

Integrovaný systém v budově - Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie - Řídicí systém s komunikací KNX

Integrated Building Systems - Intelligent House with Renewable
Energy Sources - Control System with KNX

Bc. Jan Zapletal

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Zapletal**
Osobní číslo: **A12444**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie – Řídicí systém s komunikací KNX**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte studii řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.
2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.
3. Pro konkrétní budovu navrhňte vhodný systém techniky prostředí s možností využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů v kombinaci s bazénem.
4. Navrhňte vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.
5. Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém EPS a EZS.
6. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.

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. **ASHRAE HANDBOOK** . Díl 1 - 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
3. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: **Větrání a klimatizace**. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
4. VALENTA, V. a kol.: **TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3**. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2
5. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: **Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky**. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
6. KŘEČEK, S. a kol.: **Příručka zabezpečovací techniky**. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
7. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: **Automatizované systémy budov**. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9
8. CIHELKA, J. a kol. **Vytápění, větrání a klimatizace**. SNTL Praha, 1985.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

7. března 2014

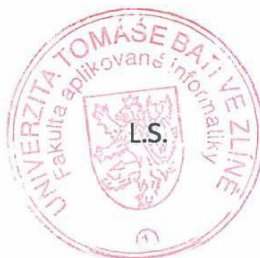
Termín odevzdání diplomové práce:

11. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato diplomová práce obsahuje návrh integrovaného systému v rodinném domě. Práce se zabývá požadavky na tepelně-technické parametry objektu spolu s úspornými zdroji tepla a využitím obnovitelných zdrojů energie. Návrh inteligentního domu obsahuje výpočet tepelných ztrát, možnosti zateplení, návrh otopného systému, využití tepelného čerpadla, solárních kolektorů a plynového kotle. Projekt také obsahuje elektroinstalaci, elektronické bezpečnostní systémy, návrh řídicího sběrnicevého systému KNX a návrh fotovoltaické elektrárny. V závěru práce je uvedeno technicko-ekonomické hodnocení fotovoltaického systému a celého projektu.

Klíčová slova: inteligentní dům, tepelné čerpadlo, solární systém, nízkoteplotní vytápění, sběrnicevý systém KNX, fotovoltaický systém

ABSTRACT

The thesis deals with a proposal for an integrated system in a family house. The thesis discusses the thermo-technical requirements of the construction and economical heat sources using renewable sources of energy. The proposal for an intelligent house includes the calculations of heat losses, possible insulation, proposes heating system using a heat pump, solar collectors and gas heater. The project also includes wiring, electronic safety systems, a proposal for KNX bus system and photovoltaic power plant. The conclusion features a technical and economic assessment of the photovoltaic system and the entire project.

Keywords: smart house, heat pump, solar system, low temperature heating, KNX bus system, photovoltaic system

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. Za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během zpracování této práce.

V neposlední řadě bych rád touto cestou poděkoval mé rodině a přátelům za jejich podporu.

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY	12
1.1 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM	12
1.2 PASIVNÍ DŮM.....	12
1.3 NULOVÝ DŮM.....	12
2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	13
2.1 OPERATIVNÍ TEPLOTA	13
2.2 VLHKOST VZDUCHU	14
2.3 TEPELNÉ IZOLAČNÍ VLASTNOSTI ODĚVU	14
2.4 INDEX PMV - PREDICTED MEAN VOTE.....	14
2.5 INDEX PPD - PREDICTED PERCENTAGE OF DISSATISFIED	15
3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	16
3.1 TEPLOTA VNĚJŠÍHO VZDUCHU	16
3.2 VLHKOST VNĚJŠÍHO VZDUCHU	16
3.3 VÍTR.....	16
3.4 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	16
3.5 KLIMATICKÉ PODMÍNKY V OLMOUCI	17
3.5.1 Teplota vzduchu	17
3.5.2 Vlhkost vzduchu.....	18
3.5.3 Sluneční záření	18
3.5.4 Srážky.....	18
4 POŽADAVKY NA STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY	19
4.1 ŠÍŘENÍ TEPLA KONSTRUKCÍ	19
4.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	19
4.1.2 Součinitel prostupu tepla	20
4.1.3 Průměrný součinitel prostupu tepla.....	20
4.1.4 Pokles dotykové teploty podlahy	21
4.2 ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ	22
4.3 TEPELNÁ ZTRÁTA	23
4.3.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	23
4.3.2 Tepelné ztráty do venkovního prostředí.....	24
4.3.3 Tepelná ztráta přes nevytápěný prostor.....	24
4.3.4 Tepelná ztráta do přilehlé zeminy	25
4.3.5 Tepelné ztráty do sousedícího prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu.....	25
4.3.6 Návrhová tepelná ztráta větráním	26
4.4 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI	26
4.4.1 Tepelná stabilita v zimním období.....	26
4.4.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období	27
4.5 TEPELNÉ ZISKY.....	27
4.5.1 Vnitřní tepelné zisky	27

4.6	SPOTŘEBA ENERGIE V BUDOVĚ	28
5	VHODNÉ SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ	30
5.1	KONDEZAČNÍ KOTEL	30
5.2	SLUNEČNÍ KOLEKTORY	31
5.3	TEPELNÉ ČERPADLO	31
5.4	NÁVRH PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	33
5.5	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES	35
5.6	NÁVRH PODLAHOVÉHO TOPENÍ	35
5.6.1	Výpočet teplovodních podlahových soustav	36
6	OSVĚTLENÍ A AKUSTIKA	40
6.1	OSVĚTLENÍ	40
6.2	MĚRNÝ SVĚTELNÝ VÝKON	40
6.3	TEPLOTA CHROMATIČNOSTI	40
6.4	INDEX PODÁNÍ BAREV	41
6.5	ŽIVOT SVĚTELNÉHO ZDROJE	41
6.6	ZÁKLADNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE A JEJICH PARAMETRY	41
6.7	AKUSTICKÉ POŽADAVKY	42
7	ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY	43
7.1	POPLACHOVÉ ZABEZPEČOVACÍ A TÍŠŇOVÉ SYSTÉMY	43
7.2	ELEKTRONICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS)	44
8	AUTOMATIZACE BUDOV	45
8.1	EVROPSKÁ INSTALAČNÍ SBĚRNICE KNX/EIB	45
8.2	SCADA	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST	47
9	POPIS KONKRÉTNÍHO OBJEKTU A JEHO PŘEDPOKLÁDANÉHO UŽITÍ	48
9.1	POPIS OBJEKTU	48
9.1.1	Sklep	49
9.1.2	Přízemí, 1. patro, 2. patro	50
9.2	PARAMETRY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	53
9.3	OKRAJOVÉ PODMÍNKY	54
9.4	SOUČASNÝ STAV	54
9.4.1	Obvodové zdivo - současný stav	54
9.4.2	Výplně otvorů - současný stav	55
9.5	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA - SOUČASNÝ STAV	55
9.6	TEPELNĚTECHNICKÝ POSUDEK KONSTRUKCE Z POHLEDU KONDENZACE PRO SOUČASNÝ STAV	56
9.7	TEPELNÉ ZTRÁTY PRO SOUČASNÝ STAV	57
9.8	PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PRO SOUČASNÝ STAV	58
10	TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY PO ZATEPLENÍ	60

10.1	OBVODOVÉ ZDIVO PO ZATEPLENÍ	61
10.2	NOVÉ OTVOROVÉ VÝPLNĚ	61
10.3	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PO ZATEPLENÍ	62
10.4	TEPELNĚTECHNICKÝ POSUDEK KONSTRUKCE Z POHLEDU KONDENZACE PO ZATEPLENÍ.....	63
10.5	TEPELNÉ ZTRÁTY PO ZATEPLENÍ.....	64
10.6	PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PO REKONSTRUKCI.....	65
11	TEPELNÁ STABILITA	67
11.1	ZIMNÍ OBDOBÍ	67
11.2	LETNÍ OBDOBÍ	68
12	NÁVRH SYSTÉMU TECHNIKY PROSTŘEDÍ.....	69
12.1	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY.....	70
12.2	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES.....	71
12.3	DIMENZOVÁNÍ PODLAHOVÉHO TOPENÍ	73
12.4	VYTÁPĚCÍ SYSTÉM S VYUŽITÍM OBNOVITELNÉHO ZDROJE	74
12.4.1	Tepelné čerpadlo	75
12.4.2	Bivalentní zdroj pro vytápěcí systém a přípravu teplé vody.....	76
12.4.3	Solární systém	77
12.5	NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ	78
13	ELEKTOINSTALACE.....	79
13.1	ZÁSUVKOVÉ ROZVODY	79
13.2	OSVĚTLOVACÍ SYSTÉM	84
13.3	NÁVRH FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ	89
14	NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH SYSTÉMŮ PZTS A EPS.....	90
15	ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE	95
15.1	REGULACE TOPNÉHO SYSTÉMU	95
15.2	SYSTÉM KOMUNIKACE S KNX	96
15.3	OVLÁDÁNÍ OTOPNÉHO SYSTÉMU	97
15.4	OVLÁDÁNÍ OSVĚTLENÍ A ŽALUZÍ	97
15.5	NÁVRH VIZUALIZACE SCADA SYSTÉMU	98
16	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	106
16.1	TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	106
16.2	TECHNICKO - EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ OTOPNÉHO SYSTÉMU A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	108
16.3	NÁKLADY NA PRVKY KNX A ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM	109
	ZÁVĚR	110
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	114
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	117
	SEZNAM OBRÁZKŮ	118
	SEZNAM TABULEK.....	120
	SEZNAM GRAFŮ	122
	SEZNAM PŘÍLOH.....	123

ÚVOD

V současné době je pod pojmem inteligentní budova považována budova, ve které jsou jednotlivé systémy integrovány do jednoho systému a řízeny prostřednictvím jednoho řídicího systému. U těchto systémů je kladen velký důraz na komfort, snížení provozních nákladů a zajištění bezpečnosti uživatele domu.

Na dnešní výstavbu rodinných domů jsou kladeny vysoké požadavky na energetickou náročnost budov. Energetickou náročnost lze snížit využitím moderních materiálů s výbornými tepelně izolačními vlastnostmi. Tyto požadavky jsou také vyžadovány při rekonstrukcích starších rodinných domů. Snížením provozních nákladů rodinného domu můžeme také dosáhnout s využitím obnovitelných zdrojů, mezi které patří tepelné čerpadlo, solární systém a fotovoltaický systém.

Práce popisuje možnosti energeticky úsporných opatření staršího domu. Mezi tyto opatření patří optimální zateplení obvodového pláště a výměna oken. S využitím obnovitelných zdrojů energie může být dosaženo ještě nižších provozních nákladů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

Současná výstavba rodinných domů probíhá v nízkoenergetickém či pasivním standardu. Tento trend je způsoben stále se zvyšujícími náklady na energie.

1.1 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetické domy mohou mít potřebu tepla až několikanásobně menší než běžná výstavba. Nízkoenergetické domy nemusí být jen rodinné, ale také bytové či administrativní budovy. Nízkoenergetický dům se definuje spotřebou tepla do 50 kWh/(m²·rok). Potřebu tepla na vytápění nejvíce ovlivňují parametry jako zateplení fasády, střechy, a kvalita oken a dveří.

1.2 Pasivní dům

Pasivní dům má ještě kvalitnější tepelnou izolaci, ale také má řízené větrání s rekuperací tepla. Často bývá pasivní dům vytápěn teplovzdušným vytápěním s rekuperací. Spojení vzduchotechniky s klimatizačním zařízením umožňuje chlazení v letních měsících, kdy se dům může snadno přehřívat. Pasivní dům vychází z principu využívání tepelných zisků v budově, především slunečním zářením procházející okny, spotřebiči a lidmi. Pasivní dům by měl mít spotřebu tepla do 15 kWh/(m²·rok).

1.3 Nulový dům

Tepelně technické parametry má nulový dům obdobné jako dům pasivní. Podstata nulového domu je využití dostatečně velké plochy pro fotovoltaické panely. Pokud je dům schopen pokrýt svoji energetickou zátěž s přebytkem energie, jedná se o tzv. aktivní dům. Tato zbytková energie se následně dodá do rozvodné sítě.

2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Základním parametrem hodnotící stav vnitřního prostředí pro pobyt a činnost osob je tepelná pohoda, kterou ovlivňuje několik faktorů:

- teplota vzduchu
- teplota okolních stěn
- vlhkost vzduchu
- tepelné izolační vlastnosti oděvu
- tělesná aktivita člověka

Tepelná pohoda je tudíž faktor, kterým nelze popsat stav prostřední komplexně, ale jen jeho tepelně vlhkostní složku. Tepelnou pohodu neovlivňují další složky (oděrová, mikrobiální, akustická, atd.), které formují vnitřní prostředí. [1 str. 15]

2.1 Operativní teplota

Pro posuzování tepelné pohody existuje celá řada kritérií. Pro zjednodušení se zavádí veličina nazývaná jako operativní teplota. Tato teplota v sobě zahrnuje vliv konvekční výměny vzduchu a vliv sdílení tepla sáláním. [2]

Pro stanovení operativní teploty ve skutečném prostředí na základě měření je zapotřebí naměřit střední radiační teplotu, teplotu vzduchu a rychlost proudění vzduchu. Ve většině případů je rozdíl mezi střední radiační teplotou a teplotou vzduchu $< 4 \text{ }^\circ\text{C}$ a rychlost proudění vzduchu je menší než $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V takovém případě je možné vypočítat operativní teplotu s dostatečným přiblížením jako aritmetický průměr střední radiační teploty a teploty vzduchu. Při větším rozdílu teplot nebo vyšších rychlostech vzduchu se operativní teplota počítá dle rovnice 2.1. [2]

$$\theta_o = A \cdot \theta_a + (1 - A) \cdot \theta_r \quad (2.1)$$

kde: θ_o operativní teplota [$^\circ\text{C}$]
 A koeficient rychlosti proudění vzduchu [-]
 θ_a teplota vzduchu [$^\circ\text{C}$]
 θ_r střední radiační teplota [$^\circ\text{C}$]

Tab. 2.1 – závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu W_a [2]

W_a [$m \cdot s^{-1}$]	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
A [-]	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

2.2 Vlhkost vzduchu

V běžném prostředí se vlhkost vzduchu vyjadřuje relativní vlhkostí. Nízkou nebo vysokou relativní vlhkostí vzduchu lze negativně ovlivnit zdraví osob v budově. Při vyšší relativní vlhkosti může dojít k vytvoření podmínek pro bujení mikroorganismů a plísní. [1 str. 16]

2.3 Tepelné izolační vlastnosti oděvu

Tepelný odpor oděvu tvoří asi z 80 % vzduchové vrstvy uzavřené mezi jednotlivými vrstvami oděvu. Tepelný odpor oděvu ovlivňuje vlhkost a také rychlost proudění vzduchu. Povrch oděvu je větší než povrch těla. Hodnoty tepelného odporu R a koeficientu zvětšení povrchu těla f_c jsou uvedeny v tab. 2.2. [3 stránky 132 - 133]

Tab. 2.2 – tepelný odpor oděvu R_{clo} a koeficient zvětšení povrchu těla f_c [3 str. 133]

Druh oděvu	R_{clo}		f_c [-]
	[$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]	[clo]	
Lehký jednovrstvý	0,078	0,5	1,1
Dvouvrstvý	0,11	0,7	1,1
Třívrstvý	0,155	1	1,15
Čtyřvrstvý	0,233	1,5	1,2

2.4 Index PMV - Predicted Mean Vote.

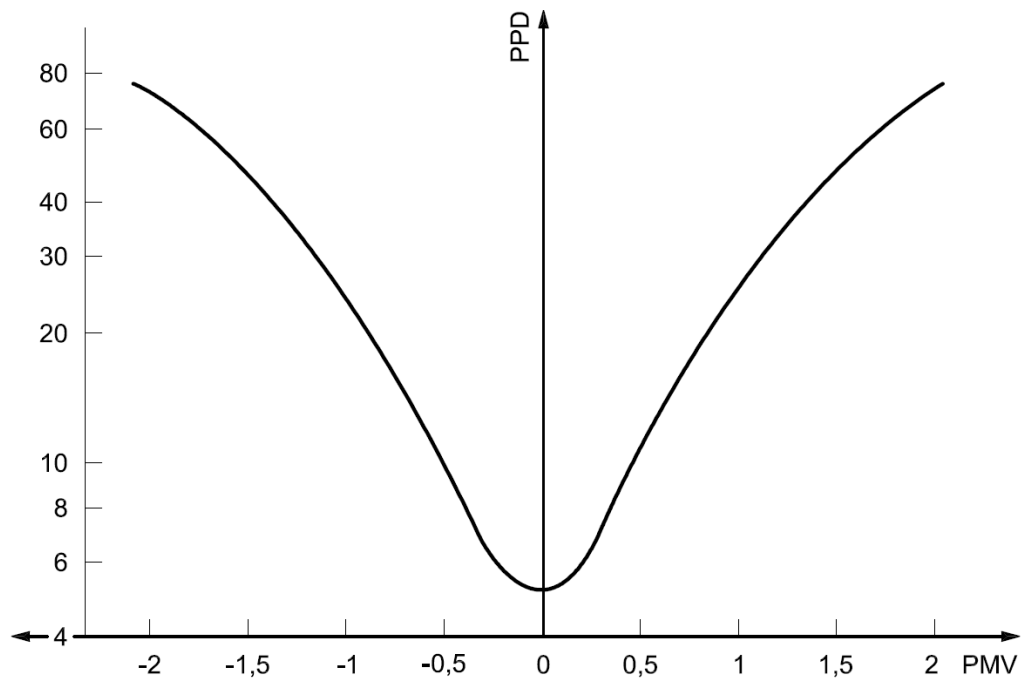
Stupeň tepelného pocitu (diskomfortu) člověka se vyjadřuje pomocí ukazatele PMV (Predicted Mean Vote). PMV tedy určuje předpověď středního tepelného pocitu a je definován funkcí rozdílu tepelného toku produkovaného organismem a aktuálního toku tepla, který tělu odnímá prostředí. Na základě statistického šetření pocitů osob byly k číselným hodnotám přiřazeny subjektivní údaje. [4 str. 25]

Tab. 2.3 – tabulka vyjadřující hodnoty PMV [4 str. 25]

PMV [-]	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Tepelný pocit	zima	chladno	mírně chladno	neutrálně	mírně teplo	teplo	horko

2.5 Index PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied

Ukazatel PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) je procentuální podíl nespokojených osob se stavem prostředí. Z obr. 2.1 vyplývá, že i ve stavu, kdy jsou v daném prostředí dodrženy ideální parametry (PMV roven nule), bude asi 5% osob.



Obr. 2.1 – závislost PPD na PMV [5 str. 10]

PMV - předpověď středního tepelného pocitu [-]

PPD - předpověď procentuálního podílu nespokojených [-]

3 VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

Veličiny určující venkovní prostředí v určitém místě jsou závislé na zeměpisné poloze, roční a denní době, na produkci znečišťujících látek atd. Působí nejen na člověka, ale i na stav přírodních složek prostředí, na životnost staveb a technických zařízení ovlivňují i vnitřní prostředí. [4 str. 9]

3.1 Teplota vnějšího vzduchu

Teplota venkovního vzduchu v blízkosti povrchu země závisí na několika faktorech: na intenzitě sluneční radiace, absorpci radiace povrchem, proudění vzduchu, zeměpisné poloze, nadmořské výšce, roční i denní době. S rostoucí výškou nad povrchem země teplota vzduchu klesá. Pro dimenzování otopných soustav se používají výpočtové teploty odvozené z extrémních hodnot dle dlouhodobého pozorování. [4 str. 12]

3.2 Vlhkost vnějšího vzduchu

Vlhkost atmosférického vzduchu je ovlivněna zeměpisnou polohou místa, intenzitou vodních srážek, blízkostí vodních toků a vodních ploch, roční a denní dobou. Relativní vlhkost vnějšího vzduchu závisí na parciálním tlaku vodní páry obsažené ve vzduchu a na parciálním tlaku vodní páry při plném nasycení. [4 str. 14]

3.3 Vítr

Proudění vzduchu vzniká vlivem tlakových rozdílů, které určují směr a proudění vzduchu. Na území České republiky převládá západní, částečně severozápadní a jihovýchodní směr proudění. Rychlost větru se pohybuje v průměru okolo $4 \div 10$ m/s. Denní kolísání rychlosti větru přibližně sleduje průběh teploty vzduchu. [4 stránky 15-16]

3.4 Sluneční záření

Slunce vyzařuje energii ve vlnovém rozsahu $10^{-10} \div 10^3$ m, velká část záření je v rozsahu $0,2 \mu\text{m} \div 3 \mu\text{m}$. Intenzita slunečního záření závisí na zeměpisné poloze, poloze osluněné plochy a znečištění atmosféry. [4 str. 11]

3.5 Klimatické podmínky v Olomouci

Komplexní zpracování podnebí v Olomouci a okolí není doposud vypracováno. Hodnoty klimatických podmínek jsou čerpány převážně z Hydrometeorologického Ústavu (celorepublikové klima). Popis olomouckého městského a příměstského klimatu lze nalézt především v nepublikovaných pracích jako jsou bakalářské a diplomové práce studentů na Univerzitě Palackého v Olomouci. [6 str. 9]

3.5.1 Teplota vzduchu

Průměrná roční teplota vzduchu v Olomouci za období 1961 – 2010 je 8,9 °C (medián 8,8 °C). Roční chod teploty vzduchu vykazuje jedno roční maximum a minimum. Tento chod teploty je charakteristický pro středoevropský režim. Průměrně nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou hodnotou 19,1 °C a nejméně chladným měsícem je leden s průměrnou měsíční teplotou vzduchu -2,2 °C. Maximální nejvyšší a nejnižší průměrná měsíční teplota vzduchu za období 1961 - 2010 jsou uvedeny v tab 3.1. [6 stránky 40 - 42]

Tab. 3.1 – nejvyšší a nejnižší průměrná měsíční a roční teplota vzduchu [6 str. 42]

Měsíc	$\theta_{(avg)max}$		$\theta_{(avg)min}$	
	[°C]	Rok	[°C]	Rok
Leden	3,7	2007	-9,1	1985
Únor	4,3	1966	-6,4	1986
Březen	7,4	1990	-0,8	1987
Duben	13,8	2009	6,2	1997
Květen	17,1	2002	11,1	1991
Červen	20,6	2003	14,7	1985
Červenec	22,9	2006	16,3	1978
Srpen	24,3	1992	16,1	1965
Září	17,4	1982	11,1	1996
Říjen	12,9	2000	6,3	1974,2003
Listopad	7,7	2000	-0,2	1988
Prosinec	3,0	1979	-5,0	1969
Roční průměr	10,5	2008	7,4	1980

Srovnáním olomoucké teplotní řady s jinými řadami v ČR zjistíme, že město Olomouc patří mezi nejteplejší oblasti Česka. Pouze jen část jižní Moravy, Polabí a města Prahy jsou teplejší.

Extrémní teploty

Nejvyšší naměřená teplota vzduchu je 36,3 °C ze dne 17. Července 2007. Nejnižší naměřená teplota vzduchu je hodnota -27,7 °C, dne 24. a 25. ledna 2006. [6 stránky 44 - 45]

3.5.2 Vlhkost vzduchu

Za posledních padesát let je dlouhodobá průměrná roční relativní vlhkost vzduchu 79,6%. Dlouhodobě je nejvlhčím měsícem prosinec s 86,5 %, naopak nejsušší je květen s 68,9 %. Absolutní minimum relativní vlhkosti ve vzduchu je 15 % ze dne 19.března 1990. [6 str. 109]

3.5.3 Sluneční záření

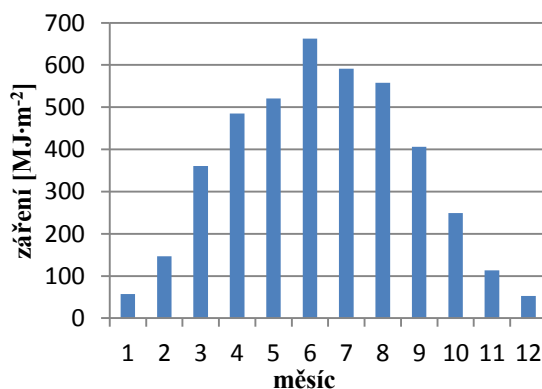
Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu za období 1961 – 2010 je 1664 hodin (denně 4,6 hod.). Nejvyšší hodnota ročního úhrnu slunečního svitu byla naměřena v roce 2003 s hodnotou 2177,3 hodin. Naopak nejméně v roce 1980 pouze 1330 hodin. Průměrný roční úhrn globálního záření za období 2010 – 2011 byl naměřen 4186,7 MJ·m⁻². Průměrný roční chod globálního záření v Olomouci lze vyčíst z grafu 3.1. [6 str. 144]

3.5.4 Srážky

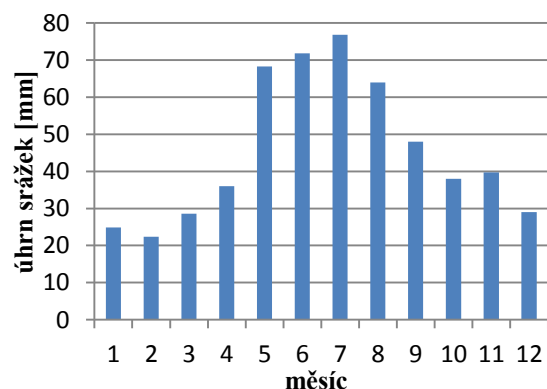
Česká Republika, tedy i Olomouc leží v hlavní oblasti evropského rozvodí a srážky jsou hlavním zdrojem vody. Přebytek těchto srážek může způsobovat povodně. Oproti tomu dlouhodobý nedostatek srážek zapříčiňuje suchá období. [6 str. 115]

Roční chod a kolísání srážek

V červenci průměrně spadne 76,8 mm srážek. Druhým nejdeštivějším měsícem je červen s 71,8 mm a třetím je květen s 68,3 mm. Naopak únor má nejnižší dlouhodobí úhrn srážek 22,4 mm. Za únorem následuje hned měsíc leden s 24,9 mm a následně březen s průměrem srážek 28,6 mm. Průměrné měsíční srážky v Olomouci od r. 1961 – 2010 jsou znázorněny na grafu 3.2.



Graf 3.1 – průměrný roční chod globálního záření v Olomouci [6 str. 144]



Graf 3.2 – průměrné měsíční srážky Olomouci od r. 1961 do r. 2010 [6 str. 119]

4 POŽADAVKY NA STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY

Tepelně technické požadavky zohledňují šíření tepla, vlhkosti a vzduchu konstrukcemi, místnostmi a budovami. Dodržením tepelně technických požadavků zabraňujeme vzniku tepelně technických vad a poruch budov, ovlivňujeme tepelnou pohodu uživatelů a požadovaný stav vnitřního prostředí. Doporučené hodnoty jsou vhodné pro energeticky úsporné budovy. [7 str. 6]

4.1 Šíření tepla konstrukcí

Pro šíření tepla konstrukcí klademe důraz na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, důležitý je taktéž součinitel prostupu tepla konstrukcí a pokles dotykové teploty podlahy.

4.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} je vhodné hodnotit v poměrovém tvaru jako teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{R_{si}}$. Teplotní faktor je jednoznačnou vlastností konstrukce nebo styků konstrukcí v daném místě, která je nezávislá na přilehlých teplotách prostředí.

$$f_{R_{si}} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{ai} - \theta_e} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad \theta_{si} = \theta_i - (1 - f_{R_{si}}) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (4.1)$$

$$f_{R_{si}} = 1 - U_x \cdot R_{si}$$

- kde: U_x lokální součinitel prostupu tepla v místě x vnitřního povrchu [W/(m²·K)]
 R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně výplně otvorů $R_{si} = 0,13$ [(m²·K)/W], na povrchu konstrukcí $R_{si} = 0,25$ [(m²·K)/W]
 θ_{si} vnitřní povrchová teplota [K]
 $f_{R_{si}}$ faktor vnitřního povrchu [-]
 θ_e teplota venkovního vzduchu [K]
 θ_i teplota vnitřního vzduchu [K]
 θ_{ai} návrhová teplota vnitřního vzduchu [K]

Konstrukce v zimním období musí splňovat podmínku $f_{R_{si}} \geq f_{R_{si,N}}$ v každém místě konstrukce. Kde $f_{R_{si,N}}$ [-] je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu. [7 str. 7]

4.1.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik unikne tepla skrz danou konstrukci o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jejich povrchů při 1K. Jedná se o výměnu tepla mezi dvěma vzájemně oddělenými prostředními v ustáleném stavu. Zahrnuje vliv všech tepelných mostů, které jsou součástí konstrukce. [8]

Vytápěné objekty musí mít relativní vlhkost vnitřního vzduchu uvnitř místnosti do 60 % a součinitel prostupu tepla konstrukce menší nebo roven požadované hodnotě (4.2). [7 str. 9]

$$U \leq U_N \quad (4.2)$$

kde: U součinitel prostupu tepla dané konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 U_N požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

Součinitel prostupu tepla se vypočte buď pomocí součinitele tepelné vodivosti a tloušťky konstrukce (4.3), nebo pomocí tepelných odporů (4.4):

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}\right)} \quad (4.3)$$

kde: U součinitel prostupu tepla dané konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 h_i součinitel prostupu tepla na vnitřní straně, $h_i = 8$ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 d tloušťka jednotlivých vrstev konstrukce [m]
 λ součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev konstrukce [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]
 h_e součinitel prostupu tepla na vnější straně, $h_e = 23$ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

$$U = \frac{1}{(R_i + \sum R_N + R_e)} \quad (4.4)$$

kde: U součinitel prostupu tepla dané konstrukce [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
 R_i tepelný odpor při přestupu na vnitřní straně [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]
 R_N tepelný odpor jednotlivých vrstev [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]
 R_e tepelný odpor při přestupu na vnější straně [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$]

4.1.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Prostup tepla obálkou budovy se hodnotí pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Průměrný součinitel prostupu tepla musí splňovat podmínku (4.5). Prostup tepla obálkou budovy vyjadřuje základní vliv stavebního řešení pro spotřebu tepla na vytápění.

Požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro převažující vnitřní návrhovou teplotu jsou uvedeny v tab.4.1. [7 str. 21]

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (4.5)$$

kde: U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]

$U_{em,N}$ požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [W/(m²·K)]

Tab. 4.1 – požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla [7 str. 21]

Objemový faktor tvaru budovy A/V [m ² /m ³]	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m ² ·K)]	
	Požadované hodnoty $U_{em,N,rq}$ [W/(m ² ·K)]	Doporučené hodnoty $U_{em,N,rc}$ [W/(m ² ·K)]
≤ 0,2	1,05	0,79
0,3	0,80	0,60
0,4	0,68	0,51
0,5	0,60	0,45
0,6	0,55	0,41
0,7	0,51	0,39
0,8	0,49	0,37
0,9	0,47	0,35
≥ 1,0	0,45	0,34
Mezilehlé hodnoty (zaokrouhlené na setiny)	$0,30 + \frac{0,15}{(A/V)}$	$0,75 \cdot U_{em,N,rq}$

Průměrný součinitel prostupu tepla se stanoví ze vzorce:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad (4.6)$$

kde: U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m²·K)]

H_T měrná ztráta prostupem tepla [W/K]

A plocha obálky budovy [m²]

$$H_T = U \cdot A \cdot b \quad (4.7)$$

kde: H_T měrná ztráta prostupem tepla [W/K]

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

A plocha obálky budovy [m²]

b činitel teplotní redukce [-]

4.1.4 Pokles dotykové teploty podlahy

Pokles dotykové teploty podlahy musí splňovat podmínku:

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} \quad (4.8)$$

kde: $\Delta\theta_{10}$ pokles dotykové teploty podlahy [°C]

$\Delta\theta_{10,N}$ požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy, tab. 4.2 [°C]

Požadavek se nemusí dodržovat u podlahy s celoplošnou vrstvou textilní podlahoviny a podlahy s teplotou trvale vyšší než 26°C.

Tab. 4.2 – požadované hodnoty pro obytné budovy

Druh místnosti	Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10,N}$ [°C]
Dětský pokoj, ložnice	I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
Obývací pokoj, pracovna, předsín sousedící s pokoji, kuchyň	II. Teplé	do 5,5 včetně
Koupelna, WC, předsín před vstupem do bytu	III. Méně teplé	do 6,9 včetně
Místnost bez požadavku	IV. Studené	od 6,9

4.2 Šíření vlhkosti konstrukcí

U stavební konstrukce, kde působí zkondenzovaná pára uvnitř, dochází k ovlivnění její požadované funkce. Proto k tomuto jevu kondenzace páry nesmí dojít. Kondenzace by mohla způsobit snížení životnosti konstrukce, nižší povrchovou teplotu konstrukce vedoucí ke vzniku plísní, nebo zvýšení hmotnostní vlhkosti konstrukce na úroveň způsobující jeho degradaci. [4 str. 40]

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára mohla narušit její funkci, nesmí dojít ke kondenzaci.

$$M_c = 0 \quad (4.9)$$

kde: M_c roční množství zkondenzované vodní páry [kg/(m²·rok)]

Pro stavební konstrukci, u které by vlhkost neměla narušit její funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry v konstrukci.

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (4.10)$$

kde: M_c roční množství zkondenzované vodní páry [kg/(m²·rok)]

$M_{c,N}$ maximální roční množství zkondenzované vodní páry [kg/(m²·rok)]

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky (okna, dveře), konstrukci s izolačním systémem nebo jinou obvodovou konstrukcí s difúzně málo propustnými materiály platí dále dva vztahy:

- Pro maximální roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,N} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{rok}} \right]$ platí vztah:

$$M_{c,N} = 0,1 \quad \text{nebo } 3\% \text{ plošné hmotnosti materiálu} \quad (4.11)$$

- Pro ostatní konstrukce platí nižší z hodnot:

$$M_{c,N} = 0,5 \quad \text{nebo } 5\% \text{ plošné hmotnosti materiálu} \quad (4.12)$$

V konstrukci, kde dochází k omezené kondenzaci, musí být množství roční zkondenzované vodní páry menší než roční množství vypařené vodní páry. [7 str. 15]

$$M_c < M_{ev} \quad (4.13)$$

kde: M_c roční množství zkondenzované vodní páry [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]

M_{ev} roční množství vypařené vodní páry [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]

4.3 Tepelná ztráta

Tepelná ztráta objektu Φ_i se stanovuje součtem tepelných ztrát prostupem a tepelných ztrát větráním v jednotlivých místnostech. [9 str. 18]

$$\Phi_i = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} \quad (4.14)$$

kde: Φ_i tepelná ztráta objektu [W]

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

$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním tepla v místnosti [W]

4.3.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem stanovuje, kolik tepla unikne přes konstrukce obklopující danou vytápěnou místnost. Hodnota tepelné ztráty je závislá na součiniteli prostupu tepla konstrukcí, ploše ochlazované konstrukce a na vnější návrhové teplotě. Celková tepelná ztráta objektu je dána součtem: měrné tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, měrné tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor, měrné tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy a měrné tepelné ztráty z vytápěného prostoru do vedlejších vytápěných prostor s výrazně odlišnou teplotou. [9 str. 18]

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (4.15)$$

kde: $\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem [W]

- $H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K]
- $H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K]
- $H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]
- $H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedícího prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]
- $\theta_{int,i}$ vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [°C]
- θ_e venkovní výpočtová teplota [°C]

4.3.2 Tepelné ztráty do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru do venkovního prostředí zahrnuje všechny konstrukce místnosti: stěny, podlaha, strop, okna a dveře. Hodnota tepelných ztrát závisí na ploše jednotlivých konstrukcí, součinitelích prostupu tepla a tepelných mostech. [9 str. 18]

$$H_{T,ie} = \sum_K A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_I \psi_I \cdot I_I \cdot e_I \quad (4.16)$$

- kde: $H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K]
- A_k plocha stavební konstrukce [m²]
- U_k součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m²·K)]
- e_k, e_I korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům [-]
- ψ_I činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/(m·K)]
- I_I délka lineárních tepelných mostů [m]

4.3.3 Tepelná ztráta přes nevytápěný prostor

Pokud se mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím nachází nevytápěný prostor, tepelná ztráta se vypočte pomocí rovnice (4.17). [9 str. 19]

$$H_{T,iue} = \sum_K A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_I \psi_I \cdot I_I \cdot b_u \quad (4.17)$$

- kde: $H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K]
- A_k plocha stavební konstrukce [m²]

U_k	součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m ² ·K)]
b_u	korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům [-]
ψ_l	činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/(m·K)]
l_l	délka lineárních tepelných mostů [m]

4.3.4 Tepelná ztráta do přilehlé zeminy

Tepelné ztráty do zeminy jsou závislé na několika základních faktorech: ploše a obvodu styku konstrukce se zeminou, hloubce konstrukce pod úroveň zeminy a tepelných vlastností zeminy. Tepelná ztráta do přilehlé zeminy se vypočte s použitím rovnice (4.18). [9 str. 20]

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \left(\sum_K A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (4.18)$$

kde: $H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]
f_{g1}	korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty [-]
f_{g2}	teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-]
A_k	plocha stavební konstrukce, dotýkající se zeminy [m ²]
$U_{equiv,k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m ² ·K)]
G_w	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody [-]

4.3.5 Tepelné ztráty do sousedícího prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu

Tyto tepelné ztráty vyjadřuje teplotní tok mezi jednotlivými místnostmi a vypočte se pomocí rovnice (4.19). Například to může být umístění koupelny mezi místnosti s jinou návrhovou teplotou. [9 str. 25]

$$H_{T,ij} = \sum_K f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (4.19)$$

kde: $H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do prostoru s výrazně jinou teplotou [W/K]
$f_{i,j}$	redukční teplotní činitel [-]
A_i	plocha stavební konstrukce [m ²]
U_k	součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m ² ·K)]

4.3.6 Návrhová tepelná ztráta větráním

Z hygienických důvodů je potřeba zajistit dostatečné větrání daného objektu. Pro rodinné domy musí být dosažena intenzita větrání minimálně $0,5 \text{ h}^{-1}$. To znamená výměnu poloviny celkového objemu vzduchu v místnosti. Návrhové tepelné ztráty objektu se vypočítají dle rovnice (4.20). [9 str. 26]

$$\Phi_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad (4.20)$$

kde: $\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním [W]
 \dot{V}_i objemový průtok [m^3/h]
 ρ hustota vzduchu při $\theta_{\text{int},i}$ [kg/m^3]
 c_p měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{\text{int},i}$ [$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]
 $\theta_{\text{int},i}$ výpočtová vnitřní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
 θ_e výpočtová venkovní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

4.4 Tepelná stabilita místnosti

Tepelná stabilita místnosti nám určuje požadavek, aby tepelný stav místnosti v daném časovém intervalu byl v daném teplotním rozpětí. Rozlišuje se tepelná stabilita v zimním a letním období.

4.4.1 Tepelná stabilita v zimním období

V zimním období se požaduje, aby kritická místnost na konci doby chladnutí vykazovala pokles teploty v místnosti dle rovnice (4.21). Kritickou místností je místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí. Nejčastěji to bývá rohová místnost pod střešou. [7 str. 19]

$$\Delta\Phi_V(t) \leq \Delta\Phi_{V,N}(t) \quad (4.21)$$

kde: $\Delta\Phi_V(t)$ pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období [$^{\circ}\text{C}$]
 $\Delta\Phi_{V,N}(t)$ požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období, (tab. 4.3) [$^{\circ}\text{C}$]

Tab. 4.3 – požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v zimním období pro místnosti s pohybem lidí [7 str. 19]

Druh místnosti	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\Phi_{V,N}(t)$ [$^{\circ}\text{C}$]
Při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně	3
Při vytápění kamny nebo podlahovým vytápěním	4

4.4.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období

V letním období se požaduje, aby nejvyšší denní teplota v kritické místnosti nepřesáhla denní vzestup teploty o 5°C anebo aby nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti nepřesahovala 27 °C. Kritickou místností v letním období je místnost s největší plochou přímo osluněných výplní otvorů orientovaných na Z, JZ, J, JV, V a to v poměru k podlahové ploše přilehlého prostoru. [7 str. 20]

4.5 Tepelné zisky

Tepelné zisky se dělí do dvou složek. Tepelné zisky od vnitřních zdrojů a tepelné zisky z vnějšího prostředí. Tepelné zisky vnější získané např. osluněním, parametry a orientací oken mají významný vliv na tyto tepelné zisky budov.

4.5.1 Vnitřní tepelné zisky

K vnitřním zdrojům tepla patří produkce tepla od lidí a svítidel. Do produkce tepla od lidí se zahrnuje pouze teplo citelné, které je závislé na tělesné práci, teplotě vzduchu a složení skupiny lidí. Produkce tepla muže při práci u stolu (při teplotě 26 °C) je 62 W. Přehled o produkci citelného tepla, vázaného tepla a vodní páry, uvádí tabulka 4.4. [3 str. 158]

Tab. 4.4 – produkce tepla od lidí [3 str. 159]

činnost člověka	místo činnosti	meta-bolické teplo	Teplota vzduchu [°C]					
			24		26		28	
			teplo citelné [W]	vodní pára [g/h]	teplo citelné [W]	vodní pára [g/h]	teplo citelné [W]	vodní pára [g/h]
sedící, odpočívající	divadlo, kino	115	74	60	62	79	50	97
sedící, mírně aktivní	kanceláře, byt	140	74	98	62	116	50	135
stojící, lehká práce	obchody, sklady	150	72	116	60	134	48	152
chodící, přecházející	obchodní domy, banky	160	77	124	64	143	51	162
lehká práce u stolu	dílny	230	79	225	66	244	53	264
mírný tanec		260	92	250	77	273	62	296

Pro jinou teplotu se uvádí vztah (4.22).

$$Q_1 = 6,2 \cdot (36 - \theta_i) \cdot i_1 \quad (4.22)$$

kde: Q_1 produkce tepla od lidí [W]
 θ_i teplota vnitřního vzduchu [°C]
 i_1 počet lidí [-]

Produkce tepla žen a dětí se vztahuje na procentuální poměr produkce tepla mužů. U žen, poměr tvoří 85% a u dětí 75% produkce tepla mužů. Pro skupiny lidí se provádí přepočítání na ekvivalentní počet dle vzorce (4.23). [3 str. 158]

$$i_1 = 0,85i_z + 0,75i_d + i_m \quad (4.23)$$

kde: i_1 počet lidí [-]
 i_z počet žen [-]
 i_d počet dětí [-]
 i_m počet mužů [-]

Tepelný výkon světelných zdrojů může významně ovlivnit celkové vnitřní zisky. Jejich tepelný výkon je totiž shodný s jejich příkonem. Při výpočtu musíme jen zohlednit časové období, ve kterém je osvětlení v provozu. Odhad tepelných zisků od svítidel lze provést na základě požadované intenzity osvětlení. U klasických žárovek na každých 100 lx bude činit tepelný výkon 20-25 W/m². Žárovky mají lepší účinnost, takže mají na 100 lx osvětlení tepelný výkon 7 W/m². [4 stránky 47-48]

4.6 Spotřeba energie v budově

Energetický štítek

Energetický štítek zavedla ČSN norma 730540-2/2002 (Tepelná ochrana budov – Část 2). Energetický štítek hodnotí budovu s ohledem na její tepelně technické vlastnosti, které jsou definovány pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Energetický štítek hodnotí pouze obálku budovy, lze ho tedy využít při hodnocení vlivu zateplení bez zkrácení výsledku vlivem jiných veličin. [7]

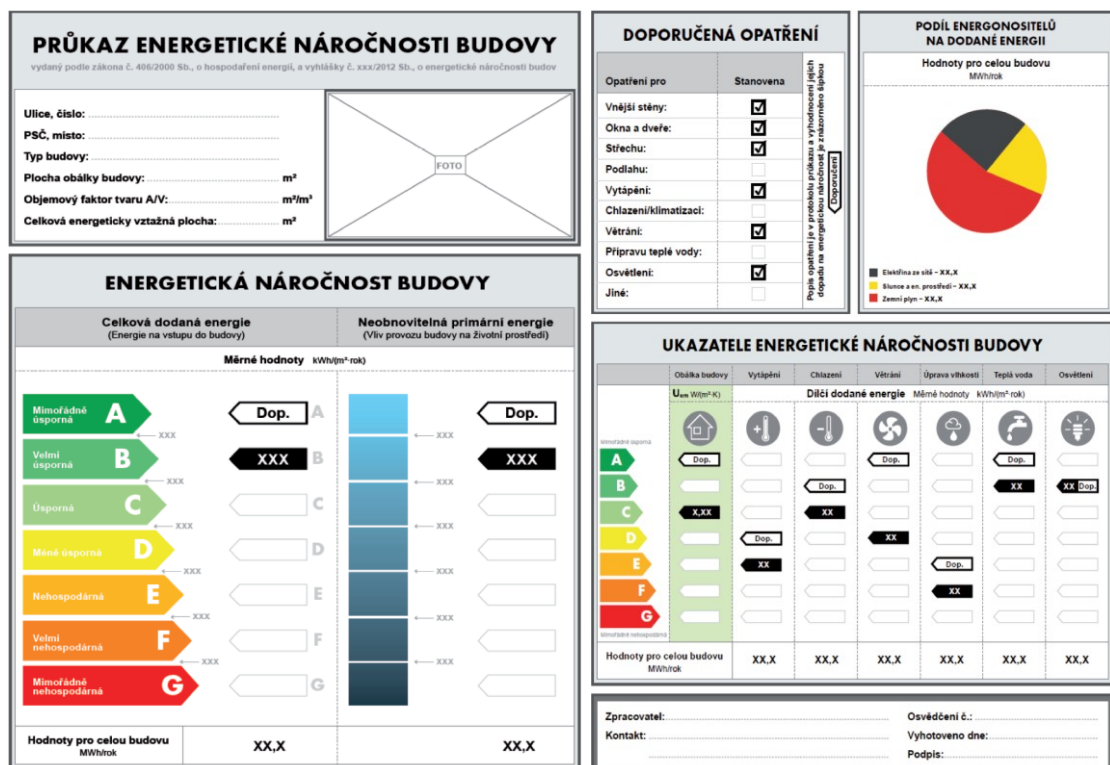
Průkaz energetické náročnosti budov (PENB)

Průkaz energetické náročnosti hodnotí celkovou energetickou náročnost budovy. Energetická náročnost budovy je určena ročním množstvím dodané energie do hodnocené budovy v GJ. Do dodané energie se započítává energie na vytápění, chlazení, větrání, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení při běžném užívání.

V rámci výstupu PENB se hodnotí ukazatele jako:

- a) celková primární energie za rok
- b) neobnovitelná primární energie za rok
- c) celková dodaná energie za rok
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok
- e) průměrný součinitel prostupu tepla
- f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- g) účinnost technických systémů

Energetická náročnost se provádí na základě referenční budovy. Referenční budova je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. Referenční budova představuje vyhovující třídu C, budovy s nižší energetickou náročností spadají do tříd A a B, budovy s horší energetickou náročností vyjdou jako nevyhovující – třídy D až G. Platnost průkazu energetické náročnosti budovy je 10 let. [10]



Obr. 4.1 – průkaz energetické náročnosti budov [10]

5 VHODNÉ SYSTÉMY TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Pro zajištění vhodného klimatu v rodinných domech potřebujeme zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody (TV). Nejčastějším zdrojem tepla bývá plynový kotel, kotel na tuhá paliva nebo elektrokotel. Pro vytápění může být využito i tepelné čerpadlo či solární kolektory, je ale nutné počítat s bivalentním zdrojem tepla. Výkon tepelného čerpadla je závislý na venkovní teplotě, při nízké teplotě venkovního vzduchu dochází k neefektivnímu provozu tepelného čerpadla. Při poklesu okolní teploty pod určitou mez dochází k vypnutí tepelného čerpadla a zapnutí bivalentního zdroje (plynový kotel, topná spirála). Solární kolektory se využívají spíše jen k přitápění v přechodném období a přípravě teplé vody.

5.1 Kondenzační kotel

Plynové kondenzační kotle jsou novou generací plynových kotlů. Jejich hlavní výhodou je energetický přínos spočívající ve využití velké části kondenzačního tepla vodní páry ze spalín. V případě, kdy je zemní plyn spalován s 20 % přebytkem vzduchu, připadá na 1 m³ suchých spalín 157 g vodní páry. Teplota rosného bodu při dané vlhkosti je přibližně 56 °C. Pokud ve výměníku tepla kotle poklesne teplota spalín pod tuto teplotu, začne vodní pára ze spalín kondenzovat. Při dodržení dané teploty kotel pracuje jako kondenzační. Spálením 1 m³ vznikne cca 1,63 kg vodní páry, kondenzací tohoto množství lze získat 4 100 kJ tepla. Toto množství představuje zhruba 9,1 % hodnoty spalného tepla. Pro určení celkové účinnosti plynových kotlů se dnes vychází z výhřevnosti plynu, která je definována jako množství tepla odpovídající spalnému teplu zmenšeného o kondenzační teplo. Z tohoto důvodu je možné, že kondenzační kotel může dosahovat účinnosti až 111 %.

Množství předaného tepla a tedy i účinnosti je dána velikostí teplosměnné plochy výměníku. Se zvětšující se teplosměnnou plochou roste velikost a cena výměníku, potažmo celého kotle. Limitní kritéria pro kondenzační kotle jsou:

- 1) Účinnost 95 % při teplotě vratné vody 60 °C, při této teplotě kotel nepracuje jako kondenzační, ale přesto má vyšší účinnost než kotel klasické konstrukce.
 - 2) Účinnost 101 % při teplotě vratné vody 45 °C, kotel funguje jako kondenzační
- [4 stránky 237 - 238]

5.2 Sluneční kolektory

Nejbohatším energetickým zdrojem dostupným na zemi je sluneční energie. Sluneční energie představuje nevyčerpatelný energetický zdroj. Přeměna energie slunečního záření pomocí fototermální přeměny na tepelnou energii je jednou z nejjednodušších metod využití energie ze Slunce.

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcování slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii. Pro většinu budov se používají kolektory, ve kterých je jako teplotonosná látka využita kapalina (voda, nemrznoucí směs). Kolektory využívající kapalinu jako teplotonosnou látku, mají absorber tvořený trubkami. Nejběžnější kapalinové kolektory pro využití v budovách (rodinných domech) jsou:

- **plochý selektivní kolektor** – zasklený deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem
- **plochý vakuový kolektor** – deskový kolektor s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem a nižším tlakem uvnitř kolektoru než atmosférický tlak
- **trubkový vakuový kolektor** – kolektor s válcově selektivním absorberem umístěn ve vakuové trubici

Využití nekrytých a neselektivních kolektorů je spíše v ohřevu bazénové vody, nebo jako předehřev vody při nízké úrovni. [11 str. 21]

5.3 Tepelné čerpadlo

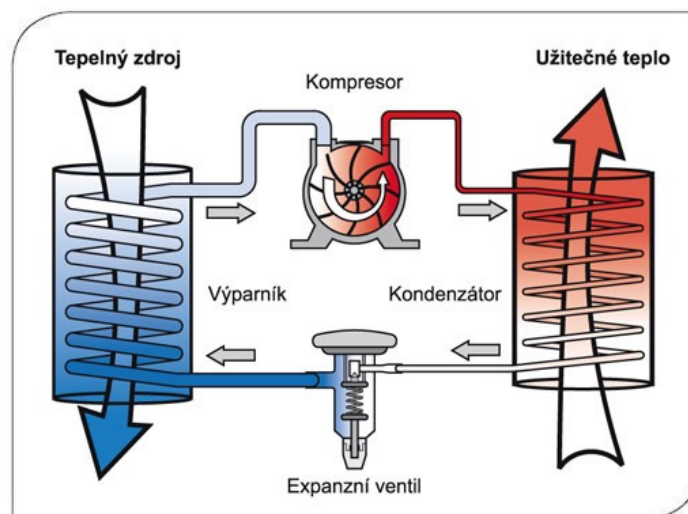
Tepelné čerpadlo je svou konstrukcí chladicí stroj, pracující v kruhovém cyklu. Odebírá energii o nízké teplotě z okolí a transformuje ji na vyšší teplotní úroveň, kterou lze využívat na vytápění. Využitelné teplo může přitom být několikanásobkem tepelného ekvivalentu použité práce. Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie.

Základní rozdělení tepelných čerpadel:

- podle pohonu tepelného čerpadla:
 - kompresorová s pístovým kompresorem
 - kompresorová s rotačním kompresorem
 - kompresorová se šroubovým kompresorem
 - turbokompresorová
 - absorpční

- podle druhu pohonné energie na tepelná čerpadla poháněná:
 - elektřinou
 - plynem
 - kapalnými palivy
- podle zdrojů tepla na čerpadla odebírající teplo:
 - z vody
 - ze země
 - ze vzduchu
- podle teponosné otopné látky na tepelná čerpadla:
 - voda - voda
 - voda - vzduch
 - vzduch - voda
 - vzduch - vzduch
 - země - voda

Nejčastějším typem tepelných čerpadel pro rodinné domy jsou elektrická kompresorová tepelná čerpadla. Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce při nízké teplotě. Při zahřátí pracovní látky (chladiwa) dojde k jejímu vypaření. Následně jsou páry stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde dochází ke kondenzaci a předávání tepla do topné vody za vyšší teploty než bylo teplo ve výparníku odebráno. Následně je chladivo vedeno přes expanzní ventil zpět do výparníku. V expanzním ventilu dochází ke snížení tlaku na původní hodnotu. Princip tepelného čerpadla je znázorněn na obr. 5.1. [12 stránky 66-67]



Obr. 5.1 – princip tepelného čerpadla [13]

5.4 Návrh přípravy teplé vody

Pro dimenzování přípravy teplé vody se využívá norma ČSN 06 0320. Výpočty této normy vycházejí z předpokladu, že výtoková teplota je 55 °C a teplota studené vody je 10 °C. Pro návrh zařízení pro přípravu teplé vody se musí stanovit počet osob užívajících budovu.

$$Q_{PT} = n \cdot 4,3 \quad (5.1)$$

kde: n počet osob [-]

Q_{PT} potřeba tepla na přípravu TV [kWh]

Z důvodu ztráty tepla na přípravu a distribuci vody je nutné zvětšit teplo potřebné pro přípravu vody koeficientem $(1+z)$. Ztráty způsobené při přípravě a distribuci teplé vody pro vypočtenou potřebu tepla jsou:

$$Q_{ZT} = z \cdot Q_{PT} \quad (5.2)$$

kde: Q_{ZT} ztráty způsobené při přípravě a distribuci TV [kWh]

z součinitel poměrné ztráty při přípravě TV ($z = 0,5$) [-]

Q_{PT} potřeba tepla na přípravu TV [kWh]

Celkové dodané teplo pro přípravu TV po dobu celého dne:

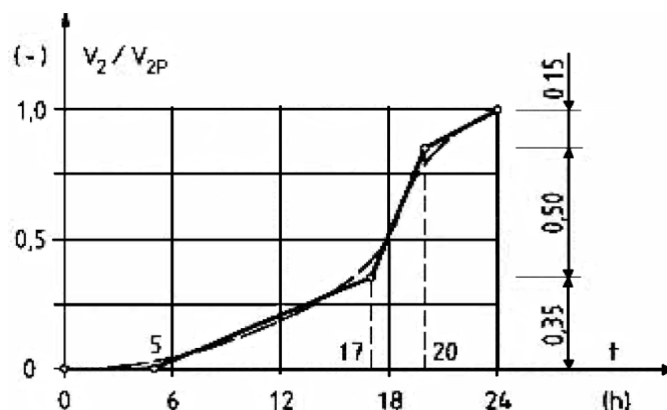
$$Q_C = Q_{PT} + Q_{ZT} \quad (5.3)$$

kde: Q_C celkové dodané teplo pro přípravu TV [kWh]

Q_{PT} potřeba tepla pro přípravu TV [kWh]

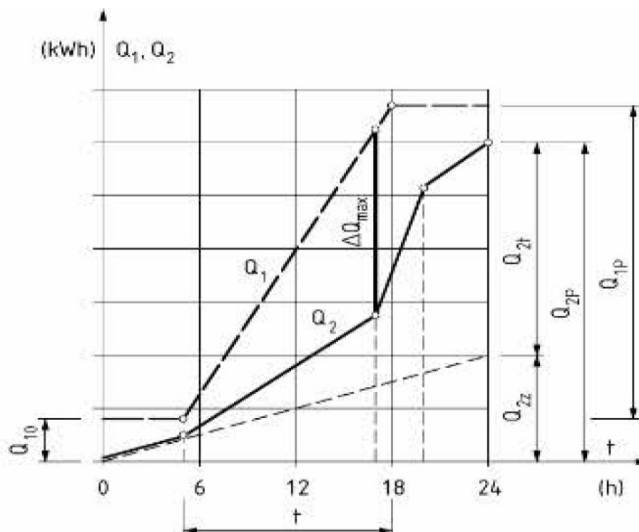
Q_{ZT} ztráty způsobené při přípravě a distribuci TV [kWh]

Pro stanovení objemu zásobníku se vychází z křivky odběru TV. Křivka závisí na odběru TV na čase a stanoví se měřením nebo časovým rozbořem odběru. Také se může použít standardní křivka odběru udávaná v poměrovém tvaru obr. 5.2. [14 stránky 12-14]



Obr. 5.2 – standardní křivka odběru v poměrovém tvaru [14 str. 16]

Objem zásobníku teplé vody se stanoví podle křivek dodávky Q_1 a odběru Q_2 teplé vody. Po zakreslení obou křivek do grafu se získá největší rozdíl mezi těmito křivkami viz. obr. 5.3. Tento rozdíl ukazuje nutnou zásobu tepla.



Obr. 5.3 – příklad křivky dodávky a odběru tepla [14 str. 17]

Pro návrh Dimenzování zásobníku na teplou vodu se využívá vzorec:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad (5.4)$$

- kde: V_z objem zásobníku [m^3]
 ΔQ_{\max} největší rozdíl mezi dodaným a spotřebovaným teplem [kWh]
 c měrná tepelná kapacita vody [kWh/($m^3 \cdot K$)]
 θ_2 teplota teplé vody v místě odběru [$^{\circ}C$]
 θ_1 teplota studené vody [$^{\circ}C$]

Jmenovitý tepelný výkon pro přípravu TV:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{\max} \quad (5.5)$$

- kde: Φ_{1n} jmenovitý tepelný výkon přípravu TV [kW]
 Q_1 teplo dodané ohřívacem do TV v čase t od počátku periody [kWh]
 t čas [hod]

5.5 Návrh otopných těles

Otopná tělesa přenášejí teplo z teplotnosné látky do vytápěné místnosti, kdy v nich není zabudován vlastní zdroj energie jako u lokálních spotřebičů pro vytápění. Otopná tělesa dělíme na:

- desková
- článková
- trubková
- konvektory
- ostatní

Výkon otopného tělesa volíme na základě výpočtu tepelných ztrát místnosti (viz. kapitola 4.3). Pokud výrobce otopných těles uvádí tepelný výkon pro normativní teplotní spád, musíme výkon otopného tělesa přepočítat podle následující rovnice:

$$q = q_N \cdot \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_N} \right)^{n+1} \quad (5.6)$$

- kde: q tepelný výkon otopného tělesa ve změněných podmínkách [W]
 q_N tepelný výkon otopného tělesa pro normativní střední teplotu $\theta_s = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ [W]
 $\Delta\theta$ libovolný teplotní spád [$^\circ\text{C}$]
 $\Delta\theta_N$ normativní teplotní spád ($\theta_s = 80 \text{ }^\circ$, $\theta_i = 20 \text{ }^\circ$), $\Delta\theta_N = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ [$^\circ\text{C}$]
 n teplotní exponent (pro litinová článková otopná tělesa $n = 0,33$) [-]

U článkových otopných těles se musí započítat opravný součinitel:

$$f_N = 0,955 + \frac{0,45}{N} \quad (5.7)$$

- kde: f_N opravný součinitel [-]
 N počet článků [-]

[15 stránky 231-233]

5.6 Návrh podlahového topení

Podlahové topení přináší nejen zajištění vytápění, ale i tepelný komfort pro uživatele objektu. Podlahové topení je omezeno především samotným objektem, který musí splňovat tepelně technické vlastnosti. Průměrná tepelná ztráta musí být menší než $20 \div 25 \text{ W/m}^3$, resp. průměrná roční spotřeba tepla nižší než $70 \div 80 \text{ kWh/m}^2$. V současnosti jde o otopný systém, který díky pozitivním vlastnostem zažívá renesanci. Tento trend je dán z důvodu stále se zlepšujících tepelně izolačních vlastností budov. Podlahové topení se využívá

především při nízkoteplotním vytápění, které lze charakterizovat teplotou otopné vody do 50°C. [16 str. 64]

Dělení podlahového topení:

Podle topného média:

- elektrické
- teplovodní
- vzduchové

Podle montáže:

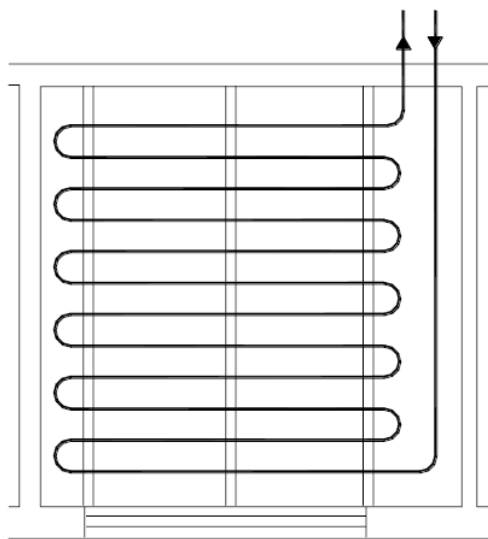
- mokrý proces
- suchý proces

Podle materiálu trubek:

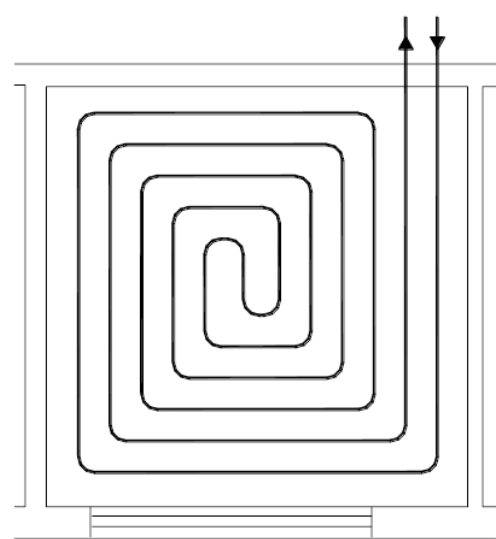
- kovové
- plastové

Podle provedení:

- meandrový způsob
- plošná spirála



Obr. 5.4 – meandrový způsob [17]



Obr. 5.5 – plošná spirála [17]

5.6.1 Výpočet teplovodních podlahových soustav

Výpočtem teplovodních podlahových soustav ověřujeme použitelnost soustavy v dané místnosti z hlediska výkonu při dodržení maximálních požadovaných teplot podlahy

$\theta_{p,max}$.

Tab. 5.1 – hodnoty maximálních požadovaných teplot podlahy $\theta_{p,max}$

	$\theta_{p,max}$ [°C]	θ_i [°C]	q_{max} [W/m ²]
obytná plocha	29	20	100
koupelny	33	24	100

Při výpočtu požadované hustoty tepelného toku podlahové soustavy q_{des} se vychází z tepelné ztráty místnosti:

$$q_{des} = \frac{Q_{ztr}}{A_p} \quad (5.8)$$

kde: q_{des} hustota požadovaného tepelného toku podlahové soustavy [W]

Q_{ztr} tepelné ztráty místnosti [W/m²]

A_p podlahová otopná plocha [m²]

Střední teplotu povrchu podlahy θ_p vypočteme podle vztahu:

$$\theta_p = \left(\frac{q}{8,92} \right)^{1,1} + \theta_i \quad (5.9)$$

kde: θ_p střední teplota povrchu podlahy [°C]

q hustota tepelného toku podlahové soustavy [W/m²]

θ_i teplota vnitřního vzduchu [°C]

Pokud požadovaná hustota tepelného toku a střední teplota povrchu podlahy jsou menší než je uvedeno v tab. 5.1, pak lze podlahovou soustavu v dané místnosti využít.

Příkon podlahové soustavy $Q_{pož}$, ve které je zahrnut i výkon předaný podlahou směrem dolů se vypočte podle vzorce:

$$Q_{pož} = A_F \cdot q \cdot \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right) \quad (5.10)$$

kde: $Q_{pož}$ požadovaný příkon otopné soustavy [W]

A_F podlahová otopná plocha [m²]

q hustota tepelného toku podlahové soustavy [W/m²]

R_o tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem nahoru [(m²·K)/W]

R_u tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem dolů [(m²·K)/W]

θ_i teplota vnitřního vzduchu [°C]

θ_u teplota prostředí pod podlahou [°C]

Střední teplota otopné vody závisí na rozteči trubek, jejich průměru, tepelném odporu podlahové konstrukce, na teplotách vzduchu, na proudění vzduchu a na dalších faktorech. Osvědčeným postupem je výpočet pomocí charakteristického čísla podlahy, které se vypočte pomocí vzorce:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_u}\right)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \quad (5.11)$$

kde: m charakteristické číslo podlahy [m^{-1}]

R_o tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem nahoru [$(m^2 \cdot K)/W$]

R_u tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem dolů [$(m^2 \cdot K)/W$]

λ_d součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zalaty trubky [$W/m \cdot K$]

d vnější průměr trubek [m]

Střední povrchová teplota θ_p podlahové otopné plochy s uvažováním šíření tepla všemi směry na povrchu válcového zdroje se vypočte dle vzorce:

$$\theta_p = (\theta_m - \theta_i) \cdot R_o \cdot \alpha_p \cdot \frac{m \cdot \frac{T}{2}}{\operatorname{tgh}\left(m \cdot \frac{T}{2}\right)} + \theta_i \quad (5.12)$$

kde: θ_p střední povrchová teplota [$^{\circ}C$]

θ_m střední teplota otopného média [$^{\circ}C$]

θ_i teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}C$]

R_o tepelný odpor podlahy od otopných trubek směrem nahoru [$(m^2 \cdot K)/W$]

α_p součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy [$W/m^2 \cdot K$]

m charakteristické číslo podlahy [m^{-1}]

T rozestup trubek [m]

Dalším krokem jsou hydraulické výpočty:

Určení hmotnostního průtoku \dot{m} :

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{pož}}}{\Delta\theta \cdot c_p} \quad (5.13)$$

kde: \dot{m} hmotnostní průtok teplotonosné látky [kg/s]

$Q_{\text{pož}}$ požadovaný příkon otopné soustavy [W]

$\Delta\theta$ teplotní spád teplotonosné látky [K]

c_p měrná tepelná kapacita teplotonosné látky, pro vodu $c_p = 4190$ [J/(kg·K)]

Určení rychlosti proudění teplotonosné látky v potrubí w :

$$w = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho} \quad (5.14)$$

- kde: w rychlost proudění vody v potrubí [m/s]
 \dot{m} hmotnostní průtok teplotnosné látky [kg/s]
 d průměr potrubí [m]
 ρ hustota vody ($\rho = 1000$) [Kg/m³]

Pro zjednodušený výpočet délky l potrubí lze použít vzorec:

$$l = \frac{A_F}{T} \quad (5.15)$$

- kde: l délka potrubí soustavy bez přípojek [m]
 A_F podlahová otopná plocha [m²]
 T rozestup trubek [m]

Pro výpočet tlakových ztrát použijeme vzorec:

$$\Delta p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (5.16)$$

- kde: Δp_z celkové tlakové ztráty třením v potrubí [Pa]
 λ součinitel tření [-]
 l délka potrubí soustavy bez přípojek [m]
 d průměr potrubí [m]
 w rychlost proudění vody v potrubí [m/s]
 ρ hustota vody ($\rho = 1000$) [Kg/m³]

[15 stránky 246-251]

6 OSVĚTLENÍ A AKUSTIKA

Osvětlení a akustika jsou důležitými parametry dotvářející životní podmínky pro uživatele budovy.

6.1 Osvětlení

Denní osvětlení je přirozené sluneční světlo. Vyskytuje se pouze v průběhu dne, tedy od východu do západu Slunce. Jedná se o nestálý zdroj světla, který je závislý na denní době, dni v roce a počasí. Při průchodu světla přes otvorovou výplň dochází k světelným ztrátám podle druhu zasklení. Sdružené osvětlení je kombinace denního a umělého osvětlení. [18]

V současnosti je umělé osvětlení v budovách zajištěno pomocí elektřiny. Význam umělého osvětlení vyplývá i ze zkušenosti, že tento druh spotřeby elektrické energie výrazně ovlivňuje celkovou spotřebu elektrické energie. [19 str. 1]

6.2 Měrný světelný výkon

Udává s jakou účinností je ve zdroji světla přeměňována elektřina na světlo, tj. kolik lumenů světelného toku se získá z 1 W elektrické energie.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (6.1)$$

kde: η měrný světelný výkon [lm/W]

Φ světelný tok [lm]

P elektrický příkon [W]

U zdrojů bez předřadníku je výkon totožný s příkonem svítidla, u zdrojů s předřadníkem je nutné příkon předřadníku přičíst ke světelnému zdroji. [19 str. 2]

6.3 Teplota chromatičnosti

Teplota chromatičnosti zdroje je ekvivalentní teplota černého zářiče, při kterém je spektrální složení záření těchto dvou zdrojů blízké. Žárovka má se spojitým spektrem teplotu chromatičnosti 2700 K, zatímco zářivka má teplotu chromatičnosti 6000 K. [19 str. 3]

6.4 Index podání barev

Všechny světelné zdroje by měli svým světelným tokem podávat věrohodné barvy okolí. Všeobecný index podání barev je daný rozsahem $R_a = 100 \div 0$. Index podání barev 100 mají takové světelné zdroje, které zobrazují barvy okolí věrohodně. Pro pracoviště ve vnitřních prostorách je požadován index podání barev vyšší než 80. [19 str. 3]

6.5 Život světelného zdroje

Život světelného zdroje je doba funkce do okamžiku, kdy přestal splňovat dané požadavky. Nejčastěji je uváděn v hodinách. [19 str. 3]

6.6 Základní světelné zdroje a jejich parametry

Žárovka

Žárovky jsou stále nejběžnějším světelným zdrojem. Princip žárovky je založen na vlákně z wolframu umístěné uvnitř vyčerpané skleněné baňky. Elektrický proud způsobuje ohřev vlákna a tím i vyzařování viditelného spektra elektromagnetického vlnění. Měrný výkon žárovek se pohybuje okolo 10 lm/W. Život žárovek se pohybuje okolo 1 000 hodin. [19 str. 19]

Halogenová žárovka

Halogenové žárovky mají o cca 100 % vyšší měrný výkon oproti standardním žárovkám. Kruhový proces uvnitř baňky způsobuje, že vypařený wolfram se při povrchu baňky slučuje s halovým prvkem a vytváří halogenid a vlivem teplotního pole se wolfram vrací chaoticky zpět na vlákno. Tím se nejen zvyšuje světelný tok, ale prodlužuje se taky doba života. Halogenové žárovky mají teplotu chromatičnosti 3 000 K, index barevného podání $R_a = 100$. Halogenové žárovky jsou hospodárnější nejen měrným výkonem cca 22 lm/W, ale i dobou života okolo 2 000 hodin. [19 str. 20]

Zářivka

Zářivky se vyznačují vysokým měrným výkonem. Spotřebují tedy jen přibližně pětinu elektrického proudu oproti žárovkám se stejným tepelným tokem. Princip zářivek je vybuzení páry rtuti vlivem elektrického pole mezi elektrodami uvnitř skleněné trubice. V trubici dochází k emisi neviditelného UV záření, které je pomocí luminoforu na vnitřní

straně trubice přeměněno na světlo viditelné. Doba života zářivky se pohybuje okolo 10 000 – 18 000 hodin. [19 str. 23]

Světelné diody

Světelné diody se v posledních letech ve velké míře využívají v nejrůznějších oblastech osvětlovací techniky. Používají tedy jiný fyzikální princip než žárovky a mají mnoho vlastností, kterými se odlišují. LED diody mají velký potenciál stát se účinným zdrojem světla. V důsledku vysoké závislosti PN přechodu na teplotě se výrobci dostávají na maximální výkon 5 W. Tomuto výkonu odpovídá světelný tok 140 lm, index podání barev je větší než 80 a doba života činí 50 000 hodin. [19 str. 32]

6.7 Akustické požadavky

Hluk uvnitř budovy, kterým nejčastěji bývá činnost člověka a technických zařízení se šíří vzduchem nebo stavební konstrukcí. Při šíření hluku vzduchem jde především o mluvení či hudbu. Při posuzování konstrukcí z pohledu zvukové izolace, hovoříme o vzduchové neprůzvučnosti. Hluk šířený konstrukcemi, který vzniká mechanickým impulzem na konstrukci, např. chůze, činnost člověka, pád předmětu, atd. Tento problém se nazývá kročejová neprůzvučnost. Zdrojem hluku v okolí budovy bývá nejčastěji doprava a výroba. Ochrana před tímto hlukem obvykle bývá dostatečná vzdálenost staveb od zdroje hluku, regulace provozu nebo instalace protihlukových stěn. Další ochranou před venkovním hlukem může zajistit dostatečná neprůzvučnost obvodového pláště budovy včetně oken. [20]

Stavební akustika je důležitou složkou stavební fyziky, která zohledňuje kvalitu prostředí člověka. Spolu s tepelnou technikou, denním a umělým osvětlením dotváří stavební akustika vlastnosti prostředí důležité pro životní podmínky. [21]

7 ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY

Bezpečnostní systémy můžeme rozdělit na poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (PZTS) a elektronické požární signalizace (EPS). Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy zabezpečují zejména ochranu proti vniknutí neoprávněné osoby do zabezpečeného objektu. Požární signalizace zabezpečuje detekci a signalizaci požáru, a tím ochranu osob v budově.

7.1 Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy, dříve nazývané elektronické zabezpečovací systémy (ESZ), jsou souhrnem technických prostředků, které zabezpečují ochranu objektu proti vstupu neoprávněné osoby. Systém se skládá z ústředny, senzorů a koncových signalizačních zařízení. Detektory mohou komunikovat s ústřednou pomocí kabelu nebo bezdrátově. Detektory se dělí do dvou hlavních skupin, na prvky plášťové ochrany, které detekují pokus o vniknutí neoprávněné osoby do objektu, a prvky prostorové ochrany, které detekují pohyb neoprávněné osoby v objektu.

Plášťová ochrana slouží ke střežení prostupů pláště budovy, jako jsou okna, vrata, dveře. Mezi základní detektory plášťové ochrany patří magnetické kontakty a čidla na ochranu skleněných ploch. Magnetický kontakt je tvořen jazýčkovým kontaktem, tvořený dvěma feromagnetickými kontakty zatavené ve skleněné trubičce s ochrannou atmosférou a permanentním magnetem. V klidovém stavu je kontakt jazýčkového relé sepnut pomocí magnetického pole permanentního magnetu. Oddálením magnetu se kontakt sepne a tím způsobí poplach.

Dalším prvkem plášťové ochrany je detektor tříštění skla. Detektory fungují na principu vyhodnocování akustického efektu při tříštění skla. Elektronika vyhodnocuje akustické vlnění přijaté elektretovým mikrofonem. Dále následuje pásmová propust propouštějící pouze typickou část spektra pro tříštění skla. Novější typy vyhodnocují zvukové spektrum ve více diskrétních bodech a vyvolají poplach, až když všechny tyto kmitočty jsou v určitém časovém intervalu obsaženy.

Prostorová ochrana slouží k detekci pohybu uvnitř střežené budovy. V praxi je možné se setkat s několika druhy čidel pohybu:

- pasivní infračervená čidla (Passive Infra Red – PIR)
- aktivní mikrovlnná čidla (Microwave – MW)

- aktivní ultrazvuková čidla (Ultrasonic – US)
- duální čidla (PIR – US, PIR – MW)

[22 stránky 68 - 70]

7.2 Elektronická požární signalizace (EPS)

Elektronická požární signalizace (EPS) je soubor technických zařízení, skládajících se z ústředny EPS, hlásičů a doplňujících zařízení. Tento systém zaznamenává a vyhodnocuje požár již při jeho vzniku a požár signalizuje opticky i akusticky na ústředně EPS. Dalším úkolem elektronické požární signalizace je rychlé a spolehlivé určení místa požáru již v počátku zahoření. Elektronická požární signalizace tvoří základní součást systémů požárně bezpečnostních zařízení. Její význam ve většině případů převyšuje ostatní zabezpečovací systémy, jak z hlediska hodnot majetku, tak hlavně nenahraditelnou úlohu ochrany života a zdraví osob.

Požární hlásiče

Požární hlásiče mohou být manuální (tlačítkové) nebo automatické (samočinné). Manuální tlačítkový požární hlásič slouží k vyhlášení poplachu osobou, která zjistí požár nebo jiný nebezpečný jev. Tlačítkové hlásiče jsou vždy červené. Tlačítkové hlásiče se instalují především do únikových cest a u výstupů z těchto cest do volného prostoru, do míst se stálou obsluhou nebo pohybu lidí. Tlačítkové hlásiče se instalují tam, kde nelze použít jiné hlásiče, nebo kde je použití jiných hlásičů málo účinné. Automatické požární hlásiče jsou zařízení, které monitorují určitý fyzikální nebo chemický jev.

Principy automatických požárních hlásičů:

- hlásiče ionizační
- hlásiče optické
- hlásiče teplotní
- hlásiče tlakové
- hlásiče odporové
- hlásiče kombinované

Hlásiče se musí umisťovat v souladu s normami, předpisy výrobce a pokyny pro projekci a montáž. Plocha pokrytí hlásičem je omezená, ve větších místnostech je zapotřebí využít více hlásičů. Každý rodinný dům a bytový dům musí být vybaven zařízením autonomní detekce a signalizace. [22 stránky 127 - 128]

8 AUTOMATIZACE BUDOV

Již řadu let roste podíl automatizace v soukromé a rodinné bytové výstavbě. Příčina tohoto růstu je způsobena zvyšujícími se nároky uživatelů na komfort, úspory energie a řízení její racionální spotřeby, ale také bezpečnost. [23 str. 52]

8.1 Evropská instalační sběrnice KNX/EIB

Evropská instalační sběrnice KNX/EIB je průmyslový komunikační systém, který se využívá pro síťové informatické spojení jednotlivých přístrojů v budově. KNX je decentralní systém bez řídicího PC. Data určená pro vzájemnou komunikaci se přenášejí prostřednictvím sběrnice ve formě datových telegramů. Sběrnici je možné realizovat:

- Twisted Pair – (KNX.TP) – kroucená dvojlinka
- Power Line – (KNX.PL) – síťové vedení, přenos přes rozvody elektrické sítě
- Radio Frequency - (KNX/RF) - radiový přenos, bezdrátová komunikace na frekvenci 868 Mhz
- Ethernet (KNXnet/IP)
- optická vlákna

Rychlost přenosu dat na KNX.TP

Výpočet rychlosti přenosu dat vychází z času potřebného pro přenos 1 bitu $T = 104 \mu\text{s}$.

$$v_{bit} = \frac{1}{T} = \frac{1 \text{ bit}}{104 \mu\text{s}} \approx 96 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$$

KNX se využívá např. pro ovládání a řízení osvětlení, nastavení žaluzií a regulaci topení.

Druhy sběrniceových přístrojů:

- systémové přístroje - napájecí zdroj, akumulátory, liniové a oblastní spojky
- snímače - tlačítkové snímače, tlačítkové ovladače a spínače, snímače pohybu
- akční členy – spínací akční členy, ovladače, žaluziové akční členy
- ostatní – logické moduly, kontrolní panely

Topologie

Pro instalaci KNX musí být kromě napájecí silové sítě navrhnutá a zřízena komunikační síť. Topologie jedné sítě KNX napodobuje obvyklé instalační struktury budovy. Topologie ale může být téměř libovolná, jediné omezení spočívá, že na sběrnici nesmí být uzavřená smyčka.

Všechny přístroje KNX, které se účastní komunikace s daty, musí mít jednoznačnou individuální adresu. Přidělené adresy přístrojů by měly být co nejlogičtější a měly by

odpovídat fyzickému umístění v budově. Pro individuální adresy je v telegramu KNX vyhrazeno 16 bitů, 4 bity pro oblast, 4 bity pro linii a 8 bitů pro účastníka v rámci linie. Z toho vychází maximální počet účastníků 65 536 ($2^4 = 16$ oblastí, $2^4 = 16$ linií, $2^8 = 256$ účastníků), toto maximum se však zřídka kdy využije. Obvykle se přidělují individuální adresy na 15 oblastí, 12 linií a 64 účastníků na linii to znamená 11 340 snímačů / akčních členů. Pro většinu budov je tento počet více než dostačující. [23 stránky 66 - 72]

8.2 SCADA

SCADA je zkratka pro Supervisory Control And Data Acquisition (supervizní řízení a sběr dat). SCADA systémy tedy nejsou řídicími systémy, plní funkci tzv. dispečera. Tyto programy nejčastěji fungují nad řídicím systémem. Řídicí systémy mohou být tvořeny PLC (programovatelný logický automat), počítačem nebo jiným zařízením. Pomocí SCADA systémů je možné monitorovat průmyslovou výrobu, elektrárny, ale i integrované systémy v budovách a rodinných domech. [24]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 POPIS KONKRÉTNÍHO OBJEKTU A JEHO PŘEDPOKLÁDANÉHO UŽITÍ

Konkrétní objekt je rodinný dům, který se nachází ve městě Olomouc v městské části Lazce. Dům byl stavěn svépomocí v letech 1979 – 1984 a je koncipovaný jako řadový - krajní, určený k celoročnímu užívání pro 4 – 6 osob. Dům stojí na pozemku o výměře 504 m², z toho je 150 m² zastavěná plocha a nádvoří. Pozemek i dům jsou orientovány na jihozápad.



Obr. 9.1 – foto daného objektu (vlevo východní pohled, vpravo severovýchodní pohled)

9.1 Popis objektu

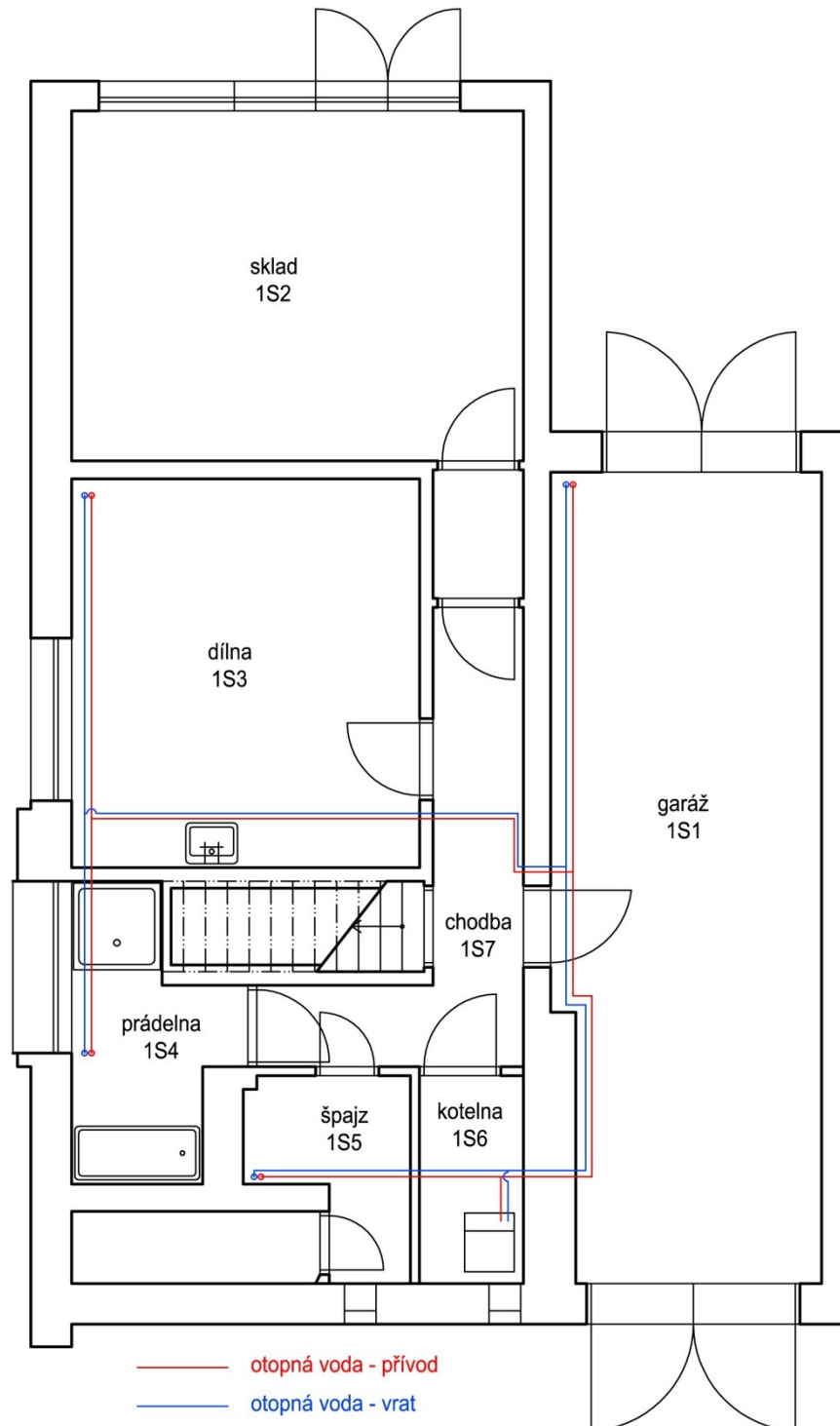
Rodinný dům je podsklepený a disponuje třemi nadzemními podlažními. Zastřešení objektu je zajištěno sedlovou plechovou střechou, fasáda je v současné době opatřena vápenocementovou omítkou a sokl domu je tvořen ze žulového kamenného zdiva.

Tab. 9.1 – základní popis objektu

Celková zastavěná plocha		[m ²]	110
Celková užitná plocha		[m ²]	295
Obestavěný prostor celkový		[m ³]	900
Obestavěný prostor vytápěných částí objektu		[m ³]	710
Výška místností:	Sklep	[cm]	210
	Přízemí	[cm]	255
	1. patro a 2. patro	[cm]	250

9.1.1 Sklep

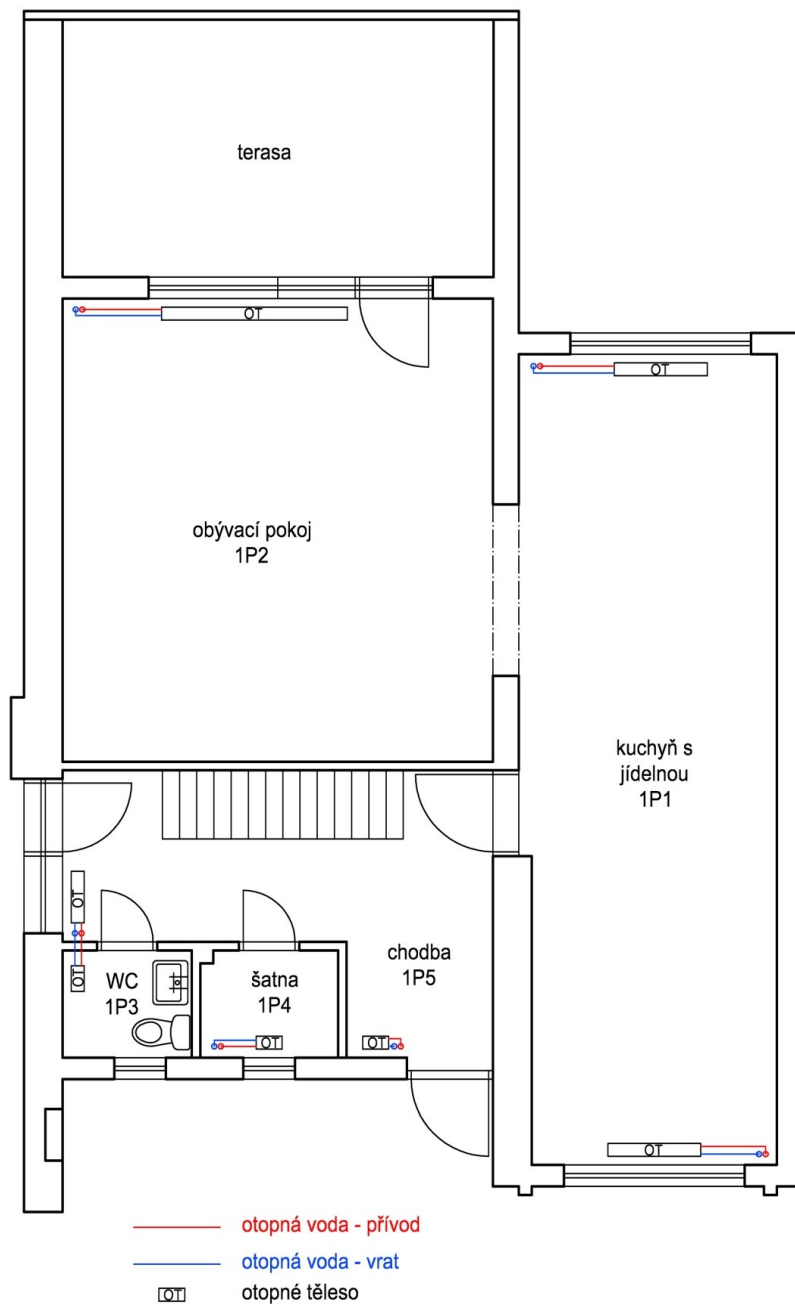
Sklep je navržen jako nevytápěný prostor. Jeho součástí je nevytápěná dvojgaráž se stáním aut za sebou. Půdorys sklepního podlaží je na obr. 9.2 a výpis jednotlivých místností v tab. 9.2 na straně 53.



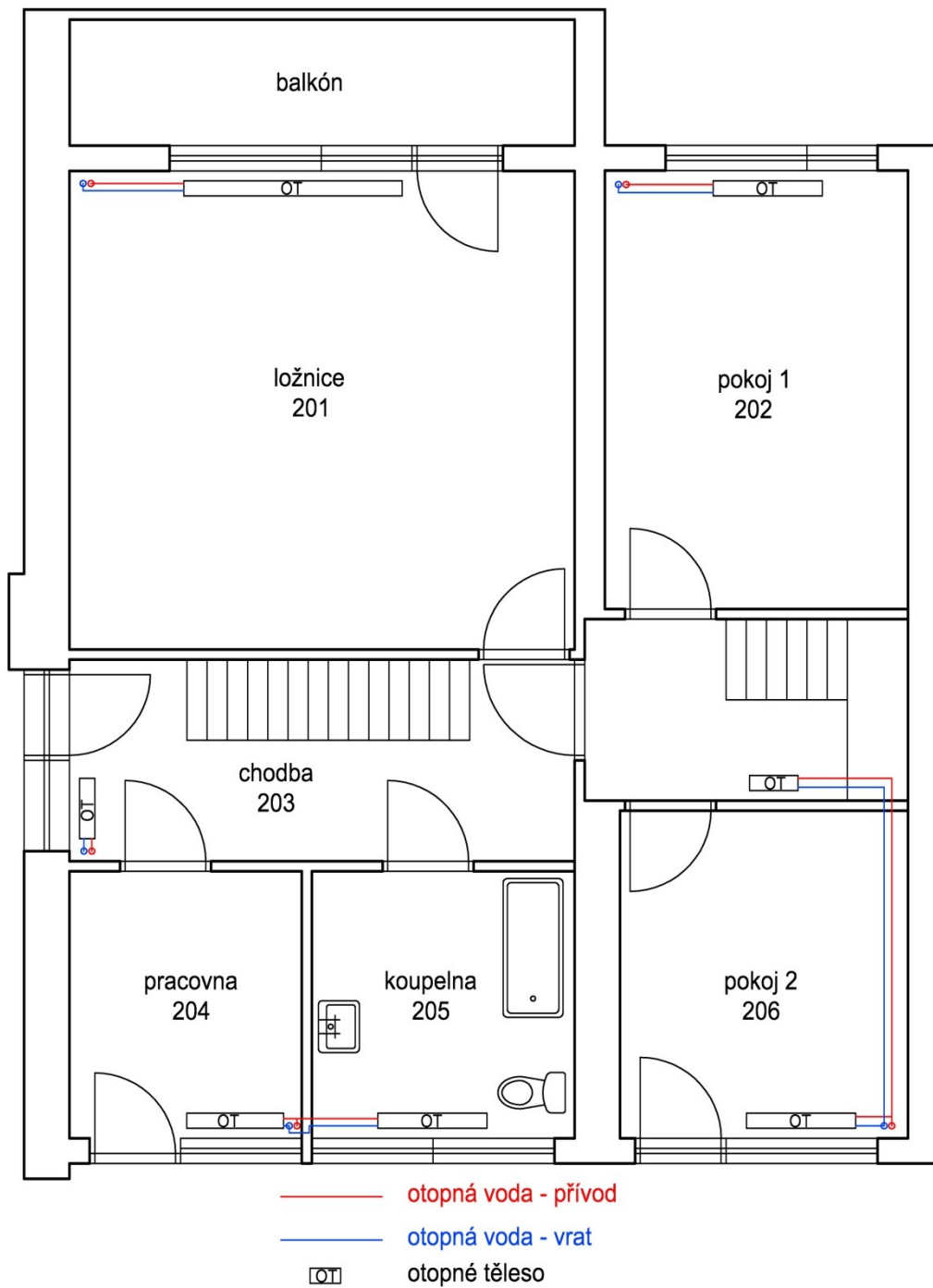
Obr. 9.2 – půdorys sklepního podlaží

9.1.2 Přízemí, 1. patro, 2. patro

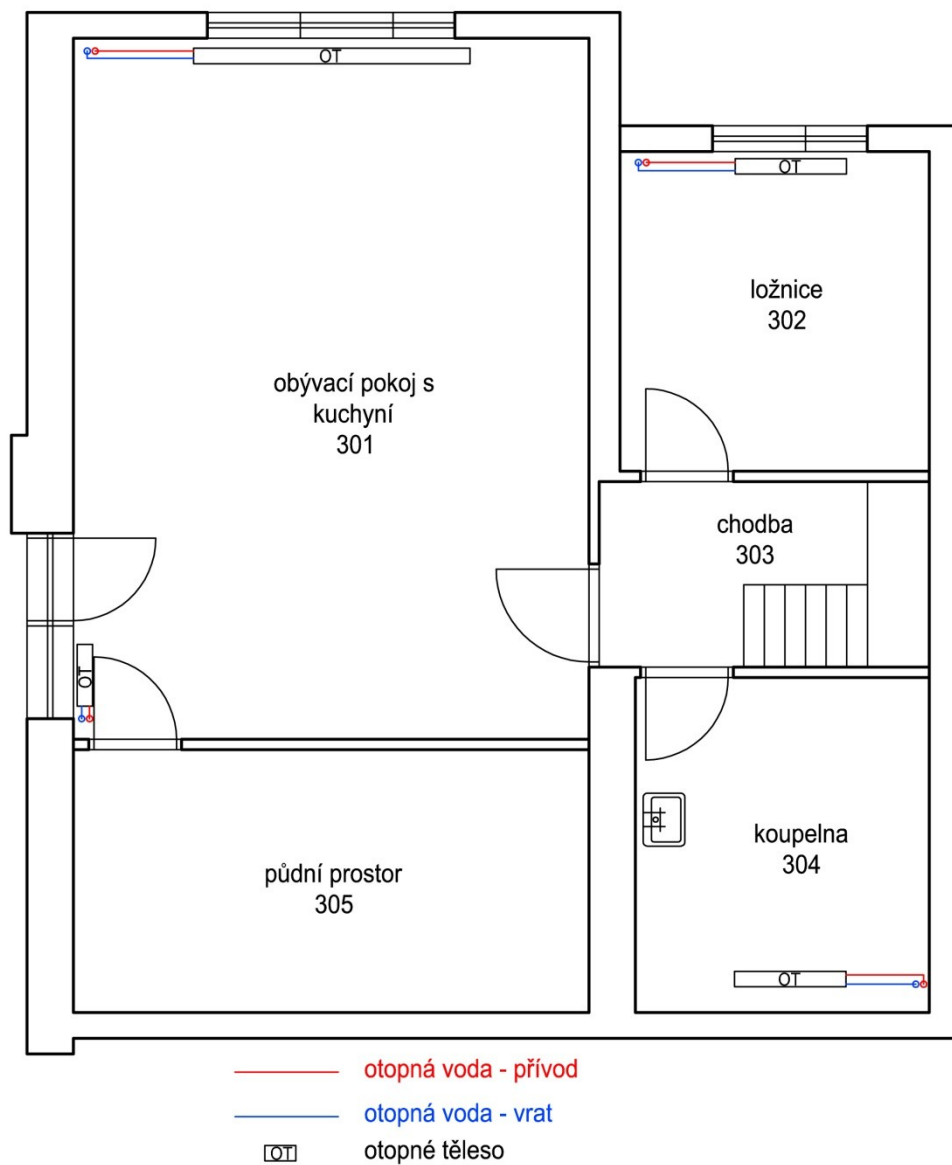
Půdorys přízemního podlaží je zobrazen na obr. 9.3, půdorys 1. patra na obr. 9.4 a půdorys 2. patra na obr. 9.5. Přízemí, 1. patro i 2. patro jsou navržena jako vytápěné prostory, kdy z jednotlivých obrázků pater jsou patrná umístění otopných těles (OT) a jejich připojení na otopnou vodu. Druhé patro je navíc koncipováno jako samostatná obytná jednotka s koupelnou a kuchyní. Celkový výpis jednotlivých místností všech pater je znázorněn v tab. 9.2 na straně 53.



Obr. 9.3 – půdorys přízemí



Obr. 9.4 – půdorys 1. patra



Obr. 9.5 – půdorys 2. patra

9.2 Parametry vnitřního prostředí

Pro obytné místnosti byla navržena návrhová teplota 20 °C, pro koupelny 24 °C.

Tab. 9.2 - seznam jednotlivých místností

Název místnosti	Číslo místnosti	Podlaží	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Teplota [°C]
Garáž	1S1	1.PP	26,09	61,29	-
Sklad	1S2	1.PP	19,35	45,47	-
Dílna	1S3	1.PP	16,55	38,89	-
Prádelna	1S4	1.PP	4,75	11,16	-
Špajz	1S5	1.PP	3,18	7,47	-
Kotelna	1S6	1.PP	2,65	6,22	-
Chodba - sklep	1S7	1.PP	8,35	19,62	-
Kuchyň s jídelnou	1P1	1.NP	27,80	69,50	20
Obývací pokoj	1P2	1.NP	27,00	67,50	20
WC	1P3	1.NP	1,87	4,68	20
Šatna	1P4	1.NP	2,00	5,00	20
Chodba - přízemí	1P5	1.NP	12,44	31,10	20
Ložnice	201	2.NP	23,71	59,28	20
Pokoj 1	202	2.NP	13,05	32,62	20
Chodba - 1.patro	203	2.NP	15,86	39,65	20
Pracovna	204	2.NP	4,75	11,88	20
Koupelna	205	2.NP	6,89	17,23	24
Pokoj 2	206	2.NP	9,26	23,15	20
Obývací pokoj s kuchyní	301	3.NP	34,00	81,60	20
Ložnice	302	3.NP	9,30	22,32	20
Chodba - 2.patro	303	3.NP	5,76	13,82	20
Koupelna	304	3.NP	8,84	21,20	24
Půdní prostor	305	3.NP	12	14,80	-

9.3 Okrajové podmínky

Při výpočtu jednotlivých parametrů je potřeba zohlednit danou lokalitu a její okrajové podmínky.

Tab. 9.3 - *okrajové podmínky pro střední denní venkovní teplotu 13 °C*

Lokalita (městská část)	Olomouc (Lazce)
Nadmořská výška [m]	226
Venkovní výpočtová teplota [°C]	-15
Délka otopného období [dny] (střední denní venkovní teplotu 13 °C pro začátek a konec otopného období)	231
Střední venkovní teplota za otopné období [°C]	3,8

9.4 Současný stav

Dům byl dokončen roku 1984, tedy v době kdy byly jiné požadavky na tepelně izolační vlastnosti budov. V této kapitole bude popsána skladba obvodového pláště budovy.

9.4.1 Obvodové zdivo - současný stav

Obvodové zdivo lze rozdělit na nosné a nenosné. Nosné zdivo je složeno ze škvárobetonových tvárnic v kombinaci s plnými cihlami. Nenosné zdivo je naproti tomu složeno pouze ze škvárobetonových tvárnic. Podrobná skladba konstrukce je uvedena v tab. 9.4 a tab. 9.5.

Tab. 9.4 - *nosná konstrukce – současný stav*

Název konstrukce	Tloušťka - d [m]	Součinitel tepelné vodivosti - λ [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita - c [J/kg.K]	Hustota - ρ [kg/m ³]
Omítka vnitřní	0,02	0,990	790	2000
Škvárobetonová tvárnice	0,30	0,560	760	1100
Cihla plná	0,14	0,860	900	1800
Omítka	0,04	0,990	790	2000

Tab. 9.5 - nenosná konstrukce – současný stav

Název konstrukce	Tloušťka - d [m]	Součinitel tepelné vodivosti - λ [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita - c [J/kg.K]	Hustota - ρ [kg/m ³]
Omítka vnitřní	0,02	0,990	790	2000
Škvárobetonová tvárnice	0,30	0,560	760	1100
Omítka	0,04	0,990	790	2000

9.4.2 Výplně otvorů - současný stav

Většinu výplní otvorů tvoří dvojitá dřevěná okna se dvěma skly, mezi kterými jsou umístěny žaluzie. Typ těchto oken byl využíván při výstavbě panelových domů v 70. – 80. letech minulého století. Tepelný prostup současných oken, dle programu *Stavební fyzika*, byl stanoven na 2,4 W/(m²·K). Dalším typem otvorové výplně jsou vstupní dveře. Vstupní dveře jsou dřevěné s malou prosklenou částí. Tepelný prostup těchto dveří, byl stanoven na 4 W/(m²·K).

9.5 Součinitel prostupu tepla - současný stav

Pro jednotlivé konstrukce domu byly stanoveny součinitele prostupu tepla pomocí programu *Stavební fyzika – Teplo*. Tyto součinitele jsou uvedeny v tab. 9.6.

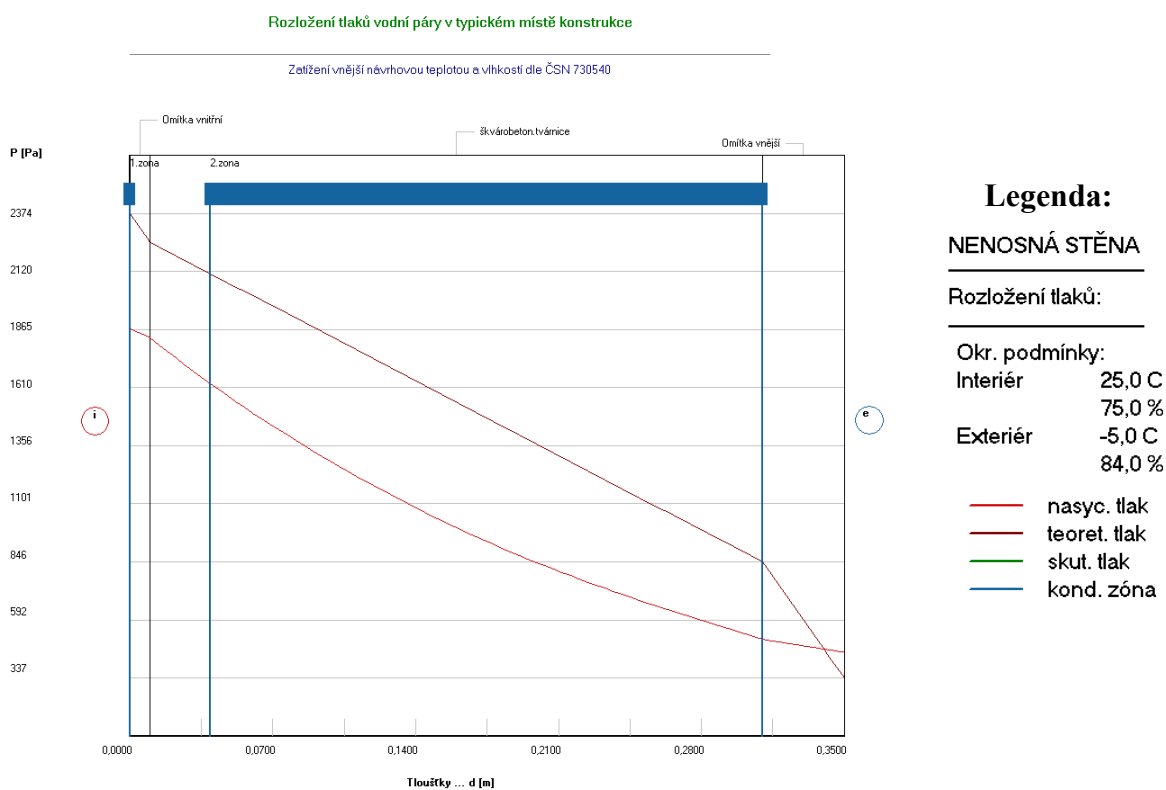
Tab. 9.6 – součinitel prostupu tepla - současný stav

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Vypočtené hodnoty
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	0,53
Podlaha nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,36
Obvodová stěna	nosná	0,20	1,10
	nenosná		1,36
Okenní výplň otvorů do venkovního prostředí	1,7	1,2	2,4
Dveřní výplň otvorů do venkovních prostor	1,7	1,2	4
Strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,92
Stěna mezi budovami	1,05	0,70	0,59

Z předchozí tabulky je patrné, že kromě stěny mezi budovami, není splněn ani jeden požadavek.

9.6 Tepelnětechnický posudek konstrukce z pohledu kondenzace pro současný stav

Skladba obvodové konstrukce musí být navržena tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par. Výskyt kondenzátu uvnitř konstrukce by mohl způsobit snížení tepelněizolačních vlastností, ale také snížení životnosti samotné konstrukce. Pro danou konstrukci norma připouští omezenou hodnotu množství zkondenzované vodní páry, která nesmí překročit $0,1 \text{ kg/m}^2$. Musí však být dodržen vztah (4.13), kdy množství zkondenzované vodní páry za rok nesmí překročit množství ročního odparu vodních par. Pomocí programu *Stavební fyzika – Teplo 2011* byly vytvořeny jednotlivé konstrukce objektu a nasimulovány okrajové podmínky vycházející z tab. 9.3.



Obr. 9.6 – znázornění kondenzačních zón uvnitř konstrukce pro místnost 205 - koupelna

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že v konstrukci dochází ke kondenzaci ve dvou zónách. Množství zkondenzované vodní páry překračuje limit $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Z celkové roční bilance vlhkosti vyplývá, že daná konstrukce nedosahuje požadovaných vlastností.

Tab. 9.7 – roční bilance vlhkosti pro nezateplenou nenosnou konstrukci

Množství zkondenzované vodní páry, M_c [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]	23,476
Množství vypařitelné vodní páry, M_{ev} [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]	1,221

9.7 Tepelné ztráty pro současný stav

Dalšími důležitými parametry budov jsou tepelné ztráty. Pomocí programu *Stavební fyzika – Ztráty*, byly vloženy parametry všech místností a okrajové podmínky. Do tepelných ztrát objektu se započítávají pouze vytápěné místnosti. Základní vstupní parametry objektu jsou uvedeny v tab. 9.8 a výstupní parametry jsou uvedeny v tab. 9.9.

Tab. 9.8 – základní parametry budovy

Objem vytápěných zón budovy - V	710 m ³
Plocha ohraničujících konstrukcí - A	477,2 m ²
Převažující návrhová vnitřní teplota - θ_i	20 °C
Návrhová venkovní teplota - θ_e	-15 °C

Tab. 9.9 – tepelné ztráty vytápěných místností před zateplením

Označení p./č. m.	Název místnosti	Teplota místnosti [°C]	Vytápěná plocha [m ²]	Objem vzduchu [m ³]	Celková ztráta [W]	Procentní podíl [%]
přízemí						
1/ 101	kuchyň s jídelnou	20	34,1	69,5	2210	10,7
1/102	obývací pokoj	20	30,0	67,5	2584	12,5
1/103	WC	20	3,1	4,7	528	2,6
1/104	šatna	20	2,6	5,0	319	1,5
1/105	chodba	20	19,9	31,1	1430	6,9
součet přízemí			89,7	177,8	7071	34,2
1.patro						
2/201	ložnice	20	27,5	59,3	1830	8,9
2/202	pokoj 1	20	16,1	32,6	897	4,3
2/203	chodba	20	18,3	39,7	681	3,3
2/204	pracovna	20	8,3	11,9	950	4,6
2/205	koupelna	24	8,5	17,2	1001	4,8
2/206	pokoj 2	20	12	23,1	846	4,1
součet 1. patro			90,7	183,8	6205	30,0
2.patro						
3/301	obývací pokoj	20	38,6	81,6	4572	22,1
3/302	ložnice	20	11,3	22,3	1101	5,3
3/303	chodba	20	6,8	13,8	420	2,0
3/304	koupelna	24	9,8	21,2	1307	6,3
součet 2.patro			66,5	138,9	7400	35,7
Součet celkem			246,8	500,5	20676	100

Plochy a objemy místností jsou vypočteny z hodnot vnějších rozměrů. V tab. 9.9 jsou uvedeny tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti, součet tepelných ztrát pro jednotlivé podlaží

a celkové tepelné ztráty objektu. Součet tepelných ztrát prostupem je $17,6 \text{ kW}$ a součet tepelných ztrát větráním je 3 kW . Výsledná ztráta domu před zateplením je tedy $20,7 \text{ kW}$.

9.8 Průměrný součinitel prostupu tepla pro současný stav

Pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla, byly do programu *Stavební fyziky – ztráty* vloženy hodnoty parametrů jednotlivých konstrukcí. Jednotlivé konstrukce a jejich parametry jsou zobrazeny v tab. 9.10.

Tab. 9.10 – hodnoty parametrů jednotlivých konstrukcí - současný stav

Konstrukce	Plocha [m ²]	Skutečný součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla [W/K]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla dle normy [W/K]
obvodová stěna nosná	80,5	1,10	0,30	0,97	85,8	23,43
okna	42,2	2,4	1,70	1,15	116,7	82,50
obvodová stěna nenosná	90,9	1,36	0,30	0,99	122,8	27,00
sousedící stěna	80,4	0,59	1,05	0,28	13,5	23,64
podlaha přízemí	89,7	0,92	0,60	0,49	40,5	26,37
dveře	2,5	4,00	1,7	1,14	11,4	4,85
podlaha 1. Patro	17,0	0,57	0,24	0,74	7,1	7,55
strop 2. Patro	58,9	1,39	0,60	0,91	74,3	32,16
příčka	15,1	2,58	0,30	0,69	27,1	3,13
Celkem	477,2				500,5	230,61

Průměrný součinitel prostupu tepla vypočteme pomocí vzorce (4.6).

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{500,5}{477,2} \cong 1,05 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

Výsledný průměrný součinitel prostupu tepla srovnáme s požadovaným průměrným součinitelem prostupu tepla dle vzorce (4.5). Požadovaný součinitel prostupu tepla vypočteme ze vzorce v tab. 4.1:

$$U_{em,N,rq} = 0,30 + \frac{0,15}{\left(\frac{A}{V}\right)} = 0,30 + \frac{0,15}{\left(\frac{477,2}{710}\right)} \cong 0,52 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

Tab. 9.11 – požadovaný a vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla - současný stav

Požadavek:	
maximální průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m ² ·K)]	0,52
Výsledky výpočtu:	
průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m ² ·K)]	1,05

Z uvedených hodnot je patrné, že konstrukce nesplňují požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. Podle průměrného součinitele prostupu tepla vyšla klasifikační třída **E – ne hospodárná**. Z toho vyplývá, že je nutná rekonstrukce jak obvodových konstrukcí, tak otvorových výplní.

Tab. 9.12 – vypočtená hodnota energetické náročnosti budovy současný stav

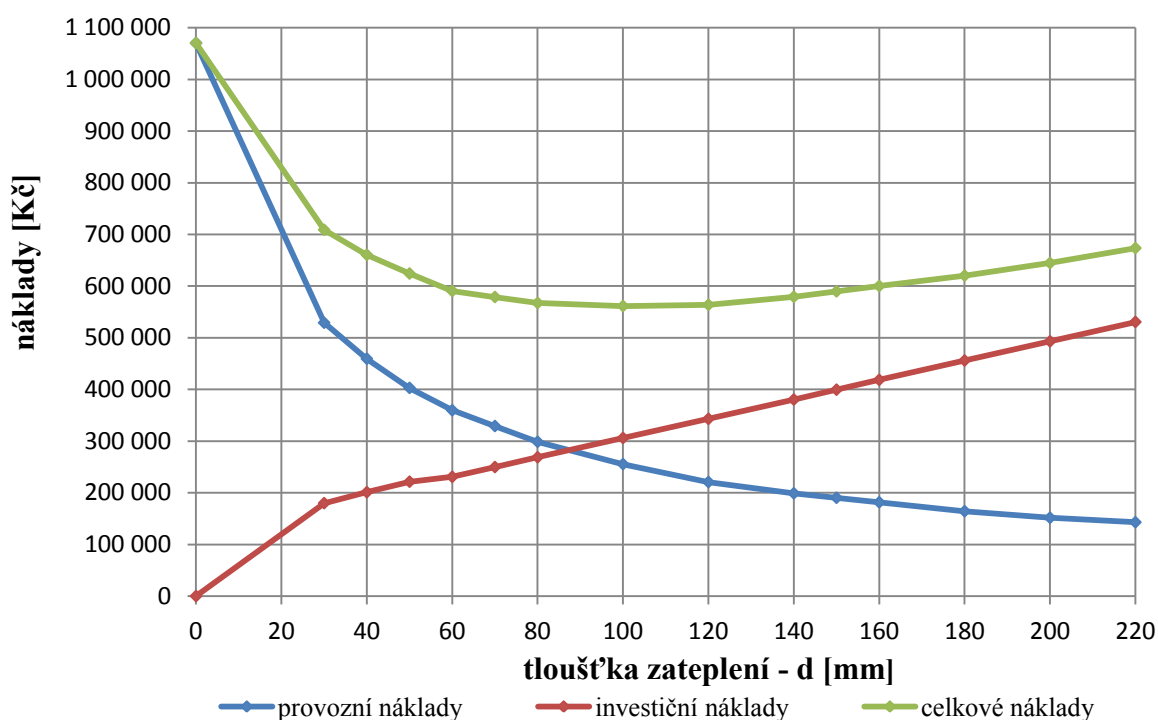
Klasifikační třída:	E
Slovní popis:	nehospodárná
Klasifikační ukazatel CI:	1,9

Pro současný stav rodinného domu byl vypracován energetický štítek obálky budovy, který je uveden v příloze P I.

10 TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY PO ZATEPLENÍ

Zateplení bylo navrženo pomocí izolantu z minerálních vláken. Výhody tohoto materiálu jsou především výborné tepelně izolační vlastnosti λ 0,036 W/m·K, vysoká požární bezpečnost, vysoká paropropustnost a zvuková pohltivost. Pro navrhovanou tloušťku izolace byla provedena ekonomická optimalizace. Výsledek optimalizace tloušťky izolace je zobrazena v grafu 10.1. V grafu jsou zobrazeny investiční náklady, provozní náklady po dobu 30-ti let a celkové náklady v závislosti na tloušťce izolantu. Z grafu je patrné, že ideální tloušťka zateplení je v rozsahu 80 mm – 120 mm. Pro splnění normy s připočtením tepelných mostů byla zvolena tloušťka 120 mm. Tloušťka 120 mm může způsobovat problémy u dveřních a okenních ostění. Pro tyto části může být použit izolační materiál z fenolických desek, které mají výborné tepelně izolační vlastnosti λ 0,021 W/m·K. Při použití fenolických desek stačí poloviční tloušťka (60 mm) oproti izolantu z minerálních vláken. Nevýhodou fenolických desek je jejich cena a nemožnost dodatečného broušení. Celkové náklady na zateplení izolantem z minerálních vláken tloušťky 120 mm jsou 350 000 Kč.

Optimalizace tloušťky zateplení



Graf 10.1 – zobrazení optimalizace tloušťky zateplení

10.1 Obvodové zdivo po zateplení

Na současné obvodové zdivo, jak pro nosnou tak pro nenosnou konstrukci, bylo navrženo zateplení pomocí izolantu z minerálních vláken v tloušťce 120 mm. Detailnější popis konstrukce s jejich parametry pro nosnou konstrukci je uveden v tab. 10.1 a pro nenosnou konstrukci v tab. 10.2.

Tab. 10.1 – nosná konstrukce po zateplení

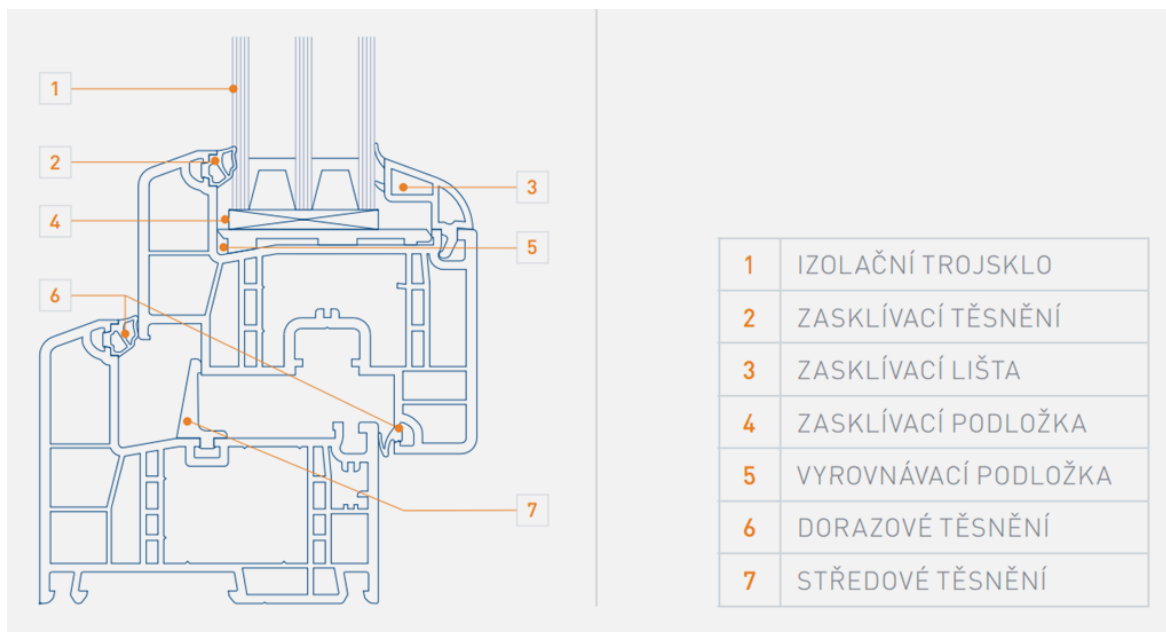
Název konstrukce	Tloušťka - d [m]	Součinitel tepelné vodivosti - λ [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita - c [J/kg.K]	Hustota - ρ [kg/m ³]
Omítka vnitřní	0,02	0,990	790	2000
Škvárobetonová tvárnice	0,30	0,560	760	1100
Cihla plná	0,14	0,860	900	1800
Omítka	0,04	0,990	790	2000
Minerální vlna	0,12	0,036	1140	110
Vnější omítka	0,01	0,700	920	1700

Tab. 10.2 – nenosná konstrukce po zateplení

Název konstrukce	Tloušťka - d [m]	Součinitel tepelné vodivosti - λ [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita - c [J/kg.K]	Hustota - ρ [kg/m ³]
Omítka vnitřní	0,02	0,990	790	2000
Škvárobetonová tvárnice	0,30	0,560	760	1100
Omítka	0,04	0,990	790	2000
Minerální vlna	0,12	0,036	1140	110
Vnější omítka	0,01	0,700	920	1700

10.2 Nové otvorové výplně

Pro okenní výplně byly navrženy plastová okna SULKO Profi Line na bázi polymerového kompozitu, díky čemuž není nutné okno vyztužovat ocelí. Jedná se o šestikomorový systém se stavební hloubkou 86 mm a izolačním trojsklem $U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Cena výměny všech oken ve vytápěných prostorech byla vyčíslena na 250 000 Kč. V ceně je zahrnuta demontáž starých oken, jejich likvidace a montáž nových oken. Tyto nová plastová okna splňují podmínky programu *NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM*. S využitím dotace by bylo možné snížit investiční náklady.

Obr. 10.1 – řez rámu okna *SULKO Profi-Line* [25]

10.3 Součinitel prostupu tepla po zateplení

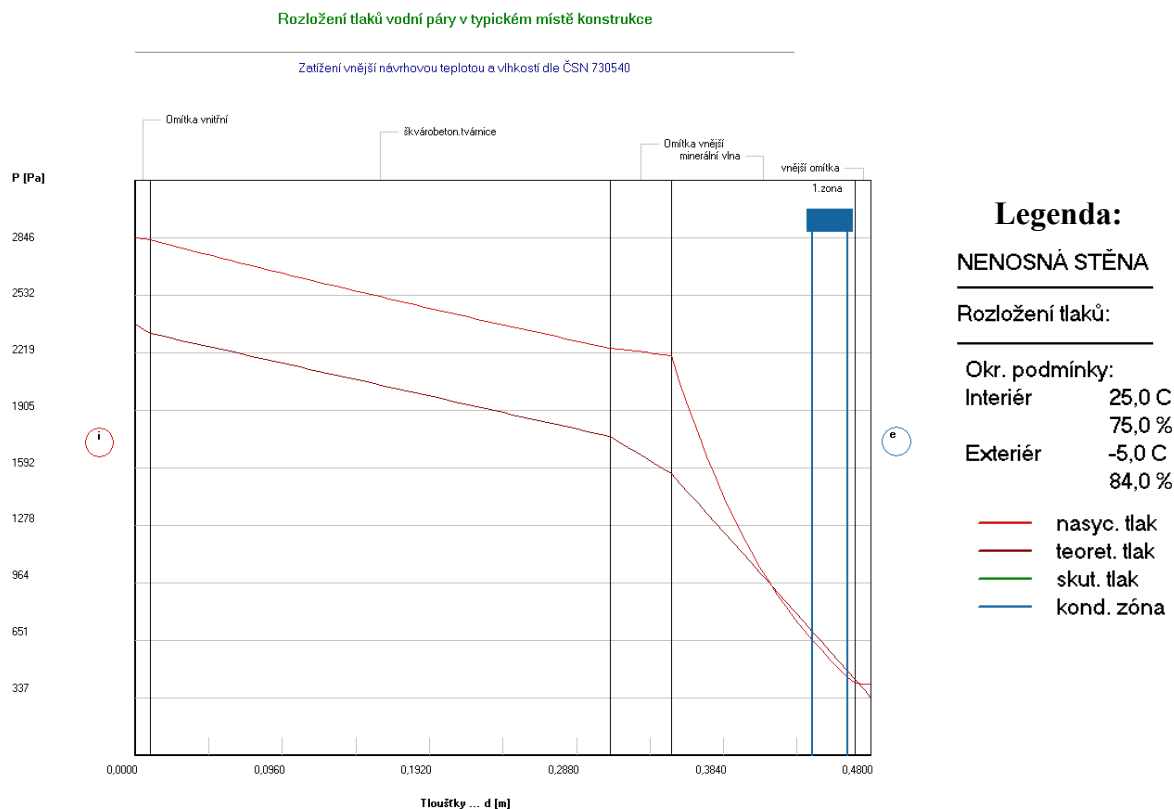
Součinitele jednotlivých konstrukcí po zateplení jsou uvedeny v tab. 10.3. Z tabulky je patrné, že všechny uvedené skladby splňují požadované hodnoty, některé konstrukce dokonce splňují i doporučené hodnoty.

Tab. 10.3 - součinitel prostupu tepla po zateplení

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W/(m^2 \cdot K)$]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Vypočtené hodnoty
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20	0,20
Podlaha nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,21
Obvodová stěna	0,30	0,20	0,25
			0,26
Okenní výplň otvorů do venkovního prostředí	1,7	1,2	0,7
Dveřní výplň otvorů do venkovních prostor	1,7	1,2	1,1
Strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,34
Stěna mezi budovami	1,05	0,70	0,59

10.4 Tepelnětechnický posudek konstrukce z pohledu kondenzace po zateplení

Po zateplení dochází k menší kondenzaci vodní páry na vnějšku skladby konstrukce. Kondenzační zóna v konstrukci je zobrazena pomocí modrého pruhu na obr. 10.2.



Obr. 10.2 – znázornění kondenzační zóny uvnitř konstrukce pro místnost 205 - koupelna

Množství kondenzátu nepřekračuje limit $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ a také množství vypařitelné vodní páry je vyšší než zkondenzované množství vodní páry (tab. 10.4). Tepelně technický posudek, z pohledu kondenzace po zateplení, **splňuje** dané požadavky.

Tab. 10.4 – roční bilance vlhkosti pro zateplenou nenosnou konstrukci

Množství zkondenzované vodní páry, M_c [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]	0,0323
Množství vypařitelné vodní páry, M_{ev} [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$]	1,9586

10.5 Tepelné ztráty po zateplení

Do programu *Stavební fyzika – Ztráty* byly vloženy parametry všech místností, okrajové podmínky a všechny konstrukce s navrhovaným zateplením. Výstupní parametry jsou uvedeny v tab. 10.5.

Tab. 10.5 – tepelné ztráty vytápěných místností po zateplení

Označení p./č. m.	Název místnosti	Teplota místnosti [°C]	Vytápěná plocha [m ²]	Objem vzduchu [m ³]	Celková ztráta [W]	Procentní podíl [%]
přízemí						
1/ 101	kuchyň s jídelnou	20	34,1	69,5	1064	12,0
1/102	obývací pokoj	20	30,0	67,5	982	11,1
1/103	WC	20	3,1	4,7	142	1,6
1/104	šatna	20	2,6	5,0	99	1,1
1/105	chodba	20	19,9	31,1	548	6,2
součet přízemí			89,7	177,8	2835	32,0
1.patro						
2/201	ložnice	20	27,5	59,3	692	7,8
2/202	pokoj 1	20	16,1	32,6	424	4,8
2/203	chodba	20	18,3	39,7	382	4,3
2/204	pracovna	20	8,3	11,9	295	3,3
2/205	koupelna	24	8,5	17,2	473	5,3
2/206	pokoj 2	20	12	23,1	364	4,1
součet 1. patro			90,7	183,8	2630	29,6
2.patro						
3/301	obývací pokoj	20	38,6	81,6	2490	28,1
3/302	ložnice	20	11,3	22,3	353	4,0
3/303	chodba	20	6,8	13,8	167	1,9
3/304	koupelna	24	9,8	21,2	401	4,5
součet 2.patro			66,5	138,9	3411	38,5
Součet celkem			246,8	500,5	8876	100

Součet tepelných ztrát prostupem je $5,871\text{ kW}$ (66,2 %) a součet tepelných ztrát větráním je $3,004\text{ kW}$ (33,8 %). Výsledná ztráta domu po rekonstrukce je tedy $8,875\text{ kW}$. Při srovnání se současným stavem zjistíme, že při aplikaci těchto úsporných opatření dosáhneme úspory přes 57 % potřeby tepla na vytápění.

10.6 Průměrný součinitel prostupu tepla po rekonstrukci

Po úpravě obvodových konstrukcí a výměně otvorových výplní byly vypočteny nové parametry, které jsou uvedeny v tab. 10.6.

Tab. 10.6 – hodnoty parametrů jednotlivých konstrukcí po rekonstrukci

Konstrukce	Plocha [m ²]	Skutečný součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla [W/K]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla dle normy [W/K]
Obvodová stěna nosná	80,5	0,25	0,30	1,68	33,7	40,57
Okna	42,2	0,70	1,70	1,35	39,8	96,85
Obvodová stěna nenosná	90,9	0,26	0,30	1,67	39,4	45,54
Sousedící stěna	80,4	0,59	1,05	0,28	13,5	23,64
Podlaha přízemí	89,7	0,34	0,60	0,49	14,8	26,37
Dveře	2,5	1,1	1,7	1,14	3,1	4,85
Podlaha 1. Patro	17,0	0,57	0,24	0,59	5,7	2,41
Strop 2. Patro	58,9	0,20	0,60	0,91	10,7	32,16
Příčka	15,1	0,40	0,30	0,69	4,2	3,13
Celkem	477,2				166,3	275,51

Z výsledných hodnot měrné ztráty prostupem tepla a plochy jednotlivých konstrukcí byl vypočten průměrný součinitel prostupu tepla pomocí vzorců (4.6).

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{166,3}{477,2} \cong 0,35 [W/(m^2 \cdot K)]$$

Výsledný průměrný součinitel prostupu tepla srovnáme s požadovaným průměrným součinitelem prostupu tepla dle vzorce (4.5). Požadovaný součinitel prostupu tepla vypočteme dle ze vzorce z tab. 4.1:

$$U_{em,N,rq} = 0,30 + \frac{0,15}{\left(\frac{A}{V}\right)} = 0,30 + \frac{0,15}{\left(\frac{477,2}{710}\right)} \cong 0,52 [W/(m^2 \cdot K)]$$

Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,N,rc}$ vypočteme podle vzorce z tab. 4.1:

$$U_{em,N,rc} = 0,75 \cdot U_{em,N,rq} = 0,75 \cdot 0,52 \cong 0,39 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

Tab. 10.7 – požadovaný a vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla

Požadavek:	
maximální průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m ² ·K)]	0,52
Doporučení:	
Doporučený průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,rc}$ [W/(m ² ·K)]	0,39
Výsledky výpočtu:	
průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m ² ·K)]	0,35

Z uvedených hodnot je patrné, že konstrukce splňují nejen požadované hodnoty součinitele prostupu tepla, ale i doporučené hodnoty. Výsledná klasifikační třída podle průměrného součinitele prostupu tepla je **C1 – vyhovující doporučené úrovni**.

Tab. 10.8 – vypočtená hodnota energetické náročnosti budovy po rekonstrukci

Klasifikační třída:	C1
Slovní popis:	vyhovující doporučené úrovni
Klasifikační ukazatel	0,7

Pro rekonstrukci rodinného domu byl vypracován energetický štítek obálky budovy, který je uveden v příloze P II.

11 TEPELNÁ STABILITA

Pro zjištění tepelné stability vnitřních místností byl využit nástroj programu *Stavební fyzika*. Pro letní období byl využit program *Simulace* a pro zimní období program *Stabilita*. Tepelná stabilita pro zimní i letní období se posuzuje pro určitou kritickou místnost, která nemusí být totožná.

11.1 Zimní období

Pro zjištění tepelné stability v zimním období byl využit program *Stavební fyzika – Stabilita*. Pro zimní období se zjišťuje dovolený pokles teploty v kritické místnosti při přerušovaném vytápění. Při přerušení vytápění nesmí teplota v kritické místnosti poklesnout o 3°C, dle rovnice (4.21). Kritická místnost pro zimní období je místnost s nejvyšším celkovým součinitelem prostupu tepla, tedy největší plochou ochlazovaných konstrukcí. Pro daný dům byla vybrána místnost 301 – obývací pokoj ve druhém patře, tedy rohová místnost pod střechou. Do programu byly vloženy potřebné parametry ovlivňující výpočet. Byly vloženy okrajové podmínky: teplotní oblast, venkovní teplota v zimním období, návrhová vnitřní teplota. Dále byly vloženy parametry místnosti: objem vzduchu v místnosti, výměna vzduchu v místnosti a popis jednotlivých obalových konstrukcí (stěny, podlaha, strop, okna, dveře). Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tab. 11.1.

Tab. 11.1 – pokles teploty v kritické místnosti

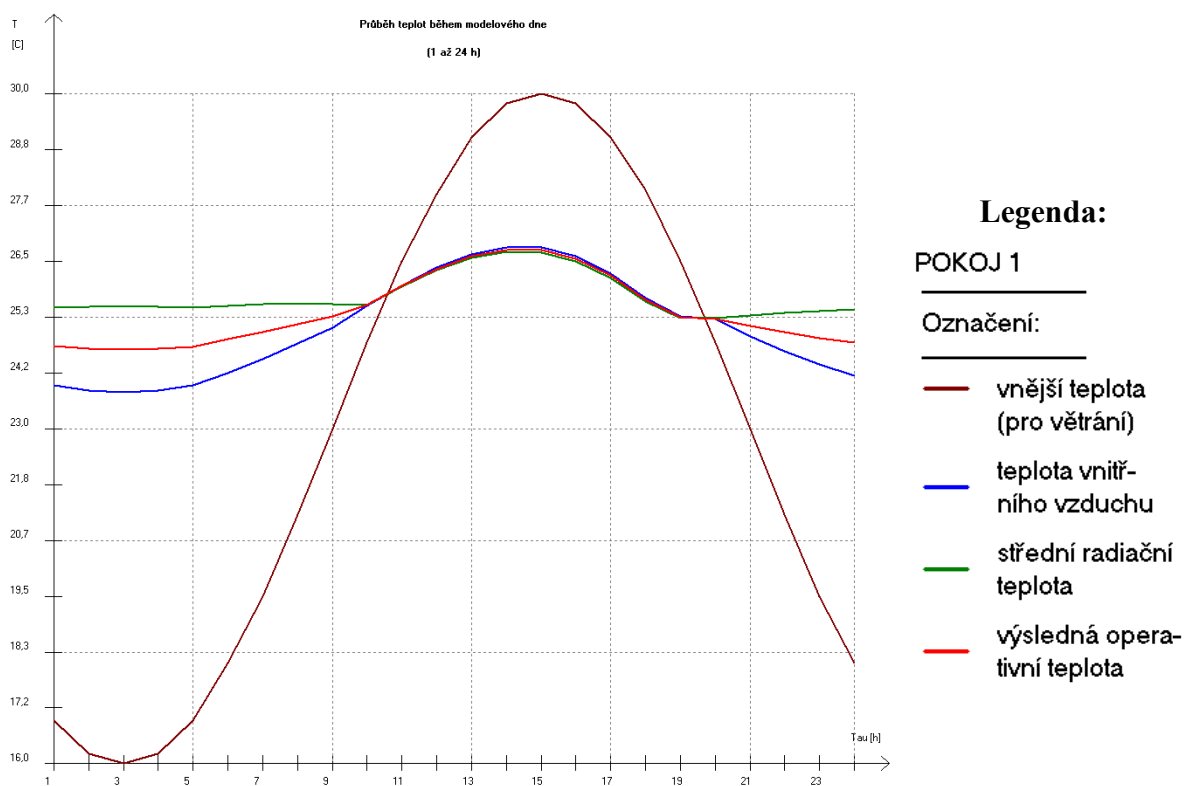
Čas [h]	Pokles teploty $\Delta\theta$ [°C]	
0,5	0,47	SPLNĚN
1,0	1,02	
1,5	1,51	
2,0	1,96	
2,5	2,39	
3,0	2,8	
3,5	3,2	NESPLNĚN
4,0	3,58	
5,0	4,31	
6,0	5,01	
7,0	5,66	
8,0	6,29	

Požadavek je SPLNĚN pro maximální délku otopné přestávky 3 hodin, při delší otopné přestávce nebude požadavek splněn.

11.2 Letní období

Pro zjištění tepelné stability v letním období byl využit program *Stavební fyzika – Simulace*. Kritickou místností v letním období je místnost s největší plochou přímo osluněných výplní otvorů a to v poměru k podlahové ploše přilehlého prostoru. V kritické místnosti nesmí přesáhnout denní vzestup teploty o 5°C, nebo aby nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti nepřesáhla 27 °C. Pro daný dům byla vybrána místnost 202 – pokoj 1, která má největší plochu oken orientovaných na JZ k ploše podlahy.

Do programu byly vloženy potřebné parametry ovlivňující výpočet. Vloženými parametry byly: výměna vzduchu v místnosti, vnější teplota pro modelový den, intenzita slunečního záření. Dále byly vloženy parametry místnosti rozdělené na průsvitné a neprůsvitné konstrukce. Výsledná hodnota překračovala požadované hodnoty, proto se muselo přidat dodatečné zastínění pomocí venkovních žaluzií a upravit výměnu vzduchu v místnosti. Po úpravě vstupních parametrů již bylo zajištěno dodržení limitu pro maximální denní teplotu v místnosti.

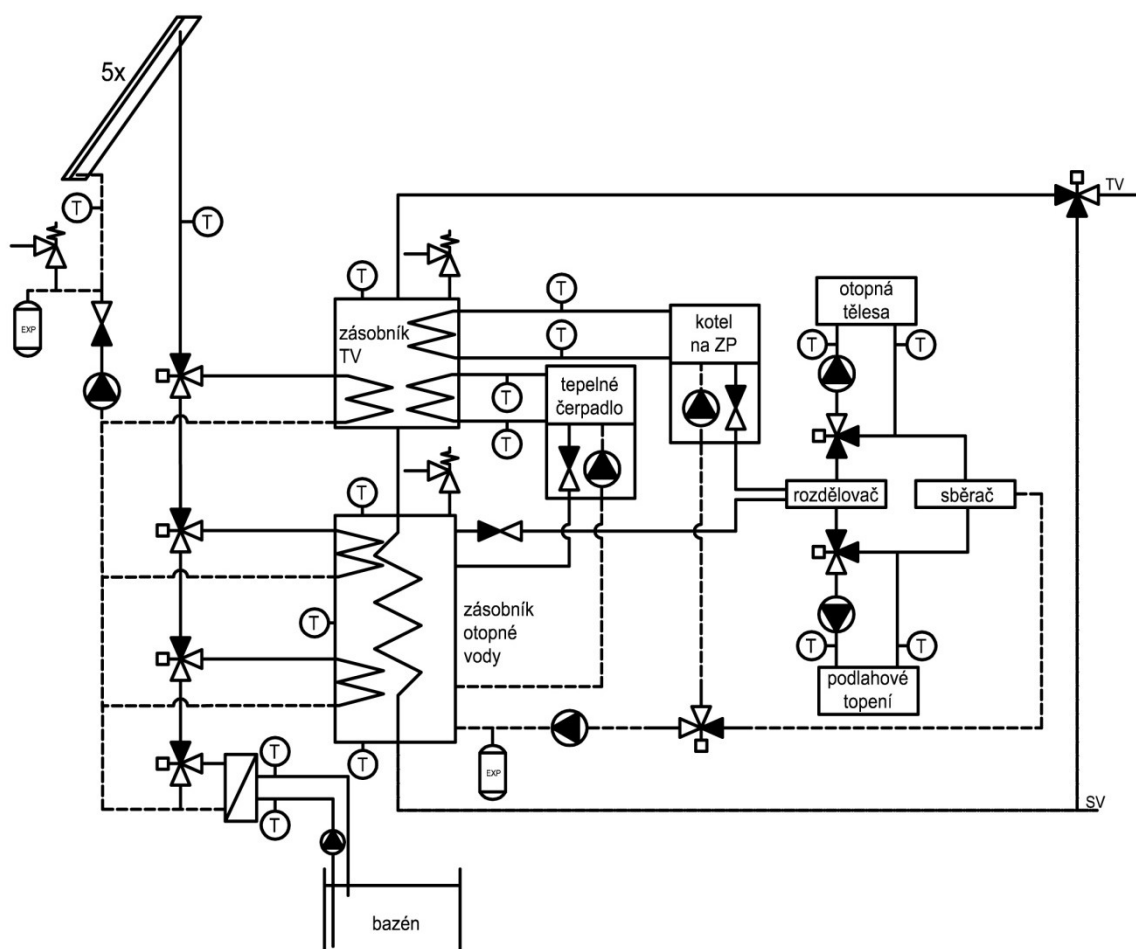


Obr. 11.1 – průběh teplot během modelového dne

12 NÁVRH SYSTÉMU TECHNIKY PROSTŘEDÍ

Po vypočtení tepelných ztrát v kapitole 10.5. a tepelného výkonu pro přípravu teplé vody v kapitole 12.1 byl navržen a dimenzován otopný systém. Pro vytápění a přípravu teplé vody bude využito tepelné čerpadlo a kondenzační kotel na zemní plyn v kombinaci se solárním kolektorem. Celé schéma je naznačeno na obr. 12.1. Primárním zdrojem pro vytápění a přípravu teplé vody bude tepelné čerpadlo vzduch/voda v kombinaci s plynovým kotlem jako bivalentním zdrojem tepla. Sluneční kolektory budou napojeny jak na přípravu teplé vody tak i na zásobník otopné vody.

Pro přehlednost nejsou u tepelného čerpadla a kotle na ZP naznačena zabezpečovací zařízení, která jsou jejich součástí.



Obr. 12.1 – schéma otopné soustavy a přípravy teplé vody

12.1 Příprava teplé vody

Při přípravě teplé vody musí být dodržena teplota vody v místě odběru 50 - 55 °C. Daný objekt je navržen pro užívání až 6-ti osob ($n = 6$). Na každou osobu se počítá denní spotřeba vody 0,082 m³ a výkon 4,3 kWh. Celková potřeba tepla tedy bude (5.1):

$$Q_{2t} = n \cdot 4,3 = 6 \cdot 4,3 = 25,8 \text{ kWh}$$

Ztráty způsobené při přípravě a distribuci teplé vody pro vypočtenou potřebu tepla jsou dle vzorce (5.2):

$$Q_{2z} = z \cdot Q_{2t} = 0,5 \cdot 25,8 = 12,9 \text{ kWh}$$

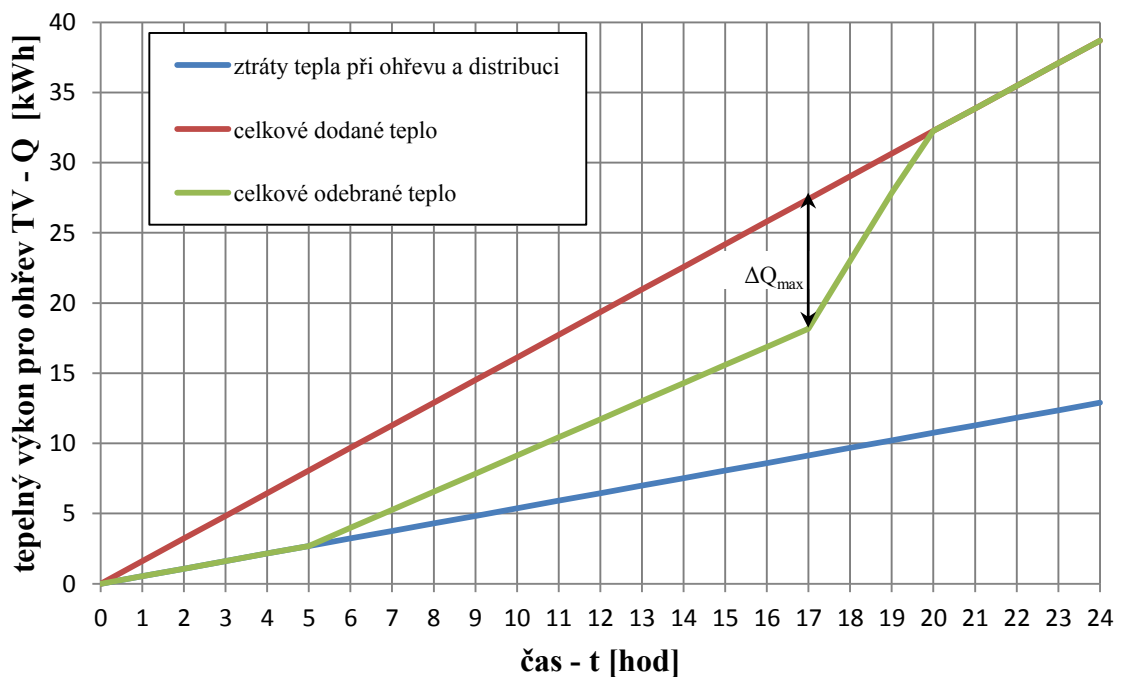
Celkové dodané teplo pro přípravu TV po dobu celého dne (5.3):

$$Q_{1P} = Q_{2t} + Q_{2z} = 25,8 + 12,9 = 38,7 \text{ kWh}$$

Z celkového množství TV se během dne odebírá:

Tab. 12.1 – odběr teplé vody v jednotlivých fázích odběru

čas [hod]	podíl [%]	potřeba tepla [kWh]	celková potřeba tepla [kWh]
5 - 17	35	$0,35 \cdot 25,8 = 9,03$	9,03
17 - 20	50	$0,50 \cdot 25,8 = 12,9$	21,93
20 - 24	15	$0,15 \cdot 25,8 = 3,87$	25,80



Graf 12.1 – návrh dodaného a odebraného tepla pro přípravu TV

Dimenzování zásobníku na teplou vodu dle vzorce (5.4):

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{9,245}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,176 \text{ m}^3 \approx 180 \text{ l}$$

Jmenovitý tepelný výkon pro přípravu TV dle vzorce (5.5):

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_c}{t} \right)_{\max} = \frac{38,7}{24} = 1,61 \text{ kW}$$

Výpočet objemu zásobníku na teplou vodu vyšel přibližně 180 l. Nejbližší vhodný objem zásobníku nabízený výrobcem na trhu je 204 l.

12.2 Návrh otopných těles

Jelikož se jedná o rekonstrukci domu, ve kterém jsou použita litinová článková tělesa, v navrhované otopné soustavě budou tyto tělesa využity. Pro dosažení požadované délky otopných těles jsou litinové články sešroubovány pomocí vsuvek z jednotlivých článků. Parametry litinového článku jsou uvedeny v tab. 12.2. Využitím stávajících otopných těles dojde ke snížení investičních nákladů.

Tab. 12.2 – parametry litinového článku otopného tělesa

Jmenovitá výška	500 mm
Stavební hloubka	150 mm
Plocha jednoho článku	0,21 m
Tepelný výkon jednoho článku při 80 °C	108 W

Celý otopný systém bude navržen jako nízkoteplotní, proto se musí výkon otopných těles přepočítat:

Přepočet výkonu článku otopného tělesa pro střední teplotu 45 °C dle vzorce (5.6)

$$q = q_N \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_N} \right)^{n+1} = 108 \left(\frac{25}{60} \right)^{1,33} = 33,7 \text{ W}$$

Výpočet opravného součinitele pro otopná článková tělesa dle vzorce (6.5):

$$f_N = 0,955 + \frac{0,45}{N} = 0,955 + \frac{0,45}{34} = 0,968$$

Výpočet výsledného výkonu otopného tělesa q , kde N je počet článků:

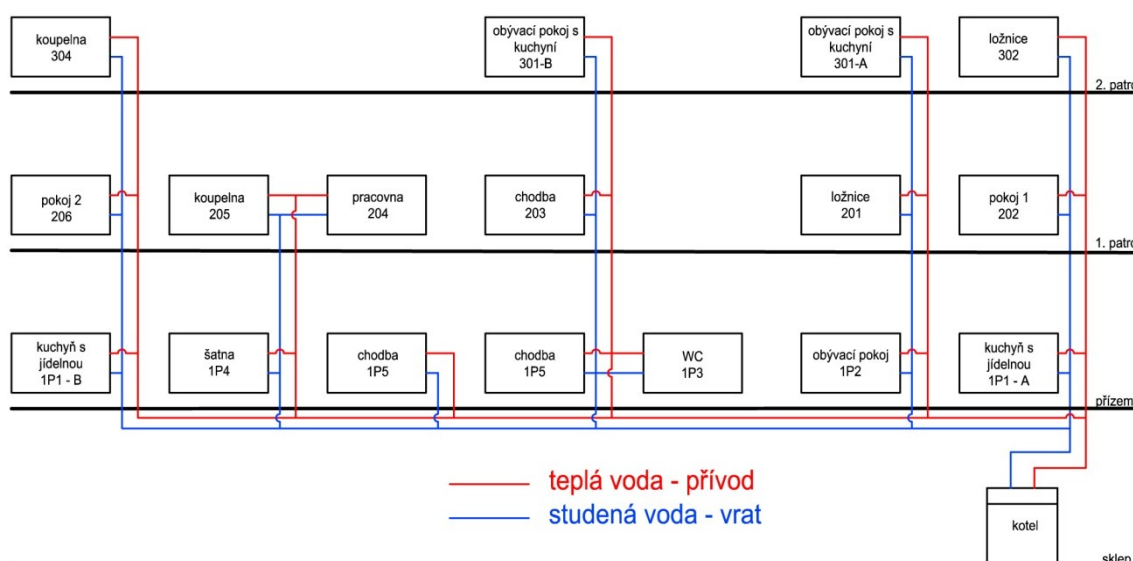
$$q = N \cdot q \cdot f_N = 34 \cdot 33,7 \cdot 0,968 = 1110 \text{ W}$$

Výpočet je proveden pro první řádek tabulky tab. 12.3. Pro další místnosti je použit stejný výpočet.

Tab. 12.3 – návrh výkonu otopných těles

Označení p./č. m	Název místnosti	Celková tepelná ztráta [W]	Počet těles [-]	Výkon těles při teplotě 80 °C [W]	Výkon těles při teplotě 45 °C [W]
1/ 101	kuchyň	1064	34	3672	1110
1/102	pokoj	982	34	3672	1110
1/103	WC	142	5	540	176
1/104	šatna	99	4	432	144
1/105	chodba	548	18	1944	595
2/201	ložnice	692	26	2808	852
2/202	pokoj 1	424	20	2160	659
2/203	chodba	382	14	1512	466
2/204	pracovna	295	14	1512	466
2/205	koupelna	473	20	2160	523
2/206	pokoj 2	364	15	1620	498
3/301	pokoj	2490	45	8910	2684
3/302	ložnice	353	15	1620	498
3/303	chodba	167	8	864	273
3/304	koupelna	401	16	1728	420

Pro všechny místnosti vyšel výkon otopných těles větší, než jejich celková tepelná ztráta. Celý otopný systém tak může být navržen jako nízkoteplotní, se střední teplotou otopné vody 45 °C. Celé schéma zapojení otopných těles je zobrazeno na obr. 12.2.



Obr. 12.2 – schematické zapojení otopných těles

12.3 Dimenzování podlahového topení

Ke stávajícím otopným tělesům bylo navrženo podlahové topení pro vyšší tepelný komfort. Podlahové topení bylo navrženo pro celé přízemí a obě koupelny z důvodu použití keramické dlažby. Keramická dlažba způsobuje nepříjemný pocit chladu od nohou, především v koupelnách.

Příklad výpočtu pro místnost kuchyně s jídelnou 1/101 v přízemí:

Výpočet požadované hustoty tepelného toku podlahové soustavy q_{des} (5.8):

$$q_{\text{des}} = \frac{Q_{\text{ztr}}}{A_{\text{p}}} = \frac{1064}{26} = 40,9 \text{ W/m}^2$$

Střední teplotu povrchu podlahy θ_{p} (5.9):

$$\theta_{\text{p}} = \left(\frac{q}{8,92} \right)^{\frac{1}{1,1}} + \theta_{\text{i}} = \left(\frac{40,9}{8,92} \right)^{\frac{1}{1,1}} + 20 = 24 \text{ } ^\circ\text{C} < 29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Vdané místnost lze využít podlahové topení i bez doplňkových otopných těles, vyhovuje hodnota hustoty tepelného toku i střední teplota povrchu podlahy.

Příkon podlahové soustavy $Q_{\text{pož}}$ (5.10):

$$Q_{\text{pož}} = A_{\text{F}} \cdot q \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{o}}}{R_{\text{u}}} + \frac{\theta_{\text{i}} - \theta_{\text{u}}}{q \cdot R_{\text{u}}} \right) = 26 \cdot 40,9 \cdot \left(1 + \frac{0,125}{0,75} + \frac{20 - 15}{40,9 \cdot 0,75} \right) = 1414 \text{ W}$$

Charakteristické číslo podlahy m (5.11):

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{R_{\text{o}}} + \frac{1}{R_{\text{u}}} \right)}{\pi^2 \cdot \lambda_{\text{d}} \cdot d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{0,125} + \frac{1}{0,75} \right)}{\pi^2 \cdot 1,1 \cdot 0,02}} = 9,27 \text{ m}^{-1}$$

Střední teplota cirkulační vody θ_{p} (5.12):

$$\theta_{\text{p}} = (\theta_{\text{p}} - \theta_{\text{i}}) \cdot R_{\text{o}} \cdot \alpha_{\text{p}} \cdot \frac{m \frac{T}{2}}{\text{tgh} \left(m \frac{T}{2} \right)} + \theta_{\text{i}}$$

$$\theta_{\text{p}} = (24 - 20) \cdot 0,125 \cdot 10,75 \cdot \frac{9,27 \cdot \frac{0,2}{2}}{\text{tgh} \left(9,27 \cdot \frac{0,2}{2} \right)} + 20 = 26,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Hmotnostní průtok \dot{m} (5.13):

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{pož}}}{\Delta\theta \cdot c_p} = \frac{1414}{6 \cdot 4190} = 0,06 \text{ kg/s}$$

Rychlost proudění teplotonosné látky v potrubí w (5.14):

$$w = \frac{\dot{m}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho} = \frac{0,06}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \cdot 1000} = 0,18 \text{ m/s}$$

Výpočet délky l potrubí (5.15):

$$l = \frac{A_F}{T} = \frac{24}{0,2} = 125 \text{ m}$$

Určení tlakových ztrát Δp_z (5.16):

$$\Delta p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = 0,047 \cdot \frac{125}{0,02} \cdot \frac{0,18^2}{2} \cdot 1000 = 4855 \text{ Pa}$$

Pro další místnosti je výpočet obdobný. Výsledky výpočtu pro všechny místnosti jsou uvedeny v tab. 12.4. Otopná plocha jednotlivých místností je zmenšena o plochu pod nábytkem.

Tab. 12.4 – parametry navrženého podlahového topení

Název místnosti	Kuchyně s jídelnou	Obývací pokoj	WC	Šatna	Chodba	Koupelna 1.patro	Koupelna 2.patro
Označení p./č. m	1/101	1/102	1/103	1/104	1/105	2/205	3/304
Otopná plocha [m ²]	25	22	3,5	2,5	17,5	7	6
Tepelný výkon [W/m ²]	40,9	44,6	45,8	39,6	31,3	63,1	57,3
Povrchová teplota [°C]	24,0	24,3	24,4	23,9	23,1	25,9	25,4
Příkon podlahy [W]	1414	1292	186	132	756	591	505
Teplota topné vody [°C]	26,8	27,4	27,6	26,6	25,4	27,3	26,4
Délka potrubí [m]	125	110	18	13	88	35	30
Rychlost proudění [m/s]	0,18	0,16	0,02	0,02	0,1	0,07	0,06
Tlaková ztráta [Pa]	4855	3461	10	4	942	245	165

12.4 Vytápěcí systém s využitím obnovitelného zdroje

Z obnovitelných zdrojů pro vytápění a přípravu teplé vody bude využito tepelné čerpadlo vzduch – voda a solární systém.

12.4.1 Tepelné čerpadlo

Pro výběr tepelného čerpadla je důležitý topný faktor, který zjistíme ze vzorce:

$$COP = k \cdot \frac{\theta_s}{\theta_s - \theta_z} = 0,5 \cdot \frac{50 + 273,15}{(50 + 273,15) - (2 + 273,15)} = 3,36 \quad (12.1)$$

kde: **COP** topný faktor tepelného čerpadla [-]

k korekční koeficient respektující skutečný oběh [-]

θ_s absolutní teplota spotřebiče [K]

θ_z absolutní teplota zdroje tepla [K]

Tepelné čerpadlo získá energii z venkovního vzduchu o nízké teplotě a předá ji do otopné vody. Otopná voda pak vytápí dům nebo připravuje teplou vodu pro domácnost. Výhodou tohoto tepelného čerpadla je jednoduchá instalace, nevyžadující vrty ani zemní práce. Tepelné čerpadlo může při nevhodném umístění obtěžovat svým hlukem. Při extrémně nízkých teplotách dochází k poklesu výkonu.

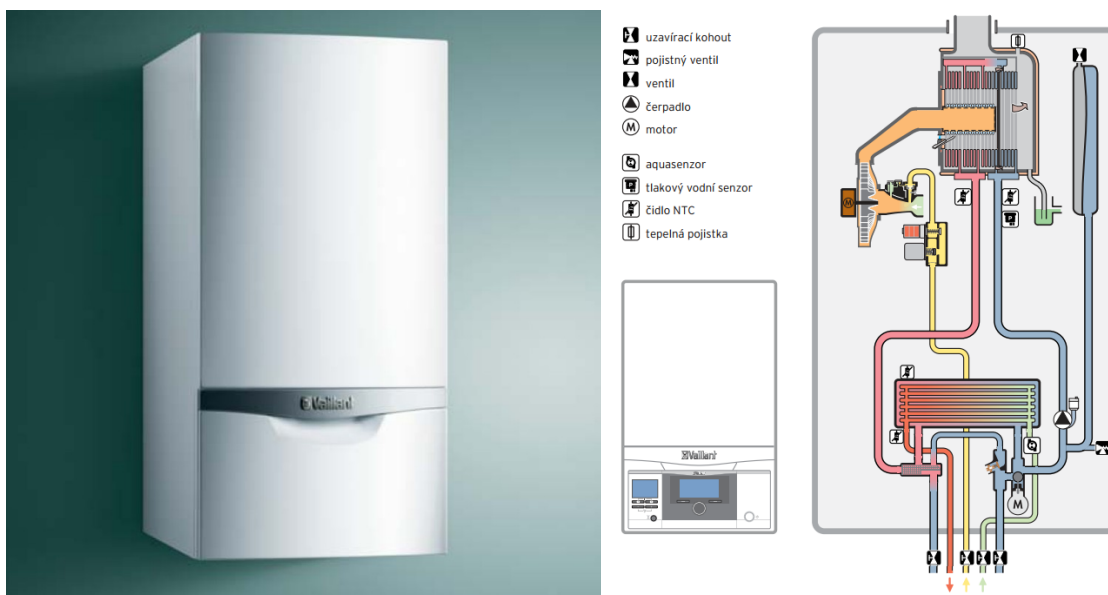
Pro daný objekt bylo vybráno tepelné čerpadlo typu vzduch/voda Regulus Eco Air 408 s výkonem 8 kW. Topný faktor tepelného čerpadla při venkovní teplotě 2°C je 3,76. Cena tohoto zařízení je 139 029 Kč. Podrobnější parametry navrženého tepelného čerpadla jsou uvedeny v elektronické podobě na vloženém CD. [26 str. 7]



Obr. 12.3 – tepelné čerpadlo Eco Air 408 [26 str. 1]

12.4.2 Bivalentní zdroj pro vytápěcí systém a přípravu teplé vody

Jako bivalentní zdroj pro vytápění a přípravu teplé vody bude navržen plynový kondenzační kotel. Plynový kotel byl zvolen z důvodu již zavedené plynové přípojky a využití plynu ve varné desce.



Obr. 12.4 – kondenzační kotel *ecoTEC plus* a jeho funkční schéma [27 stránky 1,4]

Navržený kotel musí zajistit dostačující tepelný výkon pro vytápění a přípravu teplé vody. Plynový kotel bude využit v případě nízké venkovní teploty, kdy je provoz tepelného čerpadla neekonomický nebo při jeho poruše.

Kondenzační kotel vyniká vysokou účinností 108 % a modulovaným výkonem $4 \div 24$ kW. Pomocí diagnostiky kotle lze nastavit mnoho parametrů, díky kterým se přizpůsobí danému topnému systému. Parametry kotle jsou uvedeny v tab. 12.5. Podrobnější parametry jsou uvedeny v elektronické podobě na vloženém CD pod názvem *Kondenzační kotel Vaillant ecoTEC plus*.

Tab. 12.5 – parametry kondenzačního plynového kotle

Výkon	24 kW
Účinnost	108 %
Modulační rozsah výkonu	17 – 100 %
Expanzní nádoba	10 l
Oběhové čerpadlo	řízené vysoce účinné
Systém směšování (plyn - vzduch)	elektronický

12.4.3 Solární systém

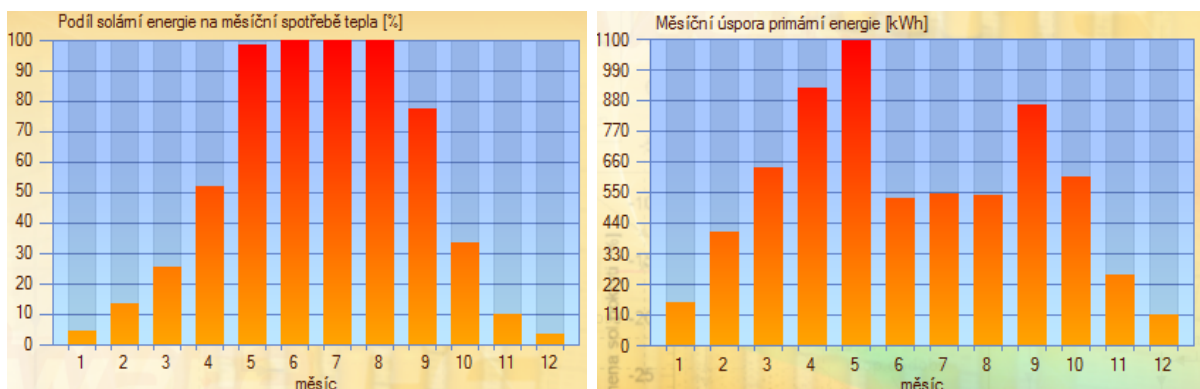
Solární systém bude využit pro přípravu teplé vody i pro vytápění. Příprava teplé vody tvoří významnou část energetické potřeby tepla budovy. Solární soustavy pro přípravu teplé vody mají dobrou využitelnost díky rovnoměrné spotřebě tepla v průběhu roku. Potřeba tepla na vytápění se během roku časově rozchází s dostupností solárních zisků. V otopném období se dosáhne jen částečného pokrytí v rozmezí 15 až 35 %.

Pro výpočet solárních kolektorů byl zvolen výpočetní program *Suntivare13.2*. Do programu byly vloženy jednotlivé parametry:

Tab. 12.6 – parametry pro návrh solárního systému

Lokalita	Olomouc
Počet osob	6
Tepelná ztráta	9 kW
Návrhová teplota otopné vody	45°C
Orientace kolektoru	Jihozápad
Sklon kolektoru	35°

Výsledné pokrytí spotřeby energie je téměř 30%. Solární kolektory pokrývají 57% energie pro přípravu teplé vody a 17 % pro vytápění. Detailní zobrazení podílu solární energie na měsíční spotřebě a úspora primární energie jsou zobrazeny na obr 12.5. Parametry solárních kolektorů splňují požadavky dotačního projektu *Nová zelená úsporám*. Přebytky tepla v letních měsících budou využity pro ohřev bazénu.



Obr. 12.5 – parametry navrhovaného solárního systému

Solární systém bude napojen na akumulční zásobník otopné vody o objemu 500 l. Zásobník bude obsahovat dva výměníky solárního systému a jeden výměník na přehřev teplé vody.

12.5 Návrh zabezpečovacího zařízení

Zabezpečovací zařízení zajišťuje bezpečný provoz přípravy teplé vody a vytápění. Skládá se z pojistného ventilu a expanzní nádoby. Pojistný ventil zajišťuje ochranu proti překročení maximálních hodnot tlaku v soustavě. Expanzní nádoba zabezpečuje množství otopné vody v soustavě.

Pro návrh pojistného ventilu musíme zjistit minimální průřez sedla a jeho vnitřní průměr. Pro výpočet použijeme vzorec (12.2) a (12.3). Pro pojistný ventil vytápěcího okruhu byly zjištěny parametry výtokového součinitele a otevírací přetlak pojistného ventilu.

$$S_{pv} = \frac{2 \cdot \Phi_p}{\alpha \cdot \sqrt{p_{OT}}} = \frac{2 \cdot 24}{0,444 \cdot \sqrt{250}} = 6,83 \text{ mm}^2 \quad (12.2)$$

kde: S_{pv} průřez sedla ventilu [mm^2]
 Φ_p výkon tepelného zdroje [kW]
 α výtokový součinitel pojistného ventilu [-]
 p_{OT} otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa]

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\Phi_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{24} = 12,93 \text{ mm} \rightarrow DN 15 \quad (12.3)$$

kde: d_p průměr pojistného ventilu [mm]
 Φ_p výkon tepelného zdroje [kW]

Expanzní nádrž pro vytápěcí okruh se vypočte podle vzorce (12.4). Experimentálním měřením byly zjištěny parametry pro výpočet expanzní nádrže. Naměřené množství otopné vody v soustavě bylo 950 l, zvětšení objemu 0,0117 l/kW a stupeň využití expanzní nádrže 0,7.

$$V_{EN} = \frac{1,3 \cdot V_s \cdot \Delta v}{\eta} = \frac{1,3 \cdot 950 \cdot 0,0117}{0,7} \approx 21 \text{ l} \rightarrow 25 \text{ l} \quad (12.4)$$

kde: V_{EN} objem expanzní nádrže [l]
 V_s množství vody v soustavě [l]
 Δv měrné zvětšení objemu [l/kW]
 η stupeň využití expanzní nádrže [-]

Tab. 12.7 – parametry pro návrh solárního systému

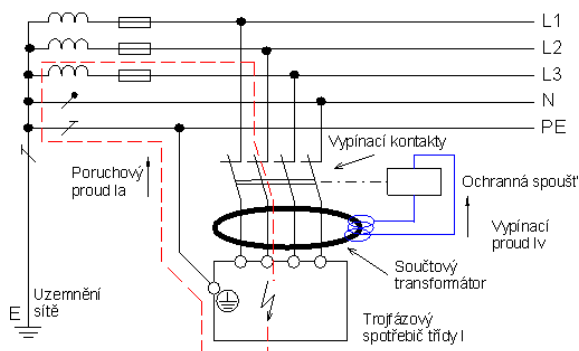
Okruh	Objem expanzní nádrže
Vytápěcí okruh	25 l
Solární okruh	18 l

13 ELEKTOINSTALACE

Navržená silnoproudá elektroinstalace je rozdělena na okruh zásuvkových, světelných a technologických obvodů. Dům je napojen na přípojku elektřiny nízkého napětí přes hlavní domovní skříň. Z hlavní domovní skříňe vede elektřina kabelem do domovního rozvaděče. Hlavní domovní rozvaděč, ve kterém jsou umístěny jističe jednotlivých okruhů, proudové chrániče a hlavní domovní vypínač, je umístěn ve vstupní části domu. Ve druhém patře je umístěn menší rozvaděč, ve kterém budou umístěny jističe a proudové chrániče pro druhé patro objektu.

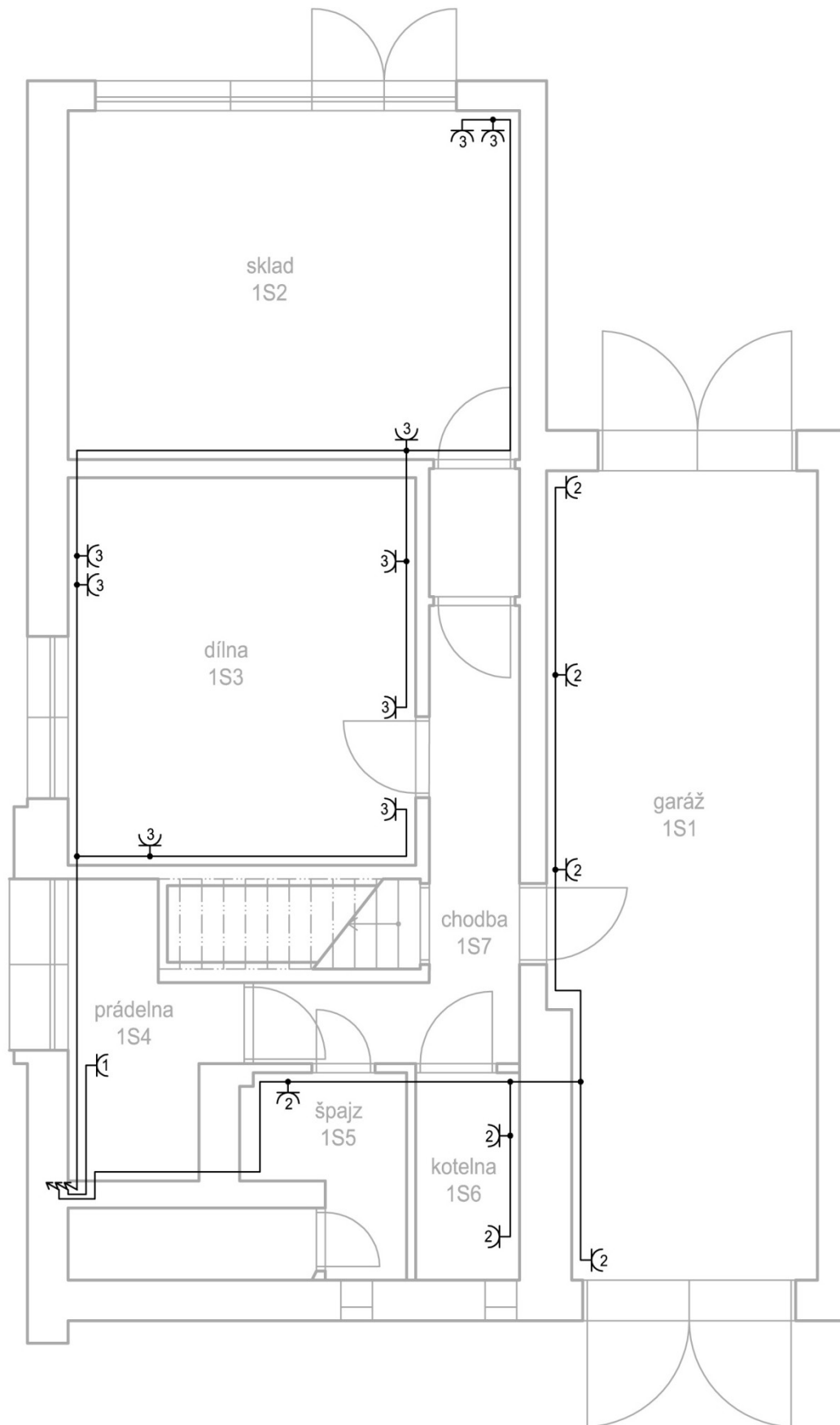
13.1 Zásuvkové rozvody

Zásuvkové rozvody jsou vedeny pod omítkou ve výšce 30 cm nad podlahou. V místnostech kuchyní a koupelen jsou zásuvkové obvody vedeny s ohledem na jejich dostupnost. Zásuvky jsou připojeny na jističe 10 A a 16 A. Koupelny musí být chráněny proudovým chráničem s vypínacím proudem 30 mA. Proudový chránič odpojí chráněný okruh, pokud elektrický proud uniká mimo obvod, například při dotyku člověka nebo poškození izolace. Proudový chránič bývá realizován pomocí součtového transformátoru. V normálním režimu je vektorový součet v transformátoru nulový. Při poruše je část proudu vedena jinudy a tím vznikne rozdíl proudů mezi oběma vodiči a obvod se rozpojí.

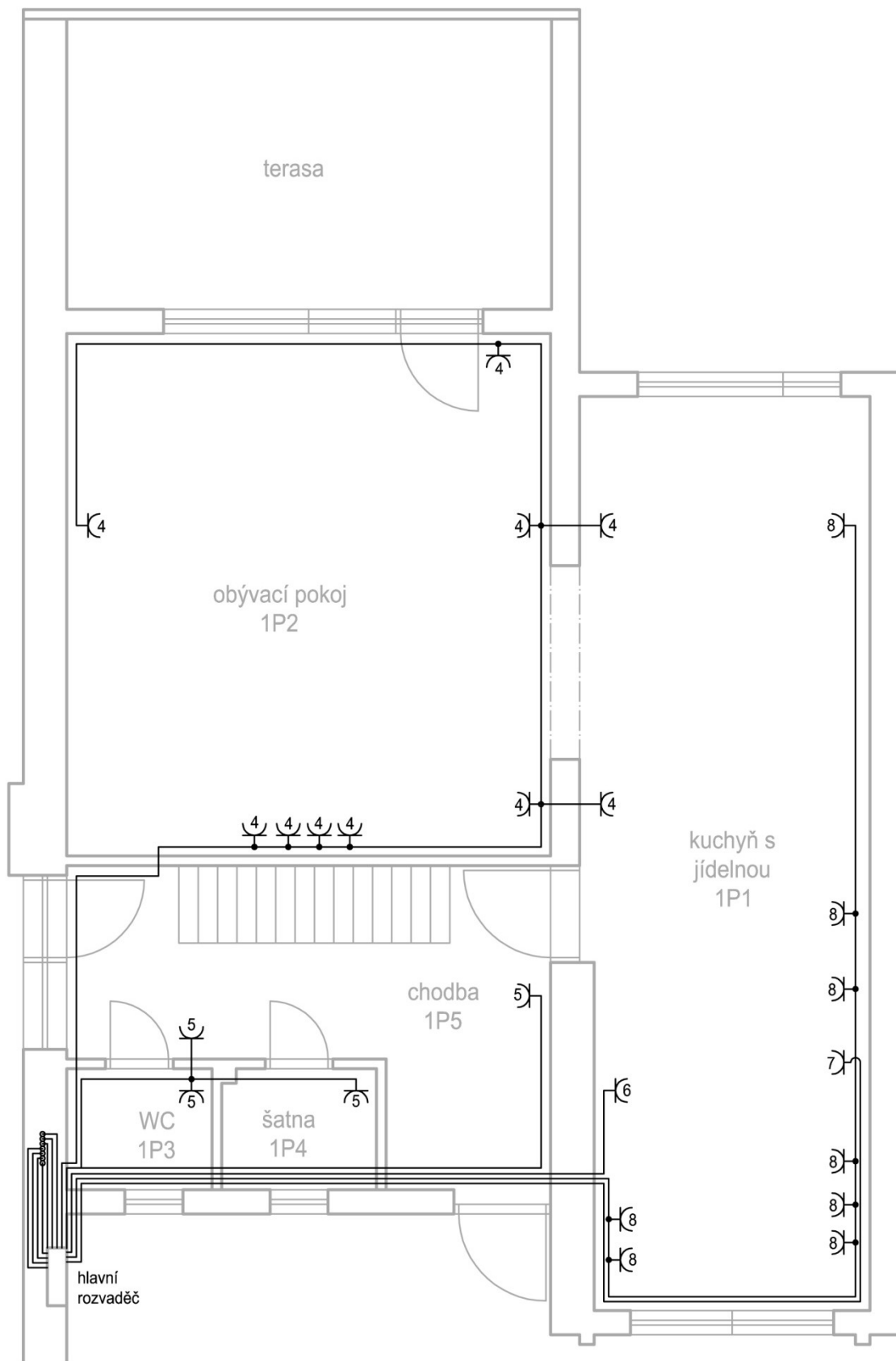


Obr. 13.1 – princip proudového chrániče [28]

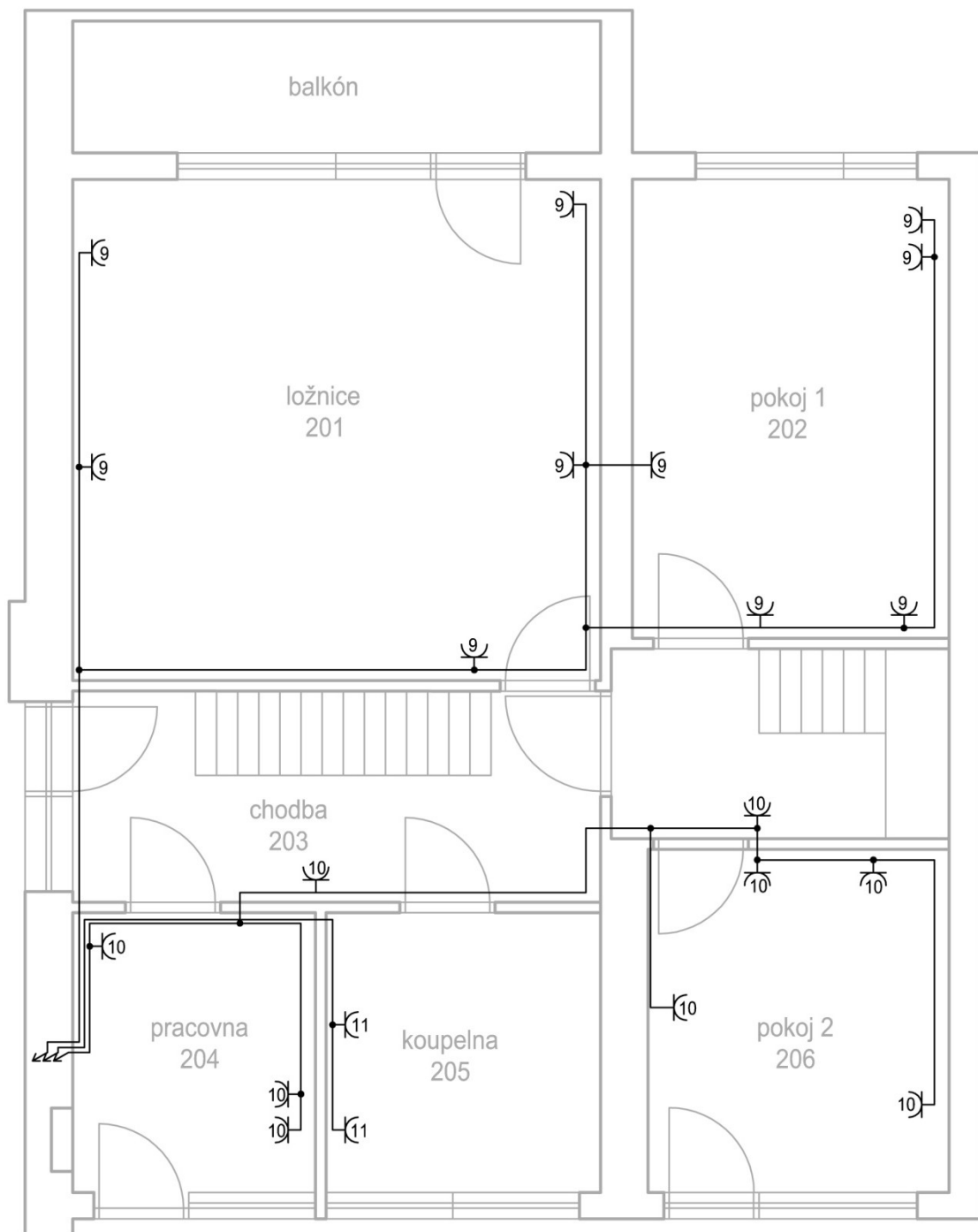
Rozmístění zásuvek ve všech patrech a jejich rozdělení do jednotlivých okruhů je zobrazen na obr. 13.2 až obr. 12.5. V jednom zásuvkovém obvodu je možné zapojit až 10 zásuvek. Spotřebiče jako pračka, myčka nebo varná deska mají samostatné zásuvky. Pro pračku, která je umístěna v prádelní místnosti 1S1 je vyhrazen zásuvkový okruh č. 1. Myčka má vyhrazený zásuvkový okruh č. 7 a pro varnou desku umístěnou v místnosti 301 je vyhrazen zásuvkový obvod č. 12.



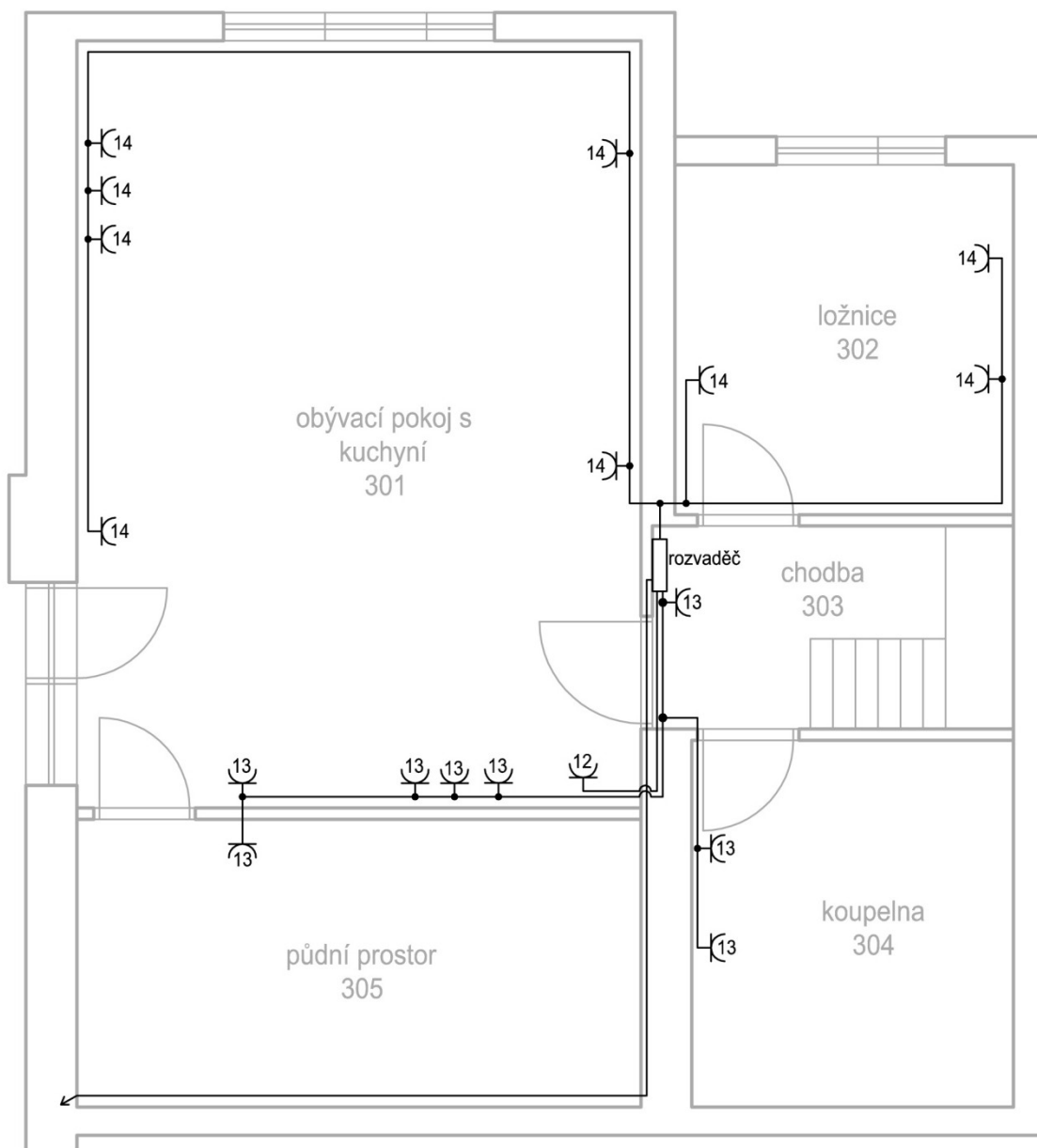
Obr. 13.2 – návrh zásuvkových obvodů - sklep



Obr. 13.3 – návrh zásuvkových obvodů - přízemí



Obr. 13.4 – návrh zásuvkových obvodů – 1. patro



Obr. 13.5 – návrh zásuvkových obvodů – 2.patro

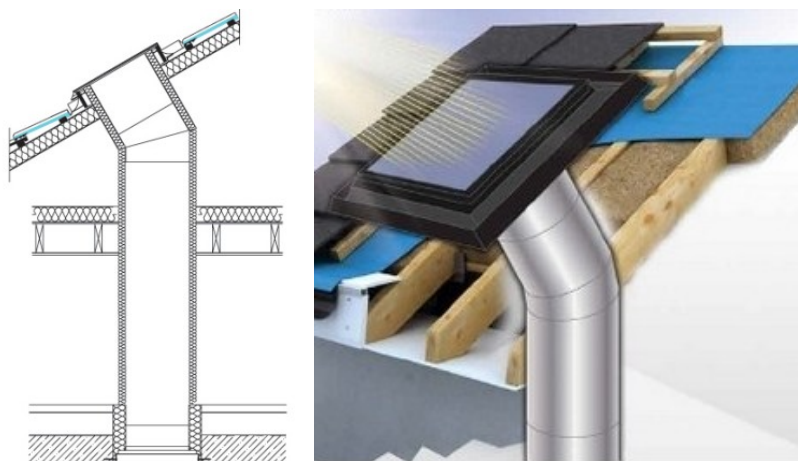
13.2 Osvětlovací systém

Světelné okruhy budou řešeny systémovou sběrnicí KNX. Připojená svítidla mohou být spínána nebo stmívána ručně pomocí lokálního vypínače nebo centrální jednotkou. Kromě ručního ovládání může být osvětlení spínáno pomocí programu dle nastavené scény. Jejich rozmístění je zobrazeno na obr. 13.7 – obr. 13.10. Rozmístění a intenzita jednotlivých světél jsou navrženy tak, aby vyhovovala daným světelným podmínkám.

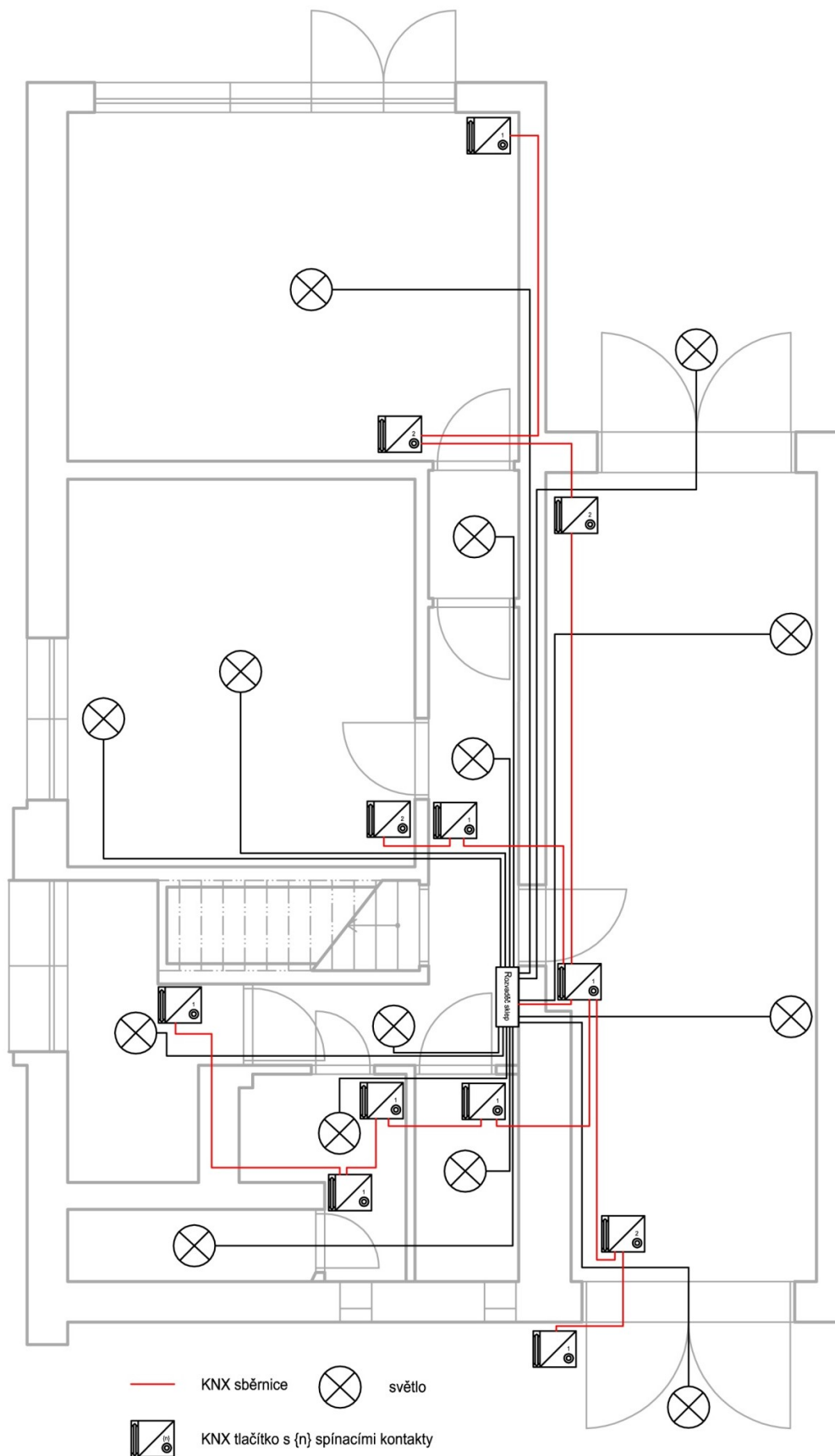
Tab. 13.1 – požadovaná osvětlenost [29]

Prostor	Osvětlenost [lx]	Index podán barev [-]
Celkové osvětlení obytné místnosti (které se ještě doplňuje místním osvětlením)	50	80
Obytné kuchyně, šatny, spíže	100	80
Koupelny, WC	200	80
Domácí dílny	300	80
Kuchyňská pracovní linka	300	90

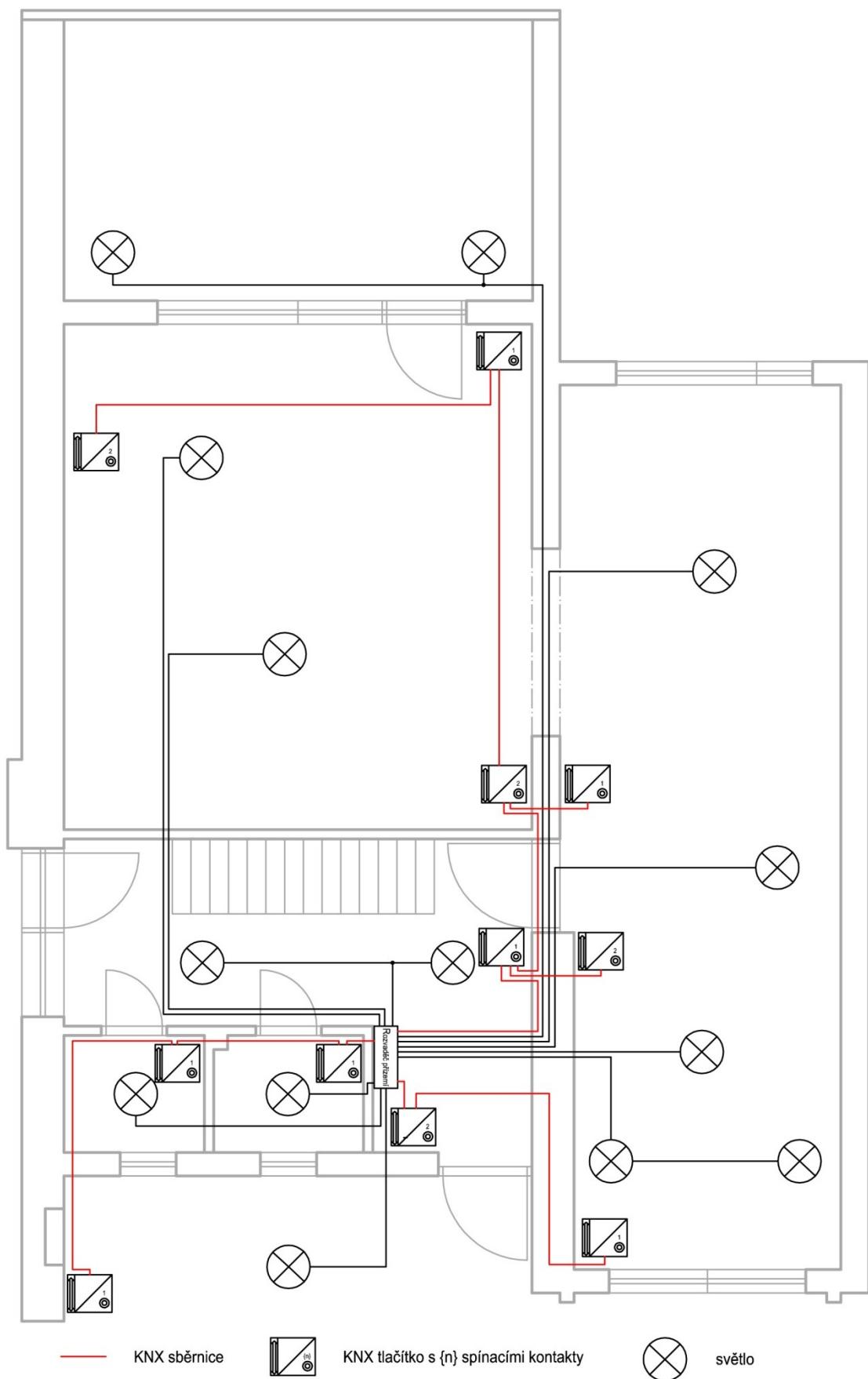
Spínače KNX budou umístěny ve výšce 1,2 metru nad podlahou. Jednotlivé světelné okruhy budou připojeny na jističe 10 A. V místnosti č. 303 není okno, a proto zde bude využit tubusový světlovod v kombinaci s led osvětlením.



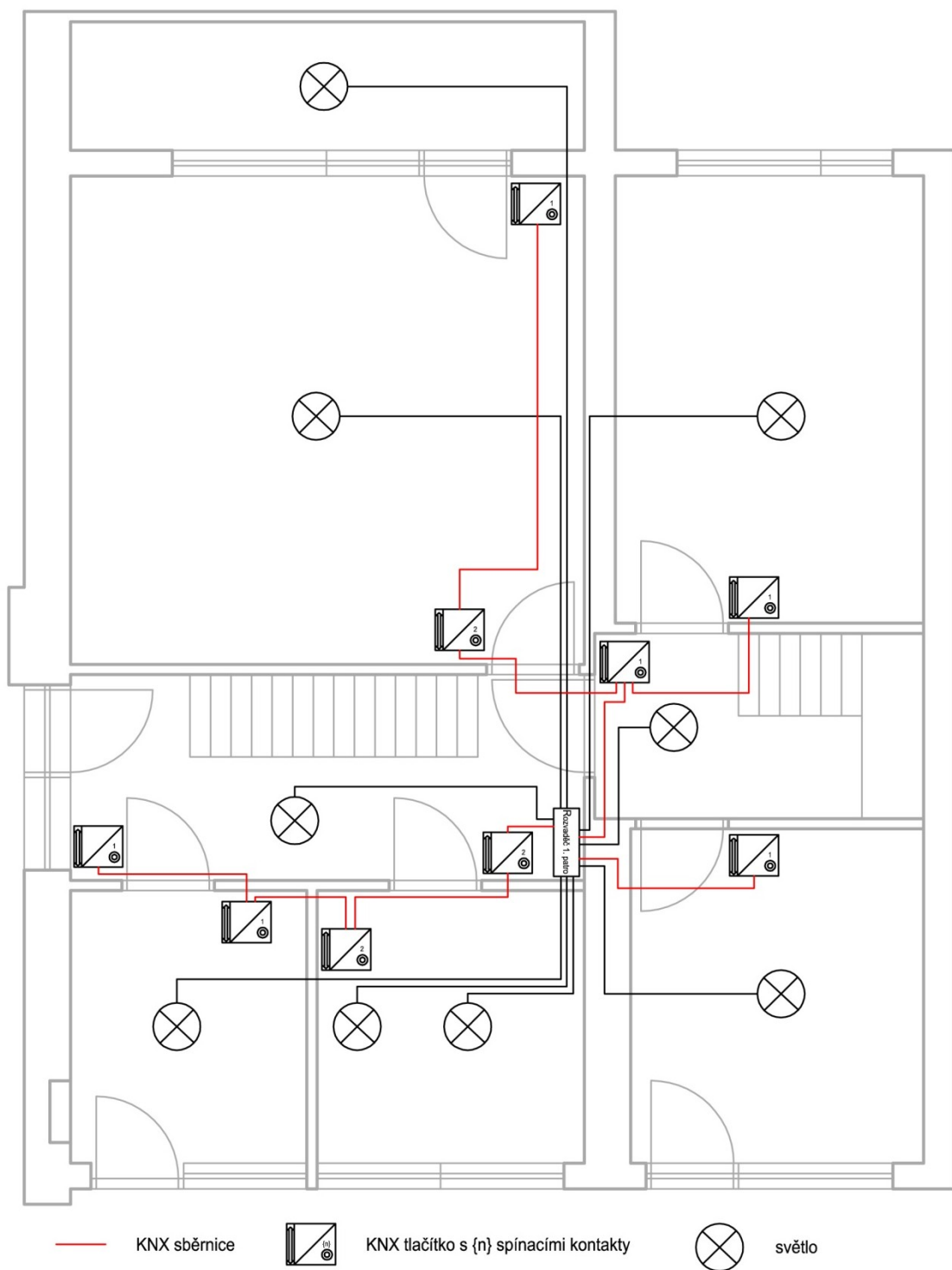
Obr. 13.6 – tubusový světlovod [30]



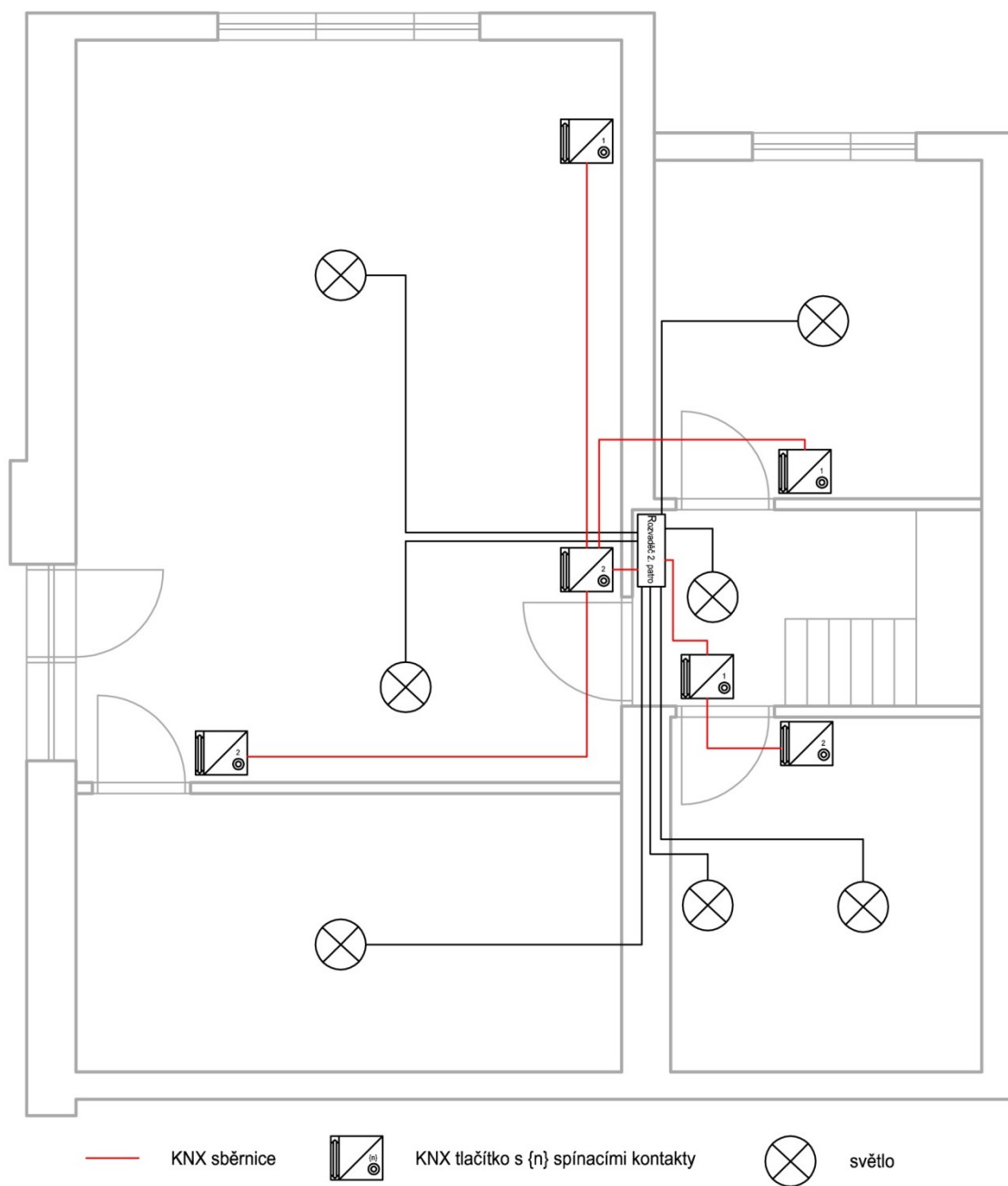
Obr. 13.7 – návrh světelných okruhů - sklep



Obr. 13.8 – návrh světelných okruhů - přízemí



Obr. 13.9 – návrh světelných okruhů– 1. patro



Obr. 13.10 – návrh světelných okruhů– 2. patro

13.3 Návrh fotovoltaických panelů

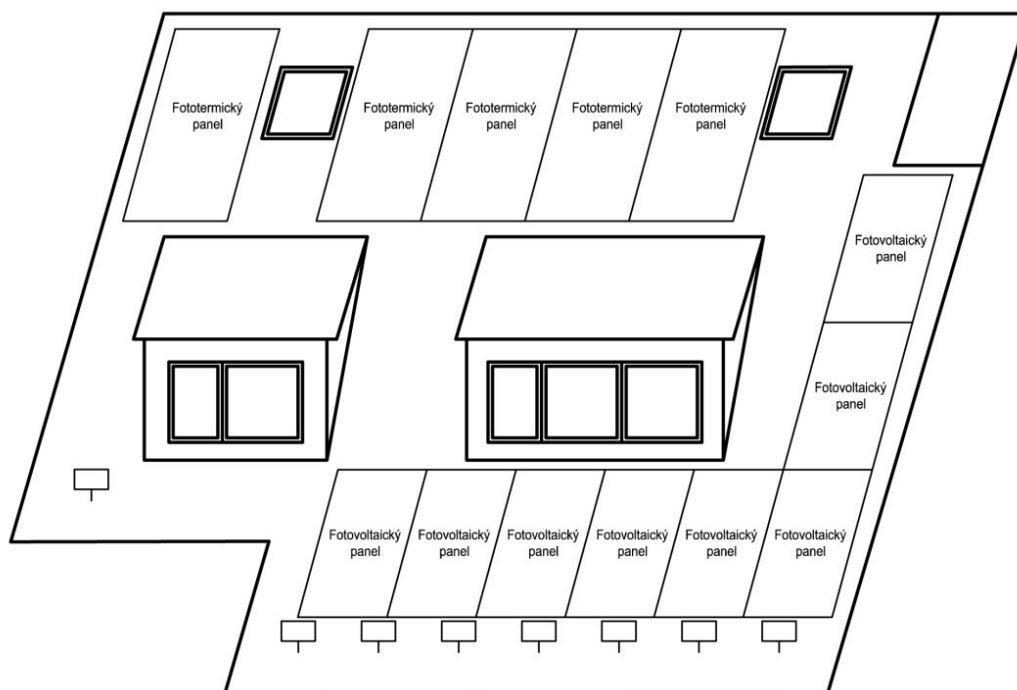
Pro návrh fotovoltaických panelů je zapotřebí zjistit možnou využitelnou plochu střechy. Střecha vybraného domu se sklonem 35° je orientována na jihozápad. Pro fotovoltaické panely byla zvolena spodní část střechy, která je zobrazena na obr. 13.11. Vrchní část střechy zabírají fototermické panely. Plocha pro fotovoltaické panely je okolo 18 m^2 , maximální počet panelů je tedy 8 kusů.

Parametry navržené fotovoltaické elektrárny:

Tab. 13.2 – parametry fotovoltaické elektrárny

Počet panelů	8 ks
Celkový výkon	2 kWp
Minimální roční energetický výnos	1940 kWh
Výstupní napětí	230 V / ~50 Hz
Váha fotovoltaického pole	Do 300 kg
Životnost fotovoltaického systému	30 let

Od roku 2014 není výroba elektřiny z fotovoltaických elektráren nijak dotována. Nejvhodnější je největší část vyrobené elektřiny spotřebovat a tím dosáhnout požadovaných úspor. Pro daný dům s průměrnou roční spotřebou 5 674 kWh je předpoklad využití elektrické energie ze solárních panelů 75 %. Podrobnější technicko-ekonomické hodnocení je uvedeno v kapitole 16.1.



Obr. 13.11 – zobrazení využití plochy jihozápadní střechy domu

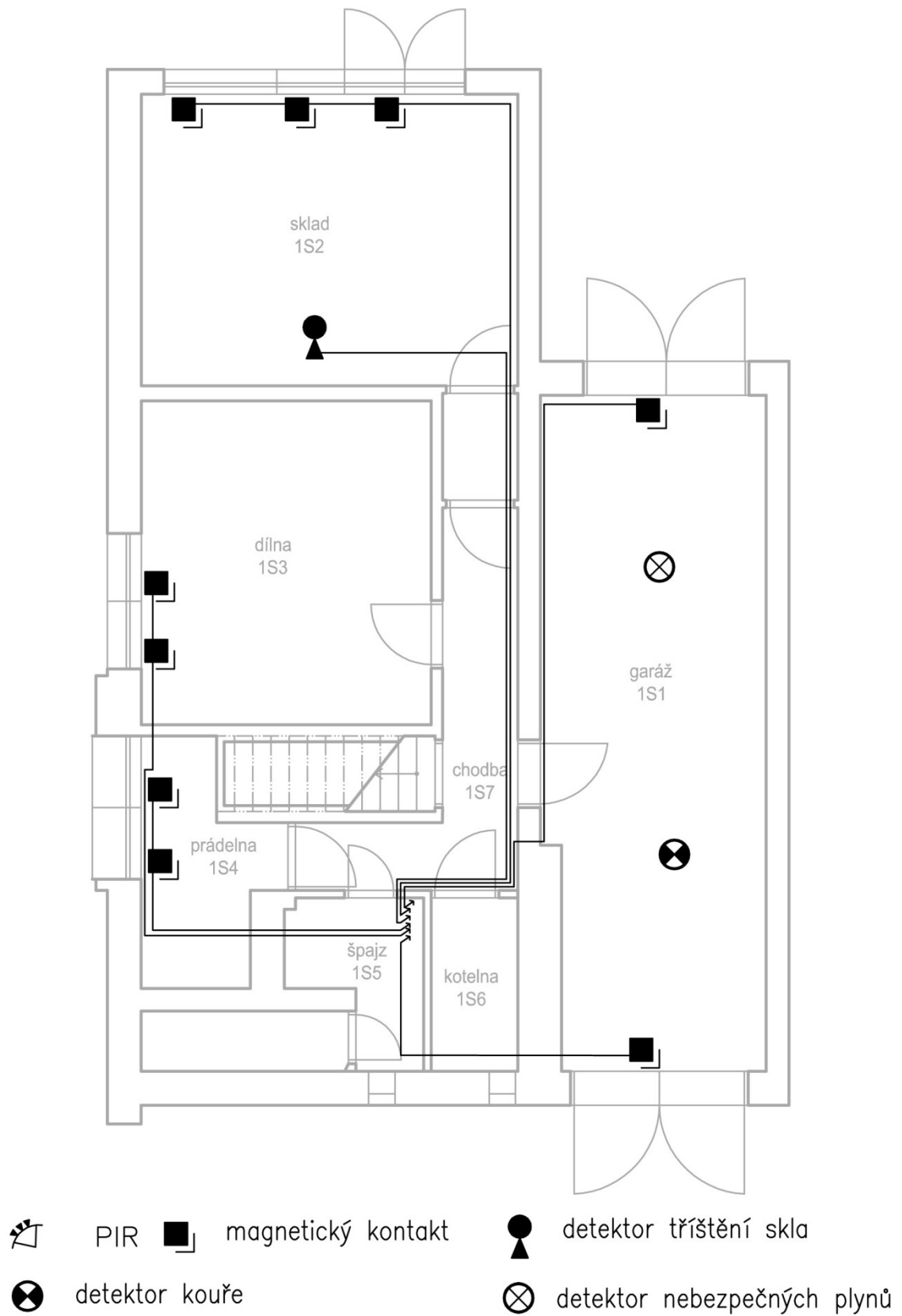
14 NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH SYSTÉMŮ PZTS A EPS

Pro daný objekt byla také navržena elektronická zabezpečovací signalizace a požární signalizace. Účel obou elektronických systémů je chránit objekt před vstupem cizích osob a také chránit obyvatele objektu před možným požárem.

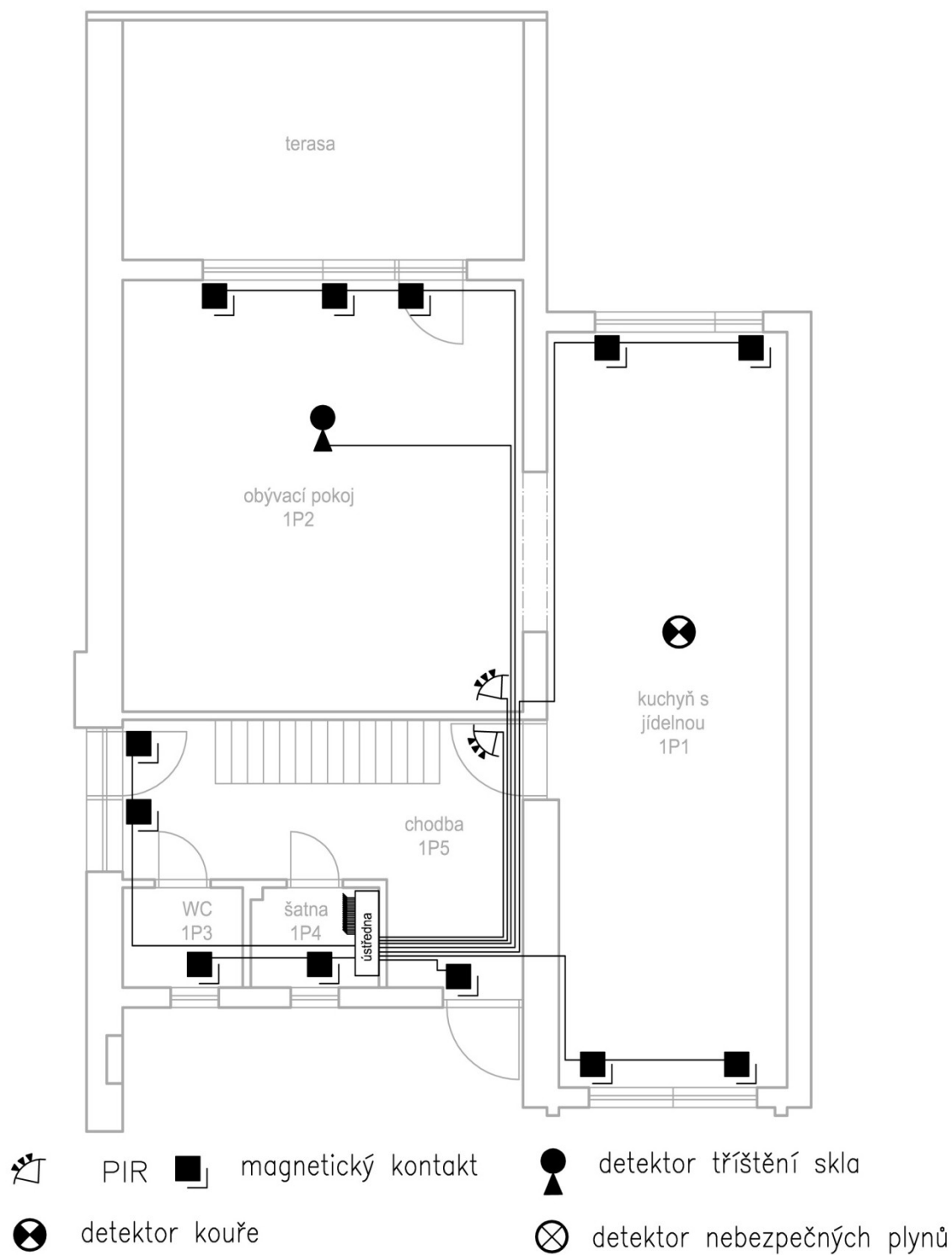
Zabezpečovací systém nemůže být propojen pomocí sběrnice systému KNX. Zabezpečovací systém musí mít autonomní vyhodnocovací ústřednu. Jednotlivé detektory jsou pomocí kabelů připojeny k ústředně zabezpečovacího systému.

Zabezpečení domu proti vniknutí cizí osoby je kombinace především plášťové ochrany a prostorové ochrany. Plášťovou ochranu tvoří magnetické detektory umístěné na rámech oken a dveří. Detektory jsou připojeny paralelně jednak k ústředně zabezpečovacího systému a k sběrnice systému KNX. V systémové sběrnici KNX se informace z detektorů využívají především k signalizaci otevřených oken a dveří, ale také při regulaci vytápění. Pokud bude v dané zóně otevřené okno, systém bude pomocí regulačního servopohonu vypínat topení, aby nedocházelo k tepelným ztrátám. Systém je také doplněn o prostorovou ochranu využívající detektory pohybu na principu PIR. V místnostech s velkými okny je zabezpečení doplněno o akustické detektory rozbití skla. Rozmístění jednotlivých prvků zabezpečovacího systému je zobrazen na obr. 14.1 až obr. 14.4.

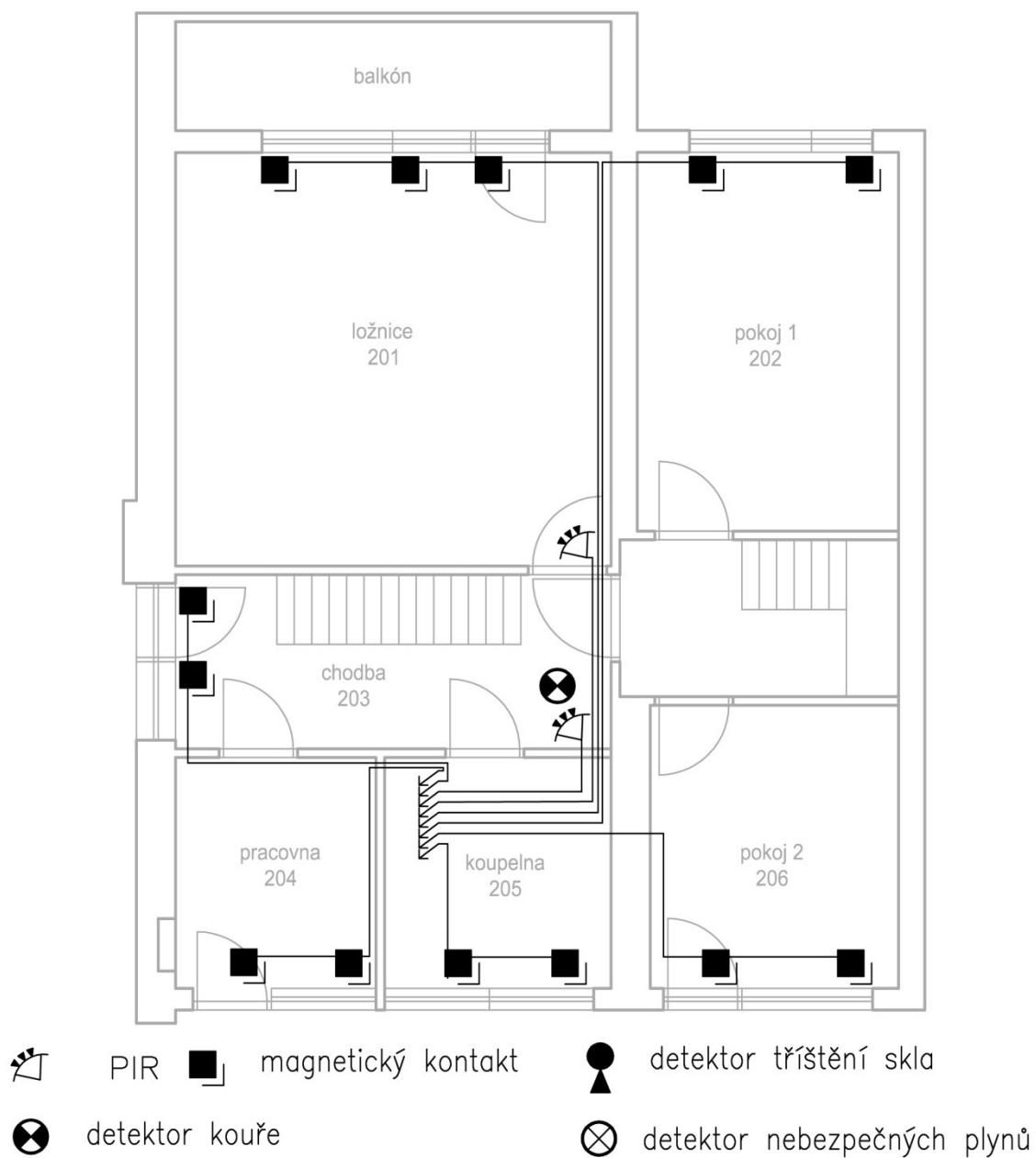
Elektronická požární signalizace je řešena autonomními stropními detektory kouře a nebezpečných plynů. Garáž je doplněna o detektor nebezpečných plynů z důvodu možnosti úniku nebezpečné látky. Při detekci kouře, nebo jiných projevů požáru se spustí světelný a akustický alarm. Rozmístění jednotlivých detektorů v místnostech je zobrazeno na obr. 14.1 až obr. 14.4.



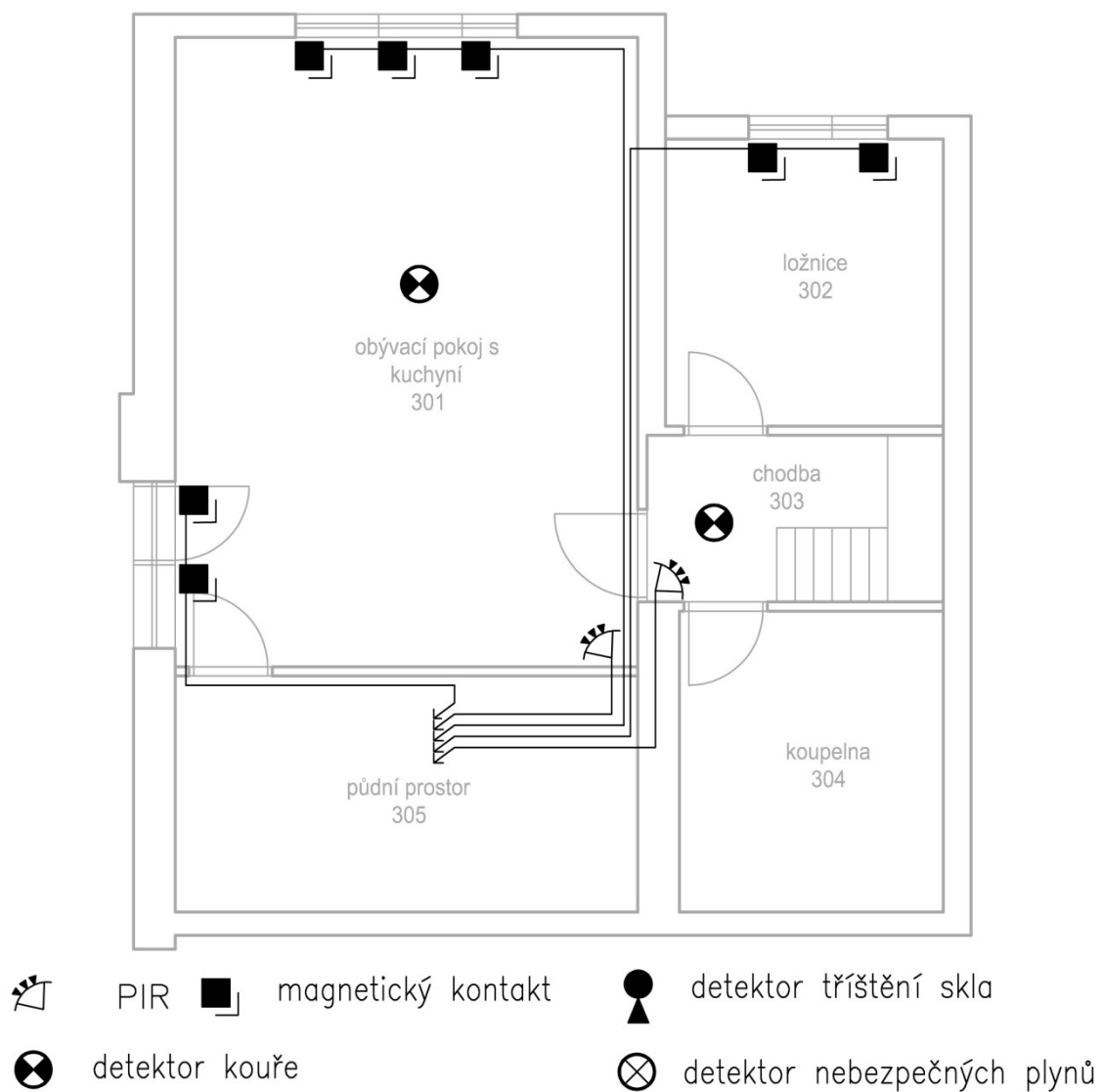
Obr. 14.1 – návrh zabezpečovacího systému - sklep



Obr. 14.2 – návrh zabezpečovacího systému - přízemí



Obr. 14.3 – návrh zabezpečovacího systému – 1. patro



Obr. 14.4 – návrh zabezpečovacího systému – 2.patro

15 ŘÍZENÍ A KOMUNIKACE

Součástí domu tvoří několik integrovaných systémů, které je nutné kontrolovat případně ovládat. Komunikace mezi jednotlivými prvky bude zprostředkovávat otevřený sběrniceový systém KNX.

15.1 Regulace topného systému

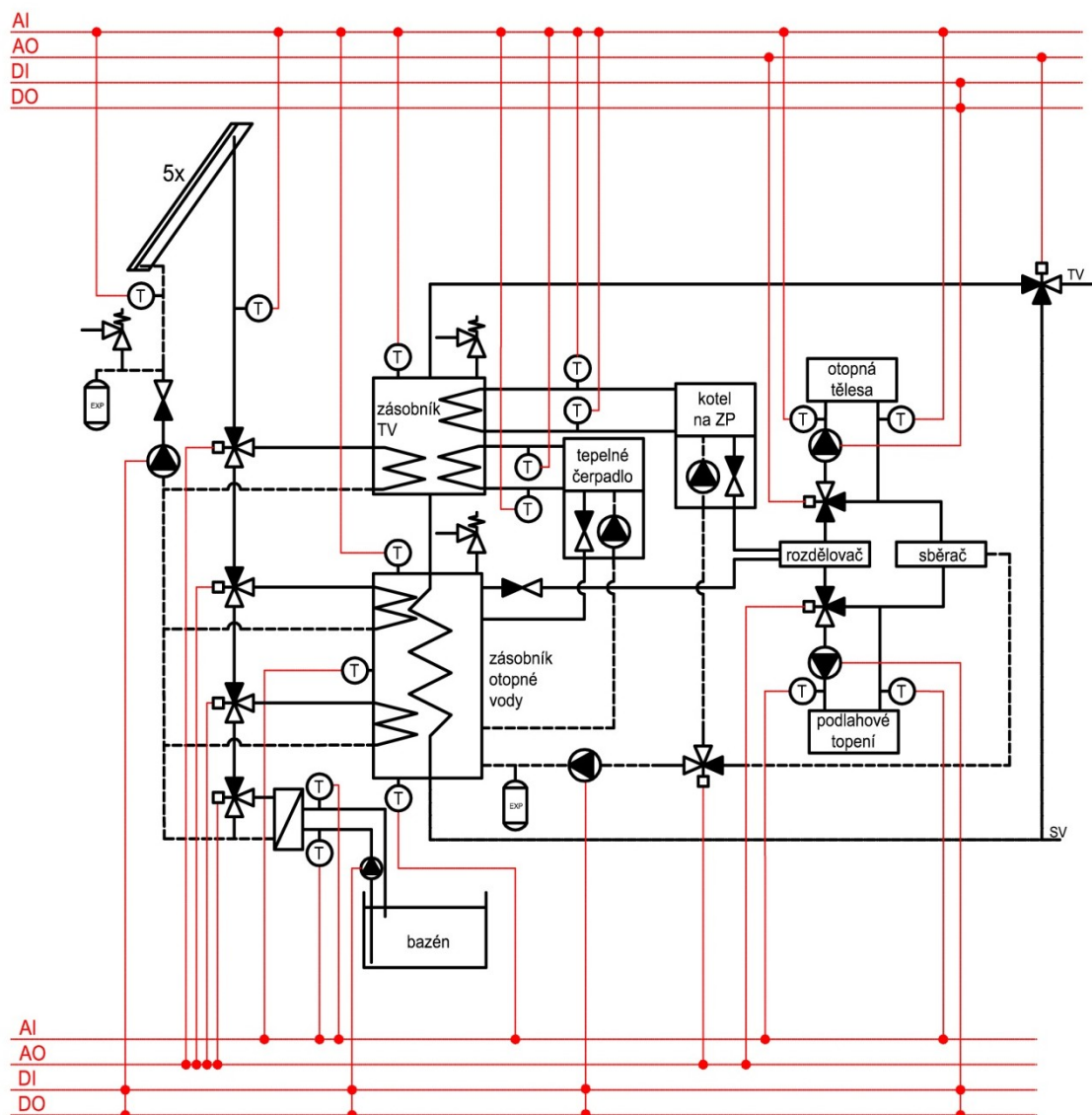
Regulaci tepelného čerpadla (TČ) a solárního systému bude zabezpečovat elektronický inteligentní regulátor IR 12 zobrazen na obr. 15.1. Regulátor umí řídit dva topné okruhy se směšovacími ventily, ohřev teplé vody pomocí tepelného čerpadla a ovládání bivalentního zdroje (plynový kotel). Regulátor obsahuje 13 vstupů pro měření teplot, jeden univerzální vstup pro pokojový termostat a jeden signál HDO. Dále obsahuje 10 reléových výstupů a dva triakové výstupy pro řízení oběhových čerpadel. Regulátor také obsahuje komunikační rozhraní RS 232, RS 485 a Ethernetové rozhraní. Součástí regulátoru je webové rozhraní, které zobrazuje přehled topného systému a uživatelské nastavení. Daný regulátor bude připojen na vstupy a výstupy podle schématu na obr. 15.2. [31 str. 3]



Obr. 15.1 – regulátor IR 12 [31 str. 1]

Regulátor umožňuje regulovat solární systém a využívat až 3 zásobníky teplé vody. Ohřev zásobníků je řízen střídavým ohřevem, kdy se regulátor snaží nejprve ohřát zásobník s TV. Pokud to není možné z důvodu nízkého rozdílu teplot kolektoru a zásobníku a zároveň je dostatečný rozdíl pro zásobník s otopnou vodou, začne se po zvolené dobu ohřívat zásobník s otopnou vodou. Po zvolené době ohřevu regulátor vypne ohřev zásobníku otopné vody a začne testovat teplotu kolektoru. Pokud teplota kolektoru roste, regulátor vyčká, a po splnění požadovaného rozdílu teplot ohřívá zásobník TV.

Tepelné čerpadlo spolu s regulátorem je schopno pomocí přepínacího ventilu rozdělovat výstupní vodu mezi zásobník TV a akumulární nádrž. Regulátor je schopný spouštět bivalentní zdroj v podobě plynového kotle, nebo pomocí elektropatrony. Regulátor také umožňuje blokadu TČ signálem HDO (Hromadného Dálkového Ovládání).



Obr. 15.2 – schéma otopné soustavy a přípravy teplé vody s datovými vstupy a výstupy

15.2 Systém komunikace s KNX

Sběrníkový systém se používá převážně na monitorování stavů tepelné techniky a ovládání určitých prvků. Ovládat se můžou jednotlivé prvky osvětlení, žaluzií nebo zabezpečovací techniky. Daný systém by měl co nejvíce zabezpečit komfort uživatele. Systém je možné jednoduše rozšířit nebo modifikovat bez nutnosti stavebních úprav.

System komunikuje pomocí kroucené dvojlinky, která byla zavedena do všech místností. Výkonové jednotky, jako jsou napájecí zdroje a acutory, budou umístěny v rozvaděči. V rozvaděči se také bude nacházet komunikační rozhraní USB, přes které bude možná konfigurace programu jednotlivých zařízení. Rozmístění jednotlivých prvku KNX a jejich vzájemné propojení je na obr. 15.8 až 15.11. Celý systém bude možné ovládat pomocí dotykové obrazovky. Systém bude také obsahovat webserver, takže navíc bude možné systém ovládat pomocí počítače, tabletu nebo mobilního telefonu.

15.3 Ovládání otopného systému

K navrženému systému KNX bude pomocí převodníku KNX / RS232 připojen regulátor IR 12, který umožní monitorování a ovládání celého otopného systému. Regulátor pomocí teplotních čidel a nastaveného programu, bude regulovat výkon tepelného čerpadla. V době odstavení tepelného čerpadla bude nastavena protimrazová ochrana, která bude v krátkých intervalech spouštět oběhové čerpadlo. Regulátor také umožňuje řízení bivalentního zdroje tepla v podobě plynového kondenzačního kotle.

Solární systém bude také řízen pomocí daného regulátoru IR 12, jehož princip je popsán v kapitole 15.1.

Vytápěné místnosti jsou vybaveny snímači teploty, které umožňují monitorovat teplotu v jednotlivých místnostech. Otopná tělesa jsou doplněna o regulační servopohony napojené na sběrníkový systém. Touto kombinací je zajištěna regulace a monitorování vytápění jednotlivých místností.

15.4 Ovládání osvětlení a žaluzií

Na sběrníkový systém jsou napojeny veškeré tlačítkové spínače, které umožňují ovládat a regulovat osvětlení ve všech místnostech. Rozmístění světel a tlačítkových snímačů je zobrazena na obr. 15.8 až 15.11. Všechny tlačítkové spínače jsou naprogramovány tak, aby při krátkém stisku došlo k zapnutí nebo vypnutí světel a při dlouhém stisku došlo k změně intenzity osvětlení. Tlačítkové spínače mohou být doplněny o další tlačítka, při jejichž stisku dojde k vyvolání přednastavené scény.

Místnosti, ve kterých jsou umístěna okna na jihozápad, jsou vybavena venkovními žaluziemi. Ovládání žaluzií je zprostředkováno taktéž pomocí sběrnice. Ovládání žaluzií funguje na obdobném principu jako u osvětlení. Ovládání je řešeno pomocí tlačítkových

snímačů nebo pomocí uživatelského rozhraní na dotykovém panelu. Celý systém může být doplněn o snímač venkovního osvětlení, díky kterému se budou žaluzie automaticky ovládat dle aktuálních světelných požadavků. Pomocí tohoto snímače je také možné v letních měsících automaticky zatahovat venkovní žaluzie, aby nedocházelo k přehřívání místností. Tlačítkové snímače pro ovládání žaluzií mohou být doplněna o další tlačítka k vyvolání přednastavené scény. Tyto přednastavené scény budou propojeny s ovládáním osvětlení.

15.5 Návrh vizualizace SCADA systému

Pro ovládání a monitorování veškerých systémů byla navržena vizualizace pro dotykovou obrazovku. Vizualizace zvyšuje přehlednost sledování objektu a celé technologie.

Dotyková obrazovka je připojena k systému pomocí sběrnice KNX. Dotyková obrazovka může být umístěna kdekoli, nejvhodnější je nejvíce frekventované místo, např. obývací pokoj. Vizualizace může být také zobrazena na počítači, tabletu nebo telefonu.

Na obr. 15.3 je zobrazena základní obrazovka vizualizace, na které jsou vidět základní informace o systému. V horní části obrazovky jsou přepínací tlačítka, které nám umožňují přepínání mezi jednotlivými podlažemi a kotelnou. V levé části je zobrazena venkovní teplota s teplotou otopné vody. Ve střední části jsou zobrazeny výkony jednotlivých systémů (solární systém, tepelné čerpadlo a plynový kotel). V pravé části je základní ovládání jednotlivých systémů (vytápění, ovládání žaluzií a osvětlení). V pravém dolním rohu jsou tlačítka pro rychlé vyvolání přednastavené scény.

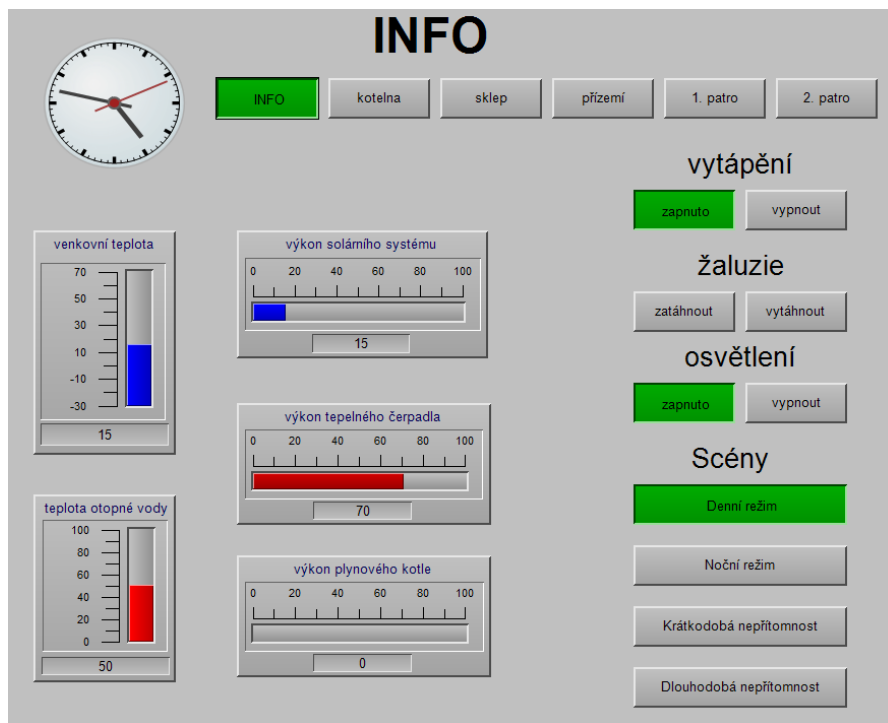
Denní režim – dům je nastaven na běžné užívání domu. Vytápěcí soustava je nastavena na komfortní úroveň. Zabezpečovací zařízení je deaktivováno.

Noční režim – noční režim může být spuštěn automaticky dle časového plánu nebo manuálně. Při nočním režimu je vytápěcí soustava nastavena na noční útlum. V případě manuálního spuštění nočního režimu aktivuje zabezpečovací systém plášťovou ochranu domu mimo ložnice a vybrané pokoje.

Krátkodobá nepřítomnost – režim se aktivuje automaticky nebo manuálně. Vytápěcí soustava se nastaví na útlum a aktivuje se zabezpečovací zařízení.

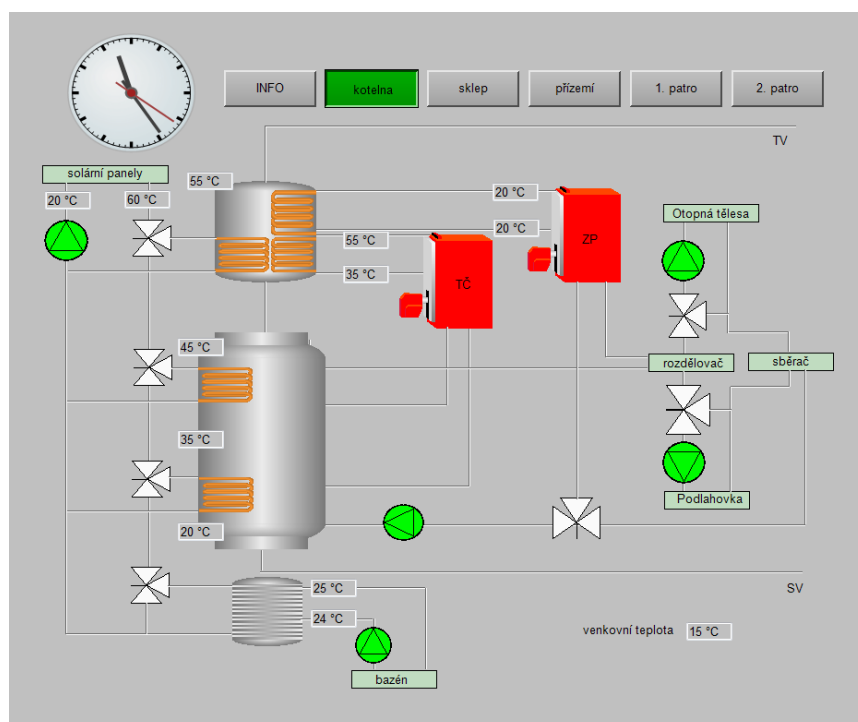
Dlouhodobá nepřítomnost – tento režim se aktivuje manuálně. Dlouhodobá nepřítomnost se využívá pro nepřítomnost v rádech dnů, např. dovolené. Vytápěcí soustava je nastavena na nejnižší možnou teplotu, aby nedocházelo k promrznutí objektu. Dále je plně aktivován

zabezpečovací systém a aktivován systém simulující přítomnost. Tento systém v nastaveném režimu zapíná a vypíná různé světelné zdroje a nastavuje žaluzie.



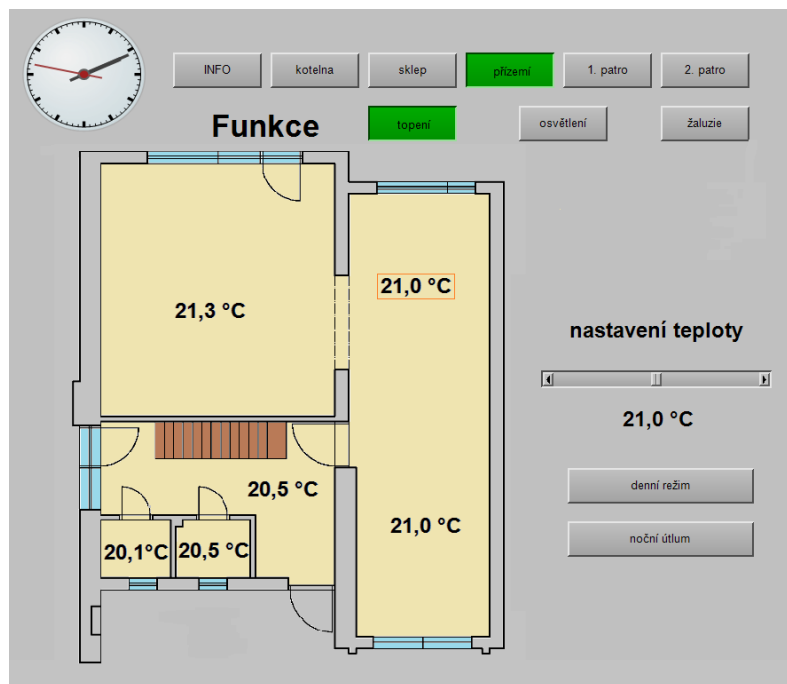
Obr. 15.3 – vizualizace – INFO -základní přehled

Po přepnutí na stránku kotelna obr.15.4, se zobrazí funkční schéma celé kotelny se všemi monitorovanými teplotami včetně venkovní teploty.



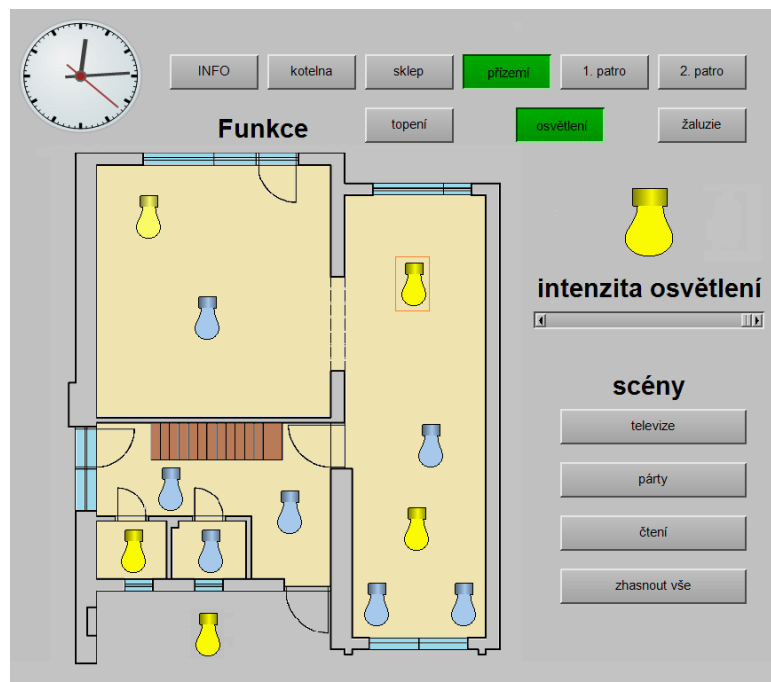
Obr. 15.4 – vizualizace – kotelna

Při přepnutí na libovolné podlaží se zobrazí půdorys daného podlaží s nastavenými teplotami v jednotlivých místnostech obr. 15.5.



Obr. 15.5 – vizualizace – topení

Další režim je funkce nastavení osvětlení obr. 15.6, který umožňuje zapínat a vypínat jednotlivá světla, případně měnit jejich intenzitu osvětlení.



Obr. 15.6 – vizualizace – osvětlení

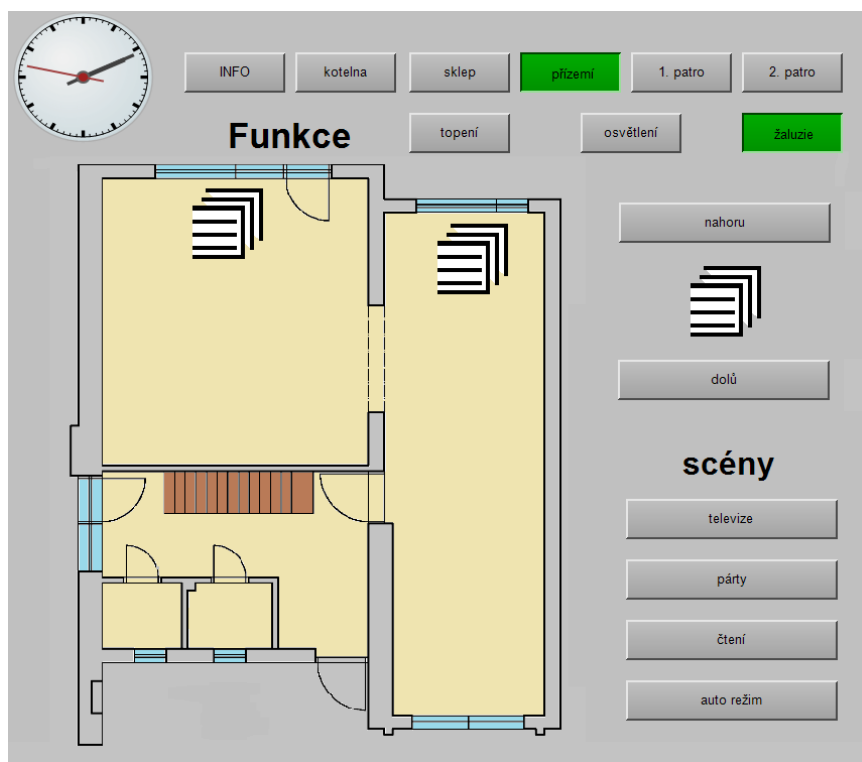
Poslední funkcí je ovládání žaluzií obr. 15.7, která umožňuje ovládání žaluzií v jednotlivých místnostech. Dále je zde možnost využití přednastavených scén. Tyto scéný jsou propojeny s osvětlením.

Televize – při tomto režimu jsou žaluzie zataženy a osvětlení sníženo na minimální úroveň.

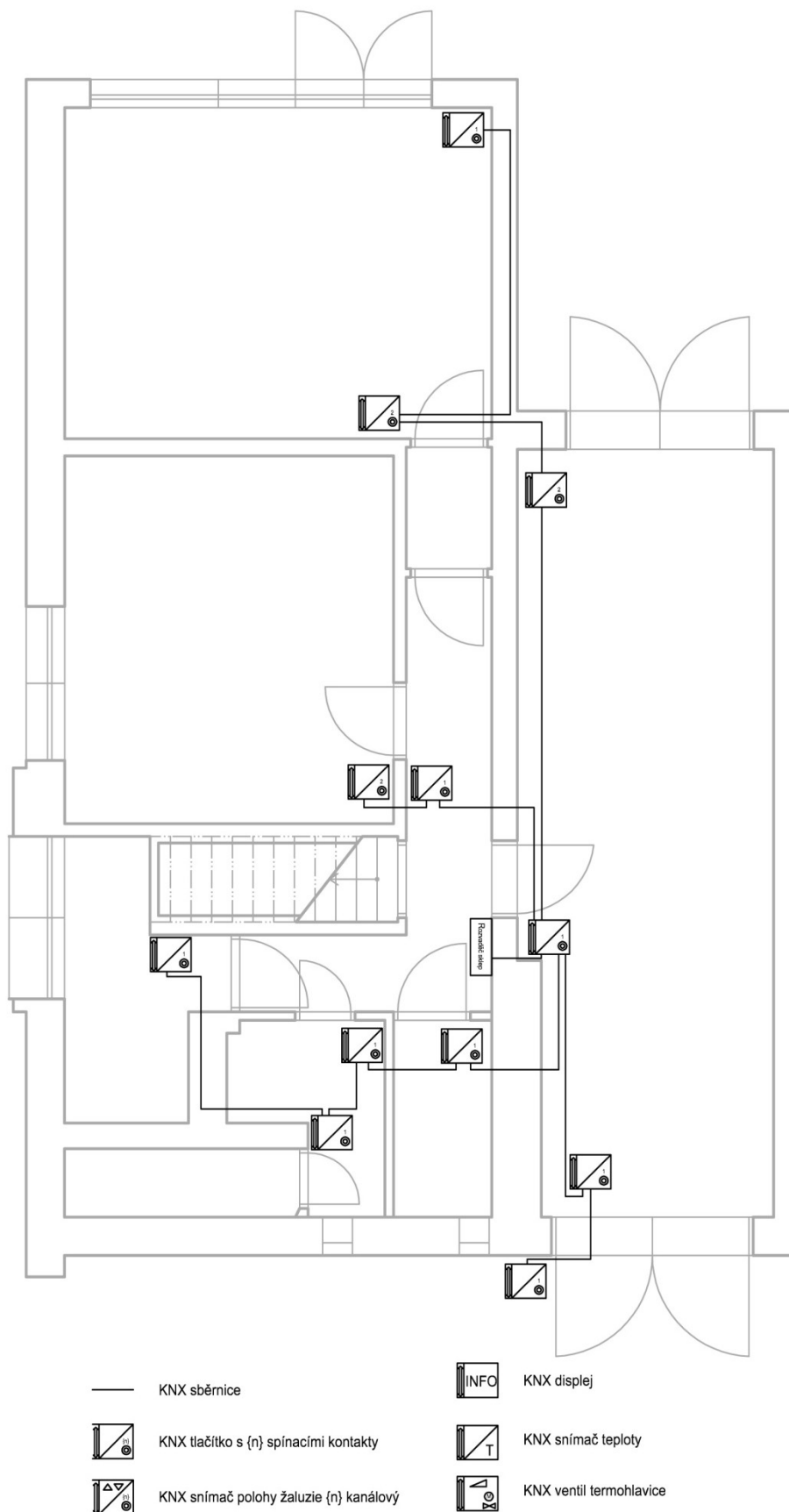
Párty – při aktivaci této scéný dojde k zatažení žaluzií a rozsvícení všech světel.

Čtení – dalším režimem je režim čtení, při kterém se v závislosti na venkovním osvětlení vytáhnou žaluzie a osvětlení se vypne. V případě, že venkovní osvětlení nedostačuje, zapne se osvětlení na požadovanou úroveň.

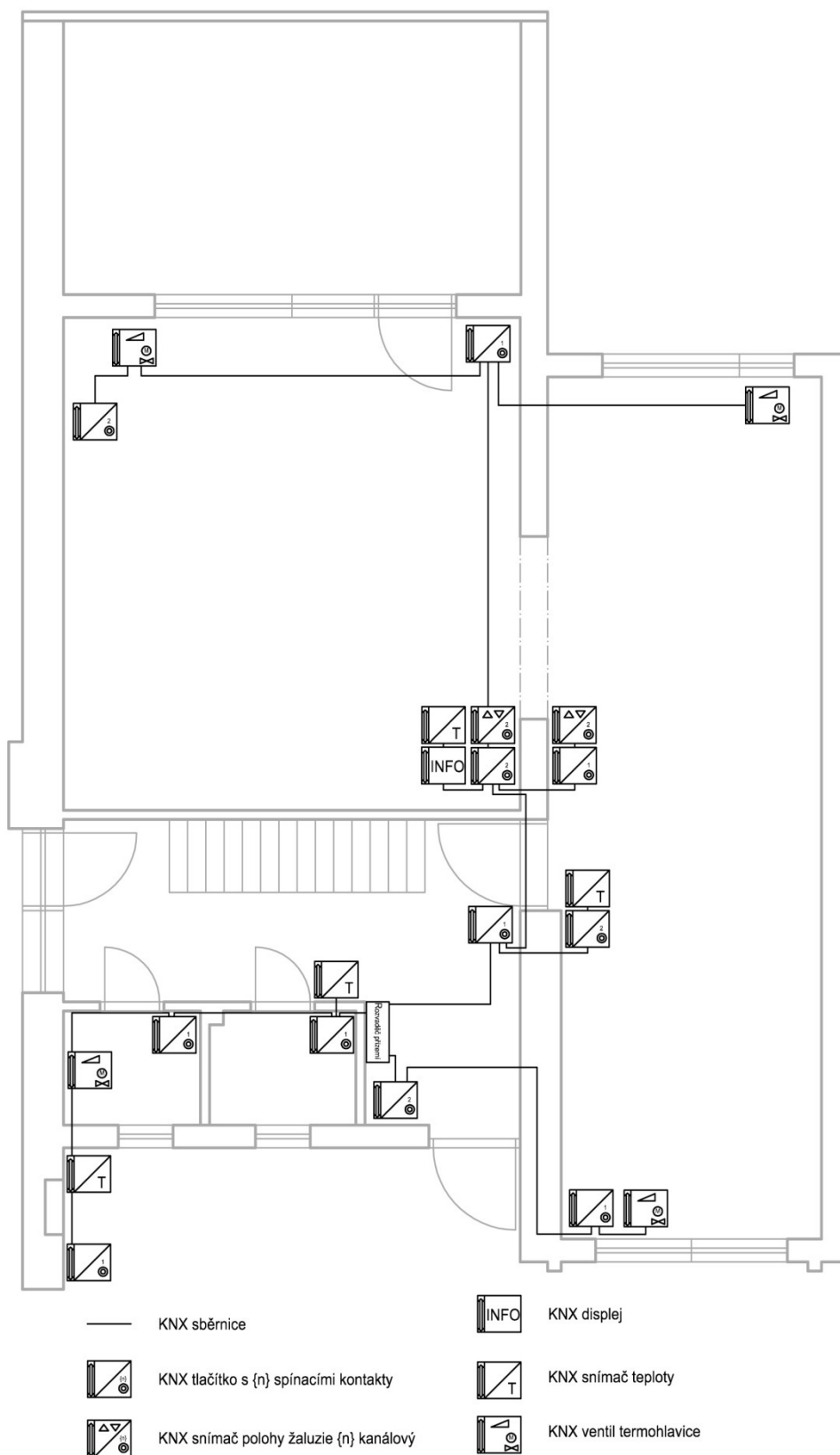
Auto režim – v tomto režimu dochází k automatickému zatahování a vytahování žaluzií v závislosti na venkovním osvětlení a vnitřní teplotě. V zimním období se tak maximálně využívá solárních zisků, naopak v létě dochází ke stahování žaluzií z důvodu minimalizace přehřívání místnosti.



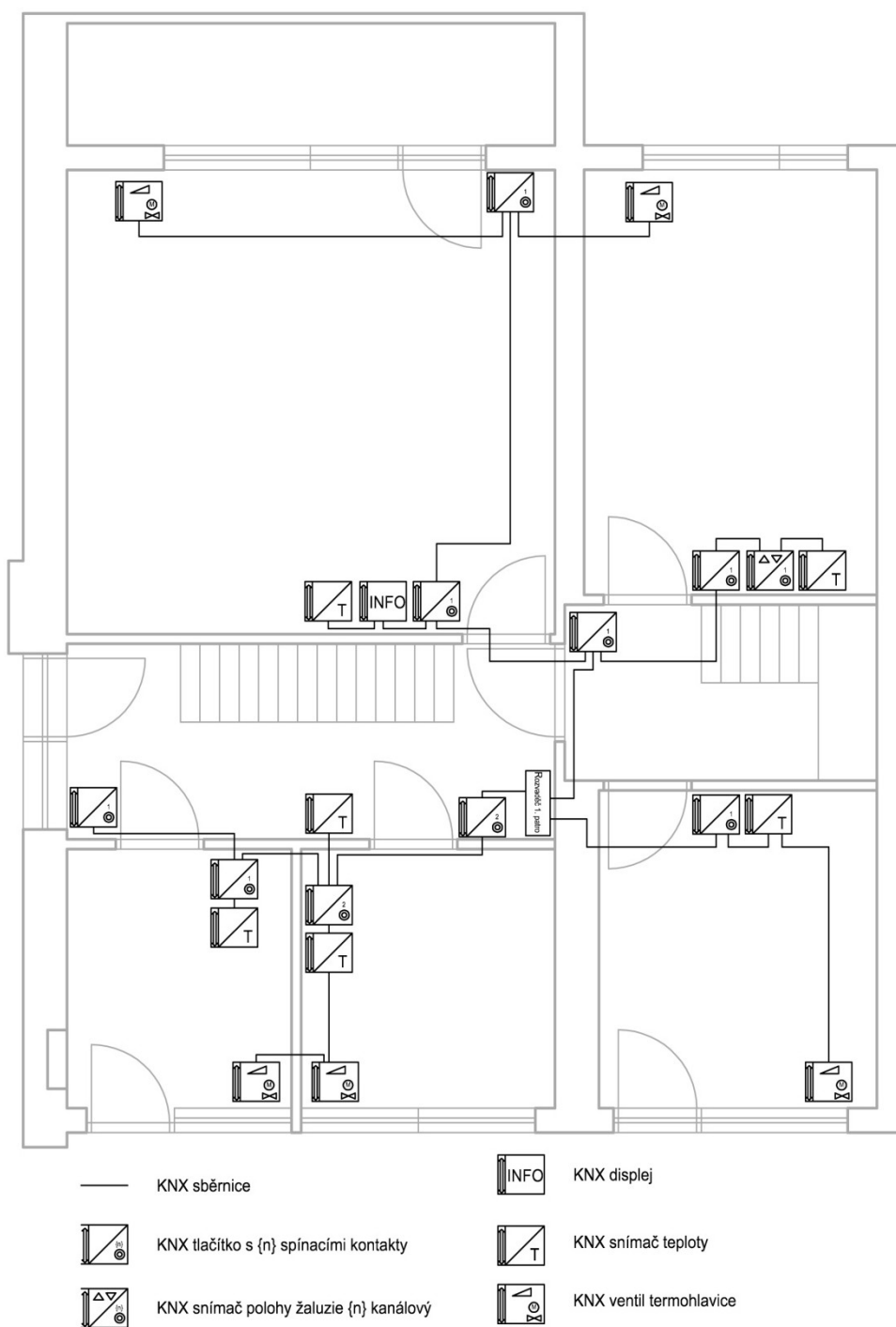
Obr. 15.7 – vizualizace – žaluzie



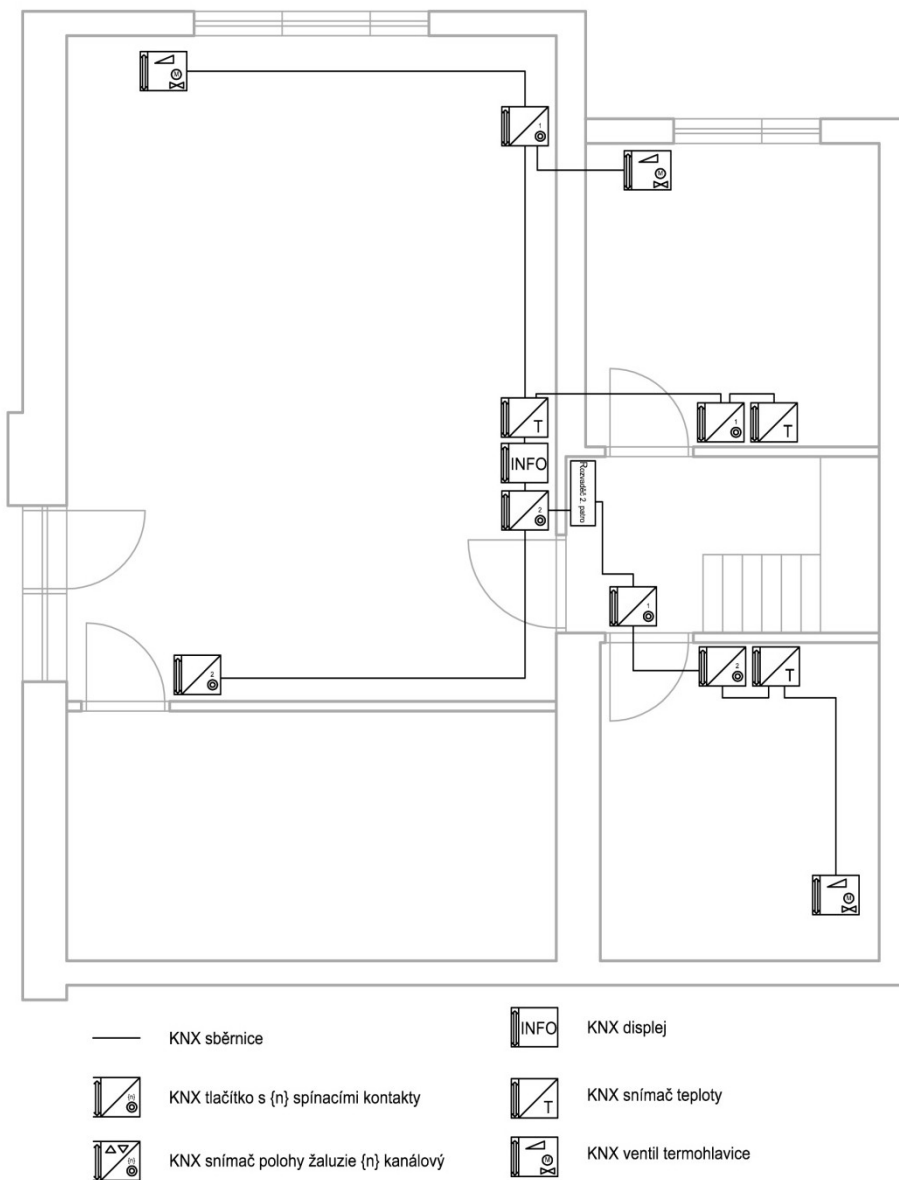
Obr. 15.8 – rozmístění KNX prvků - sklep



Obr. 15.9 – rozmístění KNX prvků - přízemí



Obr. 15.10 – rozmístění KNX prvků – 1. patro



Obr. 15.11 – rozmístění KNX prvků – 2. patro

16 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V celé budově byly použity různé systémy, které s využitím obnovitelných zdrojů energie mohou snížit provozní náklady domu. Jednotlivé systémy mohou vrátit jejich investiční náklady prostřednictvím úspor provozních nákladů.

16.1 Technicko - ekonomické zhodnocení fotovoltaického systému

Fotovoltaický systém pro daný objekt s navrženým počtem 8 kusů fotovoltaických panelů byl naceněn na 93 572 Kč. V ceně je zahrnuto 8 kusů monokrystalických panelů, měnič napětí, montážní systém, kotvící prvky, spojovací materiál, kabeláž, konektory, návrh fotovoltaického pole na míru střechy a schéma zapojení. V ekonomickém hodnocení se počítá s cenou 5,0 Kč/kWh za odebranou elektřinu z distribuční sítě a 0,8 Kč/kWh za dodanou elektřinu do distribuční sítě. Od roku 2014 již není elektřina z fotovoltaických elektráren dotována. Průměrná spotřeba elektrické energie daného domu je 5 674 kWh. Pro návrh solární elektrárny byl využit výpočetní program *Fotovoltaická elektrárna*. [32]

Tab. 16.1 – parametry fotovoltaické elektrárny

Lokalita	Olomouc
Sklon střechy	35°
Orientace střechy	45° jihozápad
Cena za nákup elektrické energie	5 Kč/kWh
Cena za výkup elektrické energie	0,8 Kč/kWh
Roční produkce elektrické energie	1 940 kWh
Předpoklad vlastní spotřeby elektrické energie	1 455 kWh
Roční příjem z prodeje přebytků elektřiny	388 Kč
Roční finanční úspora	7 663 Kč

Z daných parametrů fotovoltaické elektrárny byla vypočtena prostá doba návratnosti podle vzorce 16.1.

$$T_s = \frac{IN}{CF} = \frac{93572}{7663} = 12,2 \text{ let} \quad (16.1)$$

kde: T_s prostá doba návratnosti [Kč]

IN celková investice [Kč]

CF průměrný roční výnos [Kč]

Pro přesnější dobu návratnosti musíme započítat diskont a inflaci a vypočítat diskontovanou dobu návratnosti, kterou vypočteme podle vzorce 16.2.

$$T_{sd} = \frac{\ln \left[1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r) \right]}{\ln \frac{1 + \alpha}{1 + r}} = \frac{\ln [1 + 12,2 \cdot (0,03 - 0,05)]}{\ln \frac{1 + 0,03}{1 + 0,05}} = 14,6 \text{ let} \quad (16.2)$$

kde: T_{sd} diskontovaná doba návratnosti [Kč]

IN celková investice [Kč]

CF průměrný roční výnos [Kč]

α inflace, $\alpha = 0,03$ [-]

r diskont, $r = 0,05$ [-]

Z výpočtu vychází diskontovaná doba návratnosti 14,6 let.

Čistou současnou hodnotu vypočteme pomocí vzorce 16.3. Je v ní zahrnuta celá doba životnosti projektu. Pokud vyjde NPV kladně, lze projekt doporučit k realizaci.

$$NPV = CF \cdot \frac{(1 + r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN \quad (16.3)$$

$$NPV = 7663 \cdot \frac{(1 + 0,05 - 0,03)^{30} - 1}{(0,05 - 0,03) \cdot (1 + 0,05 - 0,03)^{30}} - 93572 = 78\,052 \text{ Kč}$$

kde: NPV čistá současná hodnota [Kč]

IN celková investice [Kč]

CF průměrný roční výnos [Kč]

α inflace, $\alpha = 0,03$ [-]

r diskont, $r = 0,05$ [-]

t doba hodnocení [rok]

Vnitřní výnosové procento je trvalý roční výnos investice. Čím je tedy vnitřní výnosové procento vyšší, tím spíše lze projekt doporučit k realizaci.

$$IRR = 10,2 \%$$

16.2 Technicko - ekonomické zhodnocení otopného systému a přípravy teplé vody

Otopný systém a systém pro přípravu teplé vody s navrženým tepelným čerpadlem, solárním systémem a kondenzačním kotlem byl naceněn na 467 487 Kč. Jednotlivé ceny součástí celého systému jsou uvedeny v tab. 16.1. Obnovitelné zdroje se vyznačují vysokými investičními náklady. Tyto investiční náklady se nám mohou vrátit v podobě úspor z provozních nákladů.

Tab. 16.2 – ceny technologií

Technologie	Cena [Kč]
Tepelné čerpadlo	139 029
Solární systém	120 153
Regulátor	23 704
Kondenzační kotel	56 749
Akumulační nádrž	65 037
Zásobník TV	17 182
Ostatní zařízení	45 633
Celkem	467 487

Výpočet provozních nákladů byl proveden pomocí *výpočtu provozních nákladů na vytápění podle druhu paliva*. [33]

Do výpočtu byla vložena celková tepelná ztráta objektu 9 kW, lokalita a spotřeba teplé vody. Celková spotřeba energie na vytápění a přípravu teplé vody byla vyčíslena na 31,1 MWh. Při využití stávajícího kotle na zemní plyn s účinností 78 % jsou roční provozní náklady 58 911 Kč.

Při využití tepelného čerpadla by byly roční provozní náklady 28 018 Kč. Došlo by tedy k úspoře 30 893 Kč (47 %). Roční náklady solárního systému by byly 32 083 Kč. Úspora provozních nákladů by bylo o něco méně než při použití TČ, tedy 26 828 Kč (45 %).

Pro oba systémy se volí jako bivalentní zdroj kondenzační kotel, který navyšuje pořizovací cenu obou systémů o 56 749 Kč. Pro výpočet ekonomického zhodnocení je nutná navržená doba životnosti projektu, která byla stanovena na 30 let. Technicko - ekonomické hodnocení otopného systému a přípravy teplé vody je zobrazeno v tab. 16.2.

Ekonomické hodnocení bylo vypočteno obdobným způsobem jako v kapitole 16.1.

Tab. 16.3 – *technicko-ekonomické hodnocení otopného systému a přípravy teplé vody*

	Tepelné čerpadlo	Solární systém	Kombinace obou systémů
Investiční náklady [Kč]	215 853	226 084	492 897
Přínos projektu [Kč/rok]	30 893	26 828	39 299
Diskont [-]	0,05	0,05	0,05
Inflace [-]	0,03	0,03	0,03
Prostá doba návratnosti [rok]	30	30	30
Prostá doba návratnosti [rok]	6,99	8,43	15,20
Diskont. Doba návratnosti [rok]	7,83	9,6	18,84
Čistá současná hodnota [Kč]	476 041	374 768	412 671
Vnitřní výnosové procento [%]	17,0	14,4	10,4

16.3 Náklady na prvky KNX a zabezpečovací systém

Inteligentní KNX elektroinstalace obsahuje veškeré komponenty instalace spolu s integrací zabezpečovacího systému. Celkové náklady této instalace vyšly 461 441 Kč. Náklady na prvky KNX jsou 428 310 Kč. Zabezpečovací systém zahrnující PZTS a EPS prvky by stál 33 131 Kč.

Při návrhu takového systému je kladen důraz především na komfort uživatele, úspory a investiční náklady jsou až na druhém místě. Pro rodinné domy výrobci nabízejí levnější varianty sběrnicevého systému, ale už zde není kompatibilita s jinými výrobci. V takovém případě je zákazník nucen využívat produkty jen vybraného výrobce.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce na téma integrovaný systém v budově bylo navržení inteligentního rodinného domu s využitím obnovitelných zdrojů energie.

V teoretické části byly popsány energeticky úsporné rodinné domy. Důraz byl kladen na stavební fyziku, spotřebu energie, tvorbu mikroklimatu a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. Dále byly popsány jednotlivé prvky techniky prostředí jako je plynový kondenzační kotel, sluneční kolektor a tepelné čerpadlo. Následně byly popsány elektronické bezpečnostní systémy, do kterých spadají poplachové zabezpečovací a tísňové systémy a elektronická požární signalizace. Závěrem teoretické části byla objasněna oblast automatizace budov pomocí sběrnice systému KNX a vizualizace systému.

Praktická část se zabývá návrhem řešení energeticky úsporných opatření pro konkrétní dům. S použitím původní projektové dokumentace a změřením stavebních změn byly překresleny dispoziční plány domu do elektronické verze. Pro tento dům byly stanoveny okrajové podmínky pro výpočet tepelných ztrát a průměrného součinitele prostupu tepla. Vypočtený průměrný součinitel byl srovnán s požadavky, které jsou stanovené normou. Z porovnání průměrného součinitele prostupu tepla s danou normou vyšla klasifikační třída E –nehospodárná. Z tohoto výsledku je patrné, že objekt potřebuje energeticky úsporná opatření, do kterých spadá zateplení obvodového pláště a výměna otvorových výplní. Pro zateplení byla vypracována optimalizace tloušťky izolantu pláště budovy. Z optimalizace provozních a investičních nákladů vzešla tloušťka izolace 120 mm. Dalším energeticky úsporným opatřením byla výměna starých otvorových výplní za nová. Po zanesení těchto úsporných opatření do výpočtu vyšel průměrný součinitel prostupu tepla splňující klasifikační třídu C1 – vyhovující doporučené úrovni.

Doplněním energeticky úsporných opatření byly vypočteny tepelné ztráty objektu, na základě kterých byl dimenzován otopný systém. Vytápění bylo naprojektováno jako nízkoteplotní. Hlavním zdrojem tepla bylo navrženo tepelné čerpadlo vzduch – voda, které bylo doplněno o plynový kondenzační kotel jako bivalentní zdroj tepla. K danému otopnému systému byl přidán solární systém sloužící k přípravě teplé vody a přitápění. Vytápění objektu je řešeno pomocí otopných těles a podlahového vytápění

Dále byla navržena elektroinstalace skládající se ze silnoproudých a slaboproudých rozvodů. Silnoproudé rozvody byly rozděleny na zásuvkové a světelné rozvody. Zásuvkové rozvody byly řešeny pomocí klasické elektroinstalace a světelné okruhy

pomocí sběrnice systému KNX. Slaboproudé rozvody obsahují elektronické zabezpečovací systémy, které zabezpečují objekt před vstupem cizí osoby a varují před případným požárem. Dalším krokem byl návrh inteligentního řízení všech systémů pomocí sběrnice systému KNX. Tento systém dává uživateli veškerý komfort při užívání domu. Systém byl také doplněn o rozhraní SCADA, které umožňuje pomocí vizualizace ovládat všechny systémy v daném objektu.

Poslední bod praktické části popisuje techniko - ekonomické zhodnocení projektu a fotovoltaického systému. Celý navrhovaný systém vytápění a přípravy teplé vody využívá obnovitelné zdroje v kombinaci s automatickou regulací pro jejich maximální využití. Navrhovaný otopný systém je poměrně nákladný, ale úsporný co se týká provozních nákladů. Navržený fotovoltaický panel se jeví jako dobrá investice i přesto, že již výkup přebytkové elektřiny z fotovoltaických elektráren není nijak dotován.

Výsledkem této práce je návrh inteligentního domu přinášející maximální komfort uživatele při nejnižších provozních nákladech na bydlení. Tento projekt může být realizován na zvoleném objektu nebo jemu podobnému.

CONCLUSION

The aim of the thesis on intelligent system in a building was to design an intelligent family house using renewable sources of energy.

In the theoretical part, energy-saving family houses are described. Emphasis was put on the construction physics, energy consumption, micro-climate and possibilities in using renewable sources of energy. Each element of the technical environment is described, such as gas condensation heater, solar collector and heat pump. Then, electronic safety systems are presented, which feature security, emergency and fire alarms. At the end of the theoretical part, an automation system using KNX bus and visualization was described.

The practical part deals with a proposal for energy-saving features for a specific house. Using the original project documentation and with focus on constructions changes, the design was recreated in an electronic form. The house had the limiting conditions for heat losses and average heat transfer coefficient calculated. The calculated coefficient was compared to the requirements stated in the official norm. Comparison of the average heat transfer coefficient and the norm revealed the classification grade E – uneconomical. This result shows that the object needs energy-saving features, which include insulation of the outer layer and an exchange of new paneling. For insulation, the width of insulating material was calculated. By optimizing the running costs and investment, the heat transfer coefficient was lowered to meet the criteria of class C1 – satisfactory.

After adding energy-saving features, the heat loss was calculated and heating system was designed. The low-temperature heating is projected. The main heat source is a heat pump air-water, which is aided with gas condensation heater as a bivalent heat source. A solar system was also added, used for water heating and additional heating. Heating is carried out using radiators and floor heating.

Electrical wiring was also designed, comprising of heavy and light current wiring. Heavy current is divided into sockets and lighting. Sockets are designed using classic wiring and lighting using KNX bus system. Light current circuits include safety systems, securing the object against intruders and give fire alarms. The next step was to propose an intelligent control of all the systems using the KNX bus system. This gives the house inhabitant maximum comfort. The system was also equipped with SCADA, which helps to visualize and control all the systems in the object.

The last part of the practical part describes the technical and economic evaluation of the project and the solar system. The heating and hot water systems use renewable sources of energy in combination with automatic regulation for maximum efficiency. The proposed heating system is costly, but economical in view of running costs. The photovoltaic panel appears to be a good investment despite the fact that surplus solar energy purchase is no longer subsidized.

The results of the intelligent house design bring maximum comfort for the user while maintaining the running costs at minimum level. The project could be realized in practice on the selected object or any other of similar characteristics.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HIRŠ, Jiří a GEBAUER, Günter. *Vzduchotechnika v příkladech. Vyd. 1.* Brno : VUT v Brně, 2006. 230 s. ISBN 80-7204-486-9.
- [2] KABERLE, Karel a VEVERKOVÁ, Zuzana. TZB-info: Modelování operativní teploty. *TZB-info: stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov.* [Online] 15. 11 2004. [Citace: 22. 3 2014.] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>.
- [3] CHYLSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace.* Praha : Česká Matice techn, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [4] NOVÝ, Richard. *Technika prostředí.* Praha : ČVUT v Praze, 2006. ISBN 80-01-03492-5.
- [5] ČSN EN ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, 2006.
- [6] VYSOUDIL, Miroslav. *Podnebí Olomouce.* Olomouc : Univerzita Palackého V Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3285-4.
- [7] ČSN 730540-2. Tepelná ochrana budov: Část 2. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, 2011.
- [8] TZB-info: Součinitel prostupu tepla. TZB-info. [Online] [Citace: 23. 3 2014.] Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/prostup-tepla>.
- [9] ČSN EN 12 831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2005.
- [10] Vyhláška 78/2013. Vyhláška o energetické náročnosti budov. 2013.
- [11] MATUŠKA, Tomáš. *Solární tepelné soustavy.* Praha : Společnost pro techniku prostředí, 2009. ISBN 978-80-02-02186-5.
- [12] BROŽ, Karel. *Alternativní zdroje energie.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802-X.

- [13] ŠTEFAN, petr. Take the Water2Energy Challenge. *Veolia voda*. [Online] [Citace: 4. 5 2014.] . Dostupné z: <http://www.veoliawater2energy.com/cz/reference/tepelnacerpada/>.
- [14] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, 2006.
- [15] VALENTA, Vladimír. *Topenářská příručka 3*. Praha : Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-8602813-2.
- [16] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava : Jaga group, 2008. ISBN 978-80-8076-069-4.
- [17] Podklady pro studenty. *Velkoplošné převážně sálavé vytápění*. [Online] [Citace: 9. 3 2014.]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova/>.
- [18] *Denní a sdružené osvětlení*. Zlín , 2010.
- [19] SOKANSKÝ, Karel. *Základy základů světelné techniky*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2007.
- [20] KAŇKA, Jan. Akustika staveb. *TZB-Info*. [Online] [Citace: 29. 5 2014.] . Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb>.
- [21] BOSÁČOVÁ, Marcela. Akustika stavebních konstrukcí. *TZB-Info*. [Online] [Citace: 1. 6 2014.] . Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/akustika-a-hluk/6150-akustika-stavebnich-konstrukci>.
- [22] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 3. aktualiz. S.I. místo neznámé : Cricetus, 2006. str. 313. ISBN 80-902938-2-4.
- [23] MERZ Hermann, Thomas HANSEMANN, Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. Praha : Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [24] Reliance. *Industrial SCADA/HMI system*. [Online] [Citace: 16. 5 2014.] . Dostupné z: <http://www.reliance.cz/cs/products/what-does-scada-hmi-mean>.
- [25] SULKO. Produktový katalog. [Online] . Dostupné z: http://www.sulko.cz/pdf/SULKO_Produktovy_katalog.pdf.
- [26] REGULUS. *Tepelné čerpadlo vzduch/voda*. Praha : Regulus CTC EcoAir 408.

- [27] VAILLANT. Závěsné kotle. *Kondenzační kotel na zemní plyn*.
- [28] Jistící ochranné přístroje. [Online] [Citace: 15. 5 2014.] . Dostupné z: http://www.elektro.fme.vutbr.cz/studopory/elektrot/lab_10_cv_soubory/image066.gif.
- [29] VYORALOVÁ, Zuzana. *Inteligentní osvětlení*. 2011.
- [30] Variace instalací. *Sunizer*. [Online] [Citace: 3. 5 2014.] . Dostupné z: <http://www.sunizer.cz/instalace.php>.
- [31] Regulus. Elektronický inteligentní regulátor IR 12. *Návod na použití a instalaci*.
- [32] Silektro. Fotovoltaická kalkulačka. [Online] [Citace: 15. 5 2014.] . Dostupné z: <http://www.fvkalkulacka.cz/>.
- [33] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. TZB-info. [Online] [Citace: 2. 6 2014.]. Dostupné z: http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=112.1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma
EIB	European Installation Bus (Evropská instalační sběrnice)
EN	Evropská norma
EPS	Elektronická požární signalizace
FTP	Fototermický panel
FVP	Fotovoltaický panel
HDO	Hromadné dálkové ovládání
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem)
KNX	Standardizovaný komunikační systém.
LED	Light-Emitting Diode (dioda emitující světlo).
PIR	Passive Infra Red (pasivní infračervené světlo)
PMV	Predicted Percentage of Disappointed
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied (procentuální podíl nespokojených)
PZTS	Poplachový zabezpečovací a tísňový systém
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (supervizní řízení a sběr dat)
SV	Studená voda
TV	Teplá voda
ZP	Zemní plyn

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 – závislost PPD na PMV	15
Obr. 4.1 – průkaz energetické náročnosti budov	29
Obr. 5.1 – princip tepelného čerpadla	32
Obr. 5.2 – standardní křivka odběru v poměrovém tvaru	33
Obr. 5.3 – příklad křivky dodávky a odběru tepla	34
Obr. 5.4 – meandrový způsob	36
Obr. 5.5 – plošná spirála	36
Obr. 9.1 – foto daného objektu (vlevo východní pohled, vpravo severovýchodní pohled)	48
Obr. 9.2 – půdorys sklepního podlaží	49
Obr. 9.3 – půdorys přízemí	50
Obr. 9.4 – půdorys 1. patra	51
Obr. 9.5 – půdorys 2. patra	52
Obr. 9.6 – znázornění kondenzačních zón uvnitř konstrukce pro místnost 205 - koupelna	56
Obr. 10.1 – řez rámu okna SULKO Profi-Line	62
Obr. 10.2 – znázornění kondenzační zóny uvnitř konstrukce pro místnost 205 - koupelna	63
Obr. 11.1 – průběh teplot během modelového dne	68
Obr. 12.1 – schéma otopné soustavy a přípravy teplé vody	69
Obr. 12.2 – schematické zapojení otopných těles	72
Obr. 12.3 – tepelné čerpadlo Eco Air 408	75
Obr. 12.4 – kondenzační kotel ecoTEC plus a jeho funkční schéma	76
Obr. 12.5 – parametry navrhovaného solárního systému	77
Obr. 13.1 – princip proudového chrániče	79
Obr. 13.2 – návrh zásuvkových obvodů – sklep	80
Obr. 13.3 – návrh zásuvkových obvodů – přízemí	81
Obr. 13.4 – návrh zásuvkových obvodů – 1. patro	82
Obr. 13.5 – návrh zásuvkových obvodů – 2. patro	83
Obr. 13.6 – tubusový světlovod	84
Obr. 13.7 – návrh světelných okruhů – sklep	85
Obr. 13.8 – návrh světelných okruhů – přízemí	86

Obr. 13.9 – návrh světelných okruhů– 1. patro	87
Obr. 13.10 – návrh světelných okruhů– 2. patro	88
Obr. 13.11 – zobrazení využití plochy jihozápadní střechy domu	89
Obr. 14.1 – návrh zabezpečovacího systému – sklep	91
Obr. 14.2 – návrh zabezpečovacího systému – přízemí	92
Obr. 14.3 – návrh zabezpečovacího systému – 1. patro	93
Obr. 14.4 – návrh zabezpečovacího systému – 2.patro	94
Obr. 15.1 – regulátor IR 12	95
Obr. 15.2 – schéma otopné soustavy a přípravy teplé vody s datovými vstupy a výstupy.....	96
Obr. 15.3 – vizualizace – INFO -základní přehled	99
Obr. 15.4 – vizualizace – kotelna	99
Obr. 15.5 – vizualizace – topení	100
Obr. 15.6 – vizualizace – osvětlení	100
Obr. 15.7 – vizualizace – žaluzie	101
Obr. 15.8 – rozmístění KNX prvků – sklep	102
Obr. 15.9 – rozmístění KNX prvků – přízemí.....	103
Obr. 15.10 – rozmístění KNX prvků – 1. patro	104
Obr. 15.11 – rozmístění KNX prvků – 2. patro	105

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 – závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu W_a	14
Tab. 2.2 – tepelný odpor oděvu R_{clo} a koeficient zvětšení povrchu těla f_c	14
Tab. 2.3 – tabulka vyjadřující hodnoty PMV	14
Tab. 3.1 – nejvyšší a nejnižší průměrná měsíční a roční teplota vzduchu.....	17
Tab. 4.1 – požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	21
Tab. 4.2 – požadované hodnoty pro obytné budovy	22
Tab. 4.3 – požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v zimním období pro místnosti s pohybem lidí	26
Tab. 4.4 – produkce tepla od lidí	27
Tab. 5.1 – hodnoty maximálních požadovaných teplot podlahy $\theta_{p,max}$	36
Tab. 9.1 – základní popis objektu	48
Tab. 9.2 – seznam jednotlivých místností	53
Tab. 9.3 – okrajové podmínky pro střední denní venkovní teplotu $13\text{ }^\circ\text{C}$	54
Tab. 9.4 – nosná konstrukce – současný stav	54
Tab. 9.5 – nenosná konstrukce – současný stav	55
Tab. 9.6 – součinitel prostupu tepla - současný stav	55
Tab. 9.7 – roční bilance vlhkosti pro nezateplenou nenosnou konstrukci	56
Tab. 9.8 – základní parametry budovy	57
Tab. 9.9 – tepelné ztráty vytápěných místností před zateplením	57
Tab. 9.10 – hodnoty parametrů jednotlivých konstrukcí - současný stav.....	58
Tab. 9.11 – požadovaný a vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla - současný stav	59
Tab. 9.12 – vypočtená hodnota energetické náročnosti budovy současný stav.....	59
Tab. 10.1 – nosná konstrukce po zateplení	61
Tab. 10.2 – nenosná konstrukce po zateplení	61
Tab. 10.3 – součinitel prostupu tepla po zateplení	62
Tab. 10.4 – roční bilance vlhkosti pro zateplenou nenosnou konstrukci.....	63
Tab. 10.5 – tepelné ztráty vytápěných místností po zateplení.....	64
Tab. 10.6 – hodnoty parametrů jednotlivých konstrukcí po rekonstrukci	65
Tab. 10.7 – požadovaný a vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla.....	66
Tab. 10.8 – vypočtená hodnota energetické náročnosti budovy po rekonstrukci.....	66
Tab. 11.1 – pokles teploty v kritické místnosti	67

Tab. 12.1 – odběr teplé vody v jednotlivých fázích odběru	70
Tab. 12.2 – parametry litinového článku otopného tělesa	71
Tab. 12.3 – návrh výkonu otopných těles	72
Tab. 12.4 – parametry navrženého podlahového topení	74
Tab. 12.5 – parametry kondenzačního plynového kotle	76
Tab. 12.6 – parametry pro návrh solárního systému	77
Tab. 12.7 – parametry pro návrh solárního systému	78
Tab. 13.1 – požadovaná osvětlenost	84
Tab. 13.2 – parametry fotovoltaické elektrárny	89
Tab. 16.1 – parametry solární elektrárny	106
Tab. 16.2 – ceny technologií	108
Tab. 16.3 – technicko-ekonomické hodnocení otopného systému a přípravy teplé vody	109

SEZNAM GRAFŮ

Graf 3.1 – <i>průměrný roční chod globálního záření v Olomouci</i>	18
Graf 3.2 – <i>průměrné měsíční srážky Olomouci od r. 1961 do r. 2010</i>	18
Graf 10.1 – <i>zobrazení optimalizace tloušťky zateplení</i>	60
Graf 12.1 – <i>návrh dodaného a odebraného tepla pro přípravu TV</i>	70

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Energetický štítek obálky budovy pro současný stav

Příloha P II: Energetický štítek obálky budovy pro navrhovaný stav

**PŘÍLOHA P I: ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY PRO
SOUČASNÝ STAV**

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Rodinný dům Olomouc				Hodnocení obálky budovy			
Celková podlahová plocha $A_c = 477,2 \text{ m}^2$				stávající		doporučení	
<p><i>Cl</i> Velmi úsporná</p> <p>Mimořádně neekonomická</p>				1,88		0,75	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T / A$				1,05		0,39	
Klasifikační ukazatele <i>Cl</i> a jim odpovídající hodnoty U_{em} pro $A/V = 0,67 \text{ m}^2/\text{m}^3$							
<i>Cl</i>	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,16	0,31	(0,39)	0,52	0,82	1,12	1,68
Platnost štítku do				29.4.2024			
Datum vystavení štítku				29.4.2014			
Štítek vypracoval				Bc. Jan Zapletal student			

**PŘÍLOHA P II: ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY PRO
NAVRHOVANÝ STAV**

