

Komplexní řešení integrovaného systému v rodinném domě

Ruth Jánská

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Ruth Jánská
Osobní číslo: A14771
Studijní program: N3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: Integrované systémy v budovách
Forma studia: prezenční

Téma práce: Komplexní řešení integrovaného systému v rodinném domě
Téma anglicky: A Complex Resolution of an Integrated System in a Domestic House

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. DANIELS, K.: **TECHNIKA BUDOV**. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X
2. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
3. RECKNAGEL SPRENGER SCHRAMEK Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Ouldenbourg Verlag GmbH, München, 2003. ISBN 3-83563104-7
4. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9 Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
5. MERZ, H., HANSEMAN, T., HUBNER, C.: **Automatizované systémy budov**. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

25. května 2016

Ve Zlíně dne 19. února 2016



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Jméno, příjmení: Ruth Jánská

Název diplomové práce: Komplexní řešení integrovaného systému v rodinném domě

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 připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/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, považuji 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/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 20.5.2016


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce řeší problematiku integrovaných systémů v budovách. Na konkrétním projektu jsou zhodnoceny důležité parametry a navrženy změny v souladu s ekonomickým a ekologickým provozem budovy. Je vypracován návrh tepelné soustavy, návrh přípravy teplé vody solární soustavou a je integrován sběrníkový systém elektroinstalace. V dalších kapitolách je navržen systém pro hospodaření s dešťovou vodou a nastíněna implementace zabezpečovacího systému. Závěrem jsou navržené změny ekonomicky zhodnoceny.

Klíčová slova: solární systém, biomasa, KNX, tepelná soustava, elektroinstalace

ABSTRACT

This diploma thesis deals with an issue of integrated systems in buildings. On a particular project of a family house are evaluated important parameters proposed to the economical and ecological building operation. There is a project of heating system, solar hot water heating system and there is BUS control system integrated. In other chapters, system for rainwater management and security system are planned. All proposed changes are economically evaluated.

Keywords: solar system, biomass, KNX, heating system, electrical installation

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY.....	12
1.1 ČLENĚNÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV	12
1.1.1 Nízkoenergetický dům	12
1.1.2 Pasivní dům.....	13
1.1.3 Nulový dům.....	13
1.2 ZDROJE ENERGIE	13
1.2.1 Neobnovitelné zdroje energie	13
1.2.2 Obnovitelné zdroje energie	13
1.3 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	14
1.3.1 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB).....	14
1.3.2 Energetický štítek obálky budovy	14
2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	16
2.1 MIKROKLIMA	16
2.1.1 Tepelná pohoda	16
2.1.2 Teplota.....	17
2.1.3 Vlhkost vzduchu.....	18
2.1.4 Rychlost proudění vzduchu.....	19
2.1.5 Index PMV a PPD.....	19
3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	21
4 STAVEBNÍ FYZIKA	24
4.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	24
4.2 VLHKOST V KONSTRUKCI	27
4.3 TEPELNÁ STABILITA V PŘECHODNÉM ROČNÍM OBDOBÍ.....	28
4.4 AKUSTIKA	29
4.5 OSVĚTLENÍ.....	32
4.6 VÝMĚNA VZDUCHU	33
5 TEPELNÉ ZTRÁTY A TEPELNÉ ZISKY.....	35
5.1 TEPELNÉ ZTRÁTY	35
5.1.1 Potřebné údaje pro výpočet:	35
5.2 TEPELNÉ ZISKY.....	37
5.2.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů.....	37
5.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí	39
5.3 ZATEPLENÍ ZDIVA.....	40
6 ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE	43
6.1 SOLÁRNÍ ENERGIE	43
6.2 BIOMASA.....	44
7 SYSTÉM PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU.....	46
8 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ.....	49

8.1	VYTÁPĚNÍ	49
8.1.1	Zabezpečovací zařízení teplovodních otopných soustav	50
8.1.2	Zdroje energie na vytápění	52
8.2	TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ KRBOVOU VLOŽKOU	54
8.3	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	56
8.4	SOLÁRNÍ SOUSTAVA	58
8.5	VĚTRÁNÍ	60
9	ELEKTROINSTALACE	61
9.1	KLASICKÁ SILNOPROUDÁ ELEKTROINSTALACE	61
9.2	INTELIGENTNÍ SBĚRNICOVÁ ELEKTROINSTALACE	61
9.2.1	KNX/EIB	62
9.2.2	iNels	63
9.2.3	LonWorks	64
9.3	PRINCIP	65
II	PRAKTICKÁ ČÁST	66
10	POPIS A PARAMETRY OBJEKTU	67
10.1	DÍLČÍ KONSTRUKCE	71
11	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ	73
11.1	STÁVAJÍCÍ STAV	73
11.1.1	Součinitelé prostupu tepla v konstrukci – stávající stav	75
11.1.2	Tepelná stabilita	78
11.1.3	Navrhované úpravy	79
11.2	PO REKONSTRUKCI	79
11.2.1	Zateplení obvodových zdí	79
11.2.2	Součinitelé prostupu tepla v konstrukci – po rekonstrukci	81
11.2.3	Tepelné ztráty a tepelný výkon	83
12	VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY	85
13	TEPELNÁ SOUSTAVA	87
13.1	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY	87
13.2	OTOPNÁ SOUSTAVA	88
13.2.1	Parametry otopné soustavy	89
13.3	SOLÁRNÍ SYSTÉM	94
13.4	ZDROJE TEPLA	97
13.5	ŘÍDICÍ SYSTÉM VYTÁPĚNÍ	102
14	ELEKTROINSTALACE	106
14.1	SVĚTELNÉ OKRUHY	106
14.2	ZÁSUVKOVÉ OKRUHY	108
14.3	INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE KNX	111
14.4	SYSTÉM EPS A PZTS	118
15	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	121
15.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY	121
15.2	NÁKLADY NA POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ	122
	ZÁVĚR	124

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	126
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	130
SEZNAM OBRÁZKŮ	132
SEZNAM TABULEK.....	134
SEZNAM PŘÍLOH.....	136

ÚVOD

V současné době se rozmáhá trend takzvaných inteligentních domů. Jedná se o realizace, které umožňují uživateli ekonomicky a efektivně využívat jeho dům. Velké snahy se také projevují v oblasti ekologických domů a vysoké požadavky jsou na nižší spotřebu energie a na využívání alternativních zdrojů energie.

Součástí inteligentního rodinného domu je sběrníková elektroinstalace a automatické řízení procesů v domě (vytápění, větrání, zastínění žaluziemi). Volitelnou možností je měření a následné vyhodnocení spotřeby a hospodaření s energiemi. Častým požadavkem majitelů je také možnost centrálního či dálkového ovládání. Velmi oblíbená je možnost sledování objektu. Majitel může mít přehled nad svým domem i v době nepřítomnosti. Díky elektronickým zabezpečovacím systémům výrazně vzrůstá bezpečnost. Výrazným prvkem jsou i elektronicky řízené procesy „simulované přítomnosti“, které navozují dojem obydleného domu a výrazně přispívají k celkové objektové bezpečnosti. Velmi podstatná je součinnost všech podružných systémů v domě. Proto se stále častěji integrují inteligentní řídicí systémy.

Účelem méj diplomové práce byla aplikace různých řešení na projektu konkrétního rodinného domu. Navržené změny by měly přispět k většímu komfortu bydlení. Při zpracovávání dílčích návrhů a změn byla situace vždy prodiskutována s investorem, a jeho požadavky velkou vahou přispívaly k finálním rozhodnutím. Snažila jsem se o vytvoření projektu, který ponese značné prvky automatizovaného a inteligentního bydlení, ale zároveň nezpůsobí násilné změny v užívání stavby a nebude v rozporu s požadavky investora.

V posuzovaném objektu bude právě na přání majitele zvolena kombinace vytápěcích zdrojů kotel na zemní plyn a krbová vložka s teplovodním výměníkem doplněnou o elektronickou regulaci hoření. Tento systém bude ještě doplněn solární soustavou. Celá otopná soustava bude řízena programovatelným automatem. Takový systém se již v praxi na rodinných domech osvědčil. Do domu bude integrován decentralizovaný řídicí systém KNX, který bude ovládat osvětlení. Bude proveden návrh vizualizace pro domovní ovládací panel či internetové rozhraní. Tato vizualizace umožní ovládání a monitorování světelných funkcí v domě. Závěrem práce bude nastíněno ekonomické zhodnocení navrhovaných změn.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

V dnešní době je při stavbě nových budov i při rekonstrukcích budov stávajících kladen velký důraz na jejich energetickou náročnost. Jedná se především o vliv budovy na životní prostředí a na spotřebu energií. Negativní vliv na životní prostředí může mít například nepřiměřená produkce CO₂ či jiných nebezpečných látek. Provoz budov a technické provedení stavby má zase velký vliv na spotřebu energie a celkovou náročnost provozu stavby. V dnešní době také volba velmi často padá na systémy, které využívají obnovitelné zdroje energie (vítr, sluneční záření, geotermální energie).

1.1 Členění energeticky úsporných budov

Tab. 1: Základní členění budov dle požadavků na vytápění

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

Za nízkoenergetické stavby považujeme ale pouze ty, které spadají do tří kategorií uvedených v tabulce. Jedná se o:

- nízkoenergetické,
- pasivní,
- nulové.

Ostatní kategorie nejsou energeticky úsporné.

1.1.1 Nízkoenergetický dům

Jedná se o stavby, které mají roční spotřebu energie na vytápění od 15 kWh/m² do maximálně 50 kWh/m². Důležitý je kvalitní návrh a přesné dodržení technologických postupů při stavbě – nutná je například absence tepelných mostů. Izolační schopnosti těchto staveb jsou koncipovány podle aktuální platné normy ČSN 73 0540 „Tepelná ochrana budov“. Větrání v tomto typu budov může být řízené a může být také využita rekuperace tepla.

1.1.2 Pasivní dům

Tyto stavby musí splňovat všechny požadavky, které byly uvedeny pro nízkoenergetické stavby. Navíc musejí mít roční spotřebu tepla na vytápění do 15 kWh/m². Velmi často je využíván systém nuceného větrání s rekuperací tepla. Tepelné ztráty takového domu lze většinou pokrýt tepelnými zisky ze slunečního záření a z vnitřních tepelných zisků. Pasivní domy se vyznačují masivní vrstvou izolačních materiálů na obálce. Velmi důležité je i využití speciálních oken s velmi dobrými tepelně izolačními vlastnostmi. Celková realizace pasivního domu bývá finančně přibližně o 20% nákladnější než stavba běžného domu. Tyto investice ale bývají rychle kompenzovány úsporami energií na provoz.

1.1.3 Nulový dům

Jedná se o stavby, jejichž roční spotřeba pro vytápění se blíží nule, přesněji řečeno roční energetická bilance je téměř vyrovnaná. Obecně může být za nulový dům považovaný ten, který má roční spotřebu tepla na vytápění do 5 kWh/m².

Technická řešení pro stavbu nulového domu nejsou ještě na takové úrovni, aby bylo možné stavět takové domy běžně. Nulové spotřeby energie je dosahováno maximálním využitím dostupných klimatických podmínek, přizpůsobení tvaru domu a zařazením systémů využívajících obnovitelné zdroje energie. [1]

1.2 Zdroje energie

Hlavní rozdělení dostupných a využívaných zdrojů energie je na dvě skupiny – obnovitelné zdroje a neobnovitelné zdroje. Nízkoenergetické budovy se snaží především o využívání obnovitelných, ekologických a přírodních zdrojů energie.

1.2.1 Neobnovitelné zdroje energie

Jedná se o zdroje energie, které se rychleji spotřebovávají, než obnovují, případně je nelze obnovit vůbec. Hrozí jejich nedostatek nebo úplné vyčerpání. Můžeme se také setkat s označením „klasické zdroje energie“. Mezi neobnovitelné zdroje energie patří fosilní paliva - uhlí, ropa, zemní plyn; rašelina nebo jaderná energie. [2]

1.2.2 Obnovitelné zdroje energie

Jedná se o dostupné zdroje, které mají během spotřeby možnost se částečně nebo zcela obnovovat. Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie definuje

obnovitelné zdroje takto: „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.“ [3]

1.3 Hodnocení energetické náročnosti budovy

Hodnocení energetické náročnosti budov upravuje zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií a vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

1.3.1 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Tento průkaz slouží k vyhodnocení energetické náročnosti budovy – hodnotí všechny energie spotřebované při standardizovaném provozu dané budovy. Hodnocenou budovu dále zařazuje do příslušné třídy v rozsahu A – G. Průkaz zohledňuje všechny typy energie potřebné pro provoz budovy. Jedná se o energii na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravy vzduchu větráním a energii na osvětlení. Průkaz je možné zpracovat pro jakoukoliv budovu nebo také pro ucelenou část budovy.

Od 1. 1. 2013 je stavebník nebo vlastník budovy povinen zajistit zpracování průkazu při výstavbě nové budovy nebo při větší změně stávající budovy; v případě že je budova užívána orgánem veřejné moci nebo se jedná o bytové domy nebo administrativní budovy. Dále je dána povinnost vypracovat průkaz v případě prodeje budovy nebo ucelené části budovy a při pronájmu nemovitostí. Od 1. 1. 2016 je povinnost vypracovat PENB i v případě pronájmu ucelené části budovy. [8]

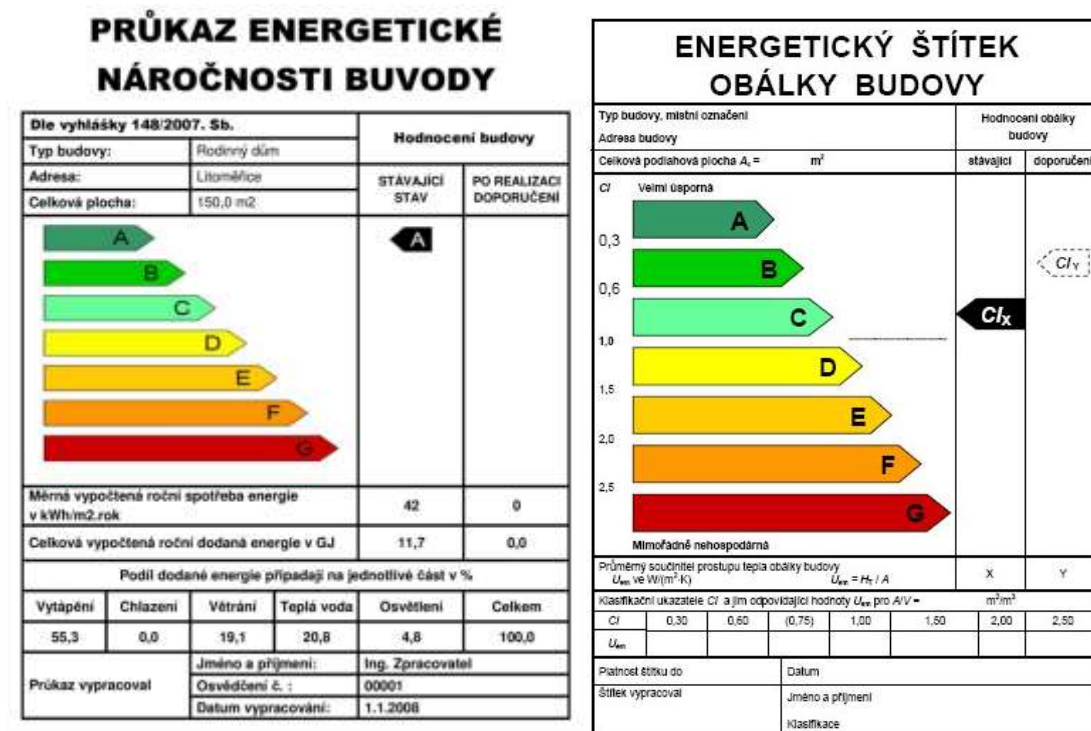
1.3.2 Energetický štítek obálky budovy

Jedná se o dokument, který podává informaci o splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy. Je vytvořen na základě normy ČSN 73 0540-2. Součástí štítku je i Protokol k energetickému štítku obálky budovy. Jeho obsah je základní souhrn údajů, které popisují tepelné chování budovy. Oproti tomu energetický štítek obsahuje klasifikaci prostupu tepla a její grafické vyjádření.

Energetický štítek obálky budovy má obdobné rozdělení jako PENB. Rovněž se jedná o kategorie A až G, z nichž vyhovující jsou kategorie A až C. Do kategorie A zařazujeme pasivní budovy, do kategorie B nízkoenergetické domy. Kategorii C lze dále rozdělit na C1 a C2. Do kategorie C1 spadají budovy, které splňují doporučené hodnoty a do kategorie C2

budovy, které splňují pouze požadované hodnoty. Požadované hodnoty jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540.

Hodnocení energetického štítku obálky budovy jsou také obsažena v průkazu energetické náročnosti budovy (PENB). [9]



Obr. 1: Energetický štítek obálky budovy a PENB

2 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Člověk tráví v interiérech budov podstatnou část svého života. Proto je důležité udržovat správné podmínky. Nevhodné vnitřní prostředí může způsobit různá onemocnění uživatelů objektu. Parametry vnitřního prostředí a jejich návrh upravuje norma ČSN EN 15251 a další předpisy.

2.1 Mikroklima

Mikroklima je vnitřní prostředí budov. Toto prostředí musí být pro člověka vhodné a zdravotně nezávadné. Hlavními sledovanými parametry jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a další.

2.1.1 Tepelná pohoda

Člověk neustále produkuje teplo, které odevzdává do okolí. K tepelné rovnováze dochází tehdy, když prostředí odebírá člověku tolik tepla, kolik vyprodukuje. V případě, že je v okolním prostředí zima, je odebíráno více tepla, než člověk produkuje a dochází k podchlazení. V opačném případě nedochází k odebírání tepla a dostavuje se pocit přehřátí. V klidovém stavu je tepelná produkce člověka $q_m = 40 \text{ W/m}^2$.

Rovnice tepelné pohody má tvar:

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

kde M je energetický výdej, ve W;

W mechanická práce, ve W;

C tepelný tok prouděním, ve W;

R výdej tepla sáláním, ve W;

E výdej tepla difuzí páry, pocením, ve W;

E_{res} výdej tepla odpařováním vody v plicích, ve W;

C_{res} teplo odevzdané ohříváním vdechovaného vzduchu, ve W.

Na levé straně rovnice je teplo člověkem produkované a na pravé straně teplo vydávané do prostředí.

Tepelná pohoda označuje stav prostředí, kdy je dosaženo tepelné rovnováhy. Důležitým faktorem je také způsob a rovnoměrnost s jakou člověk teplo do okolí vydává. Zásadní je také pojem radiační pohoda – je důležité, aby člověk získával teplo radiací a odevzdával prouděním. Tak je tomu například při sezení u krbu. [10]

Důležitými faktory při výměně tepla mezi člověkem a okolím jsou energetický výdej a oblečení. Mezi doplňující faktory patří jídlo, pití, aklimatizace, postava, pohlaví či věk. Tyto faktory mají velký dopad na dosažený stupeň tepelné pohody.

Energetický výdej se skládá z metabolického tepla, které vzniká při základních biologických pochodech. Pro dospělého člověka má hodnotu 58 W/m^2 . Dospělý člověk má plochu přibližně $1,8 \text{ m}^2$. Fyzickou aktivitu doplňuje zvýšení energetického výdeje. V tabulce (Tab. 2) jsou uvedeny příklady. [4]

Tab. 2: Energetický výdej

Činnost	$Q_m [\text{W/m}^2]$
Spaní	40
Stání, práce v sedě	70
Těžká práce	350

2.1.2 Teplota

Teplota je základní veličinou, která určuje kvalitu prostředí v budově. Tepelně vlhkostní stav vnitřního prostředí vytváří kombinace více činitelů. Těmi jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a sálavá (radiační) teplota.

Teplota vzduchu

Je to nejběžnější ukazatel tepelného stavu prostředí. Vhodné teploty závisí na účelu využití místnosti, oděvu, činnosti, věku atd. V našich klimatických podmínkách jsou za běžné teploty považovány v letním období hodnoty 23°C až 25°C a v zimním období 22°C až 28°C .

Teplota kulového teploměru

Kulový teploměr je složen z měděné koule, povrch tvoří tepelně absorbující černý povrch (plech nebo polyuretan). Teplota kulového teploměru uvažuje teplotu vzduchu a sálavou teplotu. Rychlost proudění vzduchu se uvažuje pouze ve výjimečných případech. V ČR se

používá modifikace dle Jokla. Koule je obalena polystyrenem, což snižuje odraz tepelných paprsků. Nevýhodou je prodloužená doba ustálení.

Operativní teplota

Jedná se o vypočítanou hodnotu. Je to teplota uzavřeného černého prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiací a konvekcí stejné množství tepla jako ve skutečně teplotně nehomogenním prostředí. Při známé střední radiační teplotě θ_r [°C] a teplotě vzduchu θ_a [°C] se určí z následujícího vztahu:

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

kde A je funkce rychlosti proudění vzduchu, dáno tabelárně (Tab. 3).

Tab. 3: Vybrané hodnoty součinitele A v závislosti na proudění vzduchu

w_a [m/s]	< 0,2	0,6	1
A [-]	0,5	0,65	0,75

Střední radiační teplota

Je to rovnoměrná teplota okolních ploch, při které se sáláním sdílí stejné množství tepla jako ve skutečném prostředí. Slouží jako jedna ze vstupních hodnot pro výpočet operativní teploty. Je to určující veličina pro hodnocení tepelné zátěže v horkých a teplých provozech.

2.1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je důležitým parametrem při návrhu vzduchotechnických a klimatizačních jednotek. Je důležité v prostředí udržovat tzv. vlhkostní pohodu a zabránit vzniku nekalitních hygienických podmínek.

Relativní vlhkost

Relativní vlhkost vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodními parami. Je dána poměrem hmotnosti vodní páry obsažené ve vzduchu při konkrétní teplotě a hmotnosti vodní páry, kterou by byl vzduch nasycen za stejné teploty. Tento vzduch by tedy nemohl přijímat žádnou další vlhkost. Relativní vlhkost je bezrozměrná veličina a vyjadřuje se nejčastěji v procentech. Stav relativní vlhkosti se doporučuje udržovat mezi 30 a 70 %. Optimální hodnota relativní vlhkosti je 50 %. Nízká relativní vlhkost způsobuje vyšší prašnost pro-

středí a při dlouhodobém vystavení takovým podmínkám může v organismu vyvolat dýchací obtíže. Naopak zvýšená hodnota relativní vlhkosti způsobuje plísň. [5]

Absolutní vlhkost

Absolutní vlhkost je definována jako hmotnost vodních par v objemové jednotce vzduchu. Množství vodních par ve vzduchu je silně proměnlivé, také závisí na teplotě vzduchu.

Hodnotu absolutní vlhkosti vyjadřuje poměr hmotnosti vodních par, vztažené k objemu vzduchu:

$$a = \frac{m_v}{V} = \rho_v \quad (3)$$

kde m_v je hmotnost vodních par, v kg/m^3 nebo g/m^3 ;

V objem vzduchu, v kg/m^3 nebo g/m^3 .

2.1.4 Rychlost proudění vzduchu

Tato veličina výrazně ovlivňuje přestup tepla mezi osobou a okolním prostředím a podílí se na tvorbě tepelné pohody. Obecně je přípustná hodnota rychlosti proudění vzduchu 0,13 až 0,2 m/s, vyšší rychlost je přípustná u místností s vyšší teplotou. Při teplotě 26 °C je tolerována rychlost do 0,3 m/s.

2.1.5 Index PMV a PPD

Tepelné prostředí je možné klasifikovat na základě indexu PMV, který předpovídá střední tepelný pocit a pomocí indexu PPD, který předpovídá procento nespokojených osob v místnosti. Popis tepelného prostředí určuje norma ČSN EN ISO 7730.

PMV

PMV je střední tepelný pocit. Při vytváření dobrého tepelného pocitu je důležité udržení správné teploty lidského těla a způsob jakým je teplota udržována. Index PMV se získává zprůměrováním hodnot, které udají osoby v konkrétní místnosti. Tělesný pocit je možné vyjádřit jednou ze sedmi hodnot v tabulce (Tab. 4):

Tab. 4: Tepelný pocit k příslušné hodnotě PMV indexu

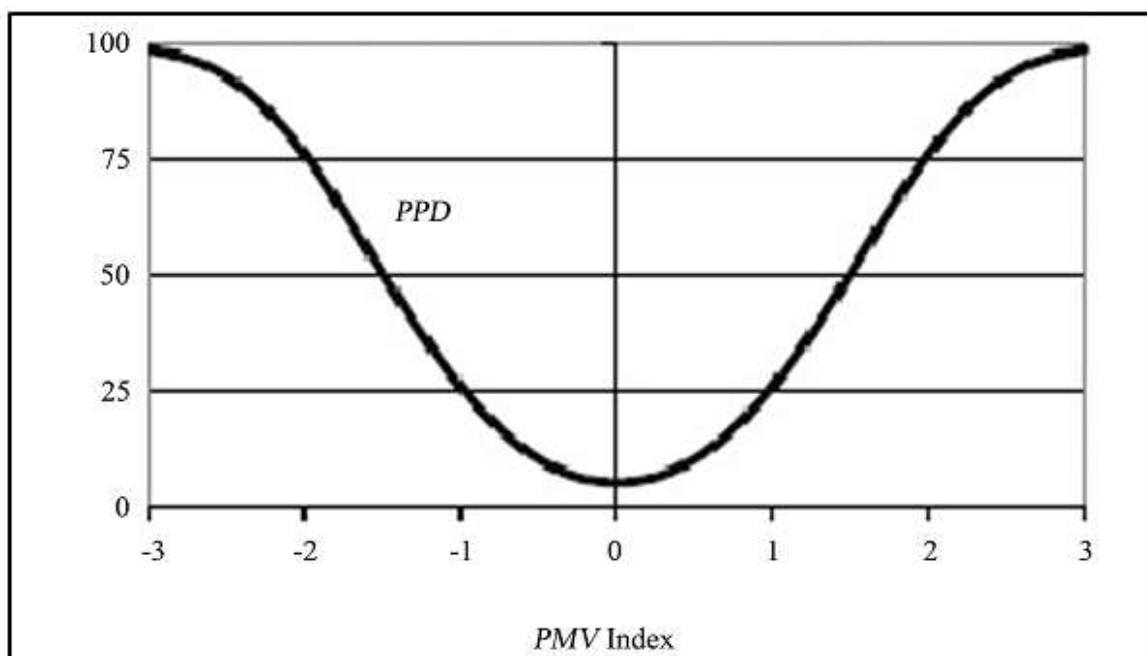
Index PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3
Tepelný pocit	zima	chladno	mírně chladno	neutrální	mírné teplo	teplo	horko

PPD

PPD index vyjadřuje předpokládané procento nespokojených, kteří budou v daném prostředí pociťovat tepelnou nepohodu. Za nespokojené jsou považovány ty osoby, které při určování indexu PMV uvedou hodnoty horko, teplo, chladno nebo zima. Na základě výpočtu PMV indexu se určuje index PPD podle vzorce: [6]

$$PPD [\%] = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (4)$$

Ze získaných údajů se graficky vyjadřuje procentuální podíl nespokojených a lze předpovědět střední tepelný pocit (Obr. 2):



Obr. 2: PPD v závislosti na PMV

3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Základními klimatickými prvky vnějšího prostředí, které jsou používány při návrhu a hodnocení konstrukcí budov jsou teplota a vlhkost vzduchu.

V rámci výpočtů se používají průměrné hodnoty. Extrémní hodnoty se používají při zpracování technicko - fyzikálních analýz, těmi se ale tato práce nezabývá.

Teplota venkovního vzduchu

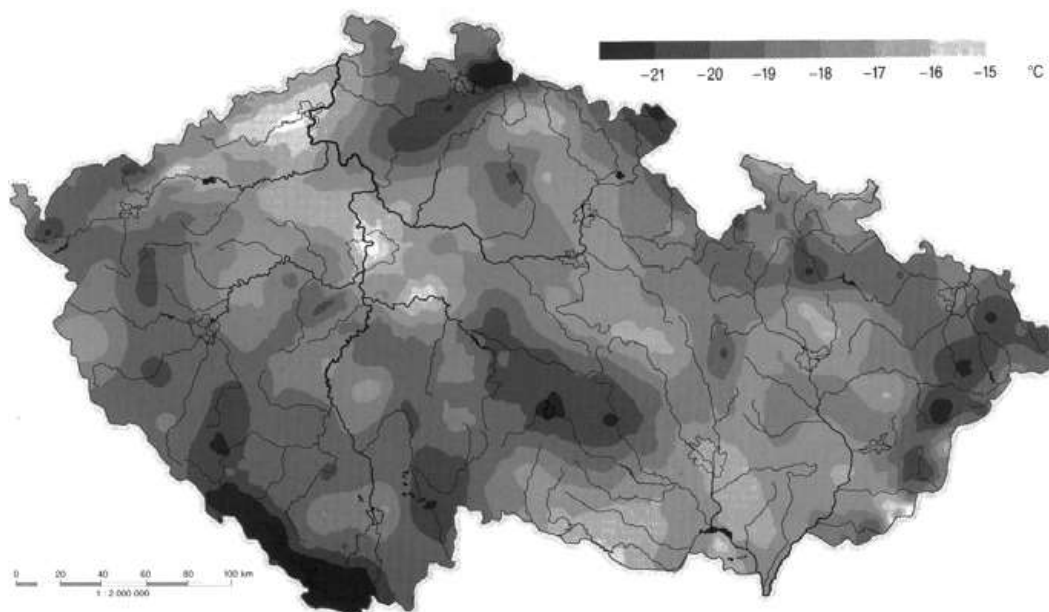
Teplota venkovního vzduchu závisí především na nadmořské výšce a urbanizaci dané lokality. Teplota se snižuje v průměru o 0,34 °C až 0,71 °C při nárůstu výšky o 100 metrů. Velmi ale záleží právě na konkrétním terénu a také na orientaci ke světové straně. Platí také, že čím je teplota vnějšího vzduchu nižší, tím je vyšší tepelná ztráta budovy. V průměru platí, že rozdíl teploty 1 K představuje změnu tepelné ztráty 3%. Pro stanovení tabulkové hodnoty se používá dlouhodobý průměr teplot pěti za sebou jdoucích nejchladnějších dnů. [17]

Podle normy ČSN 73 0540 je území České republiky rozděleno na čtyři základní teplotní oblasti uvedené v tabulce (Tab. 5).

Tab. 5: Teplotní oblasti ČR

Teplotní oblast	Prům. nadm. výška	základní návrhová teplota venkovního vzduchu pro 100 m.n.m.
	h [m.n.m]	θ_e [°C]
1	240	-12
2	320	-14
3	540	-16
4	820	-18

Podle normy ČSN 06 0210 se území ČR rozděluje na tři základní oblasti s výpočtovými teplotami -12, -15 a -18 °C. Jedná se o dva různé způsoby rozdělení stejné problematiky. [7]



Obr. 3: Čtyřicetiletý průměr minimálních teplot v ČR [11]

Vlhkost venkovního vzduchu

Vlhkost vzduchu je dána obsahem vodních par, které jsou ve vzduchu vždy, ale v proměnlivém množství. Vlhkost vzduch získává především vypařováním vody z povrchu vodních ploch. Pro člověka je neoptimálnější vlhkost vzduchu okolo 60 %.

Relativní vlhkost udává poměr absolutní vlhkosti vzduchu a absolutní vlhkosti vzduchu, který by byl při stejné teplotě sytý vodními parami. Průměrná relativní vlhkost je nejvyšší v prosinci (93 %) a nejnižší mezi dubnem a srpnem (75 % - 77 %). [11]

Rychlost a směr proudění vzduchu

Vzduch se v atmosféře neustále pohybuje za účelem vyrovnání tlaků v různých místech. Vzduch se pohybuje jak horizontálně tak vertikálně. Relativní četnost výskytu směru větru v procentech nebo střední hodnoty rychlostí větru v m/s znázorňují větrné růžice. Účinky větru v přírodě popisuje Beaufortova stupnice. [12]

Tab. 6: Vybrané hodnoty Beaufortovy stupnice [12]

Beaufortovo číslo	Popis	Rychlost větru (km/h)
0	bezvětří	méně než 1
2	lehký vítr	6 - 11
8	vichřice	62 - 74

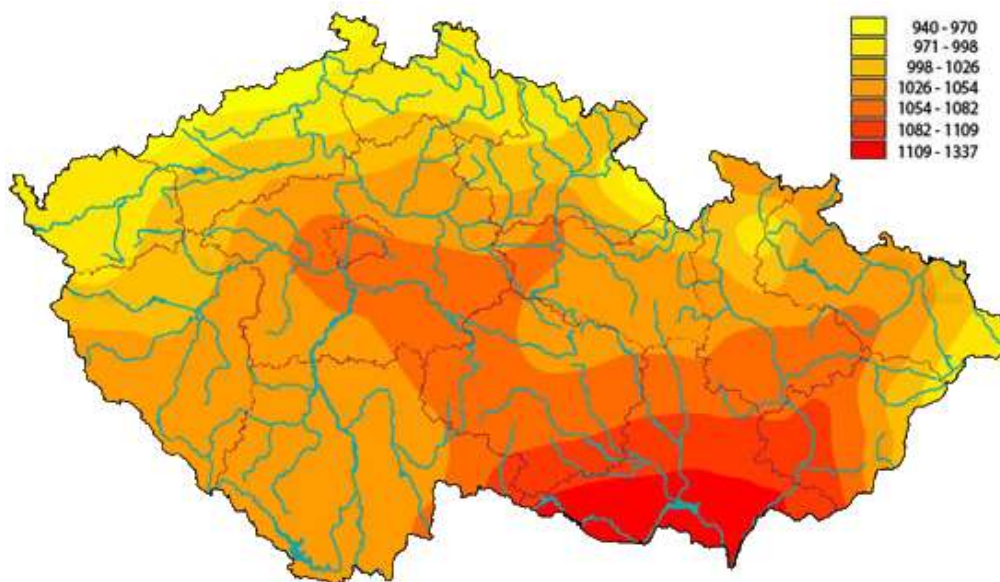
Sluneční záření

V našich klimatických podmínkách je doba slunečního svitu přibližně 1700 hodin za rok. Během zimních měsíců je slunečního svitu méně než v létě. Počet hodin slunečního svitu v různých místech našeho území je nepatrně odlišný.

Během letních měsíců svítí slunce průměrně 8 až 9 hodin denně. Níže uvedená mapa znázorňuje míru slunečního záření v České republice (Obr. 4). [13]

Solární konstanta

Jedná se o tok sluneční energie procházející plochou 1m^2 , kolmou na směr paprsků za 1 sekundu ve střední vzdálenosti Země od Slunce. Nejpřesněji změřená hodnota v době slunečního minima je $1360,8\text{ W/m}^2$. Běžně užívaná hodnota solární konstanty je 1365 W/m^2 . [13]



Obr. 4: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m^2][13]

4 STAVEBNÍ FYZIKA

4.1 Součinitel prostupu tepla

Na povrchu konstrukce dochází k výměně tepla mezi konstrukcí a okolním prostředím. Tuto výměnu nazýváme prostup tepla a zavádíme veličinu označenou jako součinitel prostupu tepla. Zjednodušeně lze součinitel prostupu tepla vyjádřit jako únik tepla konstrukcí o ploše 1 m². Při rozdílu teplot povrchů 1 K. Charakterizuje tepelně izolační schopnost konstrukce. [30]

Součinitel prostupu tepla konstrukce U , ve W/(m²K) bez významnějších tepelných mostů, se stanoví podle následujícího vzorce:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad (5)$$

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

Tepelný odpor konstrukce se určuje podle vztahu:

$$R = \sum \frac{d}{\lambda} \quad (6)$$

nebo:

$$R_{si,e} = \frac{1}{h_{i,e}} \quad (7)$$

kde d je tloušťka vrstvy konstrukce, v m;
 λ součinitel tepelné vodivosti vrstvy konstrukce, ve W/(mK);
 $h_{i,e}$ součinitel přestupu tepla na vnitřní nebo vnější straně, v m²K/W.

Do tepelného odporu R se započítávají standardně pouze ty vrstvy, které jsou chráněny před vlivem vlhkosti. Například u konstrukcí, které jsou ve styku se zeminou, se uvažují pouze vrstvy nad hydroizolací.

Tepelné odpory na vnitřní a vnější straně konstrukce stanovuje norma ČSN 73 0540-3. [32]

Součinitel prostupu tepla je potom také možno vypočítat podle vzorce:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad (8)$$

Tepelný odpor vyjadřuje jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na povrchu konstrukce dojde k přenosu jednoho Wattu.

Tepelný odpor konstrukce je roven součtu tepelných odporů všech vrstev, ze kterých je konstrukce složena.

Požadavky na součinitel prostupu tepla uvádí norma ČSN 73 0540-2 (Tab. 7). Pro každou stavební konstrukci musí platit $U \leq U_N$. Kde U je součinitel prostupu tepla konstrukce a U_N je normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Hodnoty se udávají v jednotkách W/m^2K .

Způsob stanovení hodnoty U_N závisí na relativní vlhkosti vnitřního vzduchu a na převažující návrhové teplotě vnitřního prostředí. Pokud je v objektu více zón s různými návrhovými teplotami, stanovují se požadavky pro každou zónu samostatně. [31]

Tab. 7: Některé požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
Stěna vnější	0,30	Těžká 0,25	0,18 až 0,12
		Lehká 0,20	
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20

Průměrný součinitel prostupu tepla

Požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla uvádí norma ČSN 730540-2. Tyto požadavky vyjadřují vliv stavebního řešení na spotřebu vytápěcí energie. Nezohledňují nejisté faktory jako například chování a počet obyvatel budovy nebo vliv klimatických podmínek. Hodnocená budova musí mít takový součinitel prostupu tepla, aby splňoval podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (9)$$

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

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

Hodnota $U_{em,N}$ se pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou od 18 do 22 °C určuje podle vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{\sum U_j \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A} + \Delta U_{tb} \quad (10)$$

kde H_T je měrná ztráta prostupem tepla, ve W/K ;

A teplosměnná plocha obálky budovy (součet ploch A_j), v m^2 ;

U_j součinitel prostupu tepla j -té konstrukce, včetně vlivu tepelných mostů;

b_j činitel teplotní redukce;

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

Hodnoty průměrného vlivu tepelných vazeb ΔU_{tb} jsou stanoveny v normě ČSN EN 12831 [26]. Hodnota $U_{em,N}$ nesmí u nových budov překročit limit:

$$U_{em,N} = 0,5 \quad (11)$$

Pro ostatní budovy nesmí $U_{em,N}$ překročit hodnotu vypočítanou ze vztahu:

$$U_{em,N} = 0,30 + \frac{0,15}{A/V} \quad (12)$$

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

V vytápěný objem budovy, v m^3 .

Měrná ztráta prostupem tepla H_T

Měrná ztráta prostupem tepla H_T , ve W/K , se stanoví ze vzorce:

$$H_T = H_D + H_S + H_U + H_A \quad (13)$$

kde H_D je propustnost mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím, ve W/K ;

H_S propustnost přes zeminu, ve W/K ;

H_U ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory, ve W/K;

H_A ztráta přes sousední budovu (například řadové zástavby), ve W/K.

Referenční budova

Referenční budova je neexistující budova, která má stejné rozměry, účel a parametry jako budova, která je hodnocená. Výpočty se provádějí na rozdíl od hodnocené budovy s hodnotami kvality obálky budovy podle příslušné normy.

Hodnota $U_{em,N,20}$ referenční budovy se stanovuje podle vzorce:

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum U_{Nj} A_j b_j}{A} + 0,02 \quad (14)$$

kde U_{Nj} je normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve W/m²K;

A_j plocha j-té konstrukce stanovena z vnějších rozměrů, v m²;

b_j činitel teplotní redukce. [25]

4.2 Vlhkost v konstrukci

Zvýšená vlhkost v budovách a konstrukcích vytváří podmínky pro biologické škůdce a snižuje tepelně izolační vlastnosti zdiva. Vlhkost ve vnitřním prostředí negativně působí na zdraví člověka a vyvolává onemocnění dýchacích cest, alergie nebo jiná chronická onemocnění

Voda se do konstrukce může dostat buď jako kapalina nebo jako vodní pára a to různými způsoby a cestami. Nejvýznamnější zdroje a typické způsoby vzniku vlhkosti v konstrukci je voda srážková, voda vzlínající – kapilární, difúze vodní páry a kondenzovaná voda nebo také například vadné sanitární instalace.

Pokud vzniká vlhkost přímo v konstrukci oddělující prostředí s rozdílnými teplotami i vlhkostmi, jde o kondenzaci vodních par.

V případě, že by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce mohla ohrozit požadovanou funkci, nesmí dojít k žádné kondenzaci vodní páry M_c :

$$M_c = 0 \quad (15)$$

Pokud jde o konstrukci, u které by kondenzace vodní páry neohrozila její funkci, požaduje se omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c , v kg/m^2 tak, aby byla splněna podmínka:

$$M_c \leq M_{c,n} \quad (16)$$

Pro jednoplášťovou střechu nebo konstrukci s difuzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami musí vyhovovat nižší z hodnot:

$$M_{c,n} = 0,10 \text{ kg/m}^2 \quad (17)$$

nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu.

Pro ostatní stavební konstrukce nižší z hodnot:

$$M_{c,n} = 0,50 \text{ kg/m}^2 \quad (18)$$

nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu. [25]

Roční bilance kondenzace a vypařování vody

Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry nesmí v roční bilanci zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zhoršovalo vlhkost konstrukce.

4.3 Tepelná stabilita v přechodném ročním období

Tepelná stabilita zabezpečuje požadavek, aby tepelný stav místnosti v daném časovém průběhu byl v povoleném rozmezí.

Tepelná stabilita místnosti v zimním období

Je charakterizována nejnižší přípustnou hodnotou teploty místnosti na konci otopné přestávky, která trvala dobu τ . Tepelná stabilita místnosti v zimním období se vyhodnocuje na základě součtové teploty, která je dána součtem teploty vnitřního vzduchu a průměrné teploty vnitřních ploch místnosti na konci otopné přestávky.

Pro zvýšení tepelné stability v zimním období se doporučuje snížit součinitele prostupu tepla obalových konstrukcí, zvýšit akumulaci schopnosti konstrukcí nebo snížit výměnu vzduchu.

Tepelná stabilita místnosti v letním období

Tepelná stabilita místnosti v letním období je charakterizována nejvyšším povoleným denním vzestupem teploty vzduchu v interiéru. Pro vyhovující stav musí nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti vykazovat hodnotu maximálně $\theta_{ai,max} = 27\text{ °C}$ (místnosti nevýrobní bez strojního chlazení). Místnosti, ve kterých je instalováno strojové chlazení musí prokázat, že teplota v nich nepřekročí hodnotu 32 °C v případě, že není zapnuté chlazení.

V letním období je stabilitu možné ovlivnit zmenšením plochy průsvitných konstrukcí, dodržení správné orientace ke světovým stranám nebo využitím střešní krytiny s reflexní povrchovou úpravou.

4.4 Akustika

Stavební akustika se zabývá šířením zvuku ve vnitřních prostorech budov. Řeší problémy vibrací a přenosu hluku. Cílem je vytvoření optimální akustické pohody prostředí. Důležité je důkladně řešit stránku stavební akustiky již před realizací stavby, protože vzniklé problémy lze jen těžko a nákladně odstraňovat. Požadavky na ochranu proti hluku stanovuje norma ČSN 73 0532. Přípustné hodnoty hluku upravuje nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Zvuk – mechanické kmitání molekul v pružném prostředí, které se šíří v kmitočtovém rozsahu lidského ucha (20 Hz až 20 kHz).

Hluk – každý nežádoucí, rušivý nebo obtěžující zvuk, který nepříznivě působí na sluch nebo celý lidský organismus. [16]

Základní veličiny

Akustický výkon P - při akustickém vlnění dochází k přenosu energie. Akustický výkon je množství akustické energie vyzářené zdrojem do prostoru za jednotku času.

$$P = F \cdot v = p \cdot S \cdot v \quad (19)$$

kde S je plocha vlny, v m^2 ;

- F síla, v N;
 v akustická rychlost, v m/s;
 p akustický tlak, v Pa;

jsou veličiny časově proměnné, proto se dosazují jejich efektivní hodnoty.

Akustická intenzita I , v dB - je hladina akustické intenzity L , v dB. Také ji lze nazývat hladinou akustického tlaku, kdy je poměr intenzit nahrazen poměrem druhých mocnin akustického tlaku L . Určujeme podle vztahu:

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

kde I_{ref} je referenční intenzita zvuku $I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$;

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

Pro korekci různých citlivostí vnímání různých frekvencí byly zavedeny váhové filtry. Ty upravují citlivost zvukoměru. Každé frekvenční pásmo má jinou váhu, podle korekcí, které mu byly přiděleny. Každé pásmo se měří zvlášť a je k němu připočtena korekce K_A v dB a následně jsou všechna pásma sečtena. Hodnoty korekce jsou dány normou ČSN EN 15251. Hladina akustického tlaku A se počítá podle vztahu:

$$L_A = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + K_{Ai})} \quad (21)$$

kde n je počet frekvenčních pásem.

Vzduchová neprůzvučnost, R [dB]

Neprůzvučnost vyjadřuje schopnost stavebního prvku omezovat přenos zvuku přes tento prvek z místnosti zdroje do místnosti příjmu.

Požadavky na vzduchovou neprůzvučnost mezi místnostmi stanovuje norma ČSN 73 0532. Požadavky jsou stanoveny na základě charakteru oddělovaných místností a v závislosti na směru přenosu zvuku (horizontální nebo vertikální). Základní požadovaná hodnota zvukové izolace mezi byty v bytových domech je pro stěny i stropy $R = 53 \text{ dB}$.

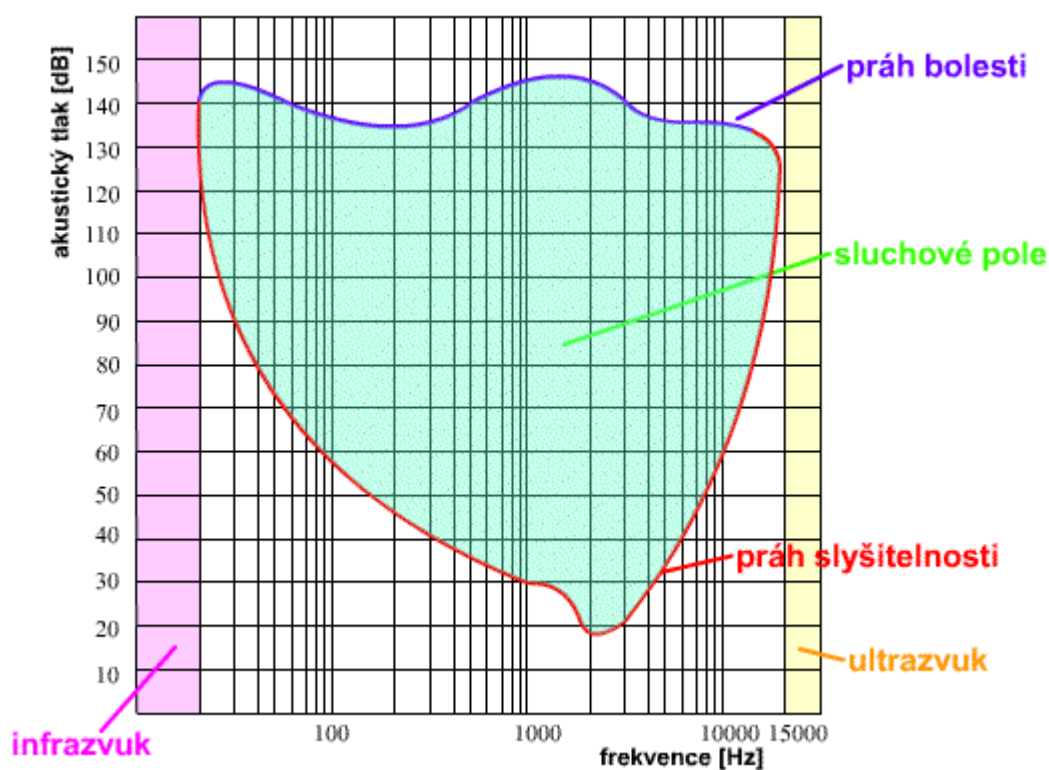
Kročejová neprůzvučnost, L [dB]

Vyjadřuje schopnost stavebních prvků omezovat přenos kročejového zvuku mezi místnostmi. Kročejový zvuk vzniká chůzí, skákáním, dopadem předmětů na podlahu atd. Skutečný zdroj kročejového zvuku má náhodný charakter, proto se ve výpočtech nahrazuje normalizovaným zdrojem kročejového zvuku. [40]

Na rozdíl od vzduchové neprůzvučnosti, pro jejíž popis se používají veličiny založené na rozdílu akustického tlaku v jednotlivých místnostech, veličiny kročejové neprůzvučnosti jsou vyjádřeny hladinou akustického tlaku v místnosti příjmu.

Tab. 8: Vybrané hodnoty hladin akustického tlaku

akustický tlak p [Pa]	akustická intenzita I [W/m ²]	hladina akustického tlaku L [dB]	prostředí
cca 60	cca 10	cca 130	práh bolesti
0,2	10^{-4}	80	rušná ulice
0,0002	10^{-10}	20	ložnice v noci
0,00002	10^{-12}	0	práh slyšení



Obr. 5: Rozvržení sluchového pole – závislost akustického tlaku na frekvenci [41]

4.5 Osvětlení

Dalším důležitým prvkem vnitřního prostředí je zraková pohoda. Jedná se o příjemný a příznivý pocit člověka vyvolaný optickou situací prostředí, která odpovídá potřebám člověka při práci i odpočinku. Dobrý zrakový výkon je podmínkou produktivity práce a zachování zdraví.

Přirozené osvětlení

Přirozené osvětlení je běžné denní sluneční osvětlení. Je tedy možné ho využívat pouze v době mezi západem a východem Slunce. Tento zdroj světla je nestálý, mění se například v závislosti na ročním období nebo klimatických podmínkách. Při návrhu denního osvětlení je třeba zachovat zrakovou pohodu člověka jak při přímém slunečním světle, tak i při polojasné nebo zcela zatažené obloze.

Aby byla zajištěna zraková pohoda, je třeba umožnit přístup přirozeného světla podle činitele denní osvětlenosti D [%].

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (22)$$

kde E je naměřená osvětlenost v konkrétním bodě interiéru, v lx;

E_h osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny, v lx. [42]

Umělé osvětlení

Umělé osvětlení vhodně doplňuje, případně zcela nahrazuje denní osvětlení v případě jeho nedostatku. Umožňuje zlepšení zrakové pohody člověka. Umělé osvětlení potřebuje zdroj energie, proto se vždy snažíme, aby umělé osvětlení nebylo hlavním zdrojem osvětlení objektu, a využíváme především denního světla.

Rozlišujeme následující druhy umělého osvětlení:

- celkové – rovnoměrné osvětlení prostoru bez zvláštních požadavků;
- odstupňované – různá intenzita v různých částech místnosti;
- místní – doplňuje celkové osvětlení (bodové osvětlení);
- kombinované celkové nebo odstupňované osvětlení doplněné o místní osvětlení.

Umělé osvětlení je dáno v luxech [lx]. Jeho hodnoty se pohybují v rozmezí 100 lx až 1000 lx. [43] Vybrané požadavky na hodnotu umělého osvětlení jsou uvedeny v tabulce (Tab. 9).

Tab. 9: Vybrané hodnoty umělého osvětlení a vhodné činnosti

Požadavek umělého osvětlení [lx]	Místo nebo činnost
300	studium, psaní, kreslení
500	jemné ruční práce
75	komunikace v bytě

Sdružené osvětlení

Tento typ osvětlení je dán kombinací denního a umělého osvětlení. Používá se v místech, kde je nedostatečné denní osvětlení a je třeba doplnit osvětlením umělým. Typicky se jedná o koupelny, šatny, sklady atd.

Sdružené osvětlení se podle hlediska doby využívání rozděluje na trvalé a přechodné. Z hlediska rozsahu může být celkové – v případě že se významná část prostoru přisvětluje uměle nebo místní – umělé zdroje světla se umísťují pouze na vybrané místa, kde se vyžaduje vyšší intenzita osvětlení.

Při sdruženém osvětlení je vhodné používat svítidla, jejichž spektrální složení světla se blíží dennímu světlu. Také je třeba zabránit oslnění přímým slunečním světlem případně oslnění odraženým světlem. [42]

4.6 Výměna vzduchu

Výměnou vzduchu ve vnitřních prostorách zajišťujeme dostatečnou hygienu prostředí a zbavujeme se nežádoucích škodlivin vzniklých v uzavřené místnosti. Hlavní podmínky pro udržení dobrého stavu ovzduší je pravidelný přísun čerstvého vzduchu a udržování hodnoty CO₂ pod hranicí 1000 ppm.

Škodliviny

Za škodlivinu považujeme jakoukoliv látku plynou, kapalnou i pevnou, která svou přítomností v určité míře škodí zdraví člověka. Mezi škodliviny řadíme prach, dým, aerosoly, páry nebo také nadměrné teplo.

Odéry

Jedná se o plynné složky ovzduší, které jsou vnímány jako zapáchající. Patří mezi ně například různé kouře, výpary nebo kosmetické přípravky. Řadíme mezi ně ale také výpary ze stavebních materiálů nebo nátěrů, laků a umělých hmot.

Toxické škodliviny

Jedná se o složky ovzduší, které způsobují poruchy organismu. Rozdělují se na organické a anorganické. Nejčastěji se jedná o oxidy síry, oxidy dusíku, oxid uhelnatý nebo ozon. Do interiérů vnikají převážně z vnějšího prostředí. Nejčastěji z průmyslové výroby, dopravy nebo elektráren.

Stanovení limitů škodlivin

Množství škodlivin v ovzduší se stanovuje:

- objemově – mg/m^3 ;
- hmotnostně – objemové procento, ppm – parts per milion;
- počtem částic v objemové jednotce.

PEL

Přípustný expoziční limit je celosvětově vážený průměr koncentrací par plynů a aerosolů v pracovním prostředí. Tomuto limitu maximálně mohou být vystaveni zaměstnanci během osmihodinové pracovní doby aniž by došlo k trvalému poškození zdraví.

NPK-P

Nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky v ovzduší pracovního prostoru. Jedná se o dané koncentrace, kterým člověk nesmí být vystaven ani na krátký časový úsek. Stanovené hodnoty vycházejí z Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Vybrané příklady jsou uvedeny v tabulce (Tab. 10). [44]

Tab. 10: Vybrané hodnoty NPK a PEL dle Nařízení vlády 361/2007

Látka	PEL [mg/m^3]	NPK-P [mg/m^3]	Faktor přepočtu na ppm
Amoniak	14	36	1,438
Oxid dusný	180	360	0,555
Oxid uhelnatý	30	150	0,873
Oxid siřičitý	1,5	5	0,382

5 TEPELNÉ ZTRÁTY A TEPELNÉ ZISKY

Podle výpočtů tepelných ztrát se určuje celkový návrhový tepelný výkon budovy. Podle těchto výpočtů se také navrhuje otopná soustava a zdroje tepla.

5.1 Tepelné ztráty

Výpočet tepelných zisků a ztrát začíná určením hodnoty výpočtové venkovní teploty a průměrné roční venkovní teploty. Dále se určuje výpočtová vnitřní teplota, hodnotí se rozměry a tepelné vlastnosti budovy. V další fázi provádíme výpočet návrhových tepelných ztrát prostupem tepla a větráním. Výpočty se týkají vytápěných prostor. Ze získaných hodnot určíme celkovou návrhovou tepelnou ztrátu budovy. Výsledkem je stanovení celkového tepelného výkonu.

5.1.1 Potřebné údaje pro výpočet:

Výpočtová venkovní teplota θ_e

Určuje se z tabulky, která je dostupná v příloze normy ČSN 73 0540-3 a je udávána bez přírážky na vnitřní stěny (Tab. 11).

Průměrná roční venkovní teplota $\theta_{m,e}$

Určuje se z tabulky, která je dostupná v příloze normy ČSN 73 0540-3 (Tab. 11).

Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$

Ve většině běžných obytných místností je tato teplota stanovena na 20 °C. V koupelnách bývá hodnota 24 °C a v technických prostorách a předsíních či halách 15 °C (Tab. 12).

Parametry budovy

Je nutné znát vnitřní objemy vzduchu v místnostech, plochy všech konstrukcí, součinitele prostupu tepla všech konstrukcí, lineární činitel prostupu tepla tepelných mostů a délky lineárních tepelných mostů. [32]

Tab. 11: Výpočtové vnější podmínky pro danou lokalitu

Lokalita	Nadmořská výška [m.n.m.]	θ_e [°C]	$\theta_{m,e}$ [°C]	D [den]
Písek	348	-15	3,7	247

Tab. 12: Výpočtové teploty vnitřních prostorů

Místnost	$\Theta_{\text{int},i} [^{\circ}\text{C}]$
Kuchyně	20
Obývací místnosti	20
Koupelny	24
Předsíně, chodby	15
Místnosti chráněné před mrazem	5

Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

Celková návrhová tepelná ztráta, ve W, se určí ze vztahu:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (23)$$

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

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

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$, ve W, se vypočítá rovnicí:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad (24)$$

kde $H_{T,i}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem pláště budovy, ve W/K;

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

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

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

$\theta_{\text{int},i}$ a θ_e vnitřní a vnější výpočtová teplota, ve $^{\circ}\text{C}$.

Návrhová tepelná ztráta větráním

Výpočet závisí na návrhové vnitřní a vnější teplotě a větrání. Podle hygienického předpisu musí být do místnosti, kde je jeden člověk, přivedeno minimálně 30 m³ vzduchu za 1 hodinu. Návrhová ztráta větráním $\Phi_{V,i}$, ve W, se určí ze vztahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} (\theta_{init,i} - \theta_e) \quad (25)$$

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

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (26)$$

kde V_i je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru, v m³/s;

ρ hustota vzduchu, v kg/m³;

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu, v kJ/(kgK).

Při konstantní hustotě a měrné tepelné kapacitě se výpočet zjednodušuje na:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \quad (27)$$

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

Pokud není v prostoru konstantní hustota a měrná tepelná kapacita vzduchu, používá se výpočet:

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (28)$$

kde ρ je hustota vzduchu, v kg/m³;

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu, v kJ/kgK.

5.2 Tepelné zisky

5.2.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Tepelné zisky lze rozdělit na zisky z metabolického tepla (přítomnost osob) a na zisky z elektrických spotřebičů a umělého osvětlení. V průmyslových objektech se uvažují i zisky z výrobních zařízení. [15]

Produkce tepla od lidí

Do této složky tepelného zisku se započítává pouze citelné teplo. To závisí na teplotě vzduchu a činnosti, kterou člověk vykonává. Za výchozí hodnotu považujeme produkci citelného tepla od muže 62 W při mírné práci a okolní teplotě 20 °C.

Pro danou teplotu a počet osob počítáme podle vzorce:

$$Q_l = i_l \cdot 6,2 \cdot (36 - \theta_l) \quad (29)$$

a:

$$i_l = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad (30)$$

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

θ_l teplota vnitřního vzduchu, ve °C.

Produkce tepla od svítidel, Q_{sv}

Určuje se pro prostory bez oken a místnosti s vysokým požadavkem na intenzitu osvětlení. U svítidel se předpokládá přeměna jejich příkonu v tepelnou energii.

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (31)$$

kde P je celkový příkon stanovený z intenzity osvětlení, ve W;

c_1 součinitel současnosti používání svítidel;

c_2 zbytkový součinitel v případě používání svítidel s odsáváním.

Produkce tepla elektronických zařízení Q_e a elektromotorů Q_m

Výpočet se provádí především při určování tepelného zisku motorů v průmyslových objektech. V rodinných domech se tento výpočet zpravidla neprovádí. Produkce tepla elektronických zařízení s příkonem nižším než 100 W lze zanedbat. Produkce tepla počítačů a elektroniky se určí podle vztahu:

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \sum P \quad (32)$$

kde c_1 je součinitel současnosti chodu elektromotorů;

c_3 průměrné zatížení stroje;

P produkce tepla ventilátorů.

Produkce tepla elektromotorů Q_m , ve W, se stanoví ze vzorce:

$$Q_m = c_1 \sum \left(c_2 c_3 \frac{N}{\eta_m} \right) \quad (33)$$

kde c_1 je součinitel současnosti chodu motorů;

c_2 zbytkový součinitel při odsávání;

c_3 průměrné zatížení stroje;

N výkon, ve W;

η_m účinnost.

5.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Hlavními zdroji tepelných zisků z vnějšího prostředí jsou okna, stěny a větrání.

Tepelná zátěž okny

Jedná se o prostup tepla konvekcí a radiací. Hodnota solárních tepelných zisků okny je závislá na množství sluneční energie, které dopadá na prosklenou plochu, schopnosti prosklené plochy propouštět energii do interiéru a na velikosti prosklené plochy. [15]

Tepelné zisky stěnami

Prostup tepla stěnou je děj, který tvoří radiace a vedení tepla. Stěny lehké s tloušťkou menší než 0,08 m mají malou tepelnou kapacitu. Stěny středně těžké s tloušťkou 0,08 m až 0,45 m mají vyšší tepelnou kapacitu a dochází ke kolísání teplot na vnitřním povrchu. Těžké stěny o tloušťce vyšší než 0,45 m – kolísání teplot lze zanedbat.

5.3 Zateplení zdiva

V současné době je možné volit zateplení budovy buď deskami z polystyrenu, což je tradiční řešení, užívané několik let. Novinkou v zateplování jsou desky z minerální vaty. V případě, že bude navrženo zateplení zkoumané budovy, je potřeba dobře zhodnotit podmínky a situaci a zvolit materiál, kterým bude objekt zateplen.

Polystyren

Nejrozšířenější druh tepelné izolace je bílý pěnový polystyren EPS70F nebo EPS100F. Tyto dva druhy jsou shodné ve složení, ale rozdílné v objemové hmotnosti a mechanické odolnosti. EPS100F je oproti EPS70F pevnější, má lehce vyšší hmotnost a také cenu.

Hlavními výhodami polystyrenu všech druhů jsou výborné tepelněizolační vlastnosti, materiál je lehký, dobře se tvaruje a manipulace s ním je jednoduchá. Je hygienicky nezávadný a samozhášivý. Dalšími výhodami, které často rozhodují o zvolení polystyrenu jako izolačního materiálu je nízká pořizovací cena a vysoká životnost.

Požadovaná hodnota hustoty pěnového polystyrenu pro zateplení je minimálně 15 kg/m^3 .

Velkou nevýhodou polystyrenu je jeho možná sublimace, tedy smršťování nebo ubývání na objemu. Z tohoto důvodu se nedoporučuje dlouhodobě vystavovat materiál teplotám vyšším než 85°C . Je tedy důležité neaplikovat polystyren pod tmavé plochy, nezateplovat na místech, kde se zvyšuje okolní a povrchová teplota (např. průmyslové objekty). Doporučuje se také neaplikovat tmavé fasádní barvy, zejména v místech exponovaných přímému slunci.

Dále se nedoporučuje polystyren používat jako izolaci do podlah, nemá totiž schopnost tlumit kročejový hluk. Vyšší difúzní odpor také může částečně snižovat prodyšnost stěn objektů. Na tento fakt je třeba dbát zejména při rekonstrukcích starších objektů. Polystyren má nižší požární odolnost, proto je jeho použití jako tepelného izolantu dovoleno pouze do výšky 23 metrů.

Fasádní polystyren je možné lepit na všechny suché podkladové plochy, tedy například cihly, kámen, porobeton nebo dřevo. Pokud stěny vykazují známky vlhkosti nebo plísní je jakékoliv zateplení absolutně nevhodné a je nejprve potřeba provést sanaci zdiva.

Minerální vata

Minerální vata je tvořena množstvím vláken a dutin, ve kterých je uzavřen vzduch. Obecně platí, že schopnost minerální vlny izolovat je tím vyšší, čím jsou dutiny v hmotě menší a jejich počet větší; a čím jsou jemnější vlákna, která tvoří minerální vatu.

Výroba minerální fasádní vlny probíhá tavením hornin na slabá vlákna, která se následně lisují do desek různých šířek. Prvotní surovinou při výrobě je čedič.

Na českém trhu jsou v současné době k dostání tři druhy tepelné izolace z minerálních vláken. Rozdíl mezi nimi je dán orientací vláken kamenné vlny. Orientace vláken může být buď příčná (kolmá) nebo podélná nebo podélná s integrovanou dvouvrstvou charakteristikou.

Velkou výhodou izolačních desek z minerální vlny je jejich vysoká paropropustnost. Tato vlastnost dosahuje lepších výsledků než polystyrenové desky, proto se minerální vata často doporučuje k zateplení starších objektů po rekonstrukci, protože se předpokládá vyšší koncentrace vodních par ve zdivu. Výhodou je také dobrá schopnost tlumit hluk a velmi dobrá požární odolnost v porovnání s polystyrenem.

Nevýhodou může být vyšší hmotnost a složitější manipulace s deskami. Konstrukce objektů jsou tím pádem více celkově zatíženy.

Minerální vatou se nesmí zateplovat soklové části zdiva nebo zdivo, které přiléhá k zemině nebo nadstřešním konstrukcím. V takových místech je nutné použít nenasákavý polystyren do minimální výšky 300 mm. [29]

Foukaná tepelná izolace z minerální vlny

Alternativou pro místa kde je obtížné aplikovat izolační desky nebo je není možné použít vůbec, se využívá foukaná izolace. Jedná se o granulát z kamenné vlny, který se zpracovává strojově přímo na stavbě. Nejčastější prostory, kde se využívá foukané izolace, jsou podlahy na půdách, které oddělují vytápěný a nevytápěný prostor a dále také různé typy dutin ve stavbě.



Obr. 6: Foukaná izolace pod podlahou půdy

6 ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE

V následující kapitole budou popsány dva alternativní (obnovitelné) zdroje energie, které budou využívány v posuzovaném objektu.

6.1 Solární energie

Na 1 m² území České republiky dopadá v průměru 1200 až 1350 kWh sluneční energie za rok. V našich klimatických podmínkách je doba slunečního svitu přibližně 1700 hodin za rok. Intenzita slunečního záření se mění v závislosti na ročním období. V našich středoevropských podmínkách je nejsilnější v období od dubna do září.

Solární energie se využívá k ohřevu vody nebo vytápění pomocí solárních kolektorů. Další možností je výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů. Tento zdroj energie je považován za jediný, který dokáže spolehlivě pokrýt energetické potřeby lidí bez vedlejších důsledků. V absolutní většině případů dopadá totiž na zvolenou plochu za rok více sluneční energie než je tepelná potřeba daného objektu. Za velkou výhodu také platí dostupnost tohoto zdroje, ve srovnání například s vodní nebo větrnou energií.

Požadavky na solární soustavy a jejich části určuje norma ČSN EN 12 975.

Solární soustava se skládá s kolektorového (primárního) okruhu a topného (sekundárního) okruhu. Základním komponentem solární soustavy je kolektor. Dnes jsou kolektory v drtivé většině konstruovány pro celoroční provoz, tedy jsou plněny nemrznoucí směsí (roztoky vody a propylenglykolů s inhibitory koroze). Vyskytují se ale také přímo protékající kolektory, které v zimním období nelze využít. Existují následující druhy kolektorů:

- ploché deskové bez zasklení – plastové, přímo protékané, pro sezónní provoz, využití například pro ohřev bazénové vody;
- ploché deskové s jednoduchým zasklením – nejrozšířenější, absorbér s protékáním směsí, kvalitní povrch, který absorbuje energii i při zatažené obloze;
- ploché deskové s vakuovou izolací – specifický typ, obsahuje mezi sklem a vanou rozpěrky a lze v něm vytvořit vakuum, tím se mírně zvyšuje účinnost;
- vakuové trubicové kolektory – absorbér uzavřen v trubici, ze které se odsaje vzduch, čímž se sníží tepelné ztráty, dražší než deskové kolektory ale účinnější.

Systémy využití sluneční energie.

Slunce jako zdroj energie pro budovy používáme nejčastěji následujícími způsoby:

- pasivní - vnější plášť budovy je konstruován tak aby zachytil velké množství sluneční energie a posiloval tak tepelné zisky budovy. V praxi jsou to například akumulční solární stěny (Trombeho stěna), energetické fasády a energetické střechy;
- aktivní
 - fototermický – přeměna sluneční energie na tepelnou energii ohřátím pracovního média;
 - fotovoltaický – přeměna sluneční energie na energii elektrickou pomocí polovodičových součástek ve speciálních panelech.

6.2 Biomasa

Biomasa je hmota organického původu. Je tedy buď živočišná, nebo ve větší míře rostlinná. Její energie má původ ve slunečním záření, proto ji označujeme za obnovitelný zdroj energie. Obnovitelnost je v případě biomasy zdoluhavějším procesem než například sluneční energie. Nicméně tělesa zpracovávající biomasu pro svůj provoz nepotřebují elektrickou energii vytvořenou z neobnovitelných zdrojů energie jako je tomu například u tepelných čerpadel. Nejvíce se využívají cíleně pěstované plodiny, takzvané energetické plodiny. Jedná se o rychle rostoucí dřeviny (topol, akát, vrba, olše), které mají snadný výsev a krátké vegetační období. Využívají se ale také odpady ze zemědělské nebo lesnické produkce. V malé míře se využívá i odpadů z potravinářství.

Energii z biomasy získáváme především spalováním. Další možné postupy pro získání energie z biomasy jsou chemické nebo biochemické. Základní kritérium při spalování biomasy je její výhřevnost. Rozlišují se plynná, kapalná a tuhá paliva. Nejběžnější tuhým palivem je dřevo. Při spalování dřeva velmi záleží na jeho vlhkosti. Čerstvě vytěžené dřevo má vlhkost okolo 50 %. Pro spalování se doporučuje vlhkost okolo 20 %. Dřevo v takovém stádiu má výhřevnost srovnatelnou s hnědým uhlím.

Ve střední Evropě jsou podmínky pro využívání biomasy velmi příznivé. Pro biomasu existují obdobně jako pro ostatní alternativní zdroje energie dotační fondy financované EU, státem nebo soukromými subjekty.

Biomasu, nejčastěji dřevo nakupujeme po metrech. Přesněji můžeme definovat plnometr, prostorový metr a prostorový metr sypaný. Plnometr je krychle o hraně 1 metr, která je vyplněná dřevem bez vzduchových mezer. Prostorový metr je rovněž krychle o straně 1

metr, ale je vyplněná dřevem pouze částečně (například podle rozdělení v lese). Prostorový metr sypaný je jeden krychlový metr volně nasypaného dříví (včetně drobných nebo drce-
ných kusů). Přepočty dřevařských jednotek jsou uvedeny v tabulce (Tab. 13).

Tab. 13: Objemové značení dřevní hmoty a přepočty [18]

Název	Jednotka	Přepočet
plnometr	plm	1 m ³ dřeva
prostorový metr	prm	1 prm = 0,6 - 0,7 plm
prostorový metr sypaný	prms	1 prms = cca 0,4 plm

Důležité je také rozlišovat pojem relativní vlhkost dřeva a dřevařská vlhkost. Relativní vlhkost udává hmotnost vody ve dřevě k jeho celkové hmotnosti. Dřevařská vlhkost udává hmotnost vody v poměru k hmotnosti naprosto suché dřevní hmoty. [18]

Tab. 14: Porovnání hodnot relativní a dřevařské vlhkosti [18]

Relativní vlhkost	Dřevařská vlhkost
0%	0%
20%	25%
40%	67%
50%	100%

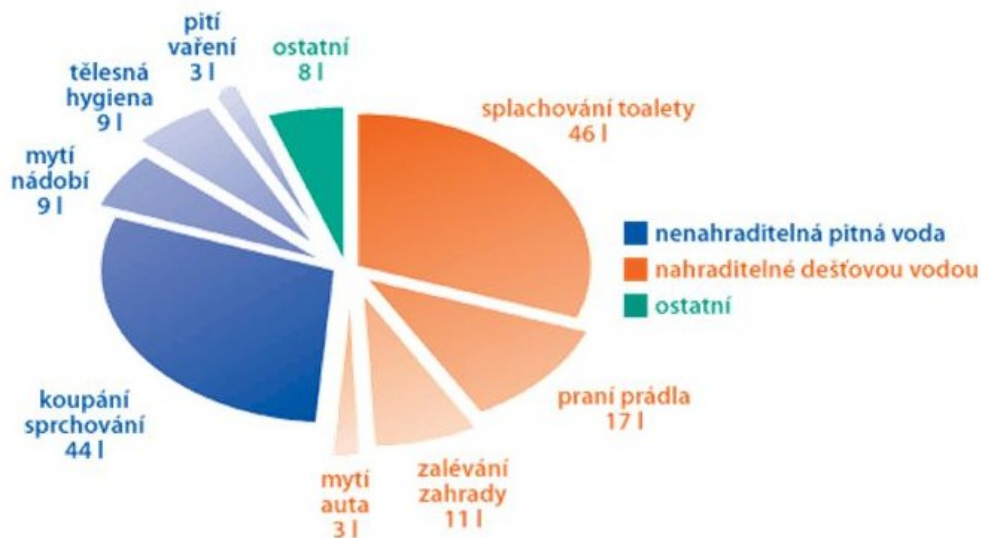
7 SYSTÉM PRO HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU

Na téměř 50% průměrné spotřeby vody na jednu osobu za jeden den není nutné používat kvalitní upravovanou pitnou vodu. Je tedy možné použít jako náhradu dešťovou vodu.

Kvalitní pitnou vodu používáme vždy, když přichází do přímého kontaktu s člověkem. To znamená, že pitnou vodu používáme na vaření, umývání či mytí nádobí. Pro splachování, údržbu budovy a zalévání je ale možné použít dešťovou vodu. Pro zalévání je dešťová voda dokonce vhodnější.

Dešťová voda může být použita i při praní prádla. Dlouhodobé testy a studie prokázaly, že praní v dešťové vodě nesnižuje hygienickou kvalitu praní. K tomuto řešení se přistupuje zejména v oblastech kde je pitná voda pro tyto účely příliš tvrdá nebo má vyšší podíl železa. To ale není případ hodnocené budovy.

Vzhledem k nedostatku užitkové vody v letních měsících vzrůstá snaha o řešení zadržování nebo postupného vsakování dešťové vody. Hlavním právním předpisem je v České republice Zákon č. 254/2001 Sb. O vodách, který stavebníkům stanovuje povinnost zajistit vsakování nebo zadržování srážkových vod. [21]



Obr. 7: Možné náhrady pitné vody dešťovou vodou

Srážky

Pro určení velikosti sběrné nádrže na dešťovou vodu a pro další výpočty je nutné znát průměrné množství srážek v dané oblasti. Ty se zjišťují nejčastěji z dlouhodobých průměrů pro konkrétní lokalitu.

Technická zařízení

Systém určený pro využití dešťových vod se skládá z následujících částí:

- filtry,
- akumulační nádrže,
- sací soupravy,
- přepadové sifony,
- čerpací zařízení,
- řídicí doplňovací jednotky,
- hladinové senzory,
- tvarovky na uklidnění přítoku,
- přívodní odběrné a odpadní potrubí.

Volba příslušenství je také závislá na funkci, kterou bude upravená užitková voda plnit. V případě že bude dešťová voda sloužit i k praní prádla, volí se nádrž podzemní, aby bylo zabráněno přístupu slunečního svitu, a je také nutné volit speciální filtr. [23]

Princip

Dešťová voda je okapovým systémem sváděna do zemního filtru. Nečistoty se odvádějí do kanalizace nebo k zasakování. Voda zbavená hrubých nečistot se přivádí do nátokového hrdla nádrže, které je ukončeno uklidňovacím prvkem. Tento prvek zabraňuje víření sedimentu na dně nádrže. V případě, že je nádrž přeplněna, odtéká nadbytečná voda přepadem přes zpětnou klapku do kanalizace. Odběr vody z nádrže je zajištěn sací soupravou, která odebírá čistou vodu z horní části nádrže. Toto zařízení je součástí automatické doplňovací jednotky (vodárny). Tato vodárna má vlastní řídicí jednotku, která v případě nedostatku vody ve venkovní nádrži přepne na odběr pitné vody z vodovodního řadu. V systému není, ani nesmí být přímé propojení mezi rozvodem užitkové dešťové vody a pitné vody. Příklad systému využití dešťové vody v domě je znázorněn na obrázku (Obr. 8). [22]

Nádrže

Zásobník volíme buď nadzemní, nebo podzemní. Jeho velikost se obvykle určuje podle střešní sběrné plochy nebo podle předpokládané spotřeby objektu (volí se menší hodnota). Nádrže bývají nejčastěji z plastu, betonu, sklolaminátu nebo oceli. Pokud je to možné, jeví se jako nejvhodnější monolitické betonové nádrže. Tyto nádrže se budují obdobně jako studny z betonových skruží. Další možností je přímé vybetonování nádrže libovolné veli-

kosti i tvaru. Velkou výhodou betonových nádrží je přirozená neutralizace kyselých vod. V plastových nádržích se neutralizace provádí přírodním vápencem.

Čerpací zařízení

K samotnému čerpání vody je využíváno ponorné čerpadlo s plovákovým spínačem. Ponorné čerpadlo je vhodné použít například pro systémy zalévání zahrad.

Další možností je sací čerpadlo. Takové čerpadlo je umístěno mimo nádrž a je k němu vedeno sací potrubí se sacím košem a zpětnou klapkou.

Na všechna čerpací zařízení se osazuje sací koš. Jeho nevýhoda spočívá v možném nasátí drobných nečistot usazených na dně nádrže. Proto se čerpací zařízení umísťují vždy minimálně 15 cm nad dno nádrže, aby nevířila sedimentované částice. [23]



Obr. 8: Příklad systému na využití dešťové vody, včetně domovních rozvodů [22]

8 SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Tyto systémy zajišťují tvorbu vnitřního prostředí a pohody uživatele. Jedná se především o prvky vytápění, větrání a klimatizace. Vzhledem k tomu, že v hodnoceném objektu nebude využito strojové chlazení ani řízené větrání, zaměřuje se tato kapitola především na systémy vytápění.

8.1 Vytápění

Vytápění prostoru udržuje vnitřní teplotu a úroveň tepelné pohody.

Rozdělujeme následující druhy vytápění:

- místní vytápění – zdroj tepla je přímo v místnosti;
- etážové vytápění – vytápění jednoho poschodí – systém v jedné rovině;
- ústřední vytápění – zdroj tepla je umístěn mimo vytápěné prostory v budově;
- dálkové vytápění – zdroj tepla se nachází mimo vytápěnou budovu;
- centralizované zásobování teplem – teplo se nevyužívá pouze pro vytápění ale také pro ohřev TV.

Místní vytápění

Jedná se o kamna na tuhá paliva, plynová topidla nebo elektrické konvektory v jednotlivých místnostech bytu. Tyto zdroje tepla dále rozlišujeme podle způsobu přenosu tepla na konvektivní a sálavé

Ústřední vytápění

Využívá se hlavně v bytových domech a větších objektech a všude tam, kde by umístění lokálního topidla do každé místnosti bylo nevýhodné.

Klasické ústřední topení – přenos tepla mezi kotlem a radiátory zajišťuje cirkulující voda.

Nízkoteplotní vytápění – stěnové nebo podlahové vytápění. Protože je využita velká plocha, může být teplota topného média nižší. To je výhodné například pro využití tepelného čerpadla nebo solárních soustav.

Teplovzdušné vytápění – v ČR málo rozšířené, využívané v domech s rekuperačním větráním.

8.1.1 Zabezpečovací zařízení teplovodních otopných soustav

Norma ČS 06 0830 udává, že každý zdroj tepla v otopné soustavě musí být vybaven pojistným a expanzním zařízením.

Zařízení musí být schopno odvést ze zdroje pojistný výkon Q_p , v kW. Ten je dán pro výměníky vztahem:

$$Q_p = 2 \cdot Q_n \quad (34)$$

a pro ostatní zdroje vztahem:

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

kde Q_n je jmenovitý výkon zdroje tepla, v kW.

Pojistný průtok m_p , v kg/h je pro vodu dán vztahem:

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

Norma ČSN 13 4309 určuje vztah pro výpočet průřezu sedla pojistného zařízení (ventilu) S_o , v mm². Pro vodu platí:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \sqrt{p_{ot}}} \quad (37)$$

kde α_v je výtokový součinitel pojistného ventilu;

p_{ot} otevírací přetlak pojistného ventilu, v kPa.

Důležitým parametrem je také vnitřní průměr pojistného potrubí d_v , v mm, který je pro vodu definován vztahem:

$$d_v = 10 + 0,6\sqrt{Q_p} \quad (38)$$

Expanzní zařízení

Objem expanzního zařízení (expanzní nádoby, EN) V_e , v m^3 se určuje jako 1,3 násobek zvětšení objemu vody v otopné soustavě při ohřátí z $10\text{ }^\circ\text{C}$ na návrhovou teplotu. Výpočet se provádí podle vztahu:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} \quad (39)$$

kde V_o je objem studené vody v celé soustavě, v m^3

n součinitel zvětšení objemu

η stupeň využití EN, podle vztahu:

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} \quad (40)$$

kde $p_{h,dov,A}$ je nejvyšší povolený absolutní tlak, v kPa;

$p_{d,A}$ nejnižší provozní absolutní tlak, v kPa.

$$p_{d,A} = 1,1 \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B \quad (41)$$

kde h je výška od manometrické roviny, v m.

Po výpočtu minimálního potřebného objemu EN vybíráme nejbližší vyšší hodnotu objemu nádoby.

Veškeré výpočty jsou definované i pro parní otopné soustavy. Ty ale nejsou předmětem této práce.

Manometrická rovina je vodorovná rovina, ke které se vztahují údaje o přetlaku v otopné soustavě. Do této roviny se umisťují všechny manometry. Volí se zpravidla v úrovni 1,5 nad zemí.

Směšovací a regulační armatury

Průtokový součinitel:

$$K_{vs} = \dot{V} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p_v}} \quad (42)$$

kde V je objemový průtok armaturou, v m^3/h ;

ρ hustota vody, v kg/m^3 ;

Δp_0 tlaková ztráta 100 kPa;

Δp_v tlaková ztráta ventilu, v kPa.

Autorita armatury

Jedná se o poměrnou tlakovou ztrátu armatury. Poměr dispozičního tlaku v armatuře při plném průtoku a jejím plném otevření k dispozičnímu tlaku při nulovém průtoku a úplném uzavření. Platí, že čím vyšší je autorita, tím lepší je regulační schopnost armatury. V praxi se užívá rozsah $P_v = 0,3$ až $0,5$. Autoritu určujeme vztahem:

$$P_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v0}} \quad (43)$$

kde Δp_{v100} je tlaková ztráta ventilu při plném otevření, v Pa;

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

8.1.2 Zdroje energie na vytápění

Elektřina

Nejsnáze přeměnitelná na tepelnou energii. Je jednoduše regulovatelná, neprodukuje spaliny a je snadno dostupná. Zároveň se jedná o nejdražší zdroj energie, protože její výroba je náročná.

Tepelná čerpadla

Jsou formou elektrického vytápění, protože pro pohon tepelných čerpadel jsou používány elektromotory. Princip TČ spočívá v odebírání tepla okolnímu prostředí a předávání do topného systému. Hlavní typy tepelných čerpadel jsou vzduch/voda, voda/voda, země/voda.

Zemní plyn

Zemní plyn je velmi rozšířený a síť vedení ZP lze poměrně snadno rozšířit. Lze dobře regulovat výkon topidel. Důležité je odvádět spaliny a vyvarovat se zhasnutí plamene.

Kapalná paliva

Jde o vytápění například zkapalněným propanem nebo lehkým topným olejem. Cena je mírně vyšší než u plynu a je potřeba mít zásobník paliva.

Uhlí

Kdysi se jednalo o nejrozšířenější palivo. Používaná zařízení ale mají malou účinnost a s tímto druhem vytápění je spojen i nižší komfort obsluhy. Nedokonalé spalování způsobuje znečištění vzduchu karcinogenními látkami. I z těchto důvodů se od topení uhlím ustupuje.

Dálkově dodávané teplo

Tento způsob vytápění se využívá především v hustě osídlených oblastech. Jedná se o kotelný na uhlí, dřevo, štěpku nebo bioplynové stanice.

Biomasa

Jedná se obnovitelný zdroj energie. Nejčastěji se zpracovává dřevo (např. na pelety). U kusového dřeva je důležitá předchozí úprava – je potřeba snížit množství vody a získat tak dobrou výhřevnost. Pelety se vyrábějí lisováním do briket velmi malých rozměrů



Obr. 9: Roční náklady na topení vybranými druhy paliv

8.2 Teplovodní vytápění krbovou vložkou

Krb je souhrnné označení pro zařízení, které udržuje oheň uvnitř objektu. Krbová vložka je zařízení vybudované v blízkosti komína, obestavěné akumulacním nebo běžným zdícím materiálem.

Rozdělení dle materiálu

- litinové – výborná akumulace, vysoká hmotnost, koroze na povrchu, praskání, šroubování dílů;
- ocelové – možnost svařování dílů, dobrá těsnost, náchylné ke korozi;
- kombinované.

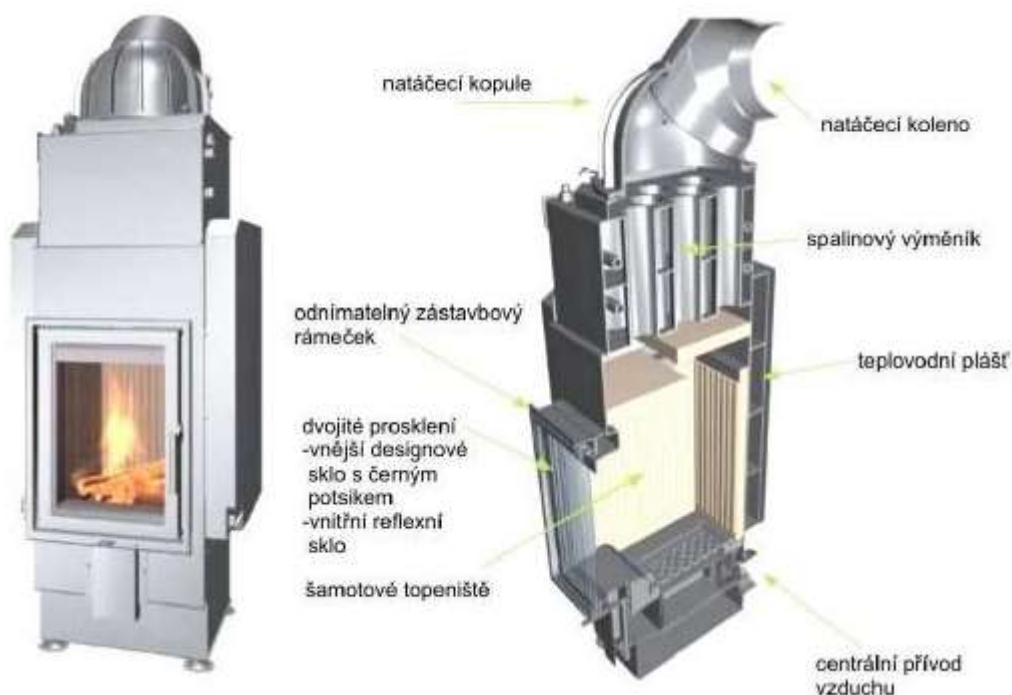
Rozdělení podle konstrukce

- akumulacní – princip sbírání tepla ve speciální obestavbě např. ze šamotu, přenos tepla radiací z naakumulovaných částí;
- jednoplášťové – předává teplo sklem a ohřevem vzduchu, akumulace tepla do obestavby;
- dvouplášťové – možnost napojení rozvodů vzduchu do jiných místností v oblasti mezi pláští.

Teplovodní krbové vložky

Tento typ krbu odvádí vytvořené teplo pomocí vody jako teponosného média. Teplo se šíří především konvekcí a radiací. Teplo je dál šířené vodou do otopných těles v objektu. Důležitým parametrem je konstrukce teplosměnné plochy, tedy výměníku:

- výměník v plášti – odvádí teplo z povrchu pláště, velmi ovlivňuje předání tepla do vody, předání do okolí je vedlejší;
- výměník spalínový – umístěný ve spalínovém tahu, odebírá maximálně 1/3 celkového tepelného výkonu;
- kombinovaný výměník – zisk tepla z pláště i ze spalin, důkladná izolace, vysoký tepelný zisk až 80 % z celkového výkonu krbu použitelný pro otopnou soustavu.



Obr. 10: Teplovodní krbová vložka Romotop [14]

Výhodou teplovodních vložek je možnost napojení na otopnou soustavu, která je potom dobře regulovatelná. Další výhodou je také možnost akumulace zbytkového tepla a jeho využití, v případech kdy se v krbu netopí.

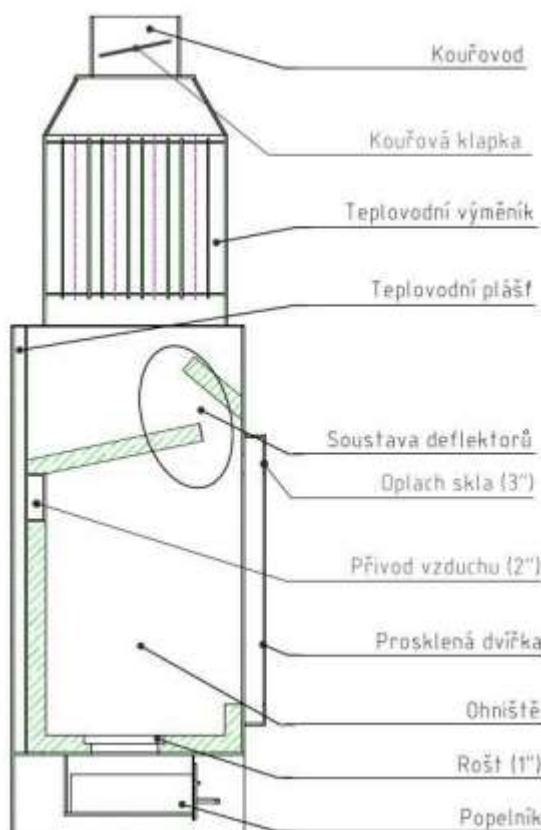
Nevýhodou je vyšší cena krbových vložek a nutnost dokoupení dalších zařízení, například akumulační nádoby.

Popis teplovodní krbové vložky

Krbové vložky se skládají z následujících základních částí:

- popelník – pod ohništěm zachytává popel;
- rošt – nachází se na dně spalovacího prostoru, přikládá se na něj dřevo, slouží k přívodu vzduchu;
- ohniště – zde probíhá proces spalování, důležité jsou jeho rozměry, má většinou žáruvzdornou vyzdívku, který chrání před extrémně vysokými teplotami;
- dvířka – prosklená, existují různé typy prosklení – rohové, panoramatické, boční; u teplovodních vložek bývají dvířka dvojitá – snižuje se tak záření tepla do okolí;
- soustava deflektorů – prodloužení cesty spalin umožňuje lepší dohoření a udržení konstantní teploty v ohništi;
- teplovodní plášť – stěny krbu, v meziprostoru cirkuluje teplotnosné médium;

- teplovodní výměník – dochlazují se zde spaliny, zvyšuje se množství tepla předané do vody;
- kouřová klapka – reguluje tah komína, případně komín zcela uzavře v případě, že se v krbu netopí;
- kouřovod – slouží pro odvod spalin z krbu do komína. [14]



Obr. 11: Popis teplovodní krbové vložky [14]

8.3 Příprava teplé vody

Teplá voda je zdravotně nezávadná voda, která je v kvalitě určené pro lidskou potřebu. Teplá voda není určena k pití a vaření. Používá se k mytí, koupání, umývání a praní.

Teplou vodu je možno připravit lokálně (odběrné místo je vybaveno vlastní ohřívací jednotkou), centrálně (zdroj tepla zásobuje několik odběratelů) nebo ústředně (jeden zdroj pro celou budovu).

Dobře upravená voda určená pro ohřev musí splňovat několik požadavků:

- hmotnostní koncentrace fosforečnanů maximálně 6,7 mg/l;
- hodnota pH při teplotě 20 °C maximálně 8,8;

- minimální kyselinová neutralizační kapacita 4,5.

Návrh projektování zařízení pro ohřev teplé užitkové vody je prováděn dle normy ČSN 06 0320. Výsledky zjištěné výpočtem podle normy se odlišují od dlouhodobých měření prováděných v bytových i rodinných domech.

Výpočet zahrnuje tři hlavní složky podle využití TV v objektu na:

- V_o mytí osob;
- V_j mytí nádobí;
- V_u úklid.

Spotřeba teplé vody se uvádí za zvolenou periodu, kterou je nejčastěji jeden den (24 hodin). Celková spotřeba teplé vody se určí podle vztahu:

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

Určení potřeby teplé vody na mytí osob V_o je poměrně náročné a závisí na individuálních potřebách a chování spotřebitele. Norma ČSN 06 3020 uvádí hodnoty poměrně nadsazené. Například pro bytové domy doporučuje počítat s celkovou spotřebou TV na člověka $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osoba na den}$. Dlouhodobé výzkumy ale ukazují, že reálná spotřeba se pohybuje mezi 0,04 a 0,05 $\text{m}^3/\text{osoba na den}$.

Dále se výpočtem stanovuje potřeba tepla odebraného z ohřívače TV. Výpočet zahrnuje teoretické teplo odebrané z ohřívače a teplo ztracené při distribuci, tedy tepelné ztráty. Výpočet provádíme podle následujícího vzorce:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = (1 + z) \cdot Q_{2t} = \frac{(1 + z) \cdot V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \quad (45)$$

kde Q_{2p} je teplo odebrané z ohřívače TV, v kWh/den;

Q_{2t} teoretické teplo odebrané z ohřívače TV, v kWh/den;

Q_{2z} teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV, v kWh/den;

z poměrná ztráta při ohřevu TV;

V_{2p} celková potřeba teplé vody, v m^3/den ;

ρ hustota vody při střední teplotě zásobníku, v kg/m^3 ;

- c měrná tepelná kapacita, v J/kgK;
- t_1 teplota studené vody (předpokládá se cca 10°C), ve °C;
- t_2 teplota teplé vody (cca 55°C), ve °C.

Ze získaných hodnot se vytváří křivka odběru a dodávky tepla časové periody, pomocí které se navrhuje velikost nádrže na TV. Pro sestavení křivek je důležité znát časově rozložení odběru vody během časové periody. V případě bytových domů norma uvádí následující harmonogram:

od 5:00 do 17: 00 35% z celkového množství TV;

od 17:00 do 20:00 50% z celkového množství TV;

od 20:00 do 24:00 15% z celkového množství.

Toto rozložení se ale vždy výrazně liší v závislosti na typu a účelu budovy.

Objem zásobníku TV se stanoví z maximálního rozdílu mezi křivkou dodávky tepla a křivkou odběru tepla. Určí se z následujícího vztahu:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{\rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad (46)$$

kde V_z je objem zásobníku TV, v m³;

ΔQ_{\max} maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky Q_1 a křivkou odběru tepla Q_2 .

Legionella pneumophila

Jedná se o bakterii, která se rozmnožuje v teplé vodě. Nebezpečná je zejména v případě, že ji člověk vdechne a dostane se do plic. Nejčastěji se tak stává při sprchování. Napití nebo čištění zubů tak velké riziko nepřináší. Bakterie vyvolává nemoc podobnou chřipce, ta ale může být zvláště pro starší a náchylné osoby smrtelná. Legionelly žijí nejčastěji při teplotě 25 – 40 °C. V systémech pro ohřev TV se proto používá takzvaná termická dezinfekce – celý systém je jednorázově ohřátý na 70 °C. Další možností je provoz teplé vody trvale v rozmezí 55 až 60 °C. [18]

8.4 Solární soustava

Hlavními částmi solární soustavy jsou:

- sluneční kolektor,
- solární zásobník pro ohřev TV,
- výměník tepla,
- potrubí,
- teplonosná kapalina,
- armatury,
- zabezpečovací zařízení,
- regulační zařízení.

Pro dimenzování solární soustavy je nutné určit několik dílčích výpočtů.

Výpočet denního množství sluneční energie

$$P_{den} = \frac{P_{rok}}{365} \quad (47)$$

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

Množství energie potřebné pro ohřátí vody na požadovanou teplotu E , v MJ se určí ze vztahu:

$$E = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta \quad (48)$$

kde V je objem zásobníku TV, v m³;

ρ hustota vody, v kg/m³;

C_p měrná tepelná kapacita vody, v kJ/kgK

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

Výpočet plochy slunečních kolektorů

Po převedení množství energie v MJ na množství energie v kWh lze určit potřebnou plochu slunečních kolektorů, v m² podle vztahu:

$$S = \frac{E}{P_{den}} \quad (49)$$

kde E je množství energie potřebné pro ohřátí vody, v MJ;

P_{den} denní množství sluneční energie v konkrétní oblasti, v kWh.

8.5 Větrání

Větráním a výměnou vzduchu se upravuje čistota ovzduší a jeho tepelný a vlhkostní stav. Ovzduší je zatěžováno produkcí škodlivin, vlhkosti ve vnitřním prostředí ale i ziskem škodlivin z venkovního prostředí.

Větrání zajišťuje přívod čerstvého vzduchu do uzavřených prostorů a odvod vzduchu znehodnoceného škodlivinami. Může se využívat i pro odvod nežádoucího tepla z prostoru.

Proudění vzduchu v prostoru je způsobeno buď nuceně pomocí ventilátorů, nebo přirozeně vlivem různých hustot vzduchu vnějšího a vnitřního. Na základě těchto poznatků se rozlišují větrací systémy nucené a přirozené.

Nucené větrání

Celkové nucené větrání se využívá k rovnoměrnému větrání oblasti pobytu osob nebo jiného prostoru. Jedná se hlavně o prostory, kde jsou nevýrazné zdroje škodlivin rozmístěny rovnoměrně.

Místní přívod vzduchu slouží k lokální úpravě vzduchu. Jedná se o vzduchové clony, vzduchové sprchy a vzduchové oázy. Tato zařízení se nejčastěji zřizují v otevřených komunikačních otvorech budov – vstupní dveře, vrata. Omezuje se tak proudění studeného vzduchu do interiéru v zimním období.

Místní odsávání se zřizuje v ohraničených místech, kde se nacházejí významné zdroje škodlivin nebo nadměrné teplo. Odsávaný vzduch je nahrazován čistým vzduchem, který je v zimním období dohříván.

Přirozené větrání

Celkové přirozené větrání slouží k dlouhodobému odvětrávání halových objektů, které mají výrazné vnitřní tepelné zisky. Tento způsob se označuje jako větrání aerací. Dalším způsobem je větrání infiltrací – přirozené větrání netěsnými spárami oken a dveří. Provětrávání znamená občasné otevírání oken. Spodní částí okna proudí chladnější vzduch a horní částí odchází teplejší vzduch z místnosti.

Místní přirozené odsávání, jinak označované také jako šachtové větrání, slouží k přirozenému odvodu vzduchu z místností. Tímto způsobem je možné odvětrávat zdroje tepla v průmyslu ale také koupelny, kuchyně a WC v bytových domech.

9 ELEKTROINSTALACE

Elektroinstalace v rodinných domech zahrnuje především silnoproudou elektroinstalaci, tedy klasické zásuvkové a světelné okruhy. Nově do této oblasti pronikají i systémy sběrníkové, pracující s bezpečným napětím.

Veškeré elektroinstalační práce v objektech musí být v souladu s obecně platnými předpisy. Musí splňovat vyhlášky a normativní dokumenty. Výrobky, které mohou být v domovní elektroinstalaci využity, určuje Stavební zákon č. 183/2006 Sb.

Nejvýznamnější české technické normy, které upravují instalace v rodinných domech, jsou normy řady ČSN 33 2000.

9.1 Klasická silnoproudá elektroinstalace

Klasická elektroinstalace je určena pro pevné spotřebičové a světelné rozvody. Tato elektroinstalace je tvořena různými logickými celky – ovládání světel, koupelnový okruh atd. Při používání se pouze spíná celý okruh zvoleného spotřebiče. Neposílají se žádné informace prostřednictvím sběrnice.

Veškeré dodatečné změny v takovém typu instalace přinášejí vyšší náklady, mnohdy náročné stavební úpravy a nepřehlednost zařízení. Každý spotřebič má samostatné vedení a každý řídicí systém má samostatnou síť.

Výhodou klasické elektroinstalace je použití v jednoduchých projektech. Pokud se jedná o malý rodinný dům s několika světlenými okruhy, je tento typ ideální pro použití. Další výhodou je finanční nenáročnost tohoto typu zařízení. Existuje velké množství dodavatelů a firem, které jsou schopny elektroinstalaci kvalitně zpracovat.

Nevýhodou je klasická elektroinstalace v případě náročných projektů. Složitá vedení a velké množství materiálu výrazně zvyšuje nákladnost projektu. Problémy také často vznikají při dodatečném připojování prvku či doplnění nových okruhů.

9.2 Inteligentní sběrníková elektroinstalace

Tento druh elektroinstalace slouží k ovládání jednotlivých prvků v budově, ale také k ovládání procesů a technologií. Hlavním cílem je komplexní řešení ovládání jednotlivých technologií a spojení do funkčního celku. Ucelený systém ve své finální podobě může najednou řešit regulaci topení, ovládat žaluzie a zastínění, řídit větrání nebo spouštět a vypínat

závlahový systém. Většinou je součástí komplexního řešení také vizualizace celé technologie.

Sběrníková elektroinstalace je navržena modulárně, tedy jednotliví účastníci jsou vzájemně propojeni sběrníkovým kabelem. Všechny ovládací prvky jsou přivedeny jednoduše na dvojvodičové vedení. Hlavním impulsem pro využívání sběrníkové elektroinstalace jsou dnešní vyšší požadavky na flexibilitu systému a jeho dodatečné úpravy.

Mezi hlavní výhody patří komfort řízení, ovládání a monitorování spotřeby energie. Především u velkých a rozsáhlých projektů je inteligentní elektroinstalace jediným nástrojem pro udržení přehlednosti instalace a pro určité snížení nákladů na energie a materiál. Velkou výhodou je také možnost dodatečného rozšiřování a úprav.

Nevýhody vznikají především po finanční stránce v objektech, které jsou pro tento typ instalace malé nebo jednoduché. V současné době také není tento typ instalace v České republice natolik rozšířený. Proto jsou ceny materiálu i služeb spojených s realizací vyšší než je to u běžné elektroinstalace.

Podle řízení lze sběrníkové systémy rozdělit na:

- centralizované - centrální řídicí a výpočetní jednotka, hrozí výpadek celé sítě;
- decentralizované - prvky mají paměť a mikroprocesory, zpracují úlohy i v případě poruchy napájení na jiných uzlech.

V České republice se projektují nejčastěji systémy iNels, KNX nebo LONworks.

9.2.1 KNX/EIB

Asociace KNX byla založena v roce 1999. Sídli v Bruselu. Vznikla spojením tří bývalých asociací, které podporovaly rozvoj inteligentních systémů v budovách. Jednalo se o asociace BCI (systém Batibus), EIB Association a European Home system Association. V současné době má více než 24 členů z 29 zemí světa.

Jedná se o decentralizovaný systém, kdy každý účastník na sběrnici má svoji vlastní inteligentní jednotku. Umožňuje přenos pomocí TP, IP, RF a PL 110. Sběrníkový kabel TP1 zajišťuje vzájemnou komunikaci mezi prvky a napájení některých přístrojů.

KNX má dva konfigurační režimy. Jednoduchý (E) režim dodává přístroje s nainstalovaným aplikačním programem. Konfigurace je realizována prostřednictvím lokálních tlačítek. Není zapotřebí konfigurační software na PC. V systémovém (S) režimu konfigurace probíhá

há pomocí PC s konfiguračním softwarem ETS. V současné době se používá verze ETS 5. Některé přístroje mohou pro svou konfiguraci vyžadovat instalaci přídatného modulu (plug-in).



Obr. 12: Součásti systému KNX [47]

Použití

Využívá se v průmyslové automatizaci, v bytové výstavě, rodinných domech i účelových stavbách, zajišťuje vyšší bezpečnost a hospodárnost. To jsou dva hlavní důvody rozvoje inteligentních elektroinstalací. K realizaci funkcí vstupů a výstupů, řídicích a obslužných funkcí je zapotřebí množství snímačů, akčních členů, řídicích a regulačních členů.

Druhy sběrníkových přístrojů

Přístroje jsou dostupné v různých provedeních, nejčastěji jsou to instalace v krabicích pod omítku nebo na omítku, dále jako vestavěné přístroje nebo přístroje, které je možné montovat na nosnou lištu.

Rozdělujeme čtyři hlavní skupiny přístrojů:

- systémové přístroje – napájecí zdroje, liniové a oblastní spojky, USB, IP rozhraní;
- snímače – tlakové, teplotní snímače, snímače pohybu, snímače rozbití skla;
- akční členy – ovladače, roletové nebo žaluziové akční členy;
- ostatní – logické moduly, kontrolní panely. [47]

9.2.2 iNels

iNels je sběrníkový centralizovaný systém domácí automatizace a automatizace budov. Jedná se o projekt společnosti ELKO EP s.r.o. sídlící v Holešově u Zlína. Ve svém řešení

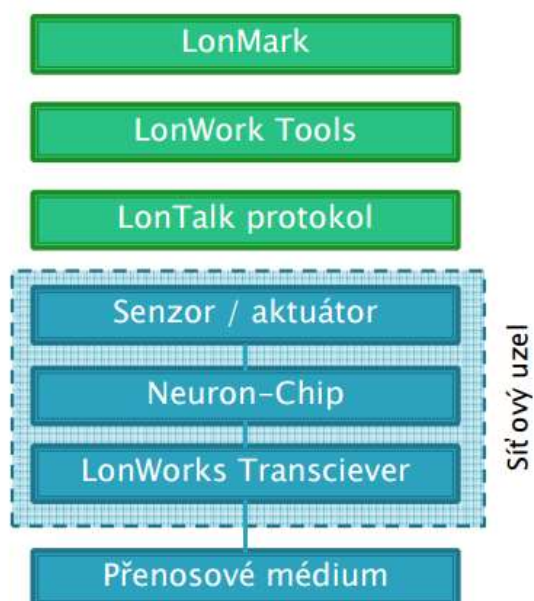
nabízí ovládání světel, regulaci vytápění a klimatizace, ovládání venkovních rolet, zabezpečovací systém a další funkce. Systém lze ovládat pomocí SMS nebo internetu. Využívá dvoudrátovou sběrnici CIB (Common Installation Bus), kterou společně vytvořily firmy Teco a Elko EP, je tedy možné využívat prvky obou výrobců. Systém pracuje na protokolu EPSNET, který si společnost ELKO sama vytvořila a není tedy kompatibilní s konkurenčními systémy.

Již zmíněná česká společnost Teco založila na sběrnici CIB vlastní systém CFox.

9.2.3 LonWorks

LonWorks (Local Operating Network) založeno 1986 je univerzální technologie pro decentralizované systémy řízení s distribuovanou inteligencí. Na vývoji této technologie koopekuje přibližně 160 firem, převážně ze Severní Ameriky, Evropy, Číny a Japonska. Nejvýznamnější oblasti využití jsou automatizace budov, průmyslová automatizace a automatizace domácností.

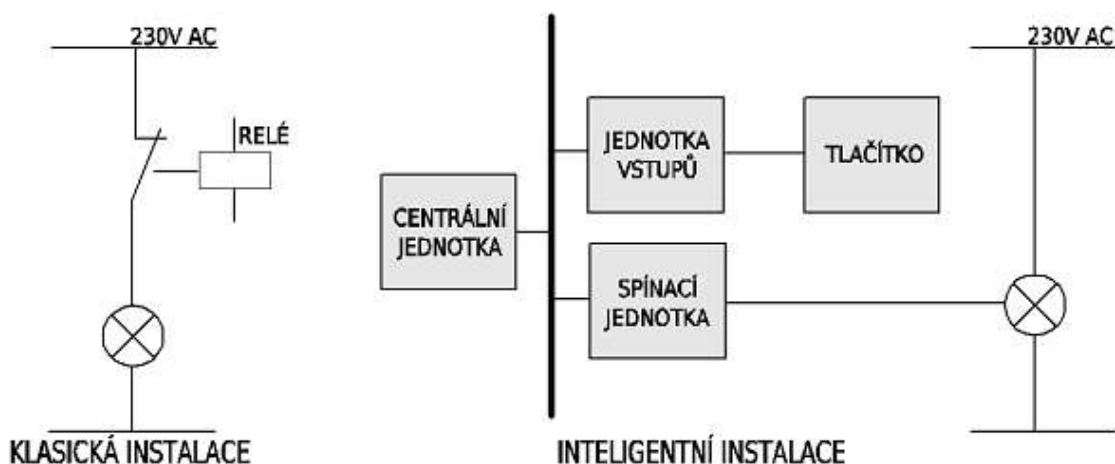
Základní prvky systému jsou LonWorks Tools sada programových nástrojů pro vývoj aplikací jednotlivých síťových uzlů. Pro systémovou integraci se využívá program LonMaker. LonTalk protokol zajišťuje vzájemnou komunikaci mezi uzly sítě. Síťový uzel je autonomní zařízení na síti. Může to být senzor, akční člen nebo kontrolér. Komunikuje s ostatními uzly. Maximální počet uzlů v síti LonWorks je 32 385. [47]



Obr. 13: Základní prvky systému
LonWorks [47]

9.3 Princip

Inteligentní elektroinstalace má proti klasickému řešení komfortnější ovládání přístrojů, implementuje bezpečnostní prvky a opatření (hlásiče požáru, detekce pohybu). Ovládání bývá jednodušší, intuitivní a je možné ho přizpůsobit konkrétní domácnosti. Mohou být také vybaveny centrálními funkcemi, například odchodovým tlačítkem. Takové tlačítko může zajistit například zhasnutí všech světel v domě a odpojení vybraných zásuvek, které jsou používány pro provoz potenciálně nebezpečných spotřebičů. [48]



Obr. 14: Spínání žárovky v klasické a inteligentní elektroinstalaci [48]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 POPIS A PARAMETRY OBJEKTU

Stavba se nachází v katastrálním území Písek jako dílčí část komplexu staveb pro rodinné bydlení. V současné době je stavba využívána pro rodinné bydlení. Stavba není podsklepena. Obytné je přízemí, půdní prostory nejsou využívány.

Tab. 15: Okrajové podmínky lokality

Písek (Jihočeský kraj)	
Nadmořská výška	348 m n.m.
Délka otopného období	247 dní
Průměrná venkovní teplota přes otopné období	3,7°C
Vnější teplota, při které se zahajuje vytápění	13°C
Návrhová venkovní teplota	-15°C

Popis objektu

Jedná se o stavbu z roku 1933. Stavba je bývalým výměnkem. Objekt je přízemní, zděný, obdélníkového půdorysu, situovaný do zahradní části pozemku. Zadní stěnou tvoří hranici pozemku. Dům je součástí komplexu sestávajícího se ze tří budov.

V roce 2001 byla provedena rozsáhlá rekonstrukce. Vlastní návrh rekonstrukce řešil vybudování bytové jednotky pro jednu rodinu velikosti 3+1 ve stávajícím prostoru a v přístavbě pouze v úrovni přízemní části. Podkrovní část objektu nebyla navržena k vybudování dalších obytných místností. Přístavba vyřešila prodloužení stávajícího objektu se shodnou úrovní podlahy přízemí a hřebene pultové střechy.

Objekt je vytápěn teplovodním etážovým topením pomocí kotle na plyn. Příprava TV je zajištěna pomocí nepřímotopného zásobníkového ohřívače.



Obr. 15: Letecký snímek pozemku

Tab. 16: Velikostní údaje zkoumaného objektu

Velikostní údaje	
Zastavěná plocha	133 m ²
Počet podlaží	1
Počet podzemních podlaží	0
Výška hřebene stavby	7,14 m



Obr. 16: Jižní pohled na objekt



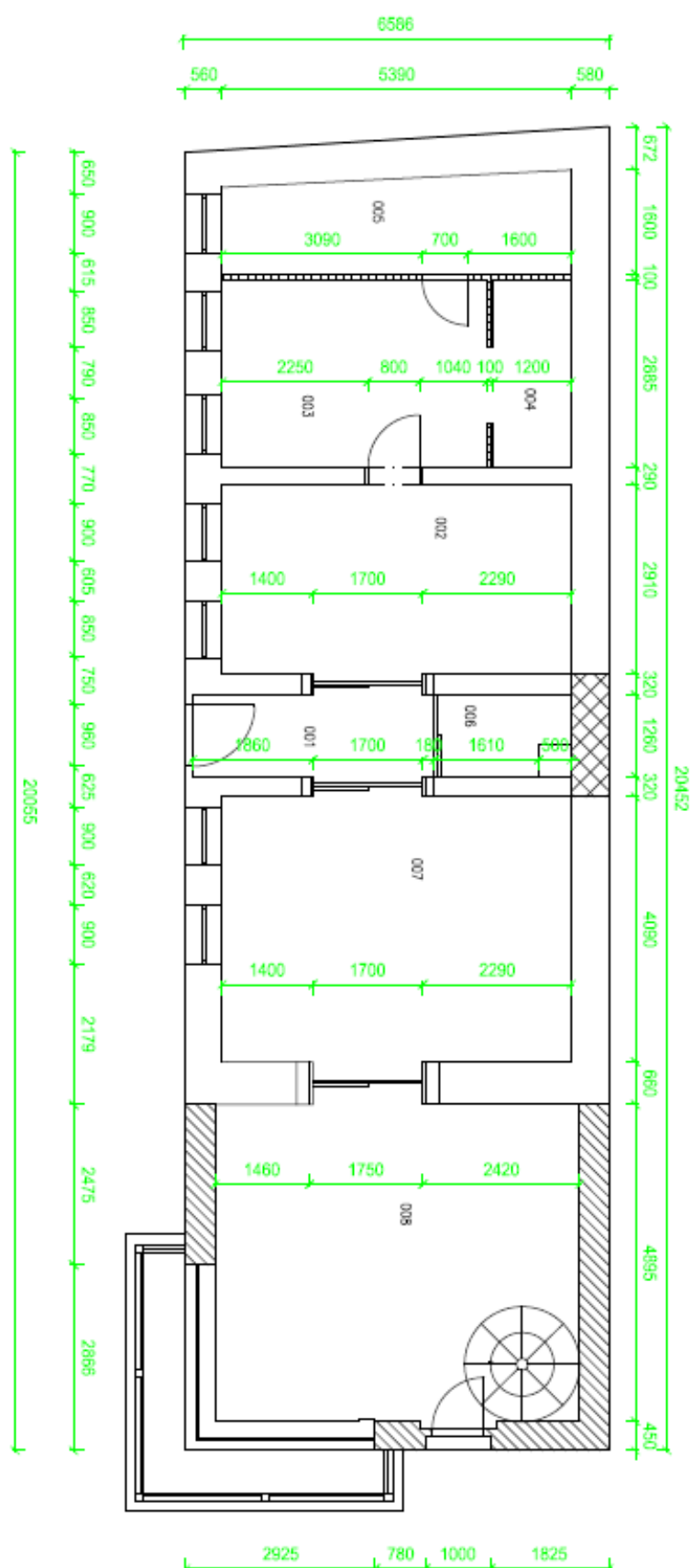
Obr. 17: Východní pohled na objekt

1. Nadzemní podlaží

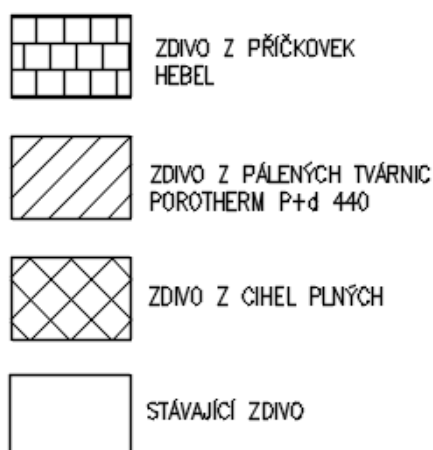
1. nadzemní podlaží (1NP) slouží k obýváním dvěma maximálně třemi osobami. K dispozici je jedna koupelna, kuchyně, ložnice, obývací pokoj a pokoj/pracovna se zimní zahradou a galerií, na které je vstup do neobývaných půdních prostorů.

Tab. 17: Parametry místností

Č. M.	Název místnosti	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Vlhkost [%]	Teplota [°C]	Int. Větrání
001	Předsíň	4,59	11,57	50	15	0,5
002	Kuchyň	15,68	39,51	50	20	1,0
003	Ložnice	11,64	29,33	50	20	0,5
004	Šatna	3,32	8,37	50	20	0,5
005	Koupelna	7,91	19,93	50	24	1,0
006	WC/Tech. místnost	2,53	6,38	50	20	1,0
007	Obytný pokoj	21,74	54,78	50	20	0,5
008	Obytný pokoj II	30,74	138,95	50	20	0,5



Obr. 18: Půdorys přízemí



Obr. 19: Legenda: Stavební materiály

Půda

V současné době není využívána jako obytná. Prostory slouží ke skladování a sušení prádla. V blízké budoucnosti není plánováno jiné využití či rekonstrukce. Přístup do půdních prostorů je po schodech přes galerii v místnosti 008 – Pracovna. Tato místnost je otevřená až po úroveň střechy. Půdní prostory tedy zasahují celou plochu domu kromě místnosti 008.

10.1 Dílčí konstrukce

Stropy a střešní konstrukce

Pultová střecha je tvořena konstrukcí krovu, podstřešní folií Jutoafol D, laťováním a střešní pálenou krytinou. Konstrukce střechy byla zateplena mezi krokve tepelnou izolací Isover síly 120 mm a zespodu byla opatřena parozábranou Difunorm-Vario. Stropní konstrukce valené klenby v ocelových traverzách byla dodatečně zateplena v roce 2010 foukanou izolací Magmarelax IP Polná. V půdním prostoru podlahu tvoří dřevotřískové desky položené na izolaci.

Podlahy

Všechny podlahy v objektu jsou nepodsklepené s kontaktem se zeminou. Podlahy s povrchem keramické dlažby jsou tvořeny štěrkopískovým ložem, podkladním betonem, asfaltovou izolací IPA, polystyrenovými deskami, betonovou mazaninou, samonivelační stěrkou, lepidlem a dlažbou.

V obývacím pokoji, pokoji a ložnici je dřevěná podlaha tvořená štěrkopískovým podsypem, podkladním betonem, asfaltovou izolací IPA, tepelnou izolací, betonovou mazaninou, polštáři z hranolů na pruhu lepenky a klasickou dřevěnou podlahou z hoblovaných prken. Skladba podlahy v koupelně je následující: štěrkopískový podsyp, podkladní beton, svařovaná IPA, 2x polystyrenové desky, izolační a distanční podložka, betonová mazanina, samonivelační stěrka, lepidlo a keramická dlažba.

Okna a dveře

Veškerá okna atypová dřevěná s izolačními dvojskly, dvoukřídlá. Vstupní dveře dřevěné se skleněnou výplní s izolačními dvojskly.

Obvodové zdivo

Obvodové zdivo je původní konstrukce z pálených cihel a kamene. Tloušťka obvodové stěny, která je zároveň hraniční stěnou, je 580 mm. Tloušťka čelní stěny je 560 mm.

Pro odvedení zemní vlhkosti a prosakujících dešťových srážek je po obvodu stavby položena flexibilní drenáž se zaústěním do kanalizačního řádu přes lapač splavenin.

11 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ

Před návrhem změn v konstrukcích je nutné provést tepelně technické hodnocení budovy, zjistit průměrný součinitel prostupu tepla budovy. Podle platné legislativy (novely zákona č.406/2000 Sb. o hospodaření s energií) je nutné před každou rekonstrukcí sestavit průkaz energetické náročnosti budovy, který vychází právě z tepelně technických vlastností stavby.

11.1 Stávající stav

Obvodové zdivo je v aktuálním stavu dvojího typu. Původní zdivo z pálených cihel pojené klasickou vápenocementovou maltou o celkové šířce 560 – 580 mm. Zdivo přístavku, který byl vybudován v roce 2001, je z pórovitých cihel Porotherm 44. Ani jedna stěna domu nebyla dosud nijak zateplována.

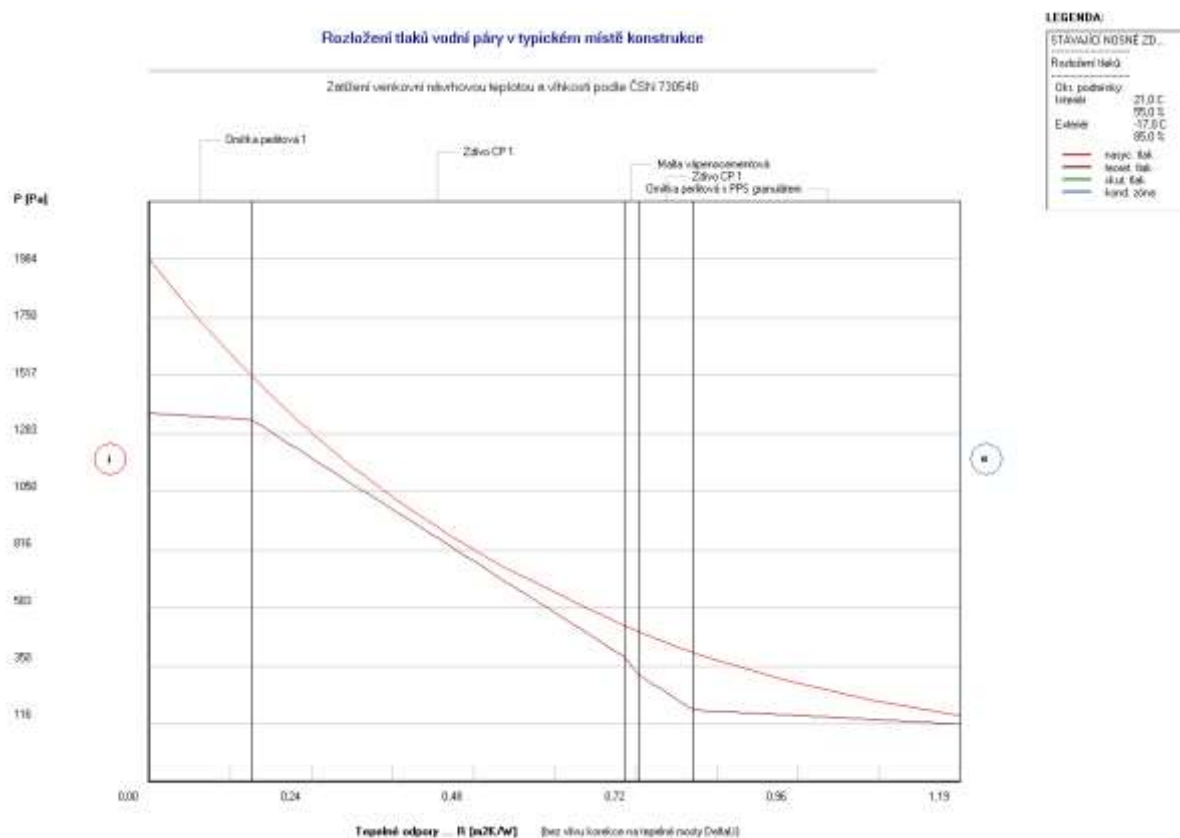
Obvodové zdivo původní

Většina obvodového zdiva je zachována původní. Při rekonstrukci v roce 2001 byly provedeny pouze výkopy drenáží a odvedení vlhkosti od konstrukce.

Tab. 18: Složení obvodového zdiva

Materiál	d[m]	λ [W/mK]
Omítka perlitová	0,015	0,100
Zdivo CP	0,440	0,800
Malta vápenocementová	0,020	0,970
Zdivo CP	0,065	0,800
Omítka perlitová s PPS granulátem	0,020	0,051

Vypočítaný součinitel prostupu tepla obvodové stěny z pálených cihel: $U=0,733 \text{ W/m}^2\text{K}$



Obr. 20: Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci původní stěny

Z grafického vyjádření je patrné, že ve zkoumaném obvodovém zdivu z pálených cihel nedochází ke kondenzaci vodní páry. Zdivo má však poměrně vysokou hodnotu součinitele prostupu tepla. Tato hodnota nebude vyhovovat současným požadavkům normy.

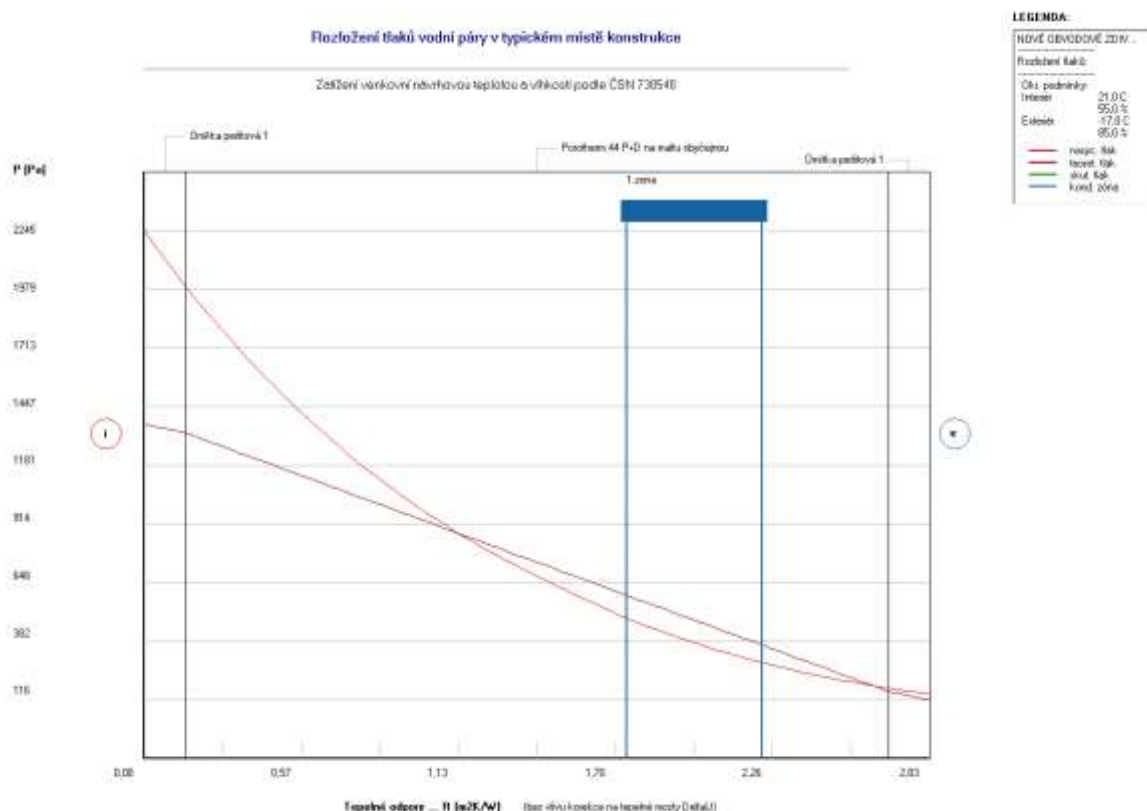
Obvodové zdivo nové

Obvodové zdivo přístavku má následující složení:

Tab. 19: Složení nového obvodového zdiva

Materiál	d [m]	λ [W/mK]
Omítka perlitová	0,015	0,100
Porotherm 44 P+D	0,440	0,175
Omítka perlitová	0,015	0,100

Součinitel prostupu tepla novým zdivem přístavku: $U = 0,333 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Obr. 21 Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci nového zdiva

Zóna kondenzace vodní páry se nachází ve vrstvě Porotherm 44 P+D.

Množství zkondenzované vodní páry za rok M_c : 0,0149 kg/(m²/rok).

Množství vypařitelné vodní páry za rok M_{ev} : 3,4931 kg/(m²/rok).

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než - 10°C.

Požadavky: $M_c < M_{ev}$ a současně $M_c \leq 0,1$ kg/m² za rok - splněno.

Roční bilance vodní páry

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

11.1.1 Součinitelé prostupu tepla v konstrukci – stávající stav

V programu Stavební fyzika, modulu Teplo 2015 byly vypočítány také součinitelé prostupu tepla ostatních významných částí konstrukce. Souhrn všech zjištěných hodnot je uveden v tabulce (Tab. 20).

Tab. 20: Součinitelé prostupu tepla – stávající stav

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla		Splněno
	Vypočteno	Požadováno	
Stávající obvodové zdivo	0,73	0,30	ne
Nové obvodové zdivo	0,33	0,30	ne
Okna	1,20	1,50	ano
Vchodové dveře	1,40	1,70	ano
Stropy pod nevytápěnou půdou	0,11	0,30	ano
Podlaha v kontaktu se zeminou	0,41	0,45	ano
Střecha	0,33	0,24	ne

Průměrný součinitel prostupu tepla

Nejprve určíme plochy jednotlivých konstrukcí a potom vypočítáme měrné ztráty prostupem tepla H_t . na základě získaných hodnot určíme průměrný součinitel prostupu tepla. Ten musí splňovat podmínku $U_{em} \leq U_{em,N}$.

Měrná tepelná ztráta domu před rekonstrukcí:

$$H_T = \sum (A_j U_{j,b_j}) + A \cdot \Delta U_{tb} = 178,45 + 131 \cdot 0,1$$

$$H_T = 191,55$$

Průměrný součinitel prostupu tepla:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{191,55}{131} = 1,46 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Požadovaná hodnota nebo hodnota zjištěná pro referenční budovu

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum U_{Nj} A_j b_j}{A} + 0,02 = \frac{141,93}{131} + 0,02 = 1,10 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Hodnota doporučeného součinitele prostupu tepla:

$$U_{em,N,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} = 0,75 \cdot 1,10 = 0,83 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Vypočítaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro stávající stav nesplňuje podmínku $U_{em} \leq U_{em,N}$, je tedy nevyhovující.

Posouzení objektu podle průměrného součinitele prostupu tepla

Základní parametry domu:

Půdorysná plocha $A = 131 \text{ m}^2$

Celkový vytápěný objem $V=442,69 \text{ m}^3$

Objemový faktor

$$A/V = \frac{131}{442,69} = 0,30 \Rightarrow U_{em,N,20} = 0,30 + \frac{0,15}{A/V} = 0,8 \text{ W(m}^2\text{K)}$$

Tab. 21: Průměrný součinitel prostupu tepla před rekonstrukcí

Konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta tepla	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta tepla
	A [m ²]	U[W/m ² K]	b [-]	Ht [W/K]	A [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	Ht [W/K]
Okna	17,95	1,50	1,00	26,92	17,95	1,20	1,00	21,54
Dveře	3,63	1,70	1,00	6,17	3,63	1,40	1,00	5,08
Obv. zdivo pův.	107,04	0,30	1,00	32,11	107,04	0,73	1,00	78,46
Obv. zdivo nové	50,77	0,30	1,00	15,23	50,77	0,33	1,00	16,91
Stropy	95,73	0,30	0,83	23,84	95,73	0,11	0,83	8,42
Podlaha	130,96	0,45	0,49	28,88	130,96	0,41	0,68	36,07
Střecha	36,61	0,24	1,00	8,79	36,61	0,33	1,00	11,97
Celkem	442,69			141,93	442,69			178,45
Tepelné vazby				8,85				13,10
ΣH_t				150,79				191,55
$U_{em}(\max \leq 0,5)$	$U_{em}=141,93/442,69+0,02$			0,34	$191,55/442,69$			0,43
	$U_{em,rec}=U_{em} \cdot 0,75$			0,26	Nevyhovuje požadované hodnotě			
Klasifikační třída obálky budovy			0,43/0,34	1,27	Třída D - Nevhovující			

Vliv celkových tepelných mostů byl započítán pomocí konstantní přírážky. Tato hodnota náleží dříve běžným netypovým řešením rodinných domů. Největší tepelné ztráty jsou obvodovým zdivem z pevných cihel. Rekonstrukce byla v roce 2001 provedena kvalitně a s přihlédnutím na problematiku tepelných mostů a tepelných ztrát. Nicméně některé hodnoty nevyhovují dnešním požadavkům norem.

Průměrný součinitel prostupu tepla nesplňuje požadovanou hodnotu. Klasifikační třída byla určena pomocí koeficientu Cl :

$$Cl = 0,43/0,34 = 1,27$$

$$1,0 < Cl < 1,5$$

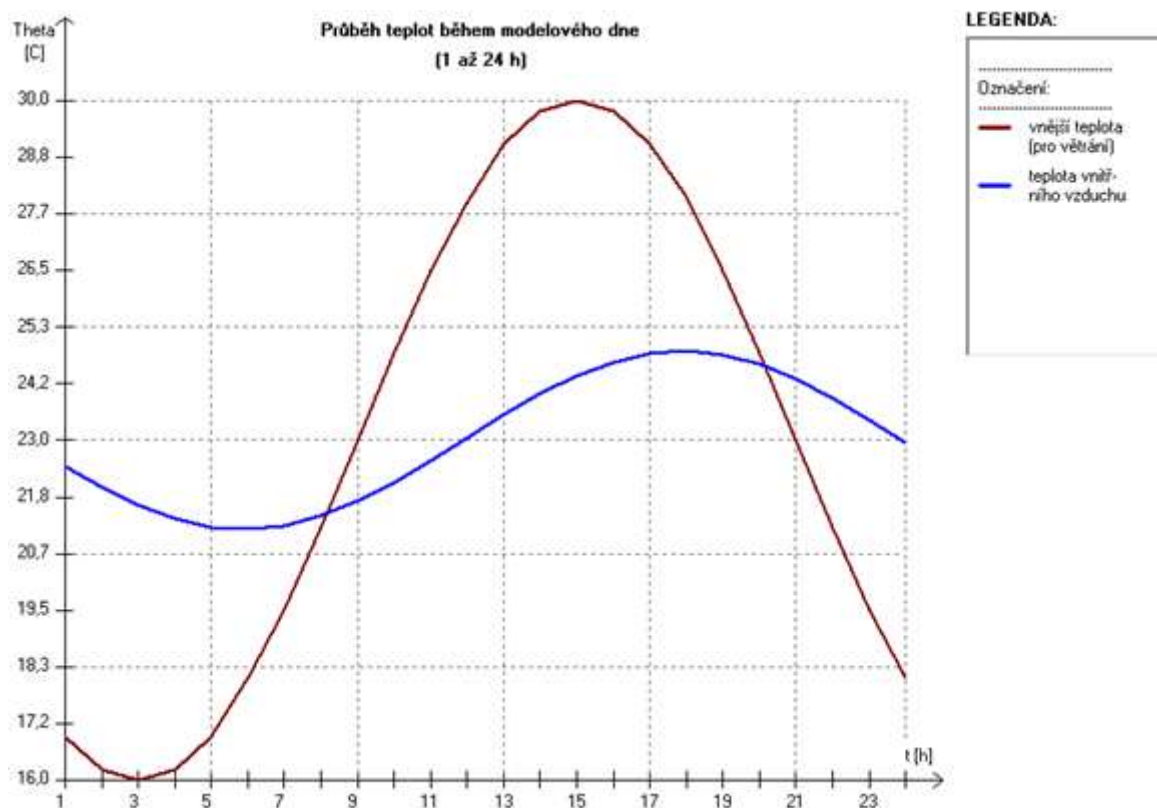
Hodnota $Cl = 1,27$ zařazuje budovu do třídy D – nevyhovující (Tab. 21).

11.1.2 Tepelná stabilita

Tepelná stabilita se vyhodnocuje pro zimní a letní období. V případě zimního období je hlavním vyhodnocovacím faktorem dovolený pokles teploty při odstávce vytápění. V hodnoceném objektu je ale navrženo vytápění nepřerušované, proto stabilita v zimním období nebude zkoumána.

V letním období je stabilita dána vzestupem denní teploty. Pro určení hodnoty je dle normy ČSN 730540-2 se používá výpočet pro 21. srpen. Norma určuje, že maximální teplota v obytných nevýrobních místnostech je 27°C. Všechna okna objektu jsou situována na východ, dům je dobře zastíněn okolní zástavbou a zelení. Riziková se zdála být obytná místnost 008 – je z velké části prosklená a tato okna směřují na severovýchod.

Byl proveden výpočet v programu Teplo 2014, modulu Simulace. Po zadání výchozích parametrů a jejich vyhodnocení bylo zjištěno, že v místnosti maximální denní teplota v letním období dosahuje 24,64°C. Výsledek je graficky vyjádřen na obrázku (Obr. 22). Významným faktem je, že okna jsou zastíněna zelení a nepůsobí na ně dlouhodobě přímé sluneční záření.



Obr. 22: Hodnocení tepelné stability v letním období

11.1.3 Navrhované úpravy

Podle tepelně-technického posouzení současného stavu budova spadá do nevyhovující kategorie. Následující změny mají přispět ke zlepšení stavu budovy a snížení provozních nákladů.

Stavební úpravy

Zateplení celého obvodového pláště zdiva budovy. Investor připouští, že v případě zajištění dobrých tepelně izolačních vlastností obálky budovy by uvažoval o zateplení stěn z plných cihel i nového zdiva z Porothermu. Důležitým faktorem pro rozhodnutí je také návratnost takové investice.

Systémy techniky prostředí

Využití střechy orientované na jihovýchod pro solární panely. Případné zateplení momentálně nevyužívané a nevytápěné půdy by bylo provedeno dodatečně po rozhodnutí investora. Pro přípravu teplé vody bude nadále využíván kotel na zemní plyn, nově bude ale v této funkci doplněn o solární soustavu. Objekt bude vybaven teplovodní krbovou vložkou s výměníkem, která bude zásobovat teplem otopnou soustavu.

11.2 Po rekonstrukci

V následující kapitole bude provedeno ekonomické zhodnocení zateplení pláště objektu. Dále budou provedeny výpočty a vyhodnocení průměrného součinitele prostupu tepla. Cílem rekonstrukce je snížit náklady na vytápění, zajistit ekologický provoz a získat takové hodnoty tepelně technických výpočtů aby bylo možné budovu zařadit do energetické třídy C – vyhovující.

11.2.1 Zateplení obvodových zdí

Jedná se o téměř 100 let starou budovu, silné stěny z kamene a pálených plných cihel mají dobré akumulární schopnosti. V zimě trvá delší dobu vytopení prostoru, naproti tomu v létě, dům udržuje příjemný chlad. Součinitel prostupu tepla ale nevyhovuje současným požadavkům. Proto bude navrženo zateplení.

Zateplení nové i stávající obvodové zdi bude provedeno deskami z minerální vaty. I když je stavba velmi dobře ošetřena proti vlhkosti, bude použita minerální vata, protože je to pro starší budovu po rekonstrukci vhodnější. Bude využita na celkové zateplení s výjimkou soklových částí stavby, kde se používat nesmí. Minerální vata je také odolnější povětrnost-

ním vlivům a má velmi dlouhou životnost. Bylo tak učiněno i na základě rozhodnutí investora.

Ekonomické zhodnocení

Denostupně pro danou lokalitu a objekt:

$$D = d(\Phi_{is} - \Phi_{es}) = 247 \cdot (20 - 3,7) = 4026,1K / den$$

kde d je počet otopných dní;

θ_{is} průměrná vnitřní výpočtová teplota, v °C;

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

Spotřeba tepla na vytápění Q , v kWh/rok:

$$Q = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot D}{\theta_i - \theta_e} \quad (50)$$

kde ε je opravný součinitel zahrnující provedení a řízení soustavy;

η_o, η_r účinnost regulace soustavy a rozvodu vytápění.

Změna měrné spotřeby tepla Δq , ve Wh/m²:

$$\Delta q = \frac{24 \cdot \Delta U \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot D}{\theta_i - \theta_e} = 24 \cdot \Delta U \cdot D \quad (51)$$

$$\Delta q = 24 \cdot 0,6 \cdot 4026 = 57\,975 \text{ Wh/m}^2$$

Průměrná cena zateplení je 1000 Kč/m², cena plynu 1,8 Kč/kWh. Prostá doba návratnosti investice:

$$T_s = \frac{\text{investice}}{\text{výnos}} = \frac{1000}{57,975 \cdot 1,8} = 9,58 \text{ let} \quad (52)$$

Doba návratnosti je 10 let. Další stavební úpravy a dimenzování technických zařízení bude prováděno na zateplenou budovu dle návrhu. V případě, že by majitel plánoval také využití půdních prostorů, bude provedeno zateplení střechy mezi trámy.

Zateplení deskami z minerální vaty

Byly vybrány fasádní desky Isover TF PROFI s podélným vláknem, vhodné pro rekonstrukce.

Tab. 22: Parametry zateplovacího materiálu

Fasádní deska Isover TF PROFI s podélným vláknem	
Tloušťka	140 mm
Rozměr desek	600x1000 mm
Součinitel tep. vodivosti	0,038 W/mK
Faktor difúzního odporu	1



Obr. 23 Fasádní deska Isover TF Profi

11.2.2 Součinitelé prostupu tepla v konstrukci – po rekonstrukci

Tab. 23: Součinitelé prostupu tepla po rekonstrukci

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla		Splněno
	Vypočteno	Požadováno	
Stávající obvodové zdivo	0,23	0,30	ano
Nové obvodové zdivo	0,22	0,30	ano
Okna	1,20	1,50	ano
Vchodové dveře	1,40	1,70	ano
Stropy pod nevytápěnou půdou	0,11	0,30	ano
Podlaha v kontaktu se zeminou	0,41	0,45	ano
Střecha	0,33	0,24	ne

Průměrný součinitel prostupu tepla

Nejprve stanovíme U_{em} , plochy jednotlivých konstrukcí a měrné ztráty prostupem tepla H_t .

$$H_T = \sum (A_j U_j B_j) + A \cdot \Delta U_{tb} = 114,92 + 131 \cdot 0,1 = 128,02 \text{ W / K}$$

Průměrný součinitel prostupu tepla:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{128,02}{131} = 0,97 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Požadovaná hodnota na základě výpočtů referenční budovy:

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum U_{Nj} A_j b_j}{A} + 0,02 = \frac{141,93}{131} + 0,02 = 1,10 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Doporučená hodnota:

$$U_{em,N,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} = 0,75 \cdot 1,10 = 0,83 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Vypočítaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla splňuje podmínku $U_{em} \leq U_{em,N}$

Posouzení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Tab. 24: Průměrný součinitel prostupu tepla po rekonstrukci

Konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta tepla	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta tepla
	A [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	H _t [W/K]	A [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	H _t [W/K]
Okna	17,95	1,50	1,00	26,92	17,95	1,20	1,00	21,54
Dveře	3,63	1,70	1,00	6,17	3,63	1,40	1,00	5,08
Obvodové zdivo pův.	107,04	0,30	1,00	32,11	107,04	0,23	1,00	24,62
Obvodové zdivo nové	50,77	0,30	1,00	15,23	50,77	0,22	1,00	11,17
Stropy	95,73	0,30	0,83	23,84	95,73	0,11	0,83	8,42
Podlaha na zemině	130,96	0,45	0,49	28,88	130,96	0,41	0,68	36,07
Střecha	36,61	0,24	1,00	8,79	36,61	0,33	1,00	11,97
Celkem	442,69			141,93	442,69			118,87
Tepelné vazby	(442,69 · 0,02)			8,85				8,85
ΣH _t				150,79				127,72
U _{em} (max≤0,5)	U _{em} =141,93/442,69+0,02			0,34	127,72/442,69			0,29
	U _{em,rec} =U _{em} ·0,75			0,26	Vyhovuje požadované hodnotě			
Klasifikační třída obálky budovy			0,29/0,34	0,85	Třída C - Vyhovující			

Po provedení navržené rekonstrukce bude možné objekt zařadit do kategorie C - Vyhovující (Tab. 24).

11.2.3 Tepelné ztráty a tepelný výkon

Výpočty tepelných ztrát se provádějí podle normy ČSN EN 12831. Pro výpočet byl použit software TechCON, který zpracovává 3D pohled na hodnocenou budovu, ale také výpočetní výstupy. Výpočet podle normy byl proveden pro jednu místnost jako vzorový. Bude to místnost 002 - Ložnice, která má ztráty do exteriéru, nevytápěné části interiéru (stropem do podstřešních prostorů).

Měrná tepelná ztráta obvodovými stěnami:

$$H_{T,ie,os} = \sum A_k U_{kc} e_k = 14,94 \cdot (0,23 + 0,05) \cdot 1 = 4,2 \text{ W / K}$$

Měrná tepelná ztráta okny:

$$H_{T,ie,ok} = \sum A_k U_{kc} e_k = 2,34 \cdot (1,2 + 0,4) \cdot 1 = 4,0 \text{ W}$$

Měrná tepelná ztráta nevytápěným prostorem:

$$H_{T,iue} = \sum A_k U_k b_u = 15,68 \cdot 0,11 \cdot \frac{20 - (-6)}{20 - (-15)} = 1,3 \text{ W}$$

Měrná tepelná ztráta z/do vytápěných prostor (okolní prostory mají stejnou nebo vyšší návrhovou teplotu):

$$H_{T,iue} = \sum A_k U_k b_u = 0 \text{ W}$$

Měrná tepelná ztráta zeminou:

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} (\sum A_k U_{equiv,k}) G_W = 1,45 \cdot \frac{20 - 3,7}{20 - (-15)} \cdot 15,68 \cdot 0,24 \cdot 1 = 2,5 \text{ W}$$

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla:

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

$$\Phi_{T,i} = (4,2 + 4,0 + 1,3 + 2,5) \cdot (20 - (-15)) = 419 \text{ W}$$

Návrhová tepelná ztráta větráním:

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

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot 0,5 \cdot 40,57 \cdot (20 - (-15)) = 241 \text{ W}$$

Projektovaný tepelný příkon:

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

$$\Phi_{HL,i} = 419 + 241 + 0 = 660 \text{ W}$$

Nepatrný rozdíl mezi ručním a programovým výpočtem je způsobený zaokrouhlováním. Tepelné ztráty dalších místností a celková tepelná ztráta byla vypočítána pomocí programu TechCON. Výsledky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 25)

Tab. 25: Tepelné ztráty objektu podle programu TechCON

Č.M	účel	$\theta_{int,i}$ [°C]	Φ_T [W]	Φ_V [W]	Φ_{HL} [W]
001	Chodba	15	165	55	220
002	Jídelna s kuchyní	20	423	241	664
003	Ložnice	20	422	241	663
005	Koupelna	24	455	136	591
006	Zádveří	20	62	41	103
007	Obývací pokoj	20	551	341	892
008	Pracovna	20	1713	819	2912
Celkem			3791	1875	6045

12 VYUŽITÍ DEŠŤOVÉ VODY

Objekt disponuje rozsáhlou pultovou střechou se sklonem cca 45°. Střešní krytina je pálená taška, takzvaná „bobrovka“. Takový typ střechy v kombinaci s použitou krytinou se nabízí jako velmi vhodný pro svod dešťové vody.

Základní parametry

Užitná plocha střechy má rozměry na délku 20 metrů a na šířku 6,5 metru. Celková plocha je tedy 130 m². Ve volném prostoru před domem bude zbudována betonová nádrž, která pojme dešťovou vodu ze střechy a bude sloužit primárně k zalévání zahrady. Je ale možné nádrž připravit pro rozvody dešťové vody do domu.

Dlouhodobý srážkový normál v Jihočeském kraji, z rozmezí let 1961 až 1990, je podle dat Českého hydrometeorologického ústavu 659 mm/m².

Tab. 26: Parametry pro výpočet objemu nádrže

Roční úhrn srážek h_N [mm/rok]	659
Užitná plocha střechy A [m ²]	130
Hodnotový součinitel odtoku ψ	0,9
Zavlažovaná plocha A_{BeW} [m ²]	1000
Roční potřeba vody na závlahu BS_a [l/m ²]	80

Užitná plocha střechy:

$$A = a \cdot b = 20 \cdot 6,5 = 130 \text{ m}^2$$

Množství využitelné srážkové vody:

$$Q_d = \Psi \cdot A \cdot H_N = 0,9 \cdot 130 \cdot 659 = 77103 \text{ l / rok}$$

Roční potřeba vody na zavlažování:

$$BW_P = A_{BeW} \cdot BS_a = 1000 \cdot 80 = 80000 \text{ l / rok}$$

Při rozhodování o velikosti nádrže na srážkovou vodu porovnáváme množství vody potřebné na zalévání a roční bilanci srážkových vod. Vybíráme nižší hodnotu. Obecně platí, že 6% ze zvolené hodnoty je dostačující objem nádrže.

Zvolená hodnota pro výpočet je tedy bilance srážkových vod $Q_d = 77\,103 \text{ l/rok}$

$$V = 0,06 \cdot 77103 = 4626,18 \text{ l}$$

Na základě tohoto výpočtu bude vybudována betonová nádrž o objemu 5000 litrů. Tato nádrž bude otevřená a bude sloužit pro závlahu rostlin. Objekt je možné případně doplnit o rozvody dešťové vody a tu pak využívat například na splachování WC.

Rozměry nádrže byly zvoleny na 2 x 2 x 1,3 m.

Stavba nádrže na zadržování dešťové vody s veškerým příslušenstvím bude realizována podle předpokladu v roce 2017, kdy bude požádáno o dotaci z nově vzniklého programu Ministerstva životního prostředí ČR - Modrá úsporám, který podporuje projekty proti suchu a plýtvání pitnou vodou.

Čištění dešťové vody

Pro přívod vody do nádrže je nutné odstranit především pevné části (větve, listy, jehličky), které by mohly způsobit ucpání přívodních potrubí nebo podpořit znečištění dna nádrže. Tyto hrubé nečistoty budou zachycovány filtrační nátokovou šachtou, která bude osazena pod každým okapovým svodem. Filtraci jemnějších částic, které projdou prvotním filtrem, bude provedena pomocí šachtového samočistícího filtru, který bude osazen na potrubí před zaústěním do nádrže. Tento filtr vyčistí až 90 % vody, která vtéká dále do nádrže. Zbylých 10 % vody využívá na očištění filtračních ploch. Tato voda společně s usazeninami odtéká do kanalizace. Hustota síta bývá zpravidla 0,35 mm. Zbylé částice se od vody oddělí přirozenou sedimentací. Čerpání vody z nádrže bude zajištěno ponorným čerpadlem, na které bude připojena zahradní hadice.



Obr. 24: Filtrační nátoková šachta a samočistící šachtový filtr[23]

13 TEPELNÁ SOUSTAVA

Soustava obsahuje dva zdroje tepla. Jedním je kondenzační kotel na zemní plyn a druhým teplovodní krbová vložka. Součástí soustavy bude akumulční nádrž s integrovaným zásobníkem na teplou vodu a přípojkou pro solární systém a elektrické patrony. Otopná soustava bude využívat teplovodního vytápění s běžnými deskovými radiátory.

13.1 Příprava teplé vody

Výpočet bude proveden podle normy ČSN 06 0320. Pro ohřev teplé vody bude využíván kotel na zemní plyn a solární panely. Zásobník na teplou vodu bude dimenzován s určitou rezervou pro 3 osoby.

Hodnoty uváděné v normě ČSN 06 0320 jsou značně nadsazené. Reálné hodnoty mohou vycházet z normy EN 15316-3-1.

potřeba teplé vody podle ČSN 06 0320	82 l/os den
teplo odebrané z ohříváče	4,3 kWh/os den
ztráty vedením	0,1
počet uživatelů domácnosti	maximálně 3

Tab. 27: Harmonogram dodávky TV

Čas	Využití [%]	Teplo [kWh]
Do 4:00	0	0,00
Od 4:00 do 7:00	10	1,29
Od 7:00 do 14:00	30	3,87
Od 14:00 do 19:00	40	5,16
Od 19:00	20	2,58

Teplo odebírané z ohříváče během periody 1 den:

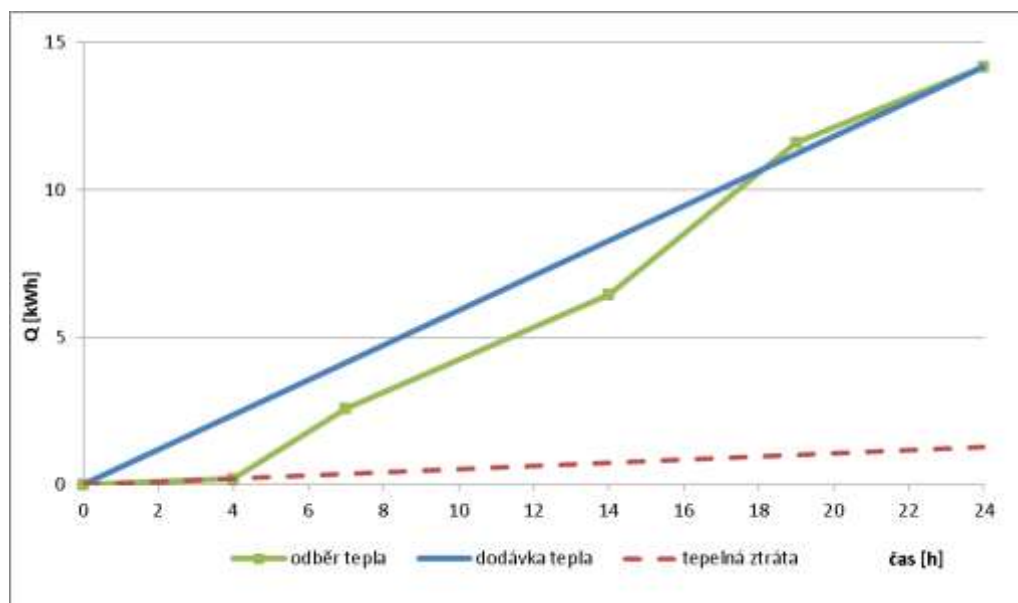
$$Q_{2t} = n \cdot 4,3 = 3 \cdot 4,3 = 12,9 \text{ kWh}$$

Při ohřevu a distribuci se uvažuje tepelná ztráta $z = 10\%$:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 12,9 \cdot 0,1 = 1,29 \text{ kWh}$$

Teplo, které dodá ohříváč během jedné periody (24h) do vody se určí podle vztahu:

$$Q_{1p} = Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 12,9 + 1,29 = 14,19 \text{ kWh}$$



Obr. 25: Křivky dodávek a odběru tepla

Velikost zásobníku se určí poměrem mezi křivkami dodávky a odběru, konkrétně v místě jejich největšího rozdílu. Křivka byla vytvářena s určitou rezervou z důvodu pokrytí náhlých vyšších odběrů teplé vody.

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{1828}{1,163 \cdot (60 - 10)} = 31,43 \text{ litrů}$$

Dále lze spočítat tepelný výkon pro ohřev teplé vody:

$$\phi_{1n} = \frac{Q_{1P}}{\tau} = \frac{14,19}{24} = 591,3 \text{ W}$$

13.2 Otopná soustava

Navrhovaná tepelná soustava obsahuje dva zdroje tepla a to kotel na zemní plyn a teplovodní krbovou vložku. Kotel na zemní plyn bude umístěn v místnosti 005 - Technická místnost. Krbová vložka bude umístěna v místnosti 006 - Obývací pokoj.

Otopná tělesa

Celý objekt bude osazen otopnými tělesy od společnosti Korado. V koupelně je otopné těleso „žebřík“, které lze zapojit do elektřiny v případě, že není vytápěno teplovodně.

Otopná soustava je navržena na teplotní spád 70/60 °C. Otopná tělesa jsou vybraná podle interaktivního katalogu společnosti Korado.

Tab. 28: Otopná tělesa

Místnost	Výrobce	Typ OT	délka [mm]	výška [mm]	výkon [W]
Ložnice	Korado	Radik VK 11	90	50	672
Koupelna	Koralux	Rondo Max	44,5	150	636
Kuchyně	Korado	Radik VK 11	90	50	672
Předsíň	Korado	Radik VK 10	40	90	305
Obývací	Korado	Radik VK 21	90	60	912
Pracovna	Korado	Radik VK 22	110	30	924
	Korado	Radik VK 22	110	30	924
	Korado	Radik VK 22	80	60	1167
Celkem					6212

13.2.1 Parametry otopné soustavy

Pro navrhovanou soustavu byl zvolen teplotní spád 70/60. Tento teplotní spád je poměrně vysoký a netypický pro dnešní nízkoteplotní soustavy. Důvodem je zařazení teplovodní krbové vložky, která pro svůj správný chod potřebuje vyšší teplotu vratné vody.

Tab. 29: Parametry otopné soustavy

teplota přívodní vody	70	°C
teplota vratné vody	60	°C
střední teplota	65	K
rozdíl teplot	10	K
hustota vody	988	kg/m ³
měrná tepelná kapacita	4178	J/kgK
výkon otopných těles v okruhu	6212	W

Stanovení objemového průtoku

$$V = \frac{P}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta} = \frac{6212 \cdot 1000}{988 \cdot 4178 \cdot 10} = 0,15 \text{ l/s} = 0,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

kde P je výkon otopných těles okruhu, ve W;

ρ hustota vody, v kg/m³;

c_p měrná tepelná kapacita vody, v J/kgK;

$\Delta\theta$ rozdíl teplot, v K.

Stanovení průměru potrubí

Pro tento výpočet je nutné znát rychlost proudění vody v potrubí. Dle topenářské příručky vycházíme z doporučených hodnot pro rodinné domy, kde se uvádí rozmezí $w = 0,6$ až $1,0$ m/s.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00015}{\pi \cdot 0,65}} = 0,017 \text{ m}$$

Bude použito potrubí Cu 22x1.

kinematická viskozita, Reynoldsovo kritérium

Pro určení Reynoldsova kritéria je nutné nejprve vypočítat hodnotu kinematické viskozity.

$$\nu = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot \theta_{stř} + 0,000221 \cdot \theta_{stř}^2} = \frac{1,79 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337 \cdot 65 + 0,000221 \cdot 45^2} = 4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,65 \cdot 0,017}{4,34 \cdot 10^{-7}} \cong 25720$$

Jelikož je hodnota Re vyšší než 4000, jedná se o turbulentní proudění. Součinitel tření se tedy vypočítá podle následujícího vztahu [45]:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{25720}} = 0,025$$

Tlakové ztráty třením

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 0,025 \cdot \frac{59}{0,017} \cdot \frac{0,65^2}{2} \cdot 988 = 17735 \text{ Pa}$$

Tlakové ztráty vřazenými odpory

Hodnota, která se doporučuje pro členité okruhy, je přibližně 50 % ztráty. Posuzovaný okruh není příliš členitý, proto volíme hodnotu 40 %.

$$\Delta p_{\xi} = 0,4 \cdot \Delta p_{\lambda} = 0,4 \cdot 17735 = 7094 \text{ Pa}$$

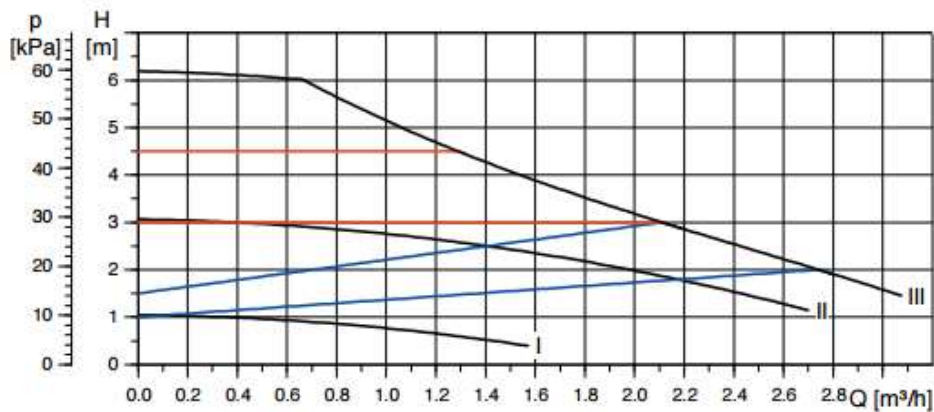
Celková tlaková ztráta

$$\Delta p_c = \Delta p_{\xi} + \Delta p_{\lambda} = 17735 + 7094 = 24830 \text{ Pa}$$

Tlaková ztráta třicestného ventilu

$$\Delta p_v = p_a \cdot \Delta p_c = 0,5 \cdot 24830 = 12415 \text{ Pa}$$

Bylo zvoleno čerpadlo Grundfos ALPHA2 L 25-40 230V PN10 180 mm.



Obr. 26: Charakteristika oběhového čerpadla Grundfos

Výpočet třicestného směšovacího ventilu**Průtokový součinitel**

$$k_v = \frac{V}{\Delta p_v} = \frac{0,71}{\sqrt{0,124}} = 1,54 \text{ m}^3 \text{ h}$$

Jmenovitý průtokový součinitel

$$k_{vs} = (1,1 \div 1,3) \cdot k_v = (1,1 \div 1,3) \cdot 1,54 = 1,69 \div 2,00 \text{ m}^3 \text{ / h}$$

Byl zvolen třicestný směšovací ventil ESBE VRG131, 1,63 m³/h.

Skutečná tlaková ztráta

$$\Delta p_v = \left(\frac{V}{k_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{0,54}{1,63} \right)^2 = 0,11 \text{ bar} = 11 \text{ kPa}$$

Autorita ventilu

$$a_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_c} = \frac{11}{11 + 24,8} = 0,3$$

Pojistný ventil

Kotel na zemní plyn již pojistný ventil obsahuje a jeho pracovní tlak je 3 bar. Solární soustava je otevřená a pojistný ventil nepotřebuje. Toto zařízení tedy zbývá navrhnout pro teplovodní krbovou vložku.

Byl vybrán pojistný ventil IVAR PV KB. Tento ventil má otevírací tlak 6 až 10 bar, výtokový součinitel 0,444. Nominální výkon zdroje je 7 kW.

Pojistný výkon pro skupinu A2 (výměníky tepla):

$$Q_p = 2 \cdot Q_N = 2 \cdot 7 = 14 \text{ kW}$$

Minimální průřez sedla pojistného ventilu:

$$S_o = \frac{Q_n \cdot 2}{\alpha_v \sqrt{p_{ot}}} = \frac{7 \cdot 2}{0,444 \sqrt{600}} = 1,3 \text{ mm}^2$$

Vnitřní průměr pojistného potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \sqrt{14} = 12,2 \text{ mm}$$

Zvolený pojistný ventil má vnitřní průměr 15 mm. Skutečný průřez sedla ventilu je 113 mm². Stejný průměr bude mít i expanzní potrubí pro výkon stejného zdroje tepla. [46]

Expanzní nádoba

Výpočet vychází ze vztahu:

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta}$$

Nejnižší provozní absolutní tlak:

$$p_d = 1,1 \cdot \frac{h \cdot \rho \cdot g}{1000} = 10,65$$

Je nutné určit stupeň využití EN:

$$\eta = \frac{P_{h,dov,abs} - P_{d,dov,abs}}{P_{h,dov,abs}} = \frac{700 - 110,65}{700} = 0,842$$

Objem expanzní nádoby:

$$V_{EN} = \frac{1,3 \cdot V_s \cdot n}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 84 \cdot 0,02243}{0,842} = 2,91 \text{ l}$$

Teplovodní krbová vložka obsahuje také dochlazovací smyčku. Toto bezpečnostní zařízení zabraňuje přetopení a následnému poškození otopné soustavy. Je zapojena do vodovodu a přebytečná horká voda je odváděna do odpadu a dochází ke zchlazení výměníku. Použití takového zařízení je povinné pro všechny kotle na tuhá paliva dle vládního nařízení č. 182/1999 Sb. a normy ČSN EN 303-5.

Akumulační nádrž

Nejjednodušší výpočet objemu akumulční nádrže lze určit z výkonu topného tělesa, které je hlavním zdrojem topného systému. Budeme tedy volit nominální výkon krbové vložky 7 kW. Obecně platí, že na 1 kW výkonu topného tělesa připadá 50 litrů v akumulční nádrži. Základní odhad pro navrhovanou otopnou soustavu je tedy 350 litrů.

Byla zvolena akumulční nádrž Regulus 600/200 PR s vnořeným zásobníkem teplé vody (Obr. 27). Nádrž je vybavena solárním výměníkem, který umožňuje využít solární systém pro přípravu teplé vody a také pro přitápění. Jako hlavní zdroj tepla může být použito tepelné čerpadlo, krbová vložka, plynový či jiný kotel a jejich kombinace. Do nádrže lze také nainstalovat 2 elektrická topná tělesa pro vytápění domu a další topné těleso pro přípravu teplé vody pro domácnost. Konkrétně bude využit solární výměník pro přípravu teplé vody. Teplá voda bude připravována také pomocí kotle na zemní plyn v případě, že nebude solární soustava v provozu. Topná voda se v nádrži bude ohřívat krbovou vložkou nebo kotlem na zemní plyn.

Velikost zásobníku teplé vody je 190 litrů. Celkový objem nádrže je 534 litrů. Nádrž má vlastní pojistné zařízení. Zvlášť se pořizuje izolace Regulus DUO 600/200 s koženkovým povrchem, která zabraňuje tepelným únikům z nádrže. Dodává se včetně izolace nad a pod nádrž. Průměr stojící nádrže je 650 mm. Průměr s izolací je 850 mm. Celková výška nádrže je 1 935 mm.

Tab. 30: Parametry akumulční nádrže

Akumulační nádrž se zásobníkem DUO 600/200	
Celkový objem [l]	552
Max. provozní teplota v nádrži a zásobníku [°C]	95
Max. provozní tlak v nádrži [bar]	3
Max. provozní tlak v zásobníku [bar]	6
Hmotnost [kg]	107



Obr. 27: Akumulační nádrž Regulus

13.3 Solární systém

Příprava teplé vody prostřednictvím solárních kolektorů bude využívána primárně při vhodných podmínkách. Dalším zdrojem je kotel na zemní plyn. Hlavními faktory pro dimenzování sluneční soustavy je orientace střechy, světelné podmínky a lokalita. Podle mapy slunečního záření v ČR byla určena hodnota 1040 kWh/m^2 za rok, to přibližně $2,8 \text{ kWh/m}^2$ za den.

Plocha slunečních kolektorů se vypočítá pro objem potřebné vody. Ten bude 200 litrů. Obecně se počítá pro solární systém průměrná spotřeba 50 l/os/den. je ale dobré hodnotu mírně nadhodnotit pro nenadálé odběry teplé vody. Objekt je dimenzován pro maximálně 3 osoby. Denní spotřeba bude tedy 150 l. V již zvolené kombinované akumulaci nádrži je zásobník na teplou vodu o objemu 190 l.

Výpočet denního množství sluneční energie:

$$P_{den} = \frac{P_{rok}}{365} = \frac{1040}{365} = 2,8 \text{ kWh/m}^2$$

Vstupní teplota vody do kolektorů je 10 °C. Výstupní teplota je 60 °C. Množství energie:

$$E = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta = 0,2 \cdot 988 \cdot 4178 \cdot (60 - 10) = 41,28 \text{ MJ}$$

$$E = \frac{41,28}{3,6} = 11,46 \text{ kWh}$$

Z množství potřebné energie pro ohřev a ze zjištěného množství sluneční energie lze vypočítat plochu kolektorů:

$$S = \frac{E}{P_{den}} = \frac{11,46}{2,8} = 4,09 \text{ m}^2$$

Byly zvoleny 2 kusy slunečního kolektoru Regulus KPS1+ ANT, kdy každý má absorpční plochu 1,92 m². Celková absorpční plocha bude tedy 3,84 m². Kolektory budou umístěny na střechu, která je orientována východně a není nijak stíněna. Kolektory budou umístěny pomocí háků na krokev pod hřebenem střechy, servisní přístup bude umožněn přes žebřík na půdě, střešním oknem pro údržbu komína. Sklon kolektorů bude kopírovat sklon střechy 45°. Je důležité, aby sluneční paprsky dopadaly na kolektorovou plochu pokud možno kolmo. Výška slunce nad obzorem se ovšem mění nejen během dne, ale i během roku, proto se jako kompromis volí sklon kolektorů 30 – 45°. Zároveň bude vedeno potřebné potrubí podél komína přímo do přízemí do technické místnosti. Bude tedy zajištěna nejkratší možná vzdálenost mezi kolektory a nádrží.

Tab. 31: Parametry solárního kolektoru

Solární kolektor KPS1+ ANT	
Výška x šířka x tloušťka [mm]	2030 x 1030 x 92
Celková plocha [m ²]	2,09
Plocha apertury [m ²]	1,92
Materiál zasklení	kalené prizmatické sklo
Materiál absorbéru	hliník
Izolace	minerální vlna 40 mm
Hmotnost [kg]	42 (bez kapaliny)
Cena [Kč/ks]	8 490



Obr. 28: Solární kolektor Regulus KPS1+ ANT

Hodnota doporučená výrobcem pro průtok kolektorovým polem o dvou kolektorech vybraného typu zapojených sériově je 240 l/hod, tedy 0,24 m³/h. Připojení stanovuje výrobce měděnou trubkou Cu 15x1.

Rychlost proudění:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot r^2} = \frac{\frac{0,24}{3600}}{\pi \cdot \left(\frac{0,013}{2}\right)^2} = 0,50 \text{ m/s}$$

Čerpadlo bude umístěno v místnosti 005 – Technická místnost ve výšce 1 m nad podlahou. Nejvyšší bod kolektorového pole je 6,8 m nad zemí (podlahou). Čerpadlo bude muset vytlačit vodu do výšky 5,8 m. Vzniknou tlakové ztráty třením a vřazenými odpory.

Bylo zvoleno oběhové čerpadlo Regulus Yonos PICO STG s maximálním pracovním tlakem 10 bar a maximální dopravní výškou 7,5 metru. Maximální čerpací výkon je 4,5 m³/h.

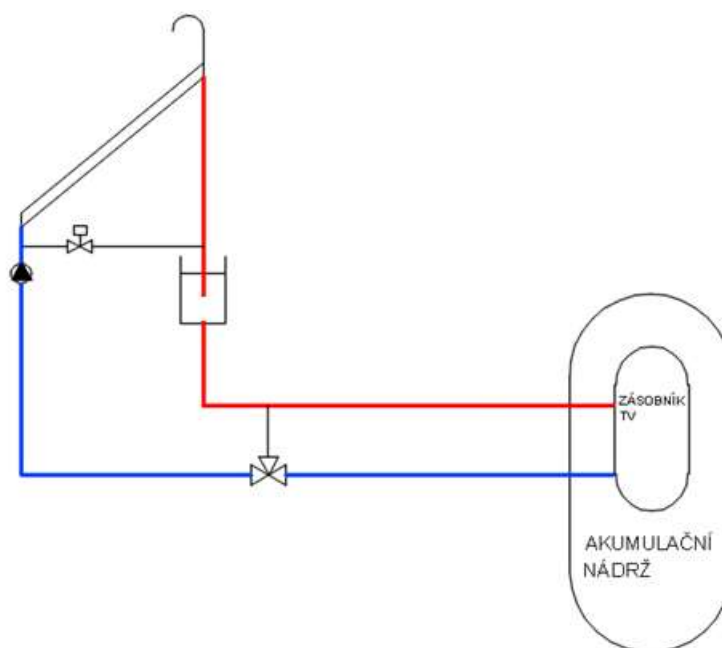
Je projektovaný otevřený solární systém, to znamená, že nebude potřeba zapojit expanzní nádobu, ale pouze expanzní nádrž. V případě, že nebude solární soustava v provozu, steče veškerá voda z okruhu do nádrže umístěné v půdním prostoru. Tato nádrž bude mít objem 20 litrů, aby pojmula veškerou kapalinu v soustavě včetně rezervy.

Výpočet provozního tlaku soustavy:

$$p = 1,3 + (0,1 \cdot h) = 1,3 + (0,1 \cdot 5,3) = 1,83 \text{ bar}$$

kde h je výška od manometru do středu kolektorového pole, v m.

Solární kolektor na střeše může být také potenciální prvek pro svedení blesku. Je tedy důležité umisťovat kolektory ve správných vzdálenostech od okrajů střechy. Každé vedení by mělo být uzemněno.



Obr. 29: Schéma solární soustavy

13.4 Zdroje tepla

Dům bude vytápěn teplovodní soustavou s klasickými radiátorovými deskovými tělesy. Zdroje energie pro vytápění jsou kondenzační kotel na zemní plyn a teplovodní křbová vložka.

Kotel na zemní plyn

V otopné soustavě bude instalován kondenzační závěsný kotel na zemní plyn. Podle vypočítaných tepelných ztrát objektu byl vybrán kotel Thermona THERM 28 KDC.A s výkonem 6,6 kW. Kotel je osazen energeticky úsporným čerpadlem. Umožňuje ekvitermní regulaci, kterou bude navrhovaná soustava ovládána. Průměr kouřovodu je možný zvolit podle nabídky výrobce.

Odvod spalin v domě je kouřovodem do samostatného komínového průduchu Schiedel podle ČSN 73 4210 s odolností pro plynné spaliny. Přívod spalovacího vzduchu je zajištěn otvory 0,04 m² nad podlahou a pod stropem ve dveřích do přímo větratelné místnosti (001 - Předsín).

V kotli jsou integrovány bezpečnostní prvky, které zamezují přehřátí, úniku spalin či plynu. Součástí kotle je také pojistný ventil 3 bar. Kotel je na elektrické zapalování.



Obr. 30: Závěsný kondenzační kotel Thermona a jeho energetický štítek.

Teplovodní krbová vložka

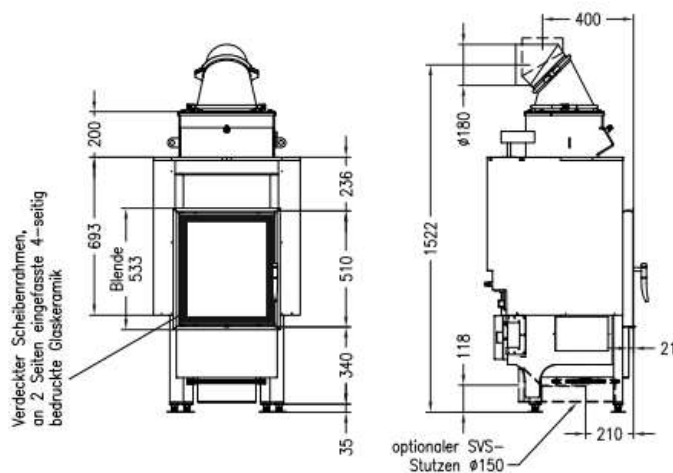
Jako další zdroj pro ohřev topné vody bude sloužit teplovodní krbová vložka s výměníkem. V letních měsících bude jeho využití pravděpodobně výjimečné. Voda ve výměníku je ohřívána spaliny, které odcházejí do komína. Platí, že výkon otopné soustavy by měl být přibližně stejný jako nominální výkon krbové vložky, případně výkon do vody. Tento způsob vytápění je vhodný právě do trvale obývaných rodinných domů než například do rekreačních objektů. Má pomalejší náběh, ale dobře se reguluje a udržuje. Teplo lze navíc směřovat do akumulací nádrže a využít ho například k topení přes noc nebo v době nepřítomnosti. [37]

Zapojení teplovodních krbových kamen se realizuje výhradně nezávisle na dalších zdrojích tepla. V rámci ochrany výměníku proti korozi je nutné udržovat teplotu vracející se vody

do zařízení mezi 55 °C a 65 °C. Nižší teplotou bychom dosáhli takzvaných rosných bodů spalín, které mohou v zařízení kondenzovat a snižovat výkon výměníku.

Důležitá je také ochrana proti přetopení. V případě že by teplota vody ve výměníku přesáhla 100 °C, zvýšil by se tlak v soustavě a mohlo by dojít k poškození. Jako prevence proti přetopení se používá bezpečnostní ventil, který v případě zjištění velmi horké vody v soustavě, upustí vodu do kanalizace a dopustí studenou vodu z vodovodu. Nelze jej využít v objektech, kde je dodávka vody závislá na elektrické energii. V takovém případě je vhodné objekt dovybavit záložním zdrojem elektrické energie.

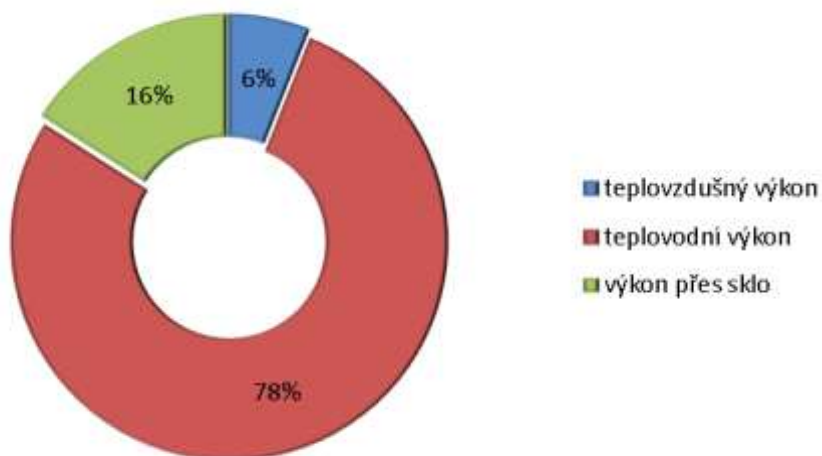
Do místnosti 005 - Obývací pokoj bude instalována krbová vložka Spartherm Mini Z1 H2O 4S s teplovodním výměníkem. Vložka je vyrobena z oceli a jsou v ní implementovány prvky proti přehřátí. Výměník je izolovaný a nachází se v korpusu nad ohništěm. Nominální výkon vložky je 7,0 kW. Výkon do vody je 5,5 kW. Rozsah výkon je od 4,9 do 9,1 kW. Účinnost je udávána na 85,9 %. Vložka má externí přívod vzduchu. Průměr přívodního potrubí je 150 mm. [38]



Obr. 31: Schématický nákres krbové vložky [38]



*Obr. 32: Spartherm Mini Z1
teplovodní krbová vložka [38]*

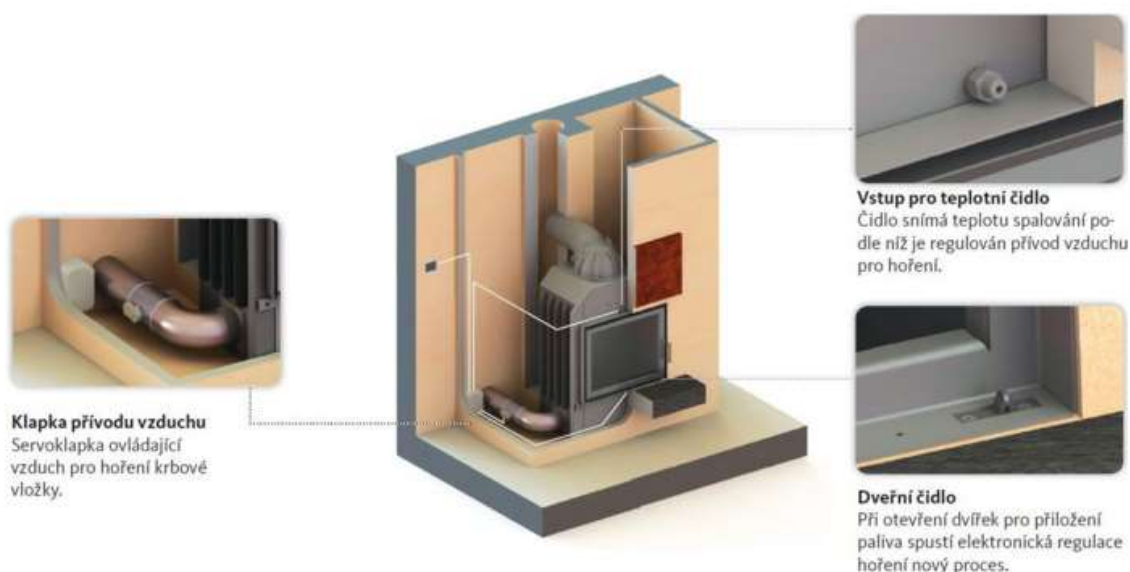


Obr. 33: Rozdělení výkonu teplovodní vložky

Elektronická regulace hoření

Běžná topidla na biomasu se ovládají manuálně klapkou přívodu vzduchu nebo komínovou klapkou. Tak vznikají situace, kdy uživatel těleso buď přetápí, nebo se snaží výkon snížit. Tak může dojít k poškození topidla nebo k zadehtování. Pro maximálně správné využití topidel byla vyvinuta elektronická regulace hoření.

Toto zařízení se skládá z centrální jednotky, ovládacího a zobrazovacího panelu, teplotních čidel a servo klapky ovládané motorkem.

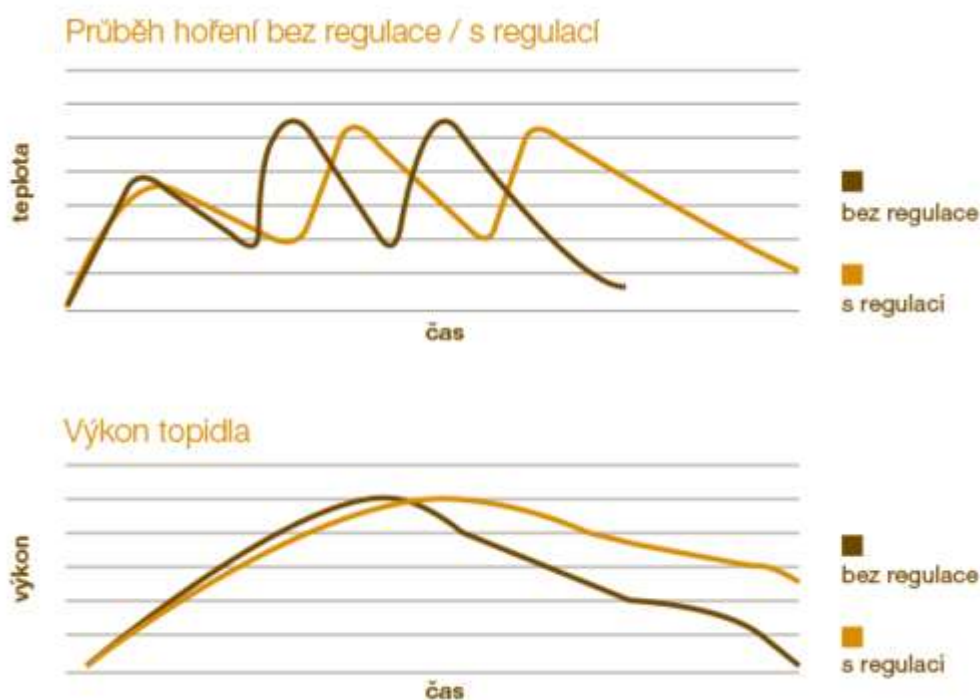


Obr. 34: Princip elektronické regulace hoření [19]

Regulace zahájí proces v případě, že jsou otevřena dvířka a je naložené palivo v topidle. Následně je sledována teplota přímo v topeništi. V případě, že zatopení bylo neúspěšné, regulace tento stav ohlásí, protože sleduje, zda po uplynutí časového intervalu bylo dosaženo v topeništi teploty 200 °C. V opačném případě začíná regulace hoření. Regulace přivírá nebo otevírá klapku přívodu vzduchu a udržuje hoření v optimálním stavu. V případě, že klesne teplota a oheň dohořívá, regulace vyzve zvukovým signálem uživatele k přiložení.

Nové systémy elektronické regulace zobrazují také teplotu spalin nebo teplotu vody v akumulární nádrži. Podle těchto hodnot je možné regulovat hoření a ovládat oběhové čerpadlo na přívodu do akumulární nádrže. Systém je možné doplnit o vlastní zdroj elektrické energie pro případy výpadku. Regulace je možná i pomocí mobilního telefonu, k systému lze připojit GSM modul. [19]

Automatická regulace hoření prodlužuje proces topení a interval přikládání, snižuje spotřebu paliva, zabraňuje přetopení systému, tudíž zlepšuje bezpečnost topení a tepelnou pohodu v budově. Lze ji instalovat na všechna krbová a kamnová topeniště, která mají externí přívod vzduchu. [20]



Obr. 35: Porovnání regulované a neregulované křivky hoření [20]

13.5 Řídicí systém vytápění

Systém vytápění se skládá ze dvou částí

- teplovodní krbová vložka s výměníkem,
- kotel na ZP.

Teplá voda bude připravována dvěma způsoby:

- kotel na ZP,
- solární soustava.

Příprava teplé vody

V případě, že budou vhodné podmínky pro provoz solární soustavy, bude přednostní ohřev solární soustavou. Pouze v případech dohřívání nebo nepříznivých podmínek bude využívaný ohřev zásobníku TV kotlem na ZP. Oběma zdroji bude ohřívána nádrž integrovaná v akumulární nádrži.

Teplota vody v zásobníku musí být v rozmezí 55 až 60 °C. Solární panely jsou v provozu, pokud je venkovní teplota vyšší než 5 °C. Teplota vody v solárním okruhu je měřena čidlem a porovnávána s teplotou v zásobníku. Sledována je také teplota vzduchu u kolektoru.

V případě, že voda v okruhu nedosáhne takovou teplotu, jaká je v zásobníku, bude okruh upraven pomocí trojcestného ventilu a průtok do zásobníku bude obnoven až při správné teplotě. To umožňuje, aby systém fungoval i při nižší intenzitě slunečního záření. V případě že nebude dlouhodobě dosaženo požadované teploty, bude solární systém odstavěn až do dalšího požadavku na teplou vodu.

Příprava vody pro vytápění

Vytápěcí voda bude primárně ohřívána teplovodní krbovou vložkou. V případě, že bude zatopeno a teplota na termostatu vložky dosáhne určité hodnoty, bude spuštěno oběhové čerpadlo tohoto okruhu a bude vytápěna akumulární nádrž. Teplá voda bude z nádrže dále rozváděna do otopných těles v domě.

V případě, že domovní termostat klesne pod požadovanou teplotu a krbová vložka nebude v provozu, zapne se kotel na zemní plyn. Kotel bude nahřívat akumulární nádrž a z ní bude vedena teplá voda dále do otopných těles v domě.

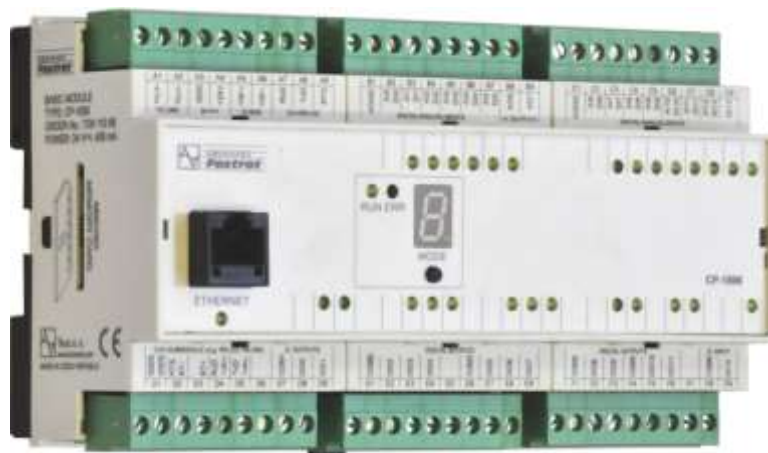
Podmínkou pro instalaci krbové vložky do teplovodního systému je zařazení třícestného ventilu na zpátečku do krbové vložky. Tento ventil upravuje tok topné vody podle toho, zda je vložka dostatečně vytopena. Vhodná teplota bývá zpravidla nastavena na 60 °C. Důvodem tohoto řešení je výše uvedená kondenzace spalín.

V případě, že během vytápění kotlem bude zatopeno v krbové vložce, bude kotel vypnut, následně i jeho čerpadlo a zahájí se vytápění krbem ve výše popsaném režimu. V případě, že kotel vyhasne a teplota v domě opět klesne, přepne se vytápění na kotel.

Technologie

Pro vytápění bylo zvoleno PLC Tecomat Foxtrot CP-1006. Tento má 2 DI, 12 DO, 13 AI a 2 AO. Třetí potřebný digitální vstup bude konfigurován z analogového vstupu, protože PLC tuto funkci umožňuje. Pro řízení technického zařízení bude zapotřebí pět analogových vstupů. Základní modul má ale pouze 2. Proto bude doplněn o rozšiřující modul Foxtrot OT-1651 (4xAO). Předpokládá se, že řízení otopné soustavy bude realizováno samostatně. Regulace spočívá především ve vyhodnocování vstupů z teploměrů a snímačů teploty. Volba teploty, při které je zahájeno vytápění kotlem se provádí na termostatu v místnosti 008 - Pracovna. Tato místnost má nejvyšší tepelné ztráty, proto byla zvolena jako řídicí. Pokud by ale byl požadavek na integraci do sběrnicevého systému KNX, je možné zakoupit modul KNX IP BAOS 771, který slouží jako rozhraní mezi modulem Foxtrot a sběrnici.

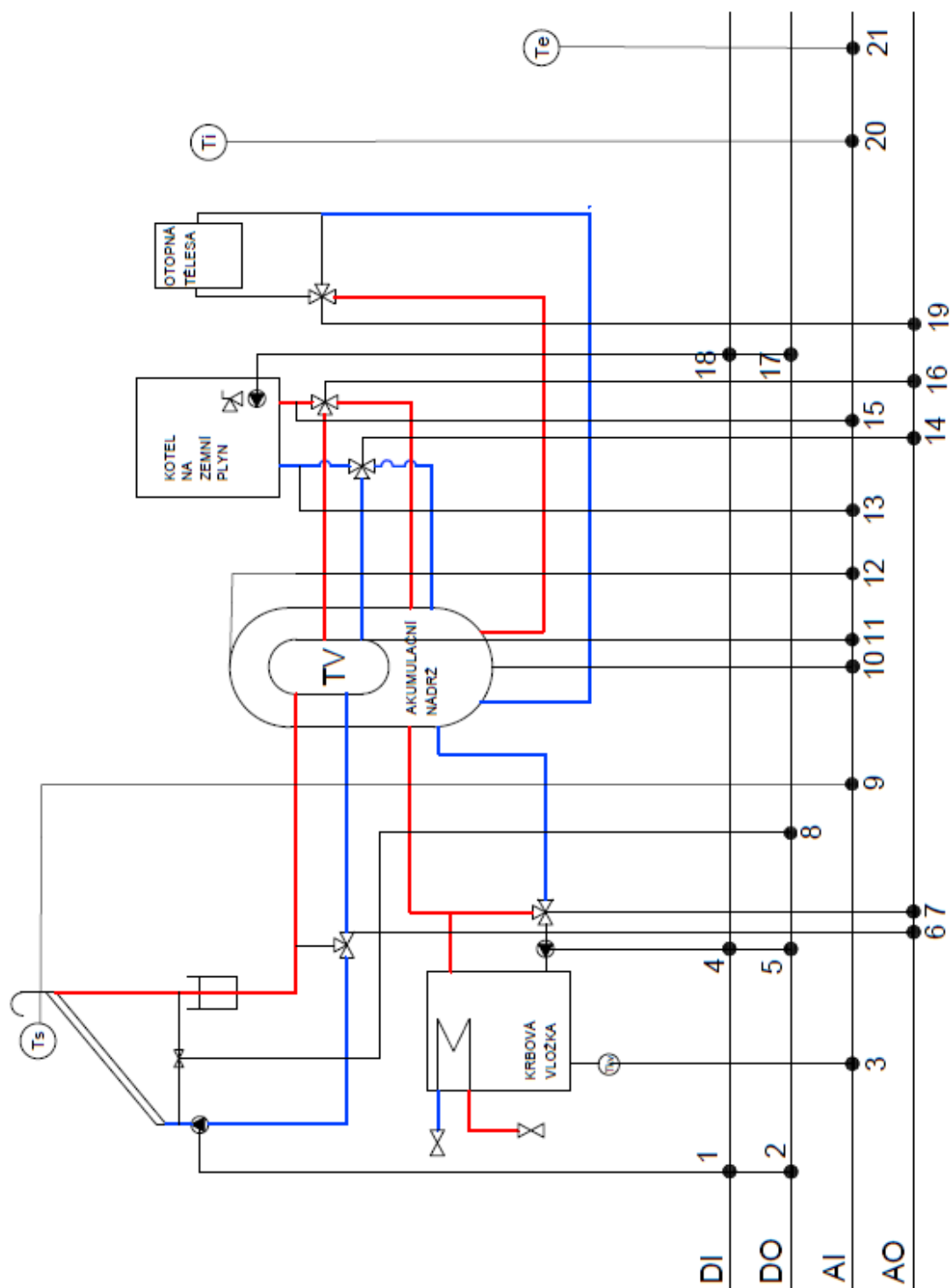
Výrobce prvku je německá společnost Weinzierl. Společnost Teco oznámila možnost propojení jejich modulů se standardem KNX v roce 2012 a od té doby ho intenzivně rozvíjí. [39]



Obr. 36: Tecomat Foxtrot CP-1006

Tab. 32: Technologie – vstupy a výstupy

č I/O	typ I/O	zařízení	funkce	popis
1	DI	čerpadlo	monitorování	solární soustava
2	DO	čerpadlo	řízení	solární soustava
3	AI	čidlo teploty	monitorování	krbová vložka
4	DI	čerpadlo	monitorování	krbová vložka
5	DO	čerpadlo	řízení	krbová vložka
6	AO	třífcestný ventil	řízení	solární soustava
7	AO	třífcestný ventil	řízení	krbová vložka
8	DO	ventil	řízení	solární soustava
9	AI	čidlo teploty	monitorování	solární soustava
10	AI	čidlo teploty	monitorování	akumulační nádrž
11	AI	čidlo teploty	monitorování	nádrž TV
12	AI	čidlo teploty	monitorování	akumulační nádrž
13	AI	čidlo teploty	monitorování	kotel na ZP
14	AO	trojcestný ventil	řízení	kotel na ZP
15	AI	čidlo teploty	monitorování	kotel na ZP
16	AO	třífcestný ventil	řízení	kotel na ZP
17	DO	čerpadlo	řízení	kotel na ZP
18	DI	čerpadlo	monitorování	kotel na ZP
19	AO	třífcestný ventil	řízení	otopná tělesa
20	AI	čidlo teploty	monitorování	celá soustava
21	AI	čidlo teploty	monitorování	celá soustava



Obr. 37: Schéma otopné soustavy a její regulace

14 ELEKTROINSTALACE

Návrh silnoproudé elektroinstalace, tedy zásuvkových, speciálních zásuvkových a světelných okruhů byl proveden podle aktuální normy ČSN 332130 upravující provádění elektroinstalací. Do hlavního domovního rozvaděče je vedena přípojka z veřejné sítě. Vedení v domě je typu TN-S, vodič PEN je rozdělen na PE a N. Hlavní domovní rozvaděč je umístěn v místnosti 005 - Chodba, po levé straně za vchodovými dveřmi. Obsahuje jistící prvky pro zásuvkové okruhy (16 A) a pro světelné okruhy (10 A). Zvýšená ochrana před úrazem elektrickým proudem bude zajištěna proudovými chrániči.

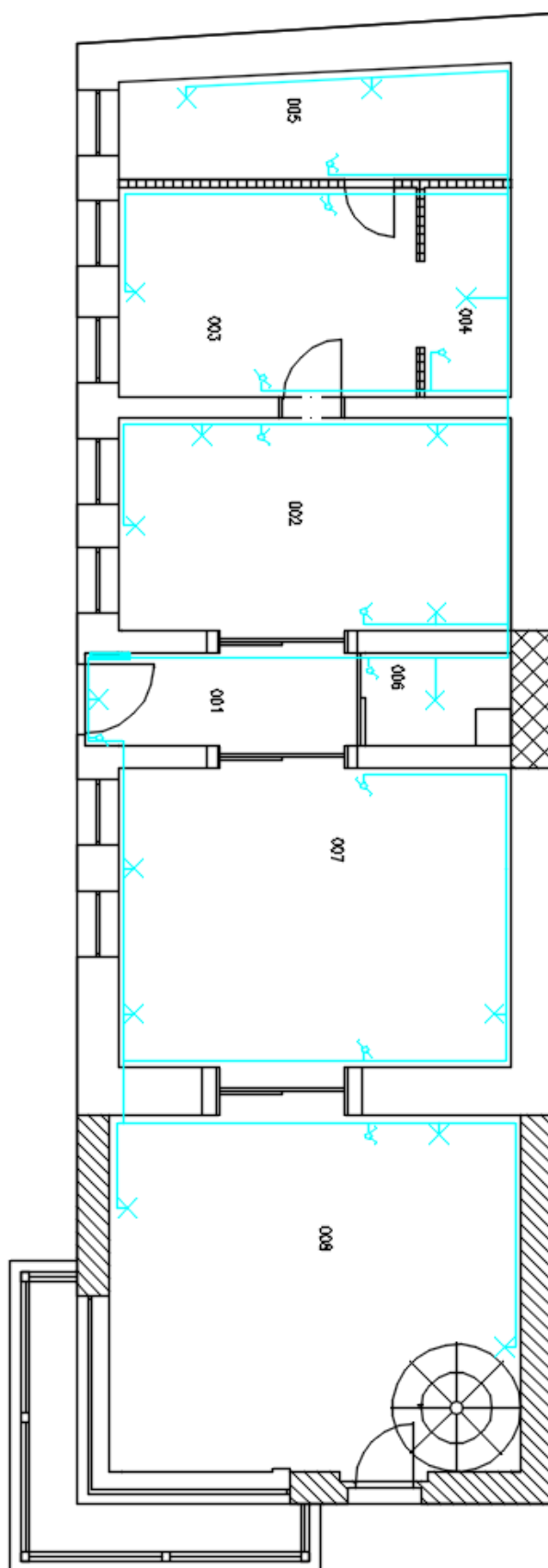
14.1 Světelné okruhy

Platí, že na jeden světelný okruh lze připojit pouze takový počet svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jistícího prvku daného obvodu. Jmenovitý proud se vypočítá podle maximálního příkonu svítidla. Byl vytvořen okruh pro každou místnost v domě a dva speciální okruhy pro pračku a zásuvky v technické místnosti. Každý světelný okruh bude zvlášť vyveden do hlavního rozvaděče. Kabele svítidel budou vedeny ve stěnách případně stropěch. Většina světél bude nástěnná. Odbočky k vypínačům budou vedeny od vedení světél do výšky 1200 mm vždy u dveří.

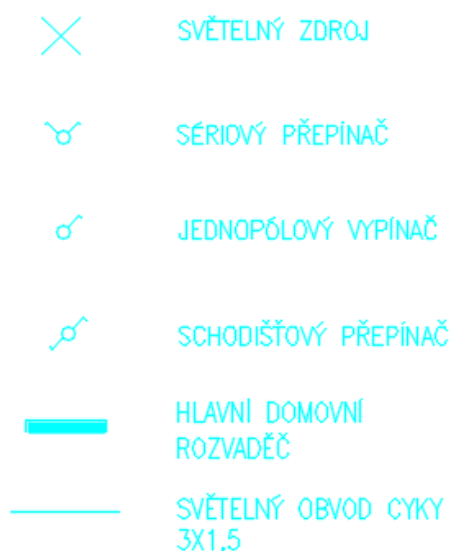
Osvětlení bude vedeno kabelem CYKY 3 x 1,5 mm².

Tab. 33: Světelné okruhy

Okruh	Místnost	Počet světél
1	Koupelna	2
2	Ložnice + Šatna	2
3	Kuchyně	4
4	Chodba	1
5	Technická místnost	1
6	Obývací pokoj	3
7	Pracovna	3



Obr. 38: Světelné okruhy



Obr. 39: Legenda: Světelné okruhy

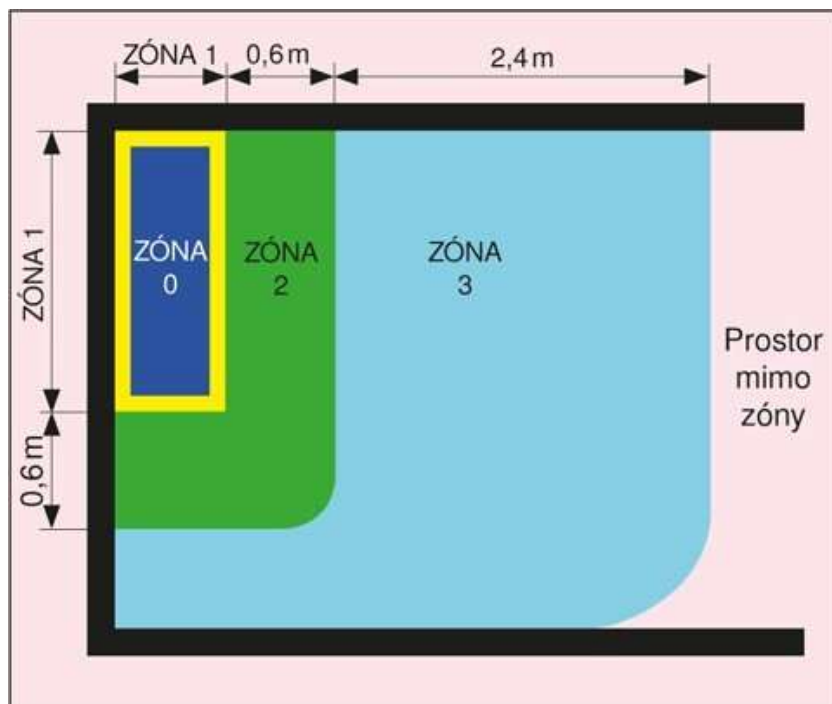
14.2 Zásuvkové okruhy

Zásuvky jsou navrhovány pro přívod elektrického napětí 230 V. Pro spotřebiče, které jsou trvale napájeny, se navrhují samostatné zásuvkové okruhy vyvedené do hlavního rozvaděče. Zásuvky musí být opatřeny ochranným kolíkem přivedeným na ochranný vodič. Zásuvková kabeláž bude vedena ve stěnách. V koupelně a v kuchyni budou navrženy okruhy se zvýšenou ochranou před úrazem elektrickým proudem. Na jeden zásuvkový vývod lze připojit nejvýše 10 zásuvkových vývodů (dvojjzásuvka je považována za jeden vývod). Instalovaný výkon nesmí překročit 3 520 VA. Zásuvkové rozvody budou vedeny měděným kabelem CYKY 3 x 2,5 mm².

Specifika koupelnové elektroinstalace

Zásuvky v koupelnách musejí být v předepsané vzdálenosti a výšce od vany a vodovodních kohoutků. Vhodné je také uzemnění pračky nebo vany v případě, že je plechová. Je nutný samostatný přívod pro pračku a žebříkový radiátor. Elektrické rozvody v koupelnách specifikuje norma ČSN 33 2000-7-701. Zde jsou definovány zóny:

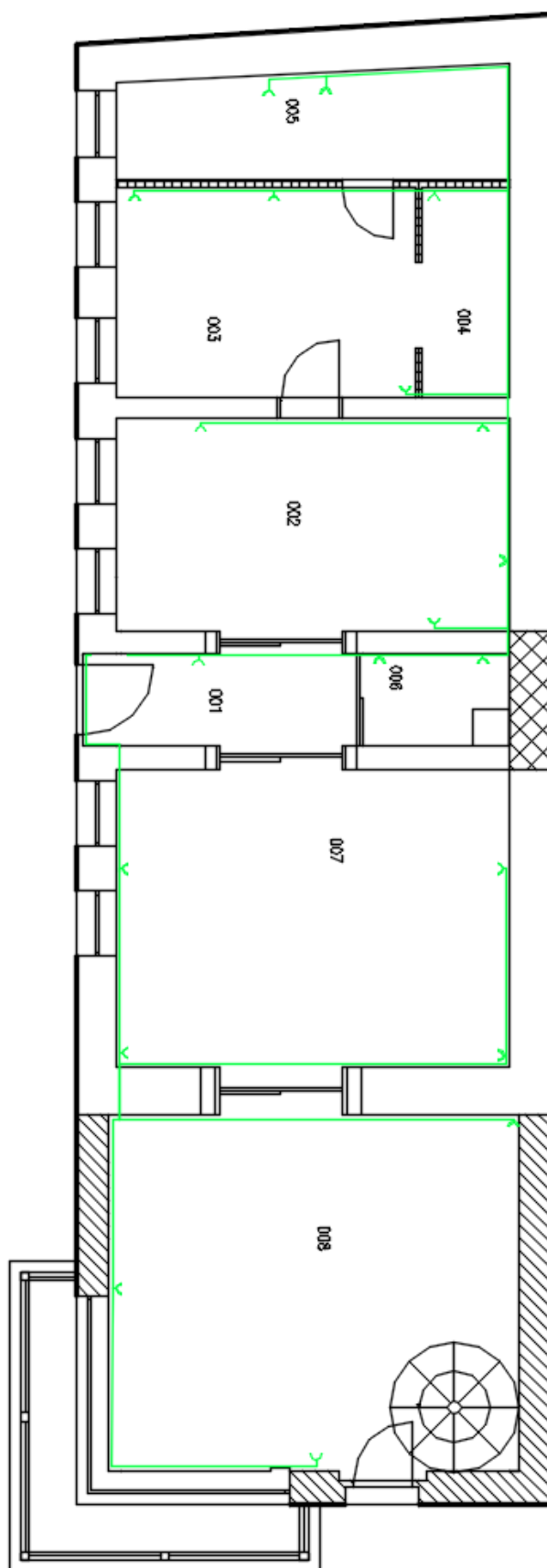
- zóna 0 vnitřní prostor koupací nebo sprchové vany;
- zóna 1 prostor nad i pod zónou 0, do výšky 2,25 m nad podlahou;
- zóna 2 vodorovně do vzdálenosti 0,6 m od zóny 1, nachází se i nad zónou 1;
- zóna 3 navazuje na zónu 2 až do vzdálenosti 2,4 m od zóny 2.



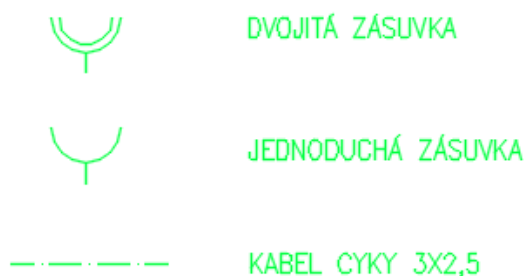
Obr. 40: Zóny el. rozvodů v koupelnách (půdorys)

Tab. 34: Zásuvkové okruhy

Okruh	Specifikace	Místnost	Počet zásuvek
1	zásuvka	Koupelna	1
2	pračka		1
3	zásuvka	Ložnice + šatna	4
4	lednice	Kuchyně	2
5	zásuvka		2
6	zásuvka	Chodba	1
7	TZB	Technická místnost	2
8	zásuvka	Obývací pokoj	4
9	zásuvka	Pracovna	3



Obr. 41: Zásuvkové okruhy



Obr. 42: Legenda: Zásuvkové okruhy

14.3 Inteligentní elektroinstalace KNX

Pro řízení osvětlení a vybraných zásuvek bude použit decentralizovaný sběrníkový systém KNX/EIB. Otopná soustava je ovládána vlastním regulátorem. Regulace výkonu vytápění je závislá pouze na hodnotách získaných z teplotních čidel. Její ovládání tedy nevyžaduje zásah člověka prostřednictvím sběrníkového systému.

V systému je využívána sběrnice EIB. Tato sběrnice má jeden pár vodičů. Zdroj stejnosměrného napětí 24 V přenáší datové telegramy a napájí jednotlivé součásti systému.

Topologie je rozdělena do tří úrovní. Linie má maximálně 64 účastníků. Hlavní linie má 12 linií a tvoří oddíl. Oblast má 15 oddílů a tvoří páteřní linii. Celkový maximální počet účastníků je 12 544.

Zařízení je možné propojit libovolnou topologií kromě kruhu. Nikde na sběrnici se nesmí vytvořit smyčka. Nejčastější je liniová a větvená (stromová struktura). Komunikace probíhá nejčastěji pomocí krouceného páru vodičů, které procházejí budovou a lze je klást zároveň se silovým vedením. Platí ale, že kabely určené pro instalaci silnoproudého vedení nesmí být využity pro sběrníkové vedení. Jako přenosové médium se v systému KNX používá kabel YCYM 2 x 2 x 0,8. Obsahuje čtyři vodiče, využity jsou ale pouze dva (černý a červený). Další dva jsou vedeny jako záložní (bílý a žlutý).

Napájení

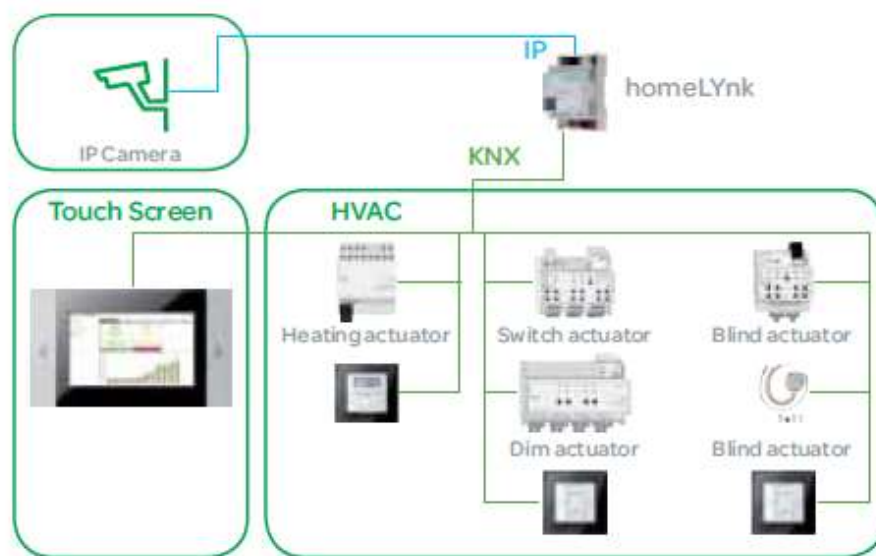
Pro napájení prvků KNX bude sloužit napájecí zdroj KNX power supply REG-K/320 mA, na který může být připojeno až 64 přístrojů, což by mělo navrhovanému projektu zcela vyhovovat.

homeLYnk

Jedná se o logický kontrolér, který umožňuje sledování a ovládání prvků KNX. Může být využit ke sledování spotřeby v budově nebo k připomínkování aktivit spojených s facility managementem. Umožňuje připojení pomocí IP, USB, RS232, RS485 a Wi-fi pomocí IP a bezdrátového routeru. Zajišťuje přístup až osmi různým uživatelům. Zařízení se umísťuje na DIN lištu. Napájecí napětí je 24 V DC. Po připojení všech zařízení a zdroje napájení je možné nastavovat rozsáhlé uživatelské funkce přímo v prohlížeči na PC. Je zde možné vytvářet vizualizaci pro PC i tablety a mobilní telefony. Další nabídkou je plánování akcí, sledování spotřeby energií a rozsáhlé nastavovací menu. HomeLYnk je vhodný pro projekty rodinných domů a projekty malých a středních rozsahů. Alternativou pro rozsáhlé realizace s velkým množstvím přístrojů a funkcí je spaceLYnk.



Obr. 43: Výchozí stránka ovládání homeLYnk [36]



Obr. 44: Topologie homeLYnk [36]

Osvětlení

V celém domě bude sběrnicevým systémem řízeno osvětlení. Bude možné dálkově ovládat osvětlení ve všech místnostech pomocí zabudovaného monitoru v obývacím pokoji. Bude taky možné se připojit do ovládacího rozhraní z počítače, tabletu nebo mobilního telefonu. Pro vybrané místnosti v domě budou vytvořeny speciální scény. V předsíni bude instalováno „odchodové tlačítko“, které zajistí zhasnutí všech světel a odpojení zásuvek (kromě zásuvek určených pro napájení technických zařízení, pračky a vybraných kuchyňských spotřebičů).

Ve vybraných místnostech budou instalovány stmívací aktory. Uživatel bude moci přímo na spínači v místnosti příslušným tlačítkem zvolit buď požadovanou intenzitu osvětlení v rozsahu 0 – 100 % nebo aktivovat konkrétní světelnou scénu.

Na spínačích bude rozsvícení a zhasínání prováděno jedním krátkým stiskem příslušného tlačítka. Stmívání bude ovládáno delším podržením tlačítka.

Světelné scény

Světelné scény kombinují požadavky na osvětlení v domě při provádění konkrétní činnosti. Rozdělujeme je na scény, které ovládají pouze vybranou místnost a na scény ovládající osvětlení v celém domě.

Kuchyně

- Vaření

Budou rozsvícena všechna světla v pracovní části na 100 %, v jídelní části budou světla zhasnutá.

- Večeře

V jídelní části bude rozsvíceno na intenzitu 60 %. V pracovní části budou světla ztlumena na 30%.

Ložnice

- Čtení

Budou zhasnuta všechna nástěnná světla a rozsvítí se bodové osvětlení – lampy na nočních stolcích.

- Noční vstávání

Budou rozsvícena světla v ložnici na intenzitu 30 %, aby uživatel viděl, ale nebyl oslněn při vstávání v noci. Dále budou rozsvícena světla v koupelně na intenzitu 50 %.

Obývací pokoj

- TV

Světla na stěně u TV budou zhasnuta. Světla na protější stěně budou ztlumena na 30 %.

- Čtení

Světla na okenní stěně rozsvícena na 80%, na stěně u TV na 40%.

Pracovna

- Práce

Budou ztlumena všechna světla na 30 % kromě světel nad pracovním stolem, která budou svítit na 100 %.

Celý dům

- Prázdný dům

Vypnutí všech světel, vypnutí zásuvek (kromě technických zařízení a kuchyně).

V ložnici, kuchyni, obývacím pokoji a pracovně budou instalovány tlačítkové senzory Gira 3 Komfort. Těmito tlačítky bude ovládáno zapínání a vypínání osvětlení, intenzita osvětlení a voleny scény pro danou místnost. V koupelně, šatně, předsíni a technické místnosti budou instalovány jednoduché spínače pro zapnutí a vypnutí světla Gira 3 Basis. Uvedené spínače jsou popisovatelné a popisné pole je lehce podsvícené, to umožňuje dobrou orientaci za snížené viditelnosti. Každé tlačítko disponuje LED signálkou pro informaci o stavu spínače.

Spínače jsou vybaveny potřebnou sběrníkovou spojkou. Vedení sběrníkové kabeláže bude položeno souběžně se silnoproudou elektroinstalací.



Obr. 45: Jednoduchý vypínač Gira 3 Basis [33]



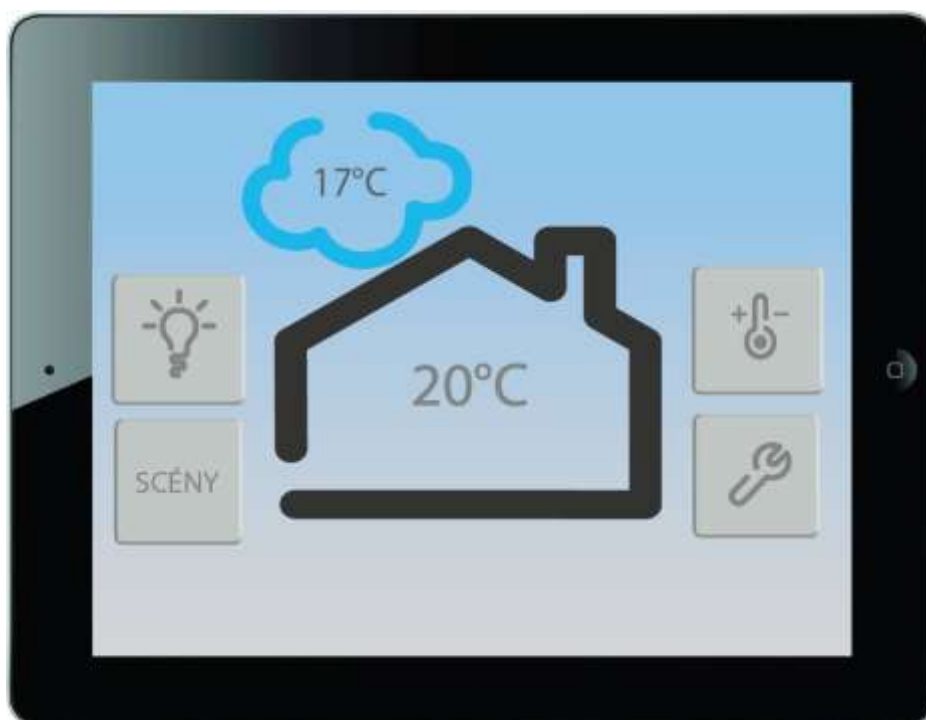
Obr. 46: Kombinovaný vypínač Gira 3 Komfort [34]

Vizualizace

Navrhovaný systém bude možné ovládat a sledovat z vizualizace, která byla vytvořena pro prostředí homeLYnk. Navržené rozhraní bude možné zobrazit na integrovaném dotykovém panelu, který bude na stěně v předsíni. Stejné rozhraní bude ale možné zobrazit na libovolném přenosném zařízení - tablet, mobilní telefon s příslušnou aplikací. HomeLYnk podporuje všechny prohlížeče kromě Internet Explorer. Podporuje mobilní zařízení iOS a Android.

V uživatelském prostředí je možno ovládat funkce rozdělené na tematické celky. Základním rozdělením jsou: patra a podlaží, funkce, scény a oblíbené. Uživatel si ale většinu funkcí může přizpůsobit sám. Na webových stránkách Schneider-electric.com je ke stažení celá řada materiálů, které popisují jak si uživatelské prostředí nastavit a přizpůsobit. Pro homeLYnk jsou dostupné také ikony. [35]

Na následujících obrázcích je navržené uživatelské prostředí pro posuzovaný objekt. Pro větší autentičnost byly využity právě ikony pro homeLYnk. Ostatní parametry a rozvržení si může uživatel vždy sám navrhnout nebo si objednat systém včetně vizualizace.



Obr. 47: Úvodní stránka vizualizace



Obr. 48: Osvětlení: možnost ovládání všech místností



Obr. 49: Ovládání světelných scén

14.4 Systém EPS a PZTS

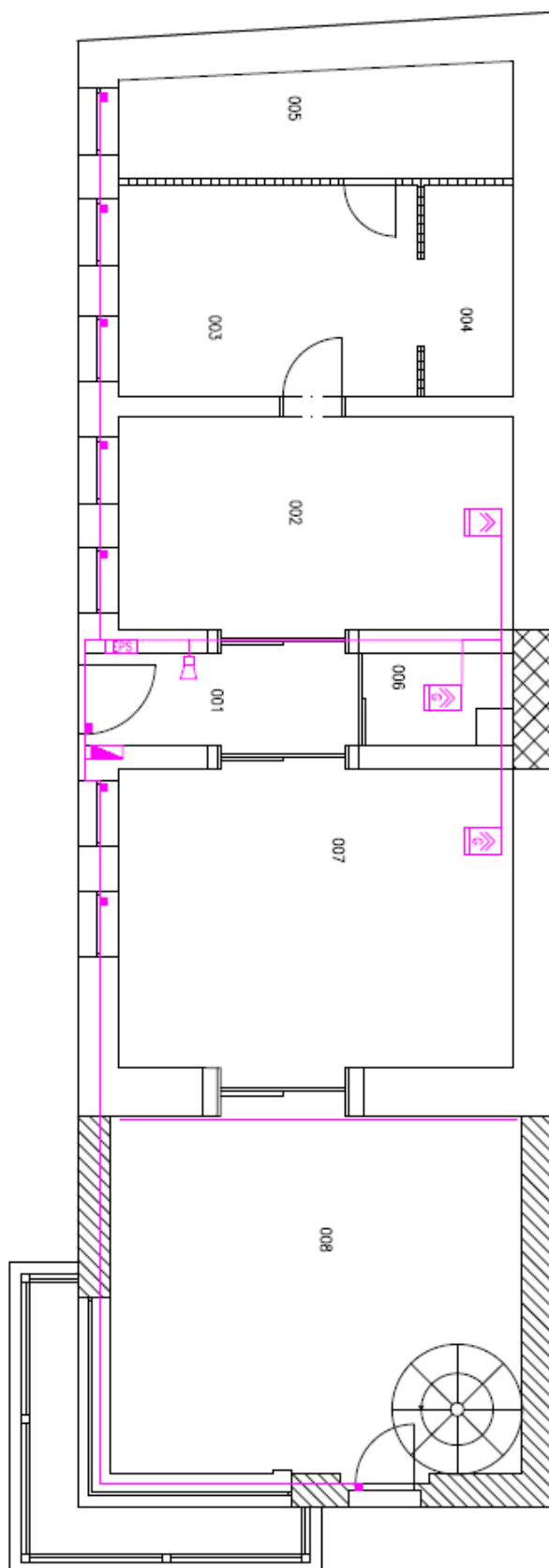
V domě se topí zemním plynem a teplovodní krbovou vložkou, proto budou instalovány detektory nebezpečných plynů (CO) a hlásiče požáru. Detektory kouře budou umístěny v kuchyni, v části kuchyňského koutu poblíž sporáku a v obývacím pokoji. V technické místnosti bude umístěn detektor nebezpečných plynů.

Dále budou instalovány detektory signalizující narušení – vstup do budovy. Budou osazeny na každém okně a dveřích. Jedná se o magnetické kontakty – detektory, které signalizují otevření dveří nebo oken. Každý senzor je složen ze dvou částí – magnetu a senzoru. Magnet se připevňuje na pohyblivé části dveří nebo oken. Senzor se umísťuje na rám. V chodbě bude naistalována ovládací klávesnice, kterou bude možné objekt zastřežit. Akustická signalizace případného poplachu je realizována prostřednictvím vnitřní sirény umístěné v předsíni. Výstupy z PZTS a EPS mohou být napojeny na systém KNX. O poplachu tak lze uživatele informovat pomocí GSM brány. Magnetické kontakty budou do sběrnice KNX připojeny pomocí binárního aktoru.

Alarm se zapíná v případě, nežádoucího vniknutí do domu, v případě, že je zabezpečovací systém v režimu zastřeženo. Neděje se tak při každém zamčení domu, protože většinou při krátkodobé nepřítomnosti zůstávají otevřená okna za účelem větrání. Vypínání alarmu zajišťuje zadání kódu na klávesnici, která je umístěna u vstupních dveří.

V případě připojení prvků PZTS na sběrnici KNX je možné při dlouhodobé nepřítomnosti sledovat zabezpečení domu. Prostřednictvím GSM modulu budu uživatel informován o případném poplachu SMS zprávou.

Systém PZTS a EPS je projektován pouze orientačně, pravděpodobně budou skutečně integrovány pouze hlásiče požáru a detektory úniku plynu. O zabezpečení proti nežádoucímu vniknutí cizí osoby investor neuvažuje, protože se jedná o objekt v zahradě, který nemá přístup z ulice a je obklopen zástavbou a dalšími zahradami. Objekt je navíc ve většině času obývaný, proto by byl systém využit pouze výjimečně, v případě dlouhodobé nepřítomnosti.

*Obr. 50: PZTS a EPS*

	MAGNETICKÝ KONTAKT
	DETEKTOR KOUŘE
	DETEKTOR NEBEZPEČNÝCH PLYNŮ
	SIRÉNA
	ÚSTŘEDNA
	KLÁVESNICE

Obr. 51: Legenda: EPS a PZTS

15 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

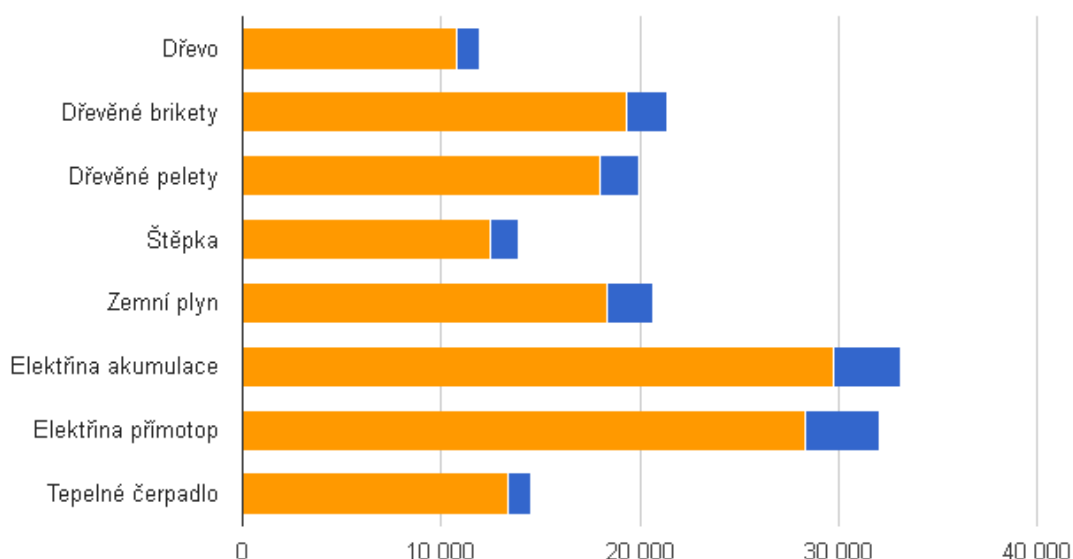
V následující kapitole budou zhodnoceny všechny investice, které byly pro tento rodinný dům navrženy.

15.1 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody

Pro posuzovaný objekt vychází spotřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody na 16,9 MWh/rok. Hlavním zdrojem pro ohřev teplé vody je solární soustava, která ale nebude v provozu v zimě a za nepříznivých meteorologických podmínek. V takové situaci zajišťuje ohřev vody kondenzační kotel na zemní plyn.

Nejvýhodněji vychází vytápění dřevem a biomasou. Tento způsob vytápění byl zvolen nejen kvůli své ekonomické výhodnosti, ale také na přání investora. V domě je již provozováno vytápění dřevem, pozemek je uzpůsobený pro skladování a vysychání dřeva. Jedinou nevýhodou tohoto způsobu vytápění je nutné manuální přikládání a manipulace se dřevem. Aby nebyl uživatel objektu závislý na zásobě dřeva a nutnosti jeho přípravy, byl do domu osazen také kotel na zemní plyn, kterým je možno vytápět v případě, že si uživatel nebude přát rozdělávat oheň v krbové vložce.

Výpočet byl proveden pomocí výpočetního modulu Porovnání nákladů na vytápění TZB-info.



Obr. 52: Náklady na vytápění a přípravu TV různými palivy pro posuzovaný objekt

15.2 Náklady na použitá zařízení

Otopná soustava

Do celkové částky jsou zahrnuty všechny prvky otopné soustavy, tedy zdroje tepla, akumulční nádrž, elektronická regulace hoření a regulátor. Cena za instalaci vychází z průměrných sazeb topenářských firem a je mírně navýšena. Celková cena počítá i s rezervou na nenadálé drobné investice (Tab. 35).

Tab. 35: Náklady na otopnou soustavu

Zařízení	Typ	cena (Kč s DPH)
Kotel na ZP	Thermona	45 859
Akumulační nádrž	Regulus AN se zásobníkem DUO 600/200 PR	36 179
Otopná tělesa	Korado Radik VK	23 971
Oběhové čerpadlo	Regulus Yonos PICO STG	3 600
Potrubí	Cu 15x1	8 000
Krbová vložka	Spartherm Mini Z1 H2O 4S	88 676
Příslušenství	ventily, čidla, apod.	20 000
Regulace hoření	Timpex Reg 200	16 558
Instalace		20 000
Regulátor	Tecomat Foxtrot CP-1006+OT-1651	17 900
Celkem		280 743

Solární soustava

Byl proveden rozpočet pro dva kolektory, čerpací zařízení a další příslušenství (Tab. 36). Nádrž na TV je součástí akumulční nádrže, která je zahrnuta výše v rozpočtu na otopnou soustavu.

Tab. 36: Náklady na solární soustavu

Zařízení	Typ	cena (Kč s DPH)
Solární kolektory	Regulus KPS1+	16 980
Čerpadlo	Regulus Yonos PICO	3 930
Expanzní nádrž	Otevřená 20 l	700
Potrubí	Cu 15x1	1 050
Příslušenství	Ventily, konstrukce, apod.	10 000
Instalace		15 000
Celkem		62 660

Silnoproudá elektroinstalace

V níže uvedené tabulce jsou vyčísleny náklady na silnoproudé vedení. Dále jsou zde zahrnuty náklady na příslušenství, jako jsou jističe, proudové chrániče a rozvodná skříň.

Tab. 37: Náklady na silnoproudou elektroinstalaci

Zařízení	Typ	Cena (Kč s DPH)
Kabel	CYKY 3x1,5	857
Kabel	CYKY 3x2,5	880
Zásuvky	Tango	2 640
Jističe a rozvaděče	proudový chránič, jističe	3 800
Příslušenství	skříň, svorkovnice	1 259
Montáž		10 000
Celkem		19 436

Sběrníková elektroinstalace KNX

Byly využity převážně prvky výrobců Schneider electric a Gira.

Tab. 38: Náklady na sběrníkovou elektroinstalaci

Zařízení	Typ	Cena (Kč s DPH)
Přepínače + aktory	Stmívací a spínací aktor	9 312
Napájecí zdroj	REG-K/320mA	3 853
Dotykový panel	U.motion Client 15	75 152
Logický kontrolér, rozhraní	homeLYnk	32 143
Spínače+sběrníkové spojky	Gira 3 Basis, Komfort	25 232
Příslušenství+montáž	Doplňky, instalace, programování	20 000
Celkem		133 549

Celková investice

Celková investice zahrnuje ceny všech výše uvedených dílčích zařízení a je navýšená o rezervní hodnotu 10% z celkové ceny.

Tab. 39: Celkové náklady

Zařízení	Cena (Kč s DPH)
Otopná soustava	280 743
Solární soustava	62 660
Silnoproudá elektroinstalace	19 436
KNX	133 549
PZTS	15 000
Rezerva 10%	51 139
Celkem	562 527

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo popsat řešení energeticky úsporných domů z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možností využití obnovitelných zdrojů energie. Těmto tématům byla převážně věnována teoretická část práce. Po nastudování příslušných norem a dalších materiálů, byl proveden stručný popis výše uvedených pojmů. Dále byly teoreticky popsány požadavky na systémy techniky prostředí a elektroinstalaci. Jedna z kapitol se věnuje základnímu popisu a principu fungování inteligentních sběrníkových instalací.

V praktické části práce byly na základě výše uvedené analýzy aplikovány poznatky získané při studiu odborných materiálů. Pro tyto účely byl vybrán přízemní rodinný dům v Písku o rozloze 130 m². Nejprve bylo provedeno tepelně technické hodnocení stávajícího stavu budovy. Podle současných hodnotících parametrů dům nespadá do žádné vyhovující kategorie PENB. Proto byly navrženy změny v konstrukcích, konkrétně zateplení deskami z minerální vlny. Po zateplení by se budova zařadila do kategorie C – vyhovující. Dále byl navržen systém vytápění, který kombinuje krbovou vložku s teplovodním výměníkem a kotel na zemní plyn. Moderní krbová vložka bude vybavena elektronickou regulací hoření, což výrazně sníží obecné nepohodlí kolem topení dřevem, kvůli kterému se lidé tomuto zdroji tepla často vyhýbají. Ohřev teplé vody pro domácnost budou při dobrých podmínkách pro provoz zajišťovat dva solární panely. V případě špatného počasí, bude ohřívána voda v zásobníku plynovým kotlem nebo zbytkovým teplem. Do soustavy je zařazena akumulární nádrž s integrovaným zásobníkem teplé vody, do které jsou přivedeny všechny zdroje tepla i solární soustava. Otopná soustava je řízena programovatelným automatem. Řízeny jsou především logické funkce spouštění čerpadel a detekce teplot. Topení je řízeno ekvitermně.

V domě byla navržena silnoproudá elektroinstalace. Ta je doplněna o prvky inteligentního sběrníkového systému KNX, který řídí osvětlení. Uživatel tak může využívat stmívání světel a nastavování světelných scén pro různé činnosti a to jak v celém domě, tak v jednotlivých místnostech. V rámci elektroinstalace byl navržen i jednoduchý systém PZTS. Objekt je velmi specifický, uzavřený v zahradě obklopené zástavbou a téměř nepřetržitě obývaný. Proto je v úvaze, zda by byl využit rozsáhlejší systém objektové ochrany.

Závěrem práce bylo provedeno ekonomické zhodnocení všech navržených změn. Byly vypočteny celkové náklady na jednotlivé celky. Cena je vždy mírně navýšena, pro případ-

né nenadálé investice. Celkové náklady na zateplení, otopnou soustavu, regulátory a elektroinstalaci včetně PZTS jsou 562 527 Kč.

V diplomové práci jsem se snažila o komplexní posouzení celého objektu. Navržené změny byly vždy konzultovány s investorem. Cena nebyla prioritou při výběru jednotlivých prvků dílčích zařízení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TYWONIAK, Jan. Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech. *Český instalatér* [online]. 2007,2006(6) [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>
- [2] *Neobnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/slovník/neobnovitelne-zdroje-energie/>
- [3] *Obnovitelné zdroje energie* [online]. [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/slovník/obnovitelne-zdroje-energie/>
- [4] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBIN. 2005. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2650-vnitni-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>.
- [5] *Měření relativní vlhkosti vzduchu* [online]. In: . Masarykova univerzita: Lékařská fakulta - Biofyzikální ústav [cit. 2016-02-05].
- [6] HREBÍK, Pavol a Peter MATIAŠOVSKÝ. *Analýza neurčitosti vnútornej teploty výpočtu potreby tepla na vykurovanie* Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/10871-analyza-neurcitosti-vnutornej-teploty-vypoctu-potreby-tepla-na-vykurovanie> [online]. 2014 [cit. 2016-02-19].
- [7] KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: Stavební tepelná technika*. Třetí přepracované. Praha: Nakladatelství ČVUT - výroba, 2006.
- [8] *Průkaz energetické náročnosti budov* [online]. In: . Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2014 [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument119528.html>
- [9] Co je energetický štítek obálky budovy? In: *Energetika staveb* [online]. Suchánek s.r.o., 2010 [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://www.petrsuchanek.cz/energetika-staveb/co-je-energeticky-stitek-obalky-budovy/>
- [10] CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. *Vytápění větrání instalace* [online]. 2000, (5) [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [11] STANĚK, Kamil. *Okrajové podmínky výpočtů 1: Teploty, vlhkosti, vítr* [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-04-01].

- [12] *PROUDĚNÍ VZDUCHU: Meteorologické prvky* [online]. Ostrava [cit. 2016-04-01]. Dostupné z http://artemis.osu.cz/MMi/meteo1/diplomka/Ramec2_soubory/AAA/proudeni.html
- [13] *SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ: Meteorologické prvky* [online]. Ostrava [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz/MMi/meteo1/diplomka/Ramec2_soubory/AAA/proudeni.html
- [14] KÁRL, Jiří. *Teplovodní krbová vložka* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-04-23]. Diplomová práce. FSI VUT Brno.
- [15] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [16] CHMÚRNY, Ivan, Peter TOMAŠOVIČ a Jozef HRAŠKA. *Fyzika vnútorného prostredia budov*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2013. ISBN 978-80-227-3917-7.
- [17] ŘEHÁNEK, Jaroslav, Antonín JANOUŠ, Petr KUČERA a Jaroslav ŠAFRÁNEK. *Tepelně - technické a energetické vlastnosti budov*. První. Havlíčkův Brod: Grada Publishing, a.s. edice Stavitel, 2002. ISBN 80-7169-582-3.
- [18] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům: realita či fikce?*. Brno: Vydavatelství ERA, 2006. ISBN 80-7366-052-0.
- [19] Co je to elektronická regulace hoření a jak funguje? *Banador.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.banador.cz/cz/banador-radi/co-je-to-elektronicka-regulace-horeni-a-jak-funguje.html>
- [20] Automatická regulace hoření pro krby a kamna. *Kominovekostrukce.eu* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.kominovekonstrukce.eu/automaticke-regulace-horeni/>
- [21] SAMEK, Ondřej. Motivace k hospodaření s dešťovou vodou. *GLYNWED s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2016-05-10]
- [22] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení: Kvalita dešťové vody a její čištění* [online]. 2007 [cit. 2016-05-10].
- [23] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. *Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění: Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení* [online]. 2007 [cit. 2016-05-10]

- [24] VOBORIL, David. Biomasa – využití, zpracování, výhody a nevýhody. *Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-10].
- [25] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2 Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2011
- [26] ČSN EN 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [27] ČSN EN 06 0830: *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [28] VALTER, Jaroslav. *Regulace v praxi, aneb, Jak to dělám já*. Praha: BEN - technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-256-5.
- [29] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [30] Součinitel prostupu tepla. *TZB-info* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [31] ČSN 73 0540-4: *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [32] ČSN 73 0540-3: *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [33] Produkty: Tlačítkový senzor 3 Basis. *Gira.cz* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://gira.cz/produkty/inteligentni-elektroinstalace/manualni-ovladani-svetel/tlacitkovy-senzor-3/>
- [34] Produkty: Tlačítkový senzor 3 Komfort. *Gira.cz* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://gira.cz/produkty/inteligentni-elektroinstalace/manualni-ovladani-svetel/tlacitkovy-senzor-3-komfort/>
- [35] HomeLYnk: Home Automation Expert. *Schneider-electric.com* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/62143-homelynk/>
- [36] *HomeLYnk: User Guide* [online]. Schneider Electric, 2016 [cit. 2016-05-13].
- [37] *Kolem kamen: časopis pro ty, kteří to s topení myslí opravdu vážně*. Spolek na obnovu tradičních řemesel, 2016, (13).
- [38] *Katalog teplovodních systémů Spartherm*. Brula distribution s.r.o.

- [39] CP-1006. *Tecomat.com: Průmyslová automatizace, Inteligentní budovy, Smart Grid* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/index.php?ID=886>
- [40] NOVÁČEK, Jiří. Kročejová neprůzvučnost: Impact Sound Insulation. : *Akustika staveb* [online]. TZB-info.cz [cit. 2016-05-14].
- [41] BERNAT, Petr. *Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu* [online]. homen.vsb.cz [cit. 2016-05-14].
- [42] *Kinematika: Denní a sdružené osvětlení* [online]. Fakulta technologická, UTB Zlín [cit. 2016-05-14].
- [43] *Kinematika: Umělé osvětlení* [online]. Fakulta technologická, UTB Zlín [cit. 2016-05-14].
- [44] *Nariadení vlády 361/2007 Sb.*
- [45] JANÁČOVÁ, Dagmar a Hana CHARVÁTOVÁ. *VYBRANÉ STATĚ Z PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ: studijní materiál* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2016-05-14].
- [46] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. 2001. Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky. 1. vyd. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 208 s. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 80-02-01466-9.
- [47] *Studijní materiály předmětu Projektování integrovaných systémů*. Zlín, 2016.
- [48] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. *Klasická versus inteligentní elektroinstalace* [online]. TZB-info.cz, 2011 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/domovni-elektroinstalace/7842-klasicka-versus-inteligentni-elektroinstalace>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	Alternating Current - střídavý proud
AI/AO	Analog Input/Analog Output
BUS	Sběrnice
CIB	Common Installation Bus
CP	Cihla pálená
ČR	Česká republika
DC	direct current - stejnosměrný proud
DI/DO	Digital Input/Digital Output
DN	Vnitřní rozměr potrubí (jmenovitá světlost)
EIB	European Instalation Bus Association
EN	Expanzní nádoba
EPS	Elektronická požární signalizace
EPS	expandovaný pěnový polystyren
ETS	Engineering Tool Software
EU	Evropská unie
GSM	Groupe Spécial Mobile (Global System for Mobile communication)
IP	Internet Protocol
KNX	Konnex Bus
LON	Local Operating Network
LON	Local Operating Network
N, PE, L	Nulový, ochranný, fázový vodič
NP	Nadzemní podlaží
NPK-P	Nejvyšší přípustná koncentrace v prostoru
OČ	Oběhové čerpadlo

PC	Personal Computer
PEL	Přípustný expoziční limit
PENB	Průkaz energetické náročnosti budovy
PL	Powerline
PLC	Programmable Logic Controller
PMV	Střední tepelný pocit
PPD	Předpokládané procento nespokojených
PZTS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém
RF	Radiofrequency
TČ	Tepelné čerpadlo
TN-S	Rozvodná síť - rozdělené vodiče PE a N
TP	Twisted Pair
TV	Teplá voda
USB	Universal Serial Bus
WC	Water closet
ZP	Zemní plyn

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Energetický štítek obálky budovy a PENB	15
Obr. 2: PPD v závislosti na PMV	20
Obr. 3: Čtyřicetiletý průměr minimálních teplot v ČR [11]	22
Obr. 4: Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m^2][13]	23
Obr. 5: Rozvržení sluchového pole – závislost akustického tlaku na frekvenci [41]	31
Obr. 6: Foukaná izolace pod podlahou půdy	42
Obr. 7: Možné náhrady pitné vody dešťovou vodou	46
Obr. 8: Příklad systému na využití dešťové vody, včetně domovních rozvodů [22]	48
Obr. 9: Roční náklady na topení vybranými druhy paliv	53
Obr. 10: Teplovodní krbová vložka Romotop [14]	55
Obr. 11: Popis teplovodní krbové vložky [14]	56
Obr. 12: Součásti systému KNX [47]	63
Obr. 13: Základní prvky systému LonWorks [47]	65
Obr. 14: Spínání žárovky v klasické a inteligentní elektroinstalaci [48]	65
Obr. 15: Letecký snímek pozemku	68
Obr. 16: Jižní pohled na objekt	68
Obr. 17: Východní pohled na objekt	69
Obr. 18: Půdorys přízemí	70
Obr. 19: Legenda: Stavební materiály	71
Obr. 20: Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci původní stěny	74
Obr. 21: Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci nového zdiva	75
Obr. 22: Hodnocení tepelné stability v letním období	78
Obr. 23: Fasádní deska Isover TF Profi	81
Obr. 24: Filtrační nátoková šachta a samočistící šachtový filtr[23]	86
Obr. 25: Křivky dodávek a odběru tepla	88
Obr. 26: Charakteristika oběhového čerpadla Grundfoss	91
Obr. 27: Akumulační nádrž Regulus	94
Obr. 28: Solární kolektor Regulus KPS1+ ANT	96
Obr. 29: Schéma solární soustavy	97
Obr. 30: Závěsný kondenzační kotel Thermona a jeho energetický štítek	98
Obr. 31: Schématický nákres krbové vložky [38]	99
Obr. 32: Spartherm Mini Z1 teplovodní krbová vložka [38]	100

Obr. 33: Rozdělení výkonu teplovodní vložky	100
Obr. 34: Princip elektronické regulace hoření [19]	101
Obr. 35: Porovnání regulované a neregulované křivky hoření [20]	102
Obr. 36: Tecomat Foxtrot CP-1006	104
Obr. 37: Schéma otopné soustavy a její regulace	105
Obr. 38: Světelné okruhy	107
Obr. 39: Legenda: Světelné okruhy	108
Obr. 40: Zóny el. rozvodů v koupelnách (půdorys).....	109
Obr. 41: Zásuvkové okruhy	110
Obr. 42: Legenda: Zásuvkové okruhy	111
Obr. 43: Výchozí stránka ovládání homeLYnk [36]	112
Obr. 44: Topologie homeLYnk [36]	113
Obr. 45: Jednoduchý vypínač Gira 3 Basis [33]	115
Obr. 46: Kombinovaný vypínač Gira 3 Komfort [34]	115
Obr. 47: Úvodní stránka vizualizace.....	116
Obr. 48: Osvětlení: možnost ovládání všech místností.....	117
Obr. 49: Ovládání světelných scén	117
Obr. 50: PZTS a EPS	119
Obr. 51: Legenda: EPS a PZTS	120
Obr. 52: Náklady na vytápění a přípravu TV různými palivy pro posuzovaný objekt.....	121

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Základní členění budov dle požadavků na vytápění.....	12
Tab. 2: Energetický výdej	17
Tab. 3: Vybrané hodnoty součinitele A v závislosti na proudění vzduchu	18
Tab. 4: Tepelný pocit k příslušné hodnotě PMV indexu	19
Tab. 5: Teplotní oblasti ČR.....	21
Tab. 6: Vybrané hodnoty Beaufortovy stupnice [12]	22
Tab. 7: Některé požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla.....	25
Tab. 8: Vybrané hodnoty hladin akustického tlaku	31
Tab. 9: Vybrané hodnoty umělého osvětlení a vhodné činnosti.....	33
Tab. 10: Vybrané hodnoty NPK a PEL dle Nařízení vlády 361/2007.....	34
Tab. 11: Výpočtové vnější podmínky pro danou lokalitu	35
Tab. 12: Výpočtové teploty vnitřních prostorů.....	36
Tab. 13: Objemové značení dřevní hmoty a přepočty [18]	45
Tab. 14: Porovnání hodnot relativní a dřevařské vlhkosti [18]	45
Tab. 15: Okrajové podmínky lokality.....	67
Tab. 16: Velikostní údaje zkoumaného objektu	68
Tab. 17: Parametry místností	69
Tab. 18: Složení obvodového zdiva.....	73
Tab. 19: Složení nového obvodového zdiva.....	74
Tab. 20: Součinitelé prostupu tepla – stávající stav.....	76
Tab. 21: Průměrný součinitel prostupu tepla před rekonstrukcí	77
Tab. 22: Parametry zateplovacího materiálu	81
Tab. 23: Součinitelé prostupu tepla po rekonstrukci	81
Tab. 24: Průměrný součinitel prostupu tepla po rekonstrukci	82
Tab. 25: Tepelné ztráty objektu podle programu TechCON	84
Tab. 26: Parametry pro výpočet objemu nádrže	85
Tab. 27: Harmonogram dodávky TV	87
Tab. 28: Otopná tělesa	89
Tab. 29: Parametry otopné soustavy	89
Tab. 30: Parametry akumulční nádrže	93
Tab. 31: Parametry solárního kolektoru	95
Tab. 32: Technologie – vstupy a výstupy	104

Tab. 33: Světelné okruhy	106
Tab. 34: Zásuvkové okruhy	109
Tab. 35: Náklady na otopnou soustavu	122
Tab. 36: Náklady na solární soustavu	122
Tab. 37: Náklady na silnoproudou elektroinstalaci	123
Tab. 38: Náklady na sběrníkovou elektroinstalaci	123
Tab. 39: Celkové náklady	123

SEZNAM PŘÍLOH

P I Půdorys

P II TechCON

P III Otopná soustava

P IV Elektroinstalace

P V Technické listy

Poznámka: přílohy jsou pouze v elektronické podobě