosti osob proto zajišťuje přístupová karta tím, že je vložena v bytě jednotlivých hostů do spínače kartového typu firmy ABB, viz Kapitola 12, Inteligentní elektroinstalace KNX.

10.3 Monitorování zdraví osob

Systém monitorování osob je služba, která umožňuje neustálé (24 hodin denně, 7 dní v týdnu) sledování lidí. Užití je vhodné zejména v zařízeních pro osoby pokročilejšího věku kde je reálné nebezpečí náhlé změny zdravotního stavu, upadnutí, dezorientace v terénu apod. Umožňuje samostatný život seniorů v jejich vlastním bytě i při zcela volném pohybu mimo domov.

Byl zvolen systém řešení **Senior Inspect** firmy Cleverttech [39]. Komunikace jednotky Cleverttech funguje podobně jako mobilní telefon, tedy v pásmu GSM. Při krizové situaci zašle monitorovaná osoba pomocí nouzového tlačítka signál do dohledového centra (recepce penzionu), popřípadě zařízení samo detekuje (díky bezdrátovým sensorům fyziologických parametrů jako EKG, tlak, cukr v krvi, oxymetrie, teplota, váha,...) potenciální problematickou situaci klienta a automaticky pošle upozornění na dohledové centrum.

Zařízení umožní hlasovou komunikaci, pracovníci centra zjistí stav monitorované osoby a dle potřeby zkontaktují příslušné osoby nebo zorganizují odbornou pomoc. V případě nutnosti je možno monitorovat pohyb s nižší přesností pomocí GSM lokalizace případně dálkově aktivovat integrovaný GPS modul pro vyhledání přesné pozice. Detail jednotky a princip fungování, viz Obrázek č. 47 a 48.



Obrázek č. 47: Mobilní jednotka pro monitoring osob firmy Cleverttech



Obrázek č. 48: Princip fungování monitorování zdraví osob

11 SYSTÉM SLUŽEB

Cílem služeb pro klienty penzionu je mimo jiné podporovat rozvoj nebo alespoň zachování stávající soběstačnosti uživatelů, integrace ve společnosti a snížení sociálních a zdravotních rizika související se způsobem života uživatelů.

11.1 Zdůvodnění potřeb služeb

Návrh systému služeb pro seniory, jejich dostupnost a funkčnost je **e s e n c i á l n í** částí této diplomové práce. Tento důraz je příkládán z toho důvodu, že stárnutí populace je globálním jevem, na který reaguje mezinárodní akční strategie stárnutí obyvatelstva v 21. století České republiky [40]. Cílem této strategie je podpořit rozvoj společnosti pro lidi všech věkových skupin. V současné době se však jeví, že společnost nezahrnuje seniory dostatečnou péčí, kterou si zaslouží.

11.2 Výběr služeb

Servisní služby poskytují většinou agentury či přímo ubytovací zařízení zákazníkům. Vzhledem k tomu, že nabídka služeb je velmi široká, záleží na volbě zákazníka, jaké druhy služeb si objedná. Byly navrženy takové služby, které lze předpokládat pro cílovou skupinu seniorů v dané komunitě a regionu. Jsou to následující:

- **zdravotní služby** – jedná se o pravidelné návštěvy obvodního lékaře, který je seniorům k dispozici (případně i návštěvy lékaře s druhou atestací v interním lékařství); služby rehabilitační a masáže; při závažnějším problému přivolání rychlé zdravotnické pomoci; návštěvy stomatologa
- **sociální služby** – zejména nadstandardní péče o seniory (zajištění nákupů, vyřízení úředních záležitostí, pomoc při oblékání, úklid)
- **společenské aktivity** – kulturní vystoupení, návštěva divadla, kina, taneční pro seniory, ...
- **volnočasové aktivity** – rekreační aktivity; výlety po ČR na zajímavá místa, zahradničení a pěstitelské dovednosti
- **vzdělávací a mentálně stimulační aktivity** – služby za účelem udržení aktivity mozkových buněk (studium jazyků, hraní na hudební nástroje). V dynamicky měnícím se světě rovněž služby takového rázu, aby bylo seniorům umožněno vyrovnat se s novými poznatky a

informačními technologiemi, které povedou k rozvíjení jejich tvůrčích schopností, přispějí k zvládnutí nároků moderní společnosti a pomohou naplnit jejich zájmy a potřeby (počítačové kurzy)

- **Stravovací služby** – pravidelná dovážka jídel (snídaně, obědy, večeře)
- **Služby prádelny a čistírny** – pravidelné praní a čištění lůžkovin
- **Služby jiných firem** – jde o seznam kontaktů na různé firmy, které by mohl obyvatel penzionu v budoucnu potřebovat např. opravy a revize elektrospotřebičů, úklid, kosmetické a kadeřnické služby, manikúra a jiné

11.3 Komunikace se systémem služeb

Navrhované řešení představuje několik možností spojení se systémem služeb – pomocí vlastního mobilního telefonu (např. pokud je uživatel mimo penzion), domácího telefonu či v nouzovém případě mobilní jednotkou **Cleverttech**.

Bylo navrženo užití domácích telefonů firmy Siemens **Euroset 5040** (Obrázek č. 49), které umožňují telefonovat v rámci vnitřní telefonní sítě (na recepci penzionu či s dalšími obyvateli), ale i do veřejné telefonní sítě (pevné i mobilní). Telefon je vhodný pro seniory a pro osoby s omezenou pohyblivostí, protože nabízí velký podsvícený displej k zobrazení jména a čísla volajícího a detektor přiblížení pro automatický příjem hovorů.

Spolu s telefony bylo nutné navrhnout telefonní ústřednu. Byla zvolena ústředna firmy Panasonic, typ **KX-TDA100CE** (Obrázek č. 49), jejíž maximální kapacita je 64 vstupních linek, 128 vnitřních linek připojených pevným vedením. Ta mimo jiné umožňuje připojení elektrického vrátného (zařízení zajišťující oboustrannou komunikaci mezi osobou vstupující do budovy a osobou navštěvovanou) a je schopna každému uživateli vést vlastní hlasovou poštu, kterou je možné vyzvedávat i dálkově po zadání hesla. Schéma komunikace ústředny se systémem služeb ilustruje Obrázek č. 50.



Obrázek č. 49: Telefonní ústředna Panasonic a telefonní přístroj Siemens



Obrázek č. 50: Schéma komunikace se systémem služeb

12 INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE

12.1 Úvod do problematiky

Návrh inteligentní elektroinstalace je nedílnou součástí pro řízení navrhovaných technologií. A to zejména proto, že bez automatizace systémů osvětlení, vytápění, klimatizace a ventilace by výrazně vzrostly provozní náklady.

Jelikož lze předpokládat růst cen energií [41], zvyšování vlivu budov na spotřebu energií a životní prostředí vůbec [42], je více než výhodné navrhovat takové systémy, které s ekonomickým využíváním energií počítají. Právě tuto funkci by měla zajistit sběrnice KNX v navrhovaném objektu penzionu pro seniory.

12.2 Elektroinstalace KNX

Řešení pomocí sběrnice KNX řeší silnoproudé i slaboproudé rozvody v prostorech penzionu a zároveň napojení ostatních systémů na inteligentní elektroinstalaci tak, aby byl vytvořen ucelený systém. Návrh systému KNX zahrnuje řízení osvětlení a napájení zásuvkových obvodů, propojení se systémem vytápění a chlazení, ohřevu TV a elektronickým požárním systémem (EPS).

Všechny prvky tvoří ucelený systém, který je možné kdykoliv přeprogramovat a doplnit o další prvky podle potřeb obyvatel objektu bez zásahu do struktury sběrnice či stavebních konstrukcí. Tím se významně odlišuje od klasické elektroinstalace.

Systém je řešený jako víceliniový, rozdělený do více oblastí. Vedení je realizováno krouceným stíněným kabelem YCYM 2x2x0,8. Vedení je uvažováno v celém objektu, aby byla v budoucnu možnost rozšíření či upravení prvků systému.

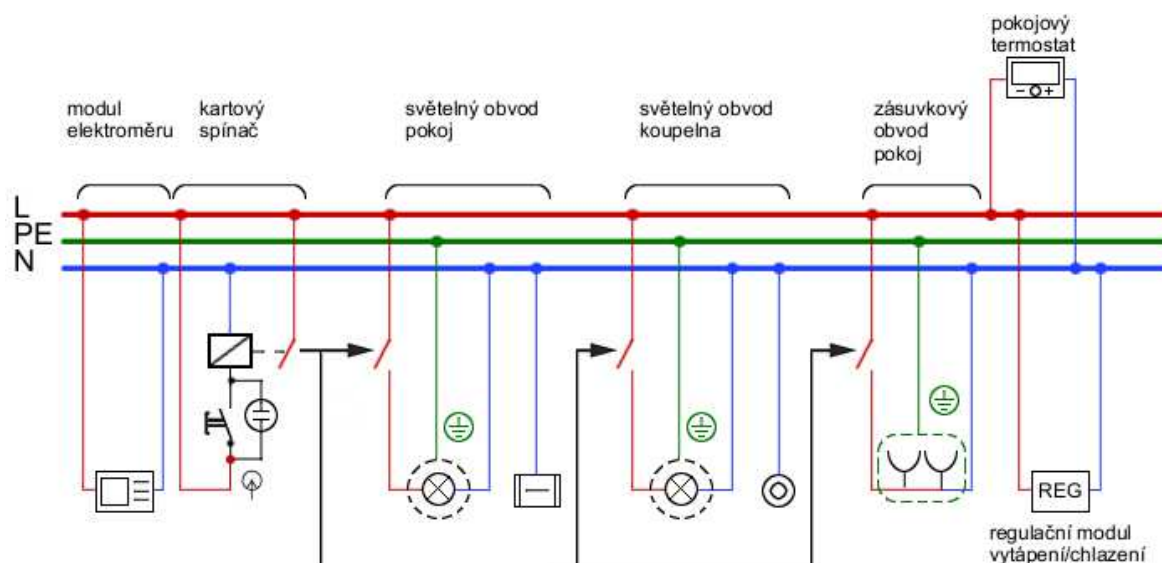
12.2.1 Spínání obvodů kartou

V bytech penzionu byla uvažována aktivace elektroinstalace tzv. kartovým spínačem 2025 U firmy ABB. Resident penzionu si při vstupu do penzionu vyzvedne na recepci magnetickou kartu, otevře si pomocí ní vstupní dveře do bytu a zasune ji do otvoru kartového spínače, viz Obrázek č. 51.



Obrázek č. 51: Kartový spínač ABB

Zasunutím karty se spojí kontakty spínače a aktivuje se elektrická instalace v pokoji i jeho příslušenství, viz Obrázek č. 52. V důsledku toho je možné ovládat osvětlení, otevírání oken a také používat spotřebiče zapojené do silových zásuvek. Pouze zásuvka určená pro připojení chladničky je připojena trvale, neboť je mimo obvody aktivované kartou. Kartový spínač rovněž indikuje přítomnost osoby v pokoji a tomu přizpůsobuje režim vytápění a chlazení.



Obrázek č. 52: Schéma elektroinstalace v bytu, ovládání kartovým spínačem

12.2.2 Řízení osvětlení

Spínání jednotlivých obvodů pro osvětlení, spínané zásuvkové obvody probíhá převážně v bytovém rozvaděči, odpadá tak použití ovládacích obvodů 230 V s klasickými vypínači a tlačítky. Tyto obvody jsou nahrazeny komunikačním kabelem EIB-Y(ST)Y.

Počet a rozmístění světelných prvků je identické se zobrazením v Kapitole 7.6, Příloze X a technickém výkresu na CD. Světelné prvky budou v bytech ovládány tlačítkovými snímači KNX firmy ABB řady Element. V koupelně se světelné prvky aktivují na základě indikace přítomnosti osob od detektoru pohybu, ten je zároveň napojený na ventilátory odtahu vzduchu. Světla na schodištích a chodbách budou řízeny primárně detektory pohybu a sekundárně standardními tlačítky. Detektor pohybu rovněž obsahuje senzor intenzity okolního osvětlení. V případě že je tato intenzita osvětlení větší než nastavený práh a dojde k indikaci pohybu osoby, světla se nezapnou.

Ovládání svítidel je provedeno pomocí vícenásobných spínacích akčních členů SA/SX 10.1 firmy ABB (viz Obrázek č. 53), kde „X“ představuje počet spínaných svítidel/světelných okruhů. Pro byty je uvažováno se dvěma světelnými okruhy pro byt a koupelnu.



Obrázek č. 53: Spínací akční člen světél, typ SA/S4 10.1

12.2.3 Ovládání oken

Řízení ovládání oken nebylo v diplomové práci uvažováno. A to z toho důvodu, že se autorovi práce jevilo, že by obyvatelům penzionu byla ponechána pouze malá možnost volby. Dále proti řízení ovládání oken vedl fakt, že požadované hodnoty výměny vzduchu v objektu již zajišťuje navrhovaná VZT jednotka – systém řízeného okenního větrání by byl redundantní. Navíc, dle technických výkresů objektu je patrné, že obyvatelé 2.n.p mají možnost přístupu na balkon. Instalováním řízeného pohonu oken by přístup na balkon nebyl umožněn.

Pro splnění požadavků diplomové práce však bylo nastíněno řešení inteligentního systému okenního větrání. Jedná se o systém FLS 2000 firmy Belimo, viz Obrázek č. 54. Systém lze plně integrovat do řídicího systému s LON nebo KNX.

Okna je možné ovládat dle časových programů, případně z externích vstupů (čidel teploty, relativní vlhkosti, obsahu CO₂,...). Systém disponuje i bezpečnostními funkcemi, kdy např. v případě deště, silného větru či poklesu teploty pod stanovenou mez, dojde k automatickému zavření.



Obrázek č. 54: Systém řízení okenního větrání

Diplomová práce řeší pouze detekci tříštění skla oken a detekci otevření oken pro elektronický zabezpečovací systém a rovněž pro řízení vytápění a chlazení.

12.2.4 Dálkové vytápění

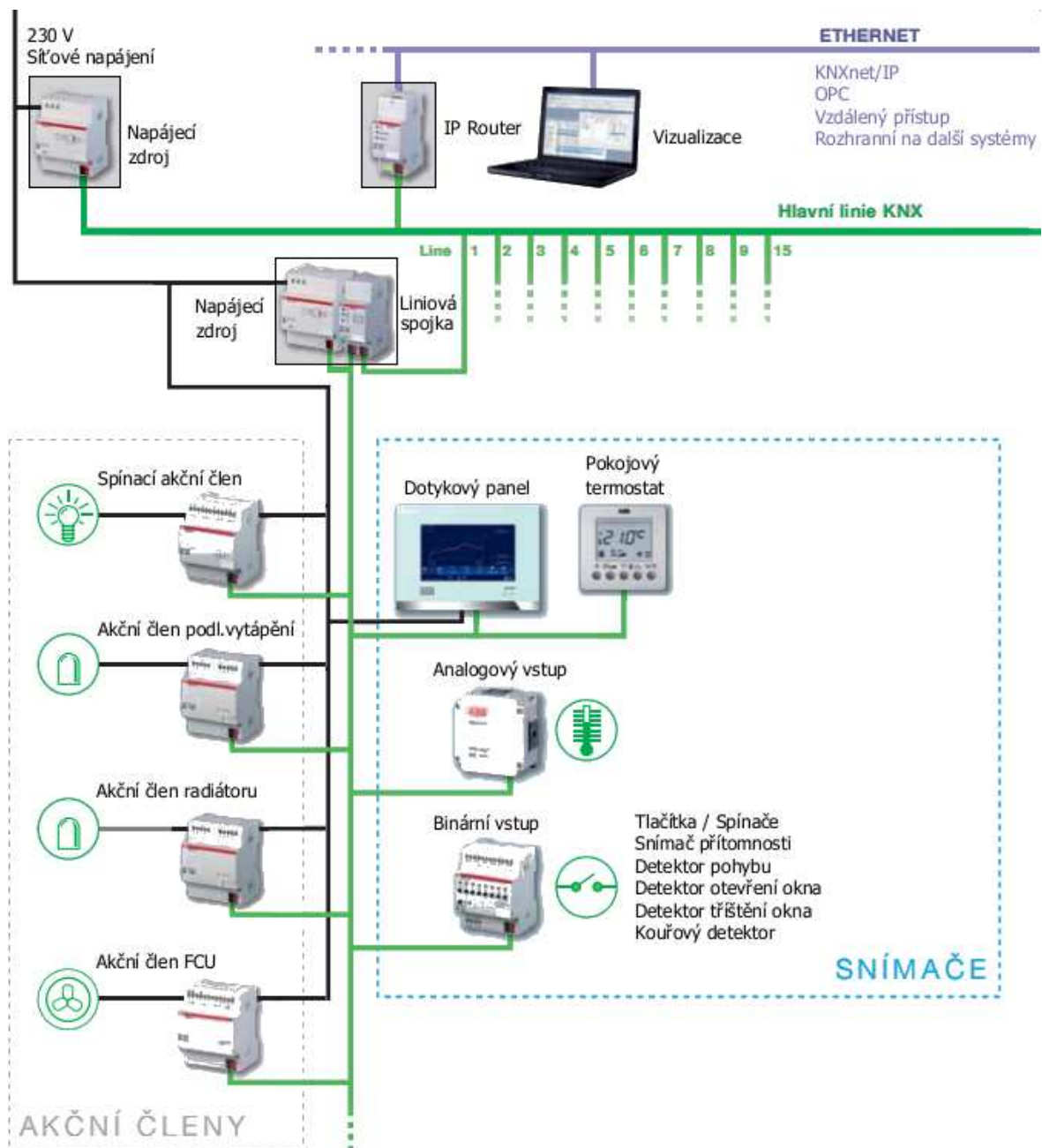
V případě, kdy rezident penzionu není v pokoji, t.j. není zasunuta přístupová karta do spínače, vyhodnotí systém pokoj jako neobsazený. Tomu je přizpůsoben i režim v místnosti, neboť prostorový termostat obdrží příkaz k přechodu z komfortního do úsporného režimu činnosti.

Samotný princip dálkového ovládání je řešen v kapitole 12.4. Vzdálené řízení.

12.3 Schéma řešení

Provedení elektroinstalace v objektu řešeného sběrníci KNX je rozvrženo do jedné oblasti. V oblasti je uvažováno s několika liniemi propojenými liniovými spojkami **GIRA 1023 00**. Linie č. 1 je

vyhrazena regulátorům technických zařízení (kotel, topné okruhy, solární okruh, vzduchotechnika, zdroj chladu), ostatní linie pak prostorovým regulátorům, které řídí akční členy radiátorů, podlahového vytápění, jednotek fan-coil a binárním vstupům. Každá linie obsahuje akční členy a vstupy podle potřeby řízení daného prostoru. Schéma typické linie pro byt je znázorněno na Obrázku č. 55.



Obrázek č. 55: Schéma řešení inteligentní elektroinstalace

13 ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY BUDOVY

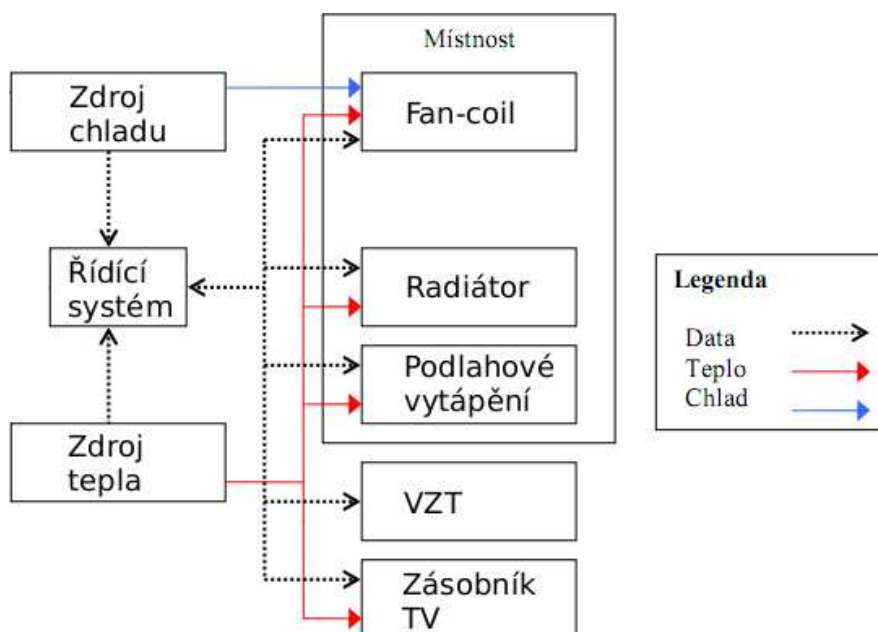
13.1 Cíl řízení

Cílem řízení systémů budovy je zajistit maximální komfortní prostředí uživatelů objektu při minimálních nákladech. Tj. řešení, které je ekonomicky a energeticky efektivní. Základním opatřením k zajištění hospodárné dodávky tepla je dokonalý stav kotelny, kvalitní materiály, obnovitelné zdroje energie a moderní a sofistikované systémy.

Řídící systémy vyhodnocují a zaznamenávají signály ze snímačů a na jejich základě pružně regulují podle nastaveného programu zdroje a spotřebiče. Jejich návrh je předmětem této kapitoly.

13.2 Měřicí a regulační okruhy

Pro názornost bylo řízení jednotlivých systému rozděleno na měřicí a regulační (MaR) okruhy, viz blokové schéma Obrázku č. 56.



Obrázek č. 56: Blokové schéma řízení

13.2.1 Zdroj tepla

Zdrojem tepla je kaskáda dvojice kotlů. Je navržena tak, aby pokryla veškerou spotřebu tepla v soustavě. Primárním zdrojem je kondenzační kotel. V případě nedostatečného výkonu je aktivován nízkoteplotní kotel. Vedlejším zdrojem tepla je solární systém. Blokové schéma řízení a schéma zapojení datových vstupů na vytápěcí systém ilustrují Obrázky č. 56 a č. 58.

Pro řízení kotlů byla navržena kaskádová řídicí regulace Siemens řady Synco 700 typ **RMK770** s venkovním čidlem teploty, viz Obrázek č. 60. Regulátor umožňuje řízení až 6 kotlů, topného okruhu, předregulace a správu poruchových stavů. Komunikace probíhá po sběrnici KNX.

Řízení topného okruhu fan-coilů a přípravu TV zajišťuje regulátor **RMH760B**, ostatní topné okruhy obhospodařuje dvojice rozšiřujících regulačních modulů **RMZ782B** a solární systém je řízen univerzálním modulem **RMZ789**. Veškeré jednotky jsou z typové řady Synco 700 firmy Siemens, znázorněny na následujícím Obrázku č. 57. Navržené regulátory jsou určeny pro střední a velké budovy s vlastním zdrojem tepla. Dle podkladů výrobce může být regulátor RMH760B použit ve spojení s maximálně 4 rozšiřujícími moduly, což bylo dodrženo. Všechny prvky se připojují na sběrnici KNX.



Obrázek č. 57: Regulátor vytápění RMH760B s rozšiřujícími moduly RMZ78x

Řízení kotlů

Systém bude zajišťovat procvičení čerpadel a ventilů v letním období a prostrídávání kotlů. Rovněž detekuje havarijní stavy (překročení teploty v kotelně, výskyt plynu v kotelně, zaplavení vodou, minimální přetlak), při nichž bude kotelná odstavena (uzavření přívodu plynu) a bude možno obnovit provoz pouze ručně obsluhou.

Provoz kotlů bude řízen podle potřeby tepla a podle požadavků jednotlivých topných okruhů. Rovněž bude upravován podle rychlosti snížení teploty TV v zásobníku a rychlosti jejího dohřevu.

Regulace samotná se uskutečňuje snímáním teploty kotlové vody a jejími změnami na základě otopné křivky v závislosti na venkovní teplotě.

Řízení topných okruhů

Regulace jednotlivých topných okruhů (radiátory, podlahové vytápění, fan-coily) bude řízena pomocí teplotních programů dle venkovní teploty vzduchu (tzv. ekvitermní regulace), přičemž pro různé topné okruhy jsou různé ekvitermní křivky. Regulace samotná je řešena nepřímo, tj. nereguluje se přímo zdroj tepla ale teplota přívodu vody v okruhu. Regulace vstupní vody probíhá přivíráním a otevíráním třícestného směšovacího ventilu se servopohonem spolu s řízením oběhových čerpadel.

Kromě řízení v normálním režimu systém umožňuje i režim redukovaný – např. v nočních hodinách dojde k poklesu výkonu. Cílem redukovaného režimu je dosažení dalších úspor.

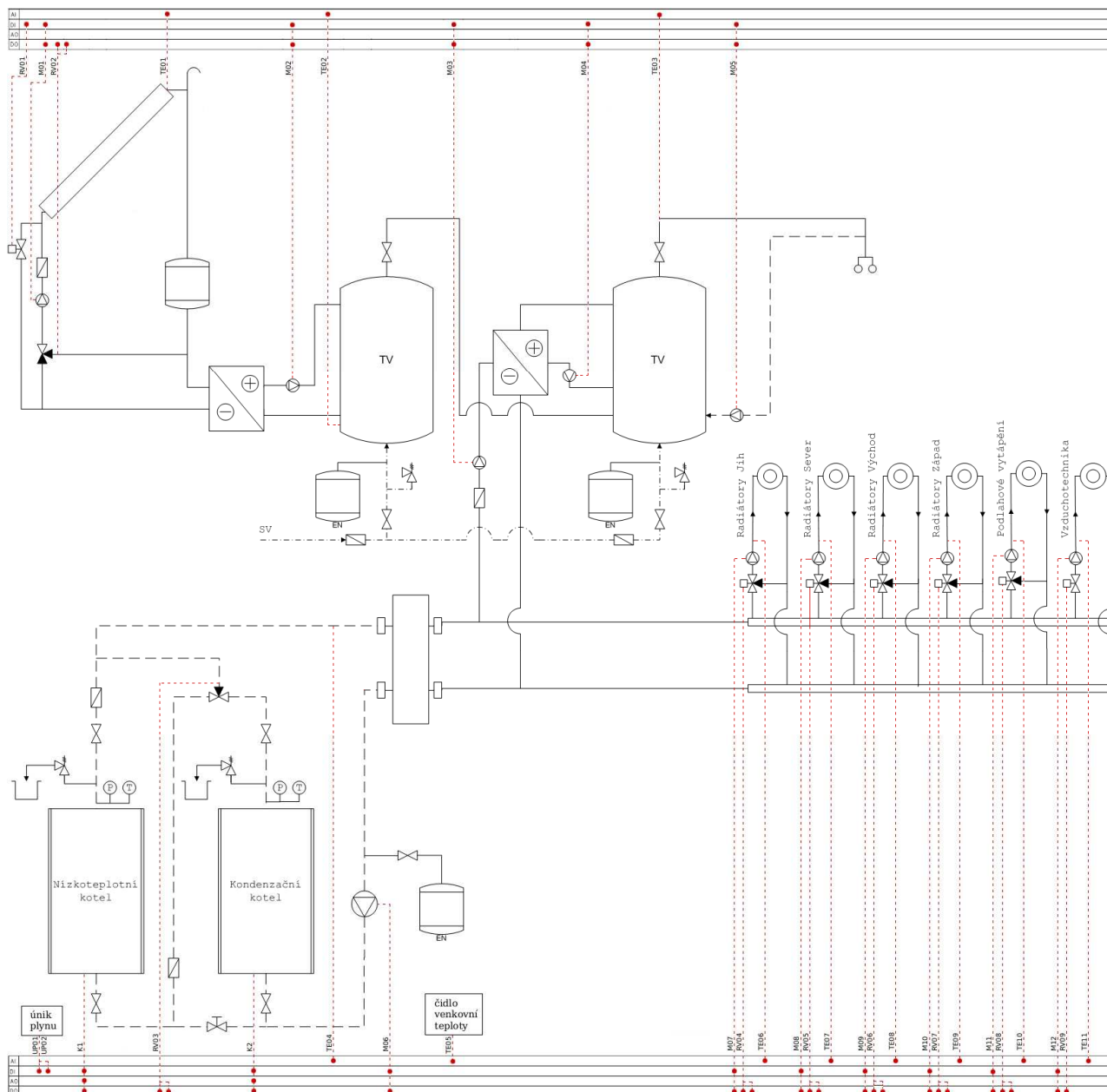
Řízení ohřevu TV

Ohřev TV probíhá přes výměník typu voda-voda. Regulace probíhá zapínáním a vypínáním čerpadla na základě teploty vody na výstupu ze zásobníku. Řízení musí umožňovat krátkodobý ohřev na 70 °C jako ochranu před bakterií Legionella pneumophila.

Na vratné větvi je umístěno čerpadlo, které má za úkol cirkulovat horkou vodu – tím je eliminováno odpouštění studené vody ve vzdálených bodech odběru. Jeho řízení probíhá na základě časového režimu – v noci je provoz redukován, ve dne se spíná po 10 minutách.

Řízení solárního systému

Regulátor solárního systému měří teplotu před výstupem z kolektoru a teplotu v akumulacním zásobníku. Pokud je zjištěna diference teplot vyšší než nastavená, dojde k sepnutí oběhového čerpadla. Při poklesu rozdílu teplot pod stanovenou hodnotu nebo dosažení maximální teploty se oběhové čerpadlo vypne a otevře se uzavírací ventil. Řízení trojcestného ventilu ošetřuje stav, kdy teplota vody v zásobníku je vyšší než v kolektorovém okruhu. Optimalizaci řízení zajišťuje plynulá regulace otáček čerpadla (a tím i změna objemového průtoku).



Obrázek č. 58: Schéma vytápěcího systému s datovými vstupy

Tabulka se seznamem datových vstupů a výstupů vytápěcího systému, dle schématu na Obrázku č. 58 je uvedena v Příloze XI.

13.2.2 Zdroj chladu

Navrhžený zdroj chladu (chiller) je kompaktní jednotka s vlastním řízením pomocí kontrolního panelu HydroIntel. Regulována je výstupní chladicí voda, která je směřována na požadovanou teplotu třicestným směšovacím ventilem osazeným servopohonem s řízením 0-10 V. Za ventilem je osazeno čerpadlo, které je elektronicky regulováno na základě požadovaného výkonu chlazení.

Zdroj chladu obsahuje dva nezávislé chladicí okruhy, což umožňuje modulaci výkonu 0–50–100 % výkonu a tím i úspory energie.

Protimrazová ochrana je realizována vestavným topným tělesem na výměníku, čidlem teploty a tlakovým spínačem při nízkém tlaku vody či přerušení dodávky.

Řízení regulační smyčky zdroje chladu zajišťuje regulátor Siemens řady **Synco** typ **RMU710-1** s 6 univerzálními vstupy, 4 analogovými a 2 digitálními výstupy, viz Obrázek č. 59.



Obrázek č. 59: Regulátor chilleru Siemens RMU710-1

13.2.3 Vzduchotechnika

Centrální jednotka vzduchotechniky pracuje pouze s čerstvým venkovním vzduchem. Vzduch je celoročně upravován na teplotu místnosti podle venkovních podmínek. VZT systém je spřažen s řízením fan-coil jednotek, které přiváděný vzduch z VZT smíchají s cirkulačním vzduchem v místnosti a zajišťují finální úpravy vzduchu (ohřev a chlazení).

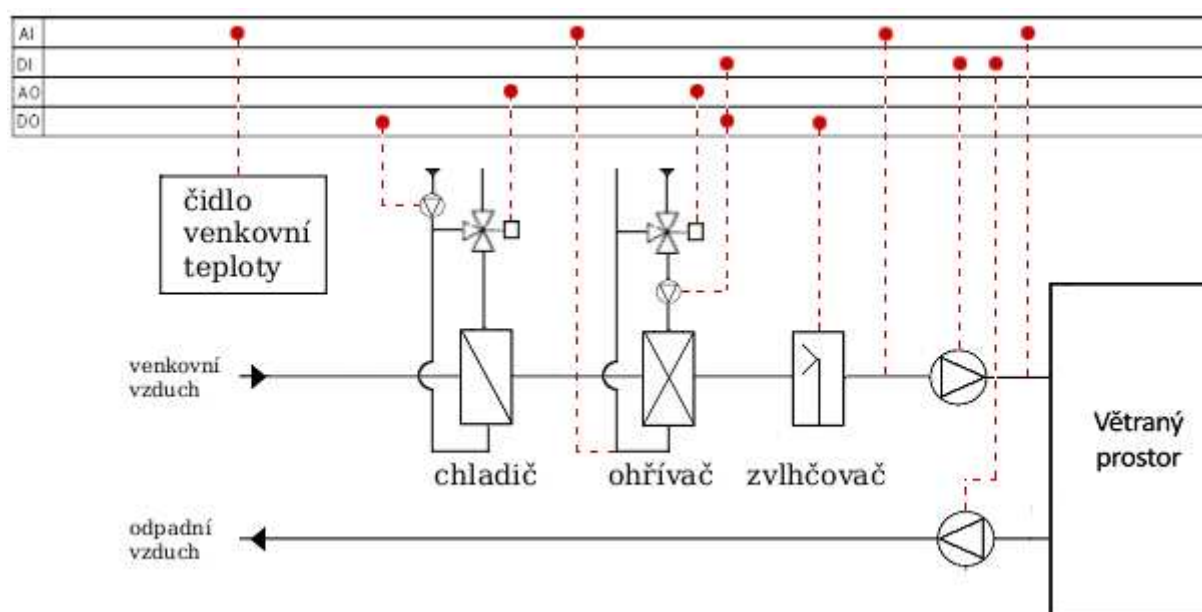
V zimě je regulován ohřivač na základě snímání venkovní teploty. Řízení ohřivače probíhá polohováním směšovacího ventilu přívodu topné vody. Rovněž dochází k vlhčení vzduchu parním zvlhčovačem řízeného snímačem vlhkosti. V létě je regulován chladič a to řízením směšovacího ventilu chladicí vody. Chod ventilátorů je realizován frekvenčními měniči v závislosti na vstupním/výstupním statickém tlaku.

VZT jednotku lze řídit z recepcie objektu, eventuálně vzdáleně přes Internet změnami časových a hodnotových parametrů. VZT jednotka bude odstavena při aktivaci požární signalizace.

Řízení vzduchotechnického celku zajišťuje univerzální regulátor firmy Siemens typ **Synco 700 RMU720B-4** s 8 univerzálními vstupy, 3 analogovými a 4 digitálními výstupy, viz Obrázek č. 60. Návrh proběhl na základě schématu viz Obrázek č. 61.



Obrázek č. 60: Regulátor VZT jednotky Siemens RMU720B-4



Obrázek č. 61: Schéma vzduchotechnického systému s datovými vstupy

Tabulka se seznamem datových vstupů a výstupů vzduchotechnického systému, dle schématu na Obrázku č. 61 je uvedena v Příloze XII.

13.3 Volba řídicích systémů

Řízení regulace vytápění a chlazení bylo řešeno jako centrální, tj. každý prostorový celek (byt, chodby,...) má snímač teploty a regulační orgány – elektromotoricky ovládaný ventil na otopném tělese, na větvi podlahového vytápění a řízení otáček ventilátoru fan-coilu. Výhodou centrální regulace je, že požadované hodnoty a spínací časy jsou řízeny z jednoho místa – z recepcce ve vstupní chodbě. Nájemník bytu však stále má možnost regulovat dané systémy individuálně.

Inteligenci řízení vytápění a chlazení demonstruje využívání snímačů otevření oken. Pokud magnetické kontakty oken detekují otevření, je tato skutečnost předána pokojovému termostatu a následně akčnímu členu, který zajistí zablokování dodávky tepla v bytě po dobu, kdy jsou okna otevřená. V případě poklesu teploty pod určitý práh (5 °C) je aktivována protimrazová ochrana a provede se obnova dodávky tepla i při otevřených oknech za cenu tepelných ztrát. Tomuto stavu by se mělo přednostně zabránit tím, že je na operátorském stanovišti ve vizualizačním prostředí indikován stav okenních kontaktů, teplota a přítomnost osob v bytě.

Centrální regulace byla řešena ovládací jednotkou Siemens **RMZ792**, která je nadřazená všem regulátorům. Umožňuje řízení až 150 podřízených jednotek na sběrnici KNX. Centrální regulaci je rovněž možné řídit dálkově přes webové rozhraní, viz následující kapitola. Vzhled centrální jednotky je znázorněn na Obrázku č. 62.



Obrázek č. 62: Centrální regulátor Siemens RMZ792

Koncové jednotky chlazení a vytápění v jednotlivých bytech jsou řízeny digitální prostorovou jednotkou Siemens **QAW740**, která zároveň slouží jako termostat. Jelikož umožňuje komunikaci po sběrnici KNX, je díky ní možné řídit následující prvky v bytu:

- Řízení otopných těles a podlahového okruhu vytápění přes ovládací termoelektrické hlavice (spínací akční člen **ABB 6164 U**)
- Řízení jednotky fancoil dvěma ventily pro chlazení a topení a dále třístupňové řízení ventilátoru (spínací akční člen **ABB FCA/S 1.1M**)

Prostorová řídicí jednotka Siemens QAW740, znázorněna na Obrázku č. 63, umožňuje posun žádané komfortní teploty o ± 3 °C otočným knoflíkem. Požadavek na změnu je vyslán do akčních členů koncových zařízení. Jednotka dále umožňuje indikaci poruchy, programování časové periody a zahrnuje přítomnostní tlačítko. Poslední zmiňovaná funkce je redundantní, neboť přítomnost je již řešena kartovým spínačem. Při instalaci termostatu by se měl zohlednit fakt, že pro správnou detekci pokojové teploty je nutné prvek vhodně umístit – tím bude redukována míra ovlivnění slunečním zářením či jinými zdroji tepla a chladu.



Obrázek č. 63: Termostat Siemens QAW740

13.4 Vzdálené řízení

Vzdálené řízení a správa systémů v objektu vyžaduje komunikaci mezi správcem budovy a navrženým inteligentním systémem. Cílem přenosu dat a tím i dálkového dohledu je snížení provozních nákladů a zvýšení kvality provozování zařízení spolu se zvýšením provozní spolehlivosti zařízení. Komunikace, vzhledem k rozsahu systémů, byla zvolena pomocí veřejné sítě Internet.

Pro účely penzionu, dle zadání diplomové práce, byl navržen webový server **Siemens OZW772**, který umožňuje dálkové ovládání a monitoring soustav a přístrojů s komunikací KNX pomocí internetového prohlížeče přes Internet a/nebo operátorské pracovní stanice na recepci penzionu vybavené softwarem ACS připojené k síti LAN přes router.

Web server je dále schopen zasílat informace o poruchách a hlášení o stavu systému e-mailem. Ovládání probíhá přes obrázky technologických schémat s technickými zařízeními budovy a přístroji v jednotlivých místnostech.

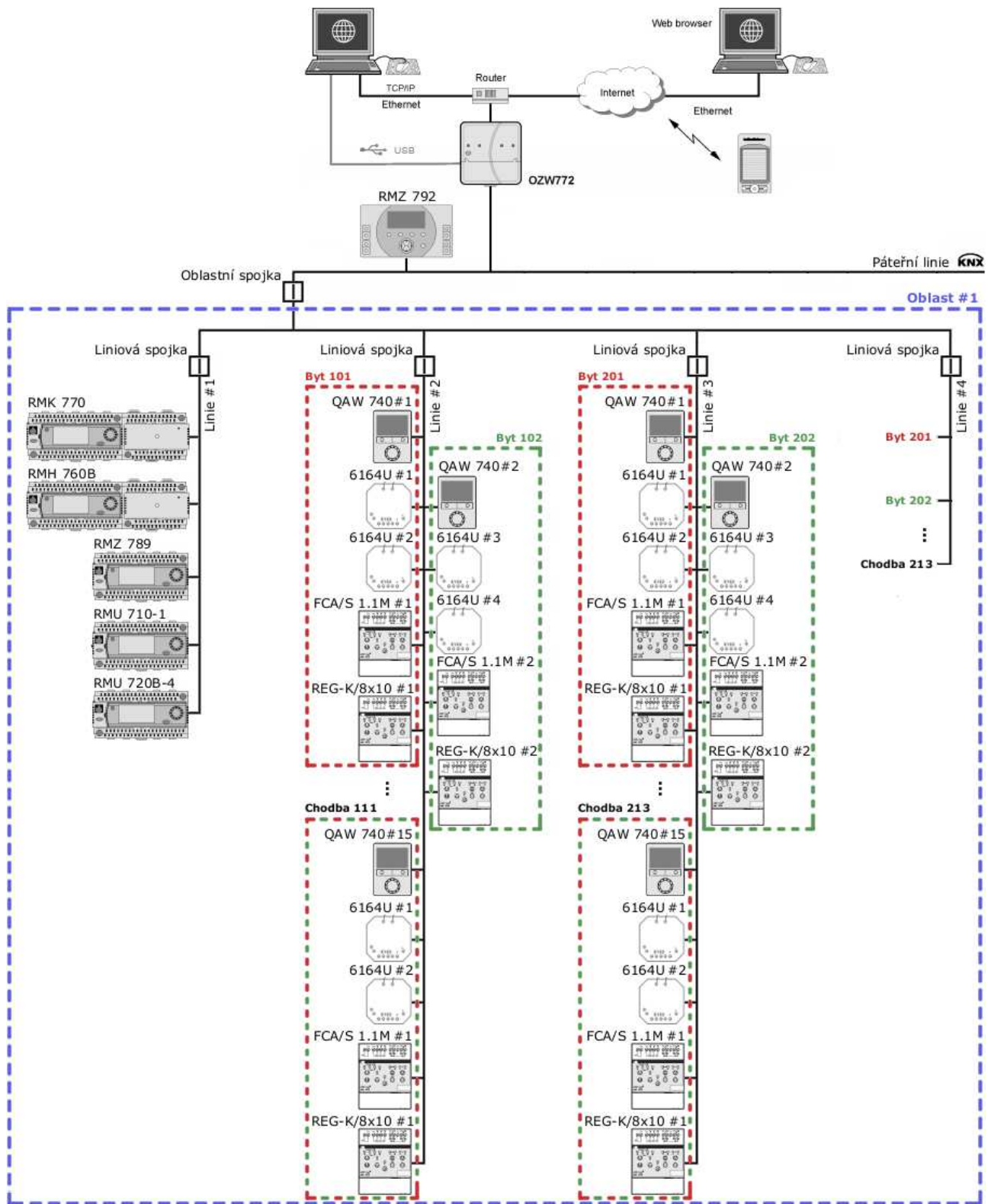
Kromě dálkového řízení navržený server poskytuje odečítání údajů z měřičů spotřeby tepla/chladu, vodoměrů, elektroměrů, plynoměrů atd. Získaná data lze exportovat do formátu *.XLS a archivovat v databázi pro další použití.

13.5 Topologie

Topologie sběrnice KNX v objektu je zobrazena na Obrázku č. 64. Síť se skládá ze tří úrovní. Nejvyšší z nich je páteřní linie, která může obsahovat až patnáct oblastí (střední úroveň). Každá z těchto oblastí může obsahovat patnáct linií (spodní úroveň). V každé linii se pak již nachází samostatné prvky systému KNX s vlastní adresou. Těchto prvků může linie obsahovat nejvýše šedesát čtyři a celková délka vodičů na linii nesmí překročit tisíc metrů. Pro plné využití KNX je nezbytné jednotlivé linie a oblasti propojit liniovými/oblastními spojkami pro správnou adresaci zařízení.

V penzionu je využito pouze jedné oblasti, která pro potřeby řízení obsahuje čtyři linie. Linie č. 1 bude obsahovat regulátory technologických celků (řízení zdroje tepla, chladu a VZT systému). Ostatní linie jsou vyhrazeny pro prvky umístěné v jednotlivých bytech a místnostech. Jedna bytová jednotka bude zahrnovat 5 prvků KNX. Budou to pokojový termostat Siemens QAW740, spínací akční členy hlavice radiátorů, podlahového vytápění a ventilátorů fan-coil jednotek a binární vstupů pro detektory pohybu, magnetických kontaktů oken, kouřových hlásičů a snímač tříštění skla. Vzhledem k počtu bytů (30) bylo nutné využít 3 linií pro možnost adresace jednotlivých prvků.

Celou oblast centrálně řídí nadřazený regulátor RMZ 792. Ukončení topologie KNX je provedeno přes webový server OZW772, který je dále napojen na router připojený do Internetu případně místní sítě LAN.



Obrázek č. 64: Topologie sběrnice KNX v objektu

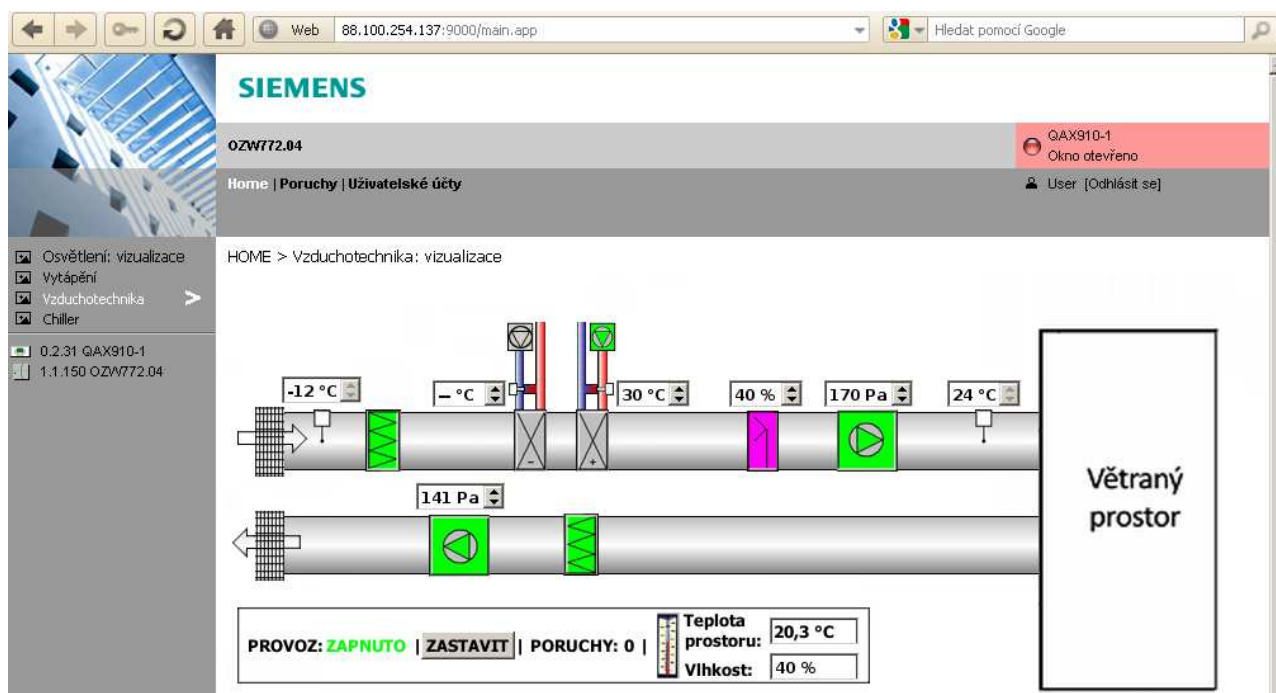
13.6 Návrh systému SCADA

SCADA je zkratkou pro "Supervisory control and data acquisition", tedy nadřazené ovládání a sběr dat. Jedná se o systém umožňující z centralizovaného pracoviště monitorovat a řídit veškeré integrované systémy v daném prostředí.

V objektu penzionu bylo navrženo centrální řízení a sběr dat z recepcce v 1.np. Pracovníkovi bude umožněno zobrazování daných veličin a případných poruch. Pro navržení řídicí systém byl vytvořen grafický návrh systému SCADA v programu **ACS715** pomocí vlastních technologických schémat. ACS715 je obslužný software firmy Siemens pro dálkovou obsluhu, kontrolu a sběr dat.

Pracovníkovi bude umožněno řídit teploty v jednotlivých bytech. Grafické schémata budou dodávat informace o přítomnosti osob a s tím spojenou indikaci osvětlení, otevřenost oken a řízení vytápění a chlazení. Pro bezpečnost uživatelů systém bude vyhodnocovat i mimořádné stavy, tj. požár (kouřová čidla), narušení pláště budovy (čidla tříštění skel, otevření vstupních dveří a čidla pohybu) a nouzové hlásiče obyvatel.

Pro názornou představu byly vytvořeny dvě ilustrační schémata představující řízení osvětlení v 1.n.p. a řízení vzduchotechnické jednotky, viz Obrázky č. 65 a 66.



Obrázek č. 65: Vizualizace vzduchotechnické jednotky



Obrázek č. 66: Vizualizace osvětlení v 1.n.p.

14 TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU

Tato část se zabývá ekonomickým zhodnocením navržených technologií v objektu penzionu a srovnáním s jinými typy zařízení. Hodnocení se provádí proto, aby investor měl co nejlepší informace o tom, zda-li se vyplatí hodnocený systém nasadit. Výsledky ekonomického hodnocení musí být známy i těm institucím, které na projekt poskytují část potřebných prostředků formou půjček nebo určité finanční podpory, dotace.

Pokud má být systém použit, musí být zaručeno, že součet provozních a pořizovacích nákladů bude nižší než přínos získaný v průběhu životnosti daného systému. Moderní systémy vytápění využívající obnovitelné zdroje a jejich integrace sběrníkovým systémem KNX představují vysoké počáteční náklady. Jejich použitím se však výrazně šetří na provozních nákladech.

14.1 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody

Celkové náklady na vytápění zahrnují i ohřev teplé vody. Právě ohřev TV v objektu typu penzionu pro seniory převyšuje náklady na vytápění, viz výpočty níže a Obrázek č. 67. Výpočet byl proveden online kalkulátorem na stránkách portálu tzb-info.cz [43] s následujícími zjištěními:

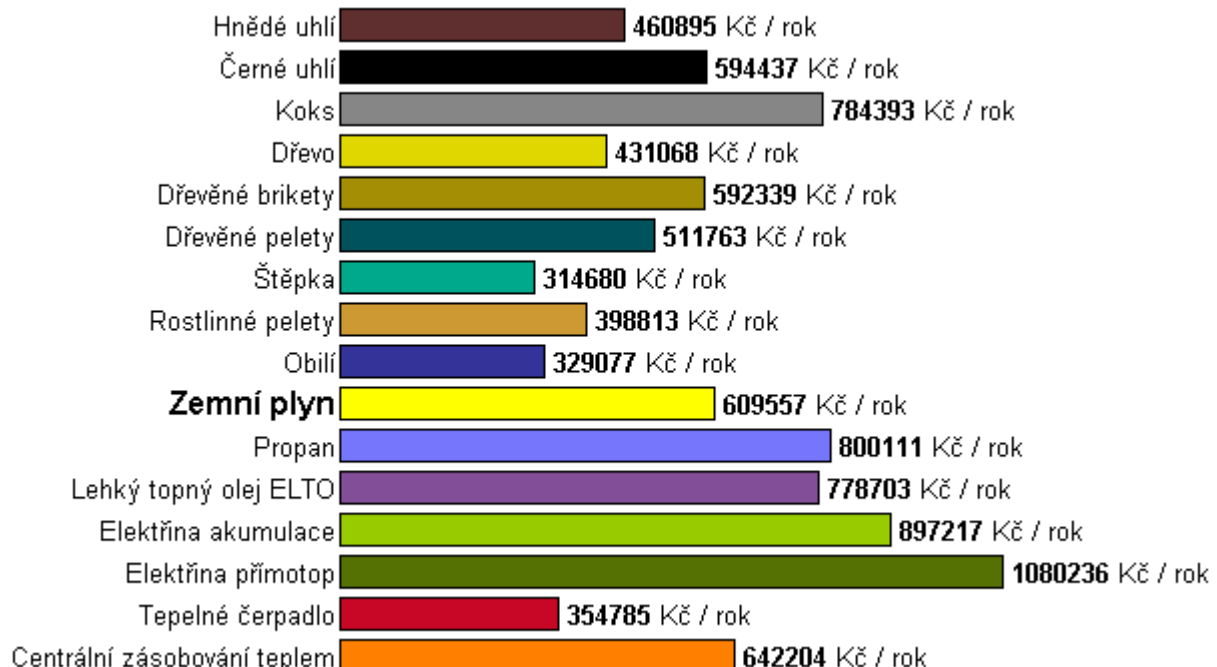
- potřeba tepla na ohřev TV $Q_{TV} = 233,5$ MWh/rok (tj. 840,5 GJ/rok)
- potřeba tepla na vytápění činí $Q_{VYT} = 203,5$ MWh/rok (tj. 732,7 GJ/rok)
- celková potřeba tepla $Q_r = 437$ MWh/rok (tj. 1573,2 GJ/rok)

Jelikož byla navržena kotelna s kotli na zemní plyn, pak pro pokrytí potřeby tepla Q_r je nutná spotřeba zemního plynu $V_p = 48\,641$ m³/rok (při účinnosti kotelny $\varphi = 95$ % a výhřevnosti paliva $H = 37,82$ MJ/m³). Cena spotřeby plynu za rok činí 609 557 Kč, při ceně 12,46 Kč/m³.

Výstupem online kalkulátoru je rovněž grafické porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva a zdroje vytápění. Z Obrázku č. 68 lze vyčíst, že náklady na vytápění plynem, zvýrazněný v obrázku tučně, jsou podobné z centrálním zásobováním teplem. Nejmenší náklady na vytápění představují kotle spalující štěpku a obilí s téměř polovičními náklady (tj. 314 680 Kč, respektive 329 077 Kč).

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$???
Město: <input type="text" value="Olomouc"/>	Délka topného období: $d =$ <input type="text" value="231"/> [dny]	
Venkovní výpočtová teplota $t_e =$ <input type="text" value="-15"/> $^{\circ}\text{C}$	Prům. teplota během otopného období $t_{es} =$ <input type="text" value="3.8"/> $^{\circ}\text{C}$	
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody
Tepelná ztráta objektu $Q_c =$ <input type="text" value="93.57"/> kW	$t_1 =$ <input type="text" value="10"/> $^{\circ}\text{C}$???	$\rho =$ <input type="text" value="1000"/> kg/m^3 ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ <input type="text" value="20"/> $^{\circ}\text{C}$???	$t_2 =$ <input type="text" value="60"/> $^{\circ}\text{C}$???	$c =$ <input type="text" value="4186"/> J/kgK ???
Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3742$ K.dny	$V_{2p} =$ <input type="text" value="8.4"/> m^3/den ???	Koeficient energetických ztrát systému $z =$ <input type="text" value="0.5"/> ???
Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i =$ <input type="text" value="0.85"/> ??? $\eta_o =$ <input type="text" value="0.95"/> ??? $e_t =$ <input type="text" value="0.90"/> ??? $\eta_r =$ <input type="text" value="0.95"/> ??? $e_d =$ <input type="text" value="1.00"/> ???	Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 732.6$ kWh	
Opravný součinitel ϵ ??? <input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$	Teplota studené vody v létě $t_{svl} =$ <input type="text" value="15"/> $^{\circ}\text{C}$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3.6 \cdot 10^{-3}$	Teplota studené vody v zimě $t_{svz} =$ <input type="text" value="5"/> $^{\circ}\text{C}$	
$Q_{VYT,r} =$ <input type="text" value="203.5"/> MWh/rok	Počet pracovních dní soustavy v roce $N =$ <input type="text" value="365"/> [dny]	
$Q_{VYT,r} =$ <input type="text" value="203.5"/> MWh/rok	$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
$Q_{VYT,r} =$ <input type="text" value="203.5"/> MWh/rok	$Q_{TUV,r} =$ <input type="text" value="233.5"/> MWh/rok	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody		
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} =$ <input type="text" value="1573.2"/> GJ/rok		

Obrázek č. 67: Potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody



Obrázek č. 68: Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva

14.2 Pořizovací náklady

Pořizovací náklady představují jednorázové investiční náklady, které jsou potřebné na vybudování celého systému. Uvádí je Tabulka č.26.

Tabulka č. 26: Pořizovací náklady systémů penzionu

Systém	Cena v Kč
Kotle Vaillant (VK 654/9, VKK 806/3)	226 000
Podlahové vytápění Gabotherm	200 000
Radiátory Radik	515 000
Jednotky fan-coil Acson ACW 200H	232 000
Chiller Acson A4AC 120 CR	310 000
VZT jednotka Remak Aeromaster FP 458	250 000
TUV + solární systém	1 043 000
Pojistné prvky	40 000
Řídicí prvky + inteligentní elektroinstalace	1 620 000
Instalační materiál	81 000
	$\Sigma = 4\,517\,000$

Jedná se o konečné pořizovací náklady, které zahrnují všechny prvky systému – tj. potrubí, čerpadel, zabezpečovacích a pojistných zařízení, technologických celků, řízení a regulace. Ceny jsou finální tak, jak je uvádí daný výrobce či prodejce v ceníku.

14.3 Ekonomické hodnocení

Celkové ekonomicko-technické hodnocení nebylo provedeno, neboť autor nezná veškeré podmínky a nedisponuje všemi podklady (výdaje na přípravu stavby, projekt, montáž technologického zařízení, stavební úpravy, elektrickou přípojku,...).

Hodnotila se pouze částí projektu – obnovitelné zdroje (solární kolektory) a využití zdrojů neobnovitelných (plynového kondenzačního kotle). Ekonomická efektivnost se měří penězi, proto

její výpočet nemůže obsahovat penězi neměřitelné veličiny, jako například přínos pro životní prostředí apod. Efektivnost pouze určuje, kolik daný systém stojí a jaký je ekonomický efekt.

Ekonomické hodnocení inteligentní elektroinstalace a centrálního řízení zdrojů vytápění a chlazení nebylo provedeno. To z toho důvodu, že nejsou k dispozici žádné reálné údaje o spotřebě energií. Výrobci však uvádějí, že centrální regulací je možné ušetřit 20 až 30 % nákladů na vytápění.

Inteligentní elektroinstalace přináší obyvatelům komfort bydlení, správci budovy pak možnost centrálního ovládání jak z budovy tak i dálkově. Všechny tyto přínosy jsou však ekonomicky neměřitelné.

14.3.1 Kondenzační kotel

V rámci ekonomického hodnocení byl porovnáván navržený kondenzační kotel Vaillant VKK 806/3 s jiným zdrojem vytápění. Tímto zdrojem byl klasický plynový kotel Vaillant VK 854/9 se stejným výkonem.

Pořizovací investice kondenzačního kotle (výrobce udává účinnost $\varphi = 97\%$) činí 140 000 Kč. Náklady na roční provoz (náklady na palivo resp. nákup energie) zařízení jsou 597 062 Kč.

Pořizovací investice klasického kotle (kde výrobce udává účinnost $\varphi = 93\%$) činí 89 000 Kč. Náklady na roční provoz pak 622 590 Kč.

Růst cen za energie není uvažován, jelikož oba zdroje využívají stejné palivo – zemní plyn.

Rozdíl pořizovacích investic činí 51 000 Kč, rozdíl nákladů na roční provoz 25 528 Kč. Doba návratnosti byla určena výpočtovou pomůckou „Ekonomické hodnocení“ v programu Excel.

Výsledek shrnuje Obrázek č. 69. Z něj vyplývá, že doba návratnosti činí $T_s = 2,28$ let, což se jeví jako výhodná investice.

Opatření/Varianta			1
Investiční náklady projektu	(Kč)		51000
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	(Kč)		51000
Změna nákladů na energii	(Kč/rok)		25528
Změna ostatních provozních nákladů			
změna osobních nákladů	(Kč/rok)		0
změna ostatních provozních nákladů	(Kč/rok)		0
Změna tržeb	(Kč/rok)		0
Přínosy projektu celkem	(Kč/rok)		25528
Ekonomické hodnocení			
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	N1	(Kč)	51000
Přínosy projektu celkem	P	(Kč/rok)	25528
Doba hodnocení	ž	(rok)	15
Diskont	r	(-)	0,10
Inflace	p	(-)	0,04
Prostá doba návratnosti	T_s	(rok)	2,00
Disk. doba návratnosti	T_{sd}	(rok)	2,28
NPV		(Kč)	196934
NPV (0)		(Kč)	0,00
IRR		(-)	0,539
Daň z příjmů		(Kč/rok)	

Obrázek č. 69: Ekonomické zhodnocení kondenzačního kotle

14.3.2 Solární kolektory

Druhým porovnávaným zařízením byl systém solárních kolektorů firmy AMK-Solac system typ OPC 15, který se řadí mezi tzv. obnovitelné zdroje. Veškerá energie, kterou tento systém absorbuje ze slunečního záření je energie ušetřená.

Pořizovací investice solárního systému činí 975 000 Kč. Mezi náklady na roční provoz lze uvažovat chod čerpadel. Při ceně 1 kWh elektřiny 4,5 Kč, doby běhu za rok $\tau = 1\,800$ h a příkonu čerpadla $P_0 = 60$ W činí tyto náklady 356 Kč, což je vzhledem k pořizovací investici zanedbatelná částka.

Přínosem kolektorů je energie, která byla ušetřena na ohřev TV, tj. veškerá energie přijatá kolektory. Pro kolektorové pole $A = 51,1$ m², při zeměpisné poloze na 50° severní šířky (konkrétně pro lokalitu Olomouc), součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$, průměrnou dobu slunečního svitu $\tau = 1750$ h/rok, sklon kolektoru k vodorovné rovině 30° a jeho orientaci k jihu, vychází množství energie zachycené 1 m² kolektoru na hodnotu $E = 362,5$ W/m² [44].

Celkové množství ušetřené energie činí 33 343 kWh/rok, tj. 39 542 Kč při ceně 1,186 Kč/1kWh zemního plynu.

Výsledek shrnuje Obrázek č. 70. Z něj vyplývá, že *doba návratnosti převyšuje dobu hodnocení*. Pokud by nebyla naprojekt poskytnuta dotace, solární systém se jeví jako mimořádně nevýhodný, kde není zaručeno splacení investice po dobu životnosti.

Pokud by investorovi byla schválená dotace z operačního programu „Zelená úsporám“, pak podle dotační online kalkulačky [45] by bylo možné získat pro bytový dům o 30 bytových jednotkách 765 000 Kč. V takovém případě by doba návratnosti činila 5,77 let a jednalo by se o výhodnou investici.

Opatření/Varianta		1
Investiční náklady projektu	(Kč)	975000
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	(Kč)	975000
Změna nákladů na energii	(Kč/rok)	39542
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů	(Kč/rok)	0
změna ostatních provozních nákladů	(Kč/rok)	0
Změna tržeb	(Kč/rok)	0
Přínosy projektu celkem	(Kč/rok)	39542
Ekonomické hodnocení		
Investiční náklady projektu po dobu životnosti	N_I (Kč)	975000
Přínosy projektu celkem	P (Kč/rok)	39542
Doba hodnocení	ž (rok)	20
Diskont	r (-)	0,05
Inflace	p (-)	0,04
Prostá doba návratnosti	T_c (rok)	24,66
Disk. doba návratnosti	T_d (rok)	32,10
NPV	(Kč)	-296118
NPV (0)	(Kč)	0,00
IRR	(-)	0,016
Daň z příjmů	(Kč/rok)	

Obrázek č. 70: Ekonomické zhodnocení solárního systému

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh systémů pro účely inteligentního penzionu pro seniory. Tyto navržené systémy byly integrovány sběrnicevým systémem KNX, čímž bylo umožněno centrální řízení, monitorování a komunikace těchto technologií. Součástí návrhu byly rozvody elektroinstalace, technologická zařízení domu včetně jejich řízení a zabezpečení.

V teoretické části byla řešena studie energeticky úsporných budov zahrnující možné způsoby tvorby mikroklimatu. Následoval přehled typů zdrojů tepla v závislosti na čerpání energií (obnovitelné, neobnovitelné). Dále byly popsány sběrnicevové systémy pro aplikaci v objektech typu penzion s podrobným popisem sběrnice KNX. Teoretickou část diplomové práce uzavírá ekonomické hodnocení systémů, kde je vysvětlena potřeba této studie a parametry nutné pro její provedení

Praktická část je uvedena popisem a charakteristikou stavby penzionu. Je zde zmíněno, že objekt po stavební stránce již existuje, avšak nesplňuje požadavky na tvorbu vnitřního klimatu.

V druhé části jsou navrhovány systémy tepelného prostředí. Byl proveden výpočet tepelných ztrát s výsledkem $\Phi_{HL,i} = 93 \text{ kW}$ a tepelných zisků $Q_z = 30 \text{ kW}$. Ohodnotila se obálka budovy a vytvořil se energetický štítek obálky budovy (s hodnotou určujícího parametru $U_{em} = 0,38$), který řadí budovu do energetické kategorie B – úsporný projekt.

Pro navržené tepelné systémy otopných těles, podlahového vytápění, vzduchotechniky, přípravy teplé vody včetně solárních kolektorů byl zvolen vytápěcí zdroj dvojice kotlů včetně všech zabezpečovacích zařízení soustavy.

V následující sekci byly řešeny rozvody silnoproudu. Byl vypočten celkový soudobý příkon $P_p = 124 \text{ kW}$, výpočtový proud $I_p = 180 \text{ A}$ a dimenzováno hlavní domovní vedení. V rámci elektrorozvodů byly řešeny zásuvkové a světelné obvody z předpokládaného rozmístění elektrických spotřebičů.

Kapitola rozvodů silnoproudu je následována návrhem systémů EZS a EPS. V rámci této problematiky bylo vypracováno požárně bezpečnostní řešení, návrh čidel, komplexních systémů pro přístup do objektu a jednotlivých bytů (kartový přístupový systém), indikace přítomnosti osob a monitorování zdravotního stavu.

Na systémy EZS a EPS navazuje návrh systémů služeb. Výběr služeb a komunikace mezi obyvateli a zprostředkovateli těchto služeb je věnován zvýšený důraz. Jsou zde uvedeny konkrétní typy, které se autorovi práce jevily jako nejvhodnějších pro potřeby obyvatel penzionu s možností dodatečného rozšíření.

Další část práce pojednává o inteligentní elektroinstalaci a její použití v bytech pro zvýšení komfortu. Byly navrženy obvody pro řízení osvětlení, vytápění a chlazení. Je zde diskutována i možnost dálkového vytápění.

Na inteligentní elektroinstalaci přímo navazuje návrh řídicích systémů pro penzion. Dle schémat a tabulek měřících a regulačních okruhů pro zdroje tepla, chladu a vzduchotechniky byly navrženy příslušné regulátory. Řízení bylo koncipováno jako centrální, což dává správci objektu a obsluze na recepci možnost řízení všech systémů z jednoho místa. Pro tyto správce byl navržen systém SCADA s ukázkami vizualizací řízení. Do systému byl implementován webový server, který umožňuje i dálkovou správu přes LAN či Internet.

Diplomovou práci uzavírá technicko-ekonomické hodnocení projektu. Jsou zde vypočítány náklady na vytápění a ohřev TV a uvedeny pořizovací náklady všech navrhovaných technologií. Ekonomickému hodnocení byl podroben kondenzační kotel a solární kolektory.

Kondenzační kotel byl porovnáván vůči klasickému plynovému kotli. Po výpočtech ročních nákladů na vytápění a pořizovacích výdajů bylo zjištěno, že kondenzační kotel se, přes vyšší pořizovací výlohy, investorovi cenově vrátí již za 2,28 let.

Při hodnocení solárních kolektorů bylo vypočteno přibližné množství ušetřené energie za rok na hodnotu 33 343 kWh/rok, tj. 39 542 Kč. Vzhledem k mimořádně vysokým pořizovacím nákladům bylo zjištěno, že tyto kolektory se investorovi v době hodnocení nevrátí – tedy že se jedná o investici nevýhodnou. Bylo zde diskutováno řešení, kdy by bylo možné čerpat dotace z programu Ministerstva životního prostředí ČR Zelená úsporám. Při výši dotace 750 000 Kč by se investice stala výhodnou, neboť doba návratnosti by činila přibližně 6 let.

Přínos diplomové práce autor vidí v tom, že navržené systémy by mohly být realizovány přímo na výchozí objekt, případně na objekty podobného typu. Výsledkem by byla moderní budova využívající nejnovější technologie na trhu k minimalizaci nákladů na svůj provoz, čímž by plnila svůj přídomek inteligentní.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The goal of diploma thesis was to propose systems for purposes of the intelligent boarding house for retired people. Those were integrated by bus system KNX. Central controlling, monitoring and mutual communication between systems was the result of the assembly. Proposal also contains design of electrical wiring and technological equipment of the house including controlling and safety technology systems.

In theoretical part study of energy saving buildings was considered and possible ways how to provide microclimate suggested. Description of heat sources depending on types of energy (renewable / non-renewable) followed. Bus systems for building automatization, especially KNX bus were hitted off. Theory is concluded by cost-benefit analysis and the explanation of its importance. Characterization of cost-benefit analysis key indicators is included as well.

Practical section was introduced by an circumstantial description of structure of the boarding house. It mentions that the building exists in the present time, however it doesn't meet the requirements for indoor environment.

Technologies of indoor environmental comfort were designed next. This design is conditioned, among other things, by calculation of thermal losses $\Phi_{HL,i} = 93$ kW, heat gains $Q_z = 30$ kW and assigning of the building energy quotient. This energy rating evaluates the constructions of the wrapper of a building and classifies it with an letter A to G. Boarding house in this work was classified by (determinating parameter being equal to $U_{em} = 0,38$) letter B – energy saving.

As mentioned in the above paragraph, technologies of indoor environmental comfort were designed. Those HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) technologies consisted of radiators, underfloor heating, air conditioning and water heating including solar collectors. On the basis of those systems, type of heat source (two boilers in a row) was selected with all safety valves and expansion vessels required.

In the next section an entire heavy-current, house electric wiring installation was proposed. Evaluation of electric energy consumption was accomplished (with the result $P_P = 124$ kW) along with evaluation of electric current ($I_P = 180$ A) and transmission lines. All plug sockets were thought out and distributed in the rooms with regards to presumed position of electric appliances.

Fire & safety systems including fire-fighting devices especially electronic fire alarm were elaborated after. Along with that was design of access control system via key card. Safety measures also included detection of presence and health surveillance.

Subsequent chapter is dedicated to services provided to the inhabitants of the boarding house. The importance of selection from variety of services is emphasized. Several suitable services for residents were suggested.

Intelligent electrical wiring throughout the entire building was proposed in the following chapter. Primary intention of this proposal was to ensure a high level of comfort for users. This wiring consisted of lighting circuits, heating and ventilation. Remote controlling of those circuits was discussed as well.

Intelligent electrical wiring is closely followed by proposal of building automation systems. Appropriate controllers were selected on the basis of tables and scheme illustrations of the regulation circuits (heating, cooling and air conditioning systems). The controlling system was conceived as a centralized. Centralized controlling happens from a single computer by building manager or authorised personnel. For the building manager a SCADA system was designed to monitor and control technologies mentioned above. Web server was implemented into control system too. This implementation allowed remote controlling via LAN or Internet.

Finally, the designed heating system was evaluated from an economical point of view. Analysis used costs for heating and purchase prices as parameters. Cost-benefit analysis of condensing boiler and solar collectors was conducted.

Condensing boiler used as a heat source was compared with conventional boiler. Comparison of annual energy consumption and purchase prices resulted on behalf of condensing boiler despite higher purchase price. The evaluated payback period was 2,28 years which had made the investment profitable.

Results of cost-benefit analysis of solar collectors indicated that the payback period of the investment was unreachable. Even though the annual energy savings assumed were 33 343 kWh/a, i.e. 39 542 CZK. Due to extremely high purchase price the investment was found nonprofitable. Other solar collector analysis calculated with subsidies via The green savings programme. With the total amount of subsidy (750 000 CZK) the investment turned out to be profitable and the payback period was reduced to 6 years.

The contribution of diploma thesis is that the proposed system could be implemented on buildings similar to those described in this paper. The final output is a modern building which uses latest technologies known to minimize operating costs. That kind of structure could be than truly labeled as “intelligent”.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AGENDA 21 ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION. CIB Report 237. 1999, Dostupný z WWW: <www.substance.cz/soubory/a21.pdf>
- [2] OECD - Document OECD: Policies for Environmentally Sustainable Buildings. Synthesis Report of the Sustainable Building Project.
- [3] Vyhláška ministerstva průmyslu a obchodu České republiky č. 148/2007 Sb. ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov.
- [4] ČSN EN ISO 13790: Energetická náročnost budov
- [5] ČSN 730540: Tepelná ochrana budov
- [6] CIHLÁŘ, J. Okna a dveře. Brno. Centrum pasivního domu. 2007. Dostupný z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/principy/zakladni-principy.html?chapter=okna-misto-radiatoruwww.pasivnidomy.cz>>
- [7] ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí - Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody
- [8] ČSN ISO 7243 Horká prostředí. Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele WBGT (teploty mokrého a kulového teploměru)
- [9] JANEČKA, Jan. Hodnocení tepelného stavu prostředí. Automa. 2008, č. 11, s. 20-22. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38112>
- [10] FANGER, P.O., Thermal comfort. McGraw-Hill, New York. 1973. 244 s
- [11] ČSN 730580: Denní osvětlení budov
- [12] PŘIBÁŇOVÁ, H. LAJČÍKOVÁ A.: Umělé osvětlení vnitřního prostředí. Časopis Vytápění, větrání, instalace, 4/2002, Praha. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>>
- [13] ČSN 36 0452: Umělé osvětlení obytných budov
- [14] KNX Association [Official website]. FAQ Logical Topology. 2010. Dostupný z WWW: <[http://www.knx.org/fileadmin/downloads/03 - KNX Standard/KNX Standard Public Documents/FAQ Logical Topology.pdf](http://www.knx.org/fileadmin/downloads/03_KNX_Standard/KNX_Standard_Public_Documents/FAQ_Logical_Topology.pdf)>

- [15] KNX Association [Official website]. Communication Media. 2010. Dostupný z WWW: <<http://www.knx.org/knx-standard/communication-media/>>
- [16] ČSN EN 12831: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
- [17] ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov
- [18] ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- [19] BAŠTA, J. Návrh otopných těles a tepelná pohoda. Praha: STP, 2001. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3101-otopne-plochy-iii-navrhovani-otopnych-teles>>
- [20] ČSN 06 1101: Otopná tělesa pro ústřední vytápění
- [21] Centrum energetického poradenství PRE. Větrání / rekuperace. Dostupný z WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/caste-dotazy/vetrani-rekuperace.html>>
- [22] DIN 1946: Wärmetechnisches Verhalten von Bauprodukten und Bauteilen
- [23] ČSN 06 0320: Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody
- [24] LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění (Sešit projektanta č. 9). 1. vyd. Praha: STP, 2001. 208 s
- [25] NĚMEC, S., KALINA, J.: Příklad návrhu solárního systému pro přípravu TV v bytových domech. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/5461-priklad-navrhu-solarniho-systemu-pro-pripravu-tv-v-bytovych-domech>>
- [26] German Solar Energy Society: Planning and Installing Solar Thermal Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers. 2. vyd. London: Earthscan, 2010. 368 s. ISBN 978-1-84407-760-1
- [27] ČSN 03 0310: Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž
- [28] ČSN 07 0703: Kotelny se zařízeními na plynná paliva
- [29] MUŽÍK, V.: Sešit projektanta č. 4 - Zdroje tepla - kotelny. Praha: STP, 1999. 193 s. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/306-termohydraulicky-rozdelovac>>
- [30] TPG 908 02: Větrání prostorů se spotřebiči na plynná paliva s výkonem větším než 100 kW
- [31] ČSN 06 0803: Zabezpečovací zařízení pro ústřední vytápění a ohřívání užitkové vody
- [32] ČSN 33 2130: Elektrotechnické předpisy – vnitřní elektrické rozvody
- [33] ČSN 33 2000: Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení.

- [34] ČSN 73 43 01 Obytné budovy
- [35] ČSN 73 08 02 Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty
- [36] ČSN 73 08 33 Požární bezpečnost staveb. Budovy pro bydlení a ubytování
- [37] ČSN 73 08 73 Požární bezpečnost staveb - Zásobování požární vodou
- [38] Vyhláška ministerstva vnitra České republiky č. 246/2001 Sb. ze dne 29. června 2001 o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru požární prevenci.
- [39] Cleverttech.cz: Seniorinspect. Dostupný z WWW: <<http://www.seniorinspect.cz>>
- [40] Ministerstvo práce a sociálních věcí ČR: Národní program přípravy na stárnutí na období let 2008 až 2012 (Kvalita života ve stáří). Dostupný z WWW: <<http://www.mpsv.cz/cs/5045>>
- [41] Tzb-info.cz: Ceny paliv a energií. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie>>
- [42] TYWONIAK, J. Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>>
- [43] Tzb-info.cz: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Dostupný z WWW: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=1573.4>.
- [44] CIHELKA, J. Sluneční vytápěcí systémy. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 208 s.
- [45] Ministerstvo životního prostředí ČR: Jednoduchá dotační kalkulačka. Dostupný z WWW: <<http://www.zelenausporam.cz/sekce/580/jednoducha-dotacni-kalkulacka>>
- [46] DANIELS, K. Technika budov. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003. 520 s. ISBN 80-88905-63-X.
- [47] SMOLÍK, J. a kol.: Technika prostředí. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1970. 322 s.
- [48] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. 3. vyd. Brno: Bolit B-press, 1993. 560 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [49] VALENTA, V. a kol.: Topenářská příručka 1, 2, 3. 1. vyd. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

- [50] RECKNAGEL – SPRENGER – SCHRAMEK: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. 1. vyd. Munchen: Ouldenbourg Verlag GmbH, 2003. ISBN 3-8356-3104-7.
- [51] JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: Technická zařízení budov. Podklady pro projekty. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. ISBN 80-01-00586-0.
- [52] LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. 1. vyd. Praha: Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-02-01466-9.
- [53] KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. 3. vyd. Praha: Cricetus, 2003. 350 s. ISBN 80-902938-2-4.
- [54] MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. 1.vyd. Praha: Grada, 2007. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [55] CIHELKA, J. a kol.: Vytápění, větrání a klimatizace. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1985.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

1. PP	1. podzemní patro
1. NP	1. nadzemní patro
2. NP	2. nadzemní patro
3. NP	3. nadzemní patro
CF	Cash Flow
CSMA/CA	Carrier sense multiple access with collision avoidance
ČSN	Česká státní norma
EPS	Elektronický požární systém
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
FCU	Fan Coil Unit
GPS	Global System for Mobile Communications
IRR	Internal Rate of Return
NPV	Net Present Value
PCO	Pult centrální ochrany
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage of dissatisfied
THR	Termohydraulický rozdělovač
TV	Teplá voda

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK Č. 1: DOPAD SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA OKNA NA JIŽNÍ A ZÁPADNÍ STRANĚ	15
OBRÁZEK Č. 2: TYPY IZOLAČNÍCH SYSTÉMŮ OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ	16
OBRÁZEK Č. 3: TEST NEPRŮVZDUŠNOSTI DOMU	19
OBRÁZEK Č. 4: PRŮKAZ ENERGET. NÁROČNOSTI A ENERGET. ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY....	21
OBRÁZEK Č. 5: PODÍLY SLOŽEK VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU	22
OBRÁZEK Č. 6: OPTIMÁLNÍ OPERAT. TEPL. JAKO FUNKCE TĚLESNÉ AKTIVITY A ODĚVU	25
OBRÁZEK Č. 7: GRAF PŘEDPOKL. PROC. NESPOKOJENÝCH (PPD) JAKO FUNKCE PMV	28
OBRÁZEK Č. 8: ROČNÍ PRŮMĚRNÝ ÚHRN SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ.....	33
OBRÁZEK Č. 9: JEDNOOKRUHOVÝ SOLÁRNÍ SYSTÉM PRO OHŘEV BAZÉNU	34
OBRÁZEK Č. 10: DVOUOKRUHOVÝ SOLÁRNÍ SYSTÉM PRO VYTÁPĚNÍ.....	35
OBRÁZEK Č. 11: GRAF STRUKTURY PROPOJENÍ VRSTEV STANDARDU KNX.....	37
OBRÁZEK Č. 12: TOPOLOGIE SÍTĚ KNX.....	39
OBRÁZEK Č. 13: OBLAST UŽITÍ SBĚRNICOVÉHO SYSTÉMU EIB/KNX	42
OBRÁZEK Č. 14: POROVNÁNÍ KNX S KLASICKOU ELEKTRICKOU INSTALACÍ.....	42
OBRÁZEK Č. 15: PROFIL OBJEKTU – ZÁPADNÍ POHLED	47
OBRÁZEK Č. 16: PŮDORYS 1. N.P A ORIENTACE OBJEKTU	50
OBRÁZEK Č. 17: POSOUZENÍ OBVODOVÉ STĚNY – PÁSMO KONDENZACE VODNÍCH PAR....	52
OBRÁZEK Č. 18: DATOVÝ VÝSTUP PROGRAMU TEPLA 2009.....	53
OBRÁZEK Č. 19: VÝPOČET ENERGET. ŠTÍTKU OBÁLKY BUDOVY	58
OBRÁZEK Č. 20: HYDRAULICKÉ SCHÉMA VYTÁPĚČÍHO SYSTÉMU.....	60
OBRÁZEK Č. 21: SCHÉMA ZAPOJENÍ VÝCHODNÍ TOPNÉ VĚTVE DLE TICHELMANNA.....	63
OBRÁZEK Č. 22: PRŮŘEZ TŘÍCESTNÝM REGULAČNÍM VENTILEM.....	66
OBRÁZEK Č. 23: CHARAKTERISTIKA ČERPADLA GRUNDFOS ALPHA2 15-60	68
OBRÁZEK Č. 24: SKLADBA VRSTEV PODLAHY SYSTÉMU GABOTHERM.....	69
OBRÁZEK Č. 25: MEZNÍ KŘIVKA 9 K PRO KERAMICKOU PODLAHU ($R_{\Lambda, B} = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$).....	70

OBRÁZEK Č. 26: ODPOROVÁ CHARAKTERISTIKA POTRUBÍ	72
OBRÁZEK Č. 27: ODPOROVÁ CHARAKTERISTIKA ROZDĚLOVAČE	72
OBRÁZEK Č. 28: CHARAKTERISTIKA ČERPADLA GRUNDFOS ALPHA2 25-40	73
OBRÁZEK Č. 29: VÝPOČET CHLADÍCIHO VÝKONU	78
OBRÁZEK Č. 30: VÝPOČET VÝKONU OHŘÍVAČE A ZVLHČOVAČE	81
OBRÁZEK Č. 31: ŘEZ OBJEKTEM S ROZVODY VZDUCHOTECHNIKY	82
OBRÁZEK Č. 32: STANOVENÍ VELIKOSTI STĚNOVÉ VYÚSTKY	85
OBRÁZEK Č. 33: CHARAKTERISTIKY VENTILÁT. ILB/4-250 A REMAK RP 60-30/28-4D Ex	86
OBRÁZEK Č. 34: GRAF ROZDÍLU DODÁVKY A PŘEDPOKLÁDANÉHO ODBĚRU ENERGIE	87
OBRÁZEK Č. 35: CHARAKTERISTIKA ČERPADLA GRUNDFOS UPS 25-25	90
OBRÁZEK Č. 36: HYDRAULICKÉ SCHÉMA SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	92
OBRÁZEK Č. 37: PRŮBĚH TLAKOVÝCH ZTRÁT V SOLÁRNÍM KOLEKTORU OPC15	94
OBRÁZEK Č. 38: CHARAKTERISTIKA ČERPADLA GRUNDFOS UPS 25-50	94
OBRÁZEK Č. 39: CHARAKTERISTIKA ČERPADLA GRUNDFOS MAGNA 25-100	98
OBRÁZEK Č. 40: SCHÉMA THR PŘI NEROVNOVÁZE PRŮTOKŮ	98
OBRÁZEK Č. 41: SCHÉMA ELEKTROINSTALACE OBJEKTU	103
OBRÁZEK Č. 42: OCHRANNÉ ZÓNY V KOUPELNĚ	107
OBRÁZEK Č. 43: ZNÁZORNĚNÍ PROUDOVÉHO JISTIČE	108
OBRÁZEK Č. 44: UKÁZKA SILNOPROUDÝCH ROZVODŮ V BYTU 1 + 0	109
OBRÁZEK Č. 45: DETEKTOR KOUŘE MERTEN ARGUS SMOKE DETECTOR CONNECT	113
OBRÁZEK Č. 46: DVEŘNÍ ČTECÍ JEDNOTKA ONITY HT24	116
OBRÁZEK Č. 47: MOBILNÍ JEDNOTKA PRO MONITORING OSOB FIRMY CLEVERTECH	117
OBRÁZEK Č. 48: PRINCIP FUNGOVÁNÍ MONITOROVÁNÍ ZDRAVÍ OSOB	117
OBRÁZEK Č. 49: TELEFONNÍ ÚSTŘEDNA PANASONIC A TELEFONNÍ PŘÍSTROJ SIEMENS	120
OBRÁZEK Č. 50: SCHÉMA KOMUNIKACE SE SYSTÉMEM SLUŽEB	120
OBRÁZEK Č. 51: KARTOVÝ SPÍNAČ ABB	122

OBRÁZEK Č. 52: SCHÉMA ELEKTROINST. V BYTU, OVLÁDÁNÍ KARTOVÝM SPÍNAČEM.....	122
OBRÁZEK Č. 53: SPÍNACÍ AKČNÍ ČLEN SVĚTEL, TYP SA/S4 10.1	123
OBRÁZEK Č. 54: SYSTÉM ŘÍZENÍ OKENNÍHO VĚTRÁNÍ.....	124
OBRÁZEK Č. 55: SCHÉMA ŘEŠENÍ INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE	125
OBRÁZEK Č. 56: BLOKOVÉ SCHÉMA ŘÍZENÍ.....	126
OBRÁZEK Č. 57: REGULÁTOR VYTÁPĚNÍ RMH760B S ROZŠIŘUJÍCÍMI MODULY RMZ78X....	127
OBRÁZEK Č. 58: SCHÉMA VYTÁPĚČÍHO SYSTÉMU S DATOVÝMI VSTUPY	129
OBRÁZEK Č. 59: REGULÁTOR CHILLERU SIEMENS RMU710-1	130
OBRÁZEK Č. 60: REGULÁTOR VZT JEDNOTKY SIEMENS RMU720B-4.....	131
OBRÁZEK Č. 61: SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉHO SYSTÉMU S DATOVÝMI VSTUPY.....	131
OBRÁZEK Č. 62: CENTRÁLNÍ REGULÁTOR SIEMENS RMZ792	132
OBRÁZEK Č. 63: TERMOSTAT SIEMENS QAW740	133
OBRÁZEK Č. 64: TOPOLOGIE SBĚRNICE KNX V OBJEKTU	135
OBRÁZEK Č. 65: VIZUALIZACE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	136
OBRÁZEK Č. 66: VIZUALIZACE OSVĚTLENÍ V I.N.P.	137
OBRÁZEK Č. 67: POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY.....	139
OBRÁZEK Č. 68: POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ PODLE DRUHU PALIVA	139
OBRÁZEK Č. 69: EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ KONDENZAČNÍHO KOTLE	142
OBRÁZEK Č. 70: EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	143

SEZNAM TABULEK

TABULKA Č. 1: ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ BUDOV PODLE POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	13
TABULKA Č. 2: PŘEHLED PARAMETRŮ A SYSTÉMŮ PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU	22
TABULKA Č. 3: TEPELNÝ ODPOR ČÁSTÍ OBLEČENÍ.....	24
TABULKA Č. 4: HUSTOTA TEPELNÉHO TOKU PRODUKOVANÉHO ČLOVĚKEM.....	24
TABULKA Č. 5: DOPORUČENÉ OPER. TEPLoty PRO 90% SPOKOJENOST LIDÍ V INTERIÉRU .	26
TABULKA Č. 6: ZÁVISLOST KOEFICIENTU A NA RYCHL. PROUDĚNÍ VZDUCHU v_{AI}	27
TABULKA Č. 7: MĚŘENÍ TEPELNÉ POHODY PODLE STUPNICE BEDFORDA A ASHRAE	27
TABULKA Č. 8: POŽADAVKY NA UMĚLÉ OSVĚTLENÍ.....	30
TABULKA Č. 9: PŘEHLED KOMUNIKAČNÍCH MÉDIÍ PRO SBĚRNICOVÝ SYSTÉM KNX.....	41
TABULKA Č. 10: ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU – OKRAJOVÉ PODMÍNKY	48
TABULKA Č. 11: VÝPOČT. VNITŘNÍ TEPL. θ A RELAT. VLHK. VZDUCHU ϕ A MÍSTNOSTÍ.....	49
TABULKA Č. 12: HODNOTY ODPORŮ PŘI PŘESTUPU TEPLA NA VNITŘNÍ STR. KONSTR.	51
TABULKA Č. 13: HODNOTY ODPORŮ PŘI PŘESTUPU TEPLA NA VNĚJŠÍ STR. KONSTR.	51
TABULKA Č. 14: VÝPOČTY HODNOT PRO NÁVRH REGUL. VENTILŮ TOPNÝCH OKRUHŮ	67
TABULKA Č. 15: VYBRANÁ ČERPADLA PRO JEDNOTLIVÉ TOPNÉ OKRUHY.....	67
TABULKA Č. 16: NÁVRHOVÉ PARAMETRY VZT JEDNOTKY	75
TABULKA Č. 17: DIMENZOVÁNÍ MNOŽSTVÍ ODSÁVANÉHO VZDUCHU V DLE DIN 1946	83
TABULKA Č. 18: NAVRŽENÉ VENTILÁTORY VZT SYSTÉMU.....	85
TABULKA Č. 19: PŘEDPOKLÁDANÝ ODBĚR TV V JEDNOTLIVÝCH INTERVALECH	87
TABULKA Č. 20: NÁVRHOVÉ PARAMETRY VÝMĚNÍKU TUV.....	89
TABULKA Č. 21: NÁVRHOVÉ PARAMETRY VÝMĚNÍKU SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	93
TABULKA Č. 22: DIMENZOVÁNÍ VYROVNÁVACÍ NÁDRŽE	95
TABULKA Č. 23: VYPOČTENÉ PARAMETRY PRO VĚTRÁNÍ KOTELNY	99
TABULKA Č. 24: NÁVRH EXPANZNÍCH NÁDOB JEDNOTLIVÝCH OKRUHŮ.....	101
TABULKA Č. 25: NÁVRH POJISTNÝCH VENTILŮ PRO JEDNOTLIVÁ ZAŘÍZENÍ	102

TABULKA Č. 26: POŘIZOVACÍ NÁKLADY SYSTÉMŮ PENZIONU..... 140

SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA I: Hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí a prvků
- PŘÍLOHA II: Normové hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ jednotlivých stavebních konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2007
- PŘÍLOHA III: Výpis místností objektu penzionu
- PŘÍLOHA IV: Výpočet tepelných ztrát a celkového návrhového tepelného výkonu
- PŘÍLOHA V: Výpočet tepelných zisků
- PŘÍLOHA VI: Navrhované výkony otopných těles
- PŘÍLOHA VII: Navrhované výkony podlahového vytápění
- PŘÍLOHA VIII: Výpočet větrání kotelny
- PŘÍLOHA IX: Návrh zásuvkových obvodů
- PŘÍLOHA X: Návrh světelných obvodů
- PŘÍLOHA XI: Seznam datových vstupů a výstupů vytápěcího systému
- Příloha XII: Seznam datových vstupů a výstupů vzduchotechnického systému