

# **Integrovaný systém v budově - Rekonstrukce existujícího rodinného domu**

The integrated system in the building  
- Reconstruction of existing house

Ing. František Friedl

---

Diplomová práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. František FRIEDL**  
Osobní číslo: **A10324**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Rekonstrukce existujícího RD**

## Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte 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 se zvážením možností využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.
4. Navrhňte vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.
5. Navrhňte elektroinstalaci a 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. **ZÁLEŠÁK, Martin. Technika prostředí v oboru Integrované systémy v budovách. ISBN 978-80-7318-834-4.**
2. **SMOLÍK, Jan. Technika prostředí. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1970. Řada strojírenské literatury.**
3. **KŘEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2. S.l.: Cricetus, 2003, 351 s. ISBN 80-902-9382-4.**
4. **LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001, 208 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku prostředí). ISBN 80-020-1466-9.**
5. **CIHELKA, Jaromír. Vytápění, větrání a klimatizace. 3. přeprac. a dopln. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985, 208 s.**
6. **AULICKÝ, Václav. Inteligentní budovy a ekologické stavby. Praha: Raabe, 2008. Nahlížet – nacházet. ISBN 1803-4322.**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**24. února 2012**

Termín odevzdání diplomové práce:

**6. června 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce je navržení integrovaného systému v rekonstruované budově. Práce zpracovává aktuální požadavky na rodinný dům, jeho tepelně-technické parametry, vnitřní pohodu, úspornost budovy a úsporné zdroje energie. Úlohou je zadána rekonstrukce rodinného domu spojená se zateplením, návrhem tepelné soustavy s využitím tepelného čerpadla, plynového kotle a solárních kolektorů, elektroinstalaci domu i se sběrníkovým systémem, zabezpečovací systém, protipožární systém a zvážení možnosti užití fotovoltaických panelů. Práce obsahuje základní teoretické informace včetně následného konkrétního řešení.

Klíčová slova: energeticky úsporný dům, úsporné zdroje energie, komunikační systémy, fotovoltaické panely, solární kolektory, tepelná soustava, elektroinstalace.

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to design an integrated system in the renovated building. Work processed current requirements for single-family house, on its thermo-technical parameters, the inner being, the efficiency of the building and saving energy. The task of reconstruction is entered the house associated with insulation, design of thermal systems using heat pumps, gas boilers and solar panels, wiring the house and the bus system, security system, fire system, and consider to use of photovoltaic panels. The work includes basic theoretical information and subsequent specific solutions.

Keywords: energy efficient home, saving energy, communication systems, photovoltaic panels, solar thermal system, wiring.



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce, a mimo jiné garantovi oboru Integrované systémy v budovách, panu Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za veškerou pomoc při tvorbě diplomové práce, za metodické rady, tipy a praktické ukázky z praxe v průběhu celého studia.

Děkuji své přítelkyni Ing. Michaele Snášelové nejen za provedenou korekturu diplomové práce, ale především za psychickou a fyzickou podporu.

Mé poděkování patří i celé mojí rodině, která mne po celou dobu studia materiálně i psychicky velmi podpořila. Rodičům děkuji za jejich výchovu, která mi umožnila uspět, a babičce Františce Friedlové děkuji za finanční a morální podporu po celou dobu studia.

Poděkování patří i rodině Johnů za svolení tvorby práce na jejich rodinný dům a za poskytnuté podklady.

**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**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 SOUČASNÉ POŽADAVKY NA RODINNÉ DOMY</b> .....	<b>13</b>
1.1 POŽADAVKY NA UŽITÍ .....	13
1.2 TECHNICKÉ POŽADAVKY .....	13
1.2.1 Požadavky na bezpečnost a užitné vlastnosti budovy.....	13
1.2.2 Požadavky na stavební konstrukce.....	17
1.2.3 Požadavky na technická zařízení budovy.....	20
1.2.4 Zvláštní požadavky pro rodinný dům .....	22
1.3 POŽADAVKY Z HLEDISKA TECHNIKY PROSTŘEDÍ .....	23
1.3.1 Mikroklimatické podmínky .....	23
1.3.1.1 Operativní teplota .....	24
1.3.1.2 Rychlost proudění vzduchu .....	24
1.3.1.3 Vlhkost vzduchu .....	25
1.3.1.4 Index PMV .....	27
1.3.1.5 Index PPD .....	28
1.3.2 Hygienické podmínky .....	28
1.3.3 Vizualní podmínky.....	30
1.3.3.1 Denní.....	30
1.3.3.2 Umělé.....	31
1.3.3.3 Sdružené.....	31
1.3.4 Akustické podmínky .....	31
<b>2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY</b> .....	<b>33</b>
2.1 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM .....	34
2.2 PASIVNÍ DŮM.....	35
2.3 DŮM S NULOVOU SPOTŘEBOU .....	37
2.4 NOVÁ GENERACE ENERGETICKY ÚSPORNÝCH DOMŮ .....	38
2.5 ZÁSADY VÝSTAVBY ENERGETICKY ÚSPORNÝCH DOMŮ .....	40
2.5.1 Optimalizace projektu .....	40
2.5.2 Volba lokace.....	40
2.5.3 Tvar a dispozice domu .....	41
2.5.4 Konstrukce domu .....	41
2.5.5 Stěny.....	42
2.5.6 Okna .....	43
2.5.7 Tepelné vazby a tepelné mosty .....	44
2.5.8 Těsnost budovy .....	45
2.5.9 Větrání.....	46
<b>3 ÚSPORNÉ ZDROJE ENERGIE PRO RD</b> .....	<b>47</b>
3.1 KOTEL NA BIOMASU .....	48
3.2 PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL .....	49
3.3 TEPelné ČERPADO .....	52
3.3.1 Vzduch – Vzduch .....	54
3.3.2 Vzduch – Voda.....	55
3.3.3 Voda – Voda .....	55

3.3.4	Země – Voda .....	56
3.3.4.1	Plocha.....	56
3.3.4.2	Vrt .....	56
3.3.4.3	Větrací vzduch .....	57
3.3.4.4	Vodní plocha.....	57
3.4	REKUPERAČNÍ JEDNOTKA .....	58
3.4.1	Potrubní rekuperace .....	58
3.4.1.1	Jednotrubní.....	58
3.4.1.2	Dvoutrubní .....	59
3.4.2	Bezpotrubní rekuperace .....	59
3.4.2.1	Invertní rekuperace .....	59
3.4.2.2	Inteligentní rekuperace .....	60
3.4.3	Rekuperátor odpadní vody .....	61
3.5	FOTOVOLTAICKÝ PANEL.....	61
3.6	SOLÁRNÍ KOLEKTORY.....	63
<b>4</b>	<b>KOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>65</b>
4.1	KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE .....	66
4.1.1	EIB .....	66
4.1.2	KNX .....	67
4.1.3	LON (LonWorks).....	68
4.2	KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL.....	69
4.2.1	BACnet.....	69
4.2.2	Modbus.....	70
4.2.3	LonTalk .....	70
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>KONCEPCE ŘEŠENÍ PRO KONKRÉTNÍ OBJEKT .....</b>	<b>72</b>
5.1	POPIS BUDOVY A OKRAJOVÝCH PODMÍNEK.....	72
5.2	STÁVAJÍCÍ STAV BUDOVY .....	73
5.2.1	Skladba konstrukcí .....	77
5.2.2	Tepelně-technické posouzení konstrukce.....	78
5.3	NAVRHOVANÝ STAV BUDOVY .....	79
5.3.1	Skladba konstrukcí .....	82
5.3.2	Tepelně-technické posouzení konstrukce.....	83
5.4	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOVY .....	85
5.4.1	Výpočtové vztahy.....	85
5.4.1.1	Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru .....	85
5.4.1.2	Návrhová tepelná ztráta větráním .....	87
5.4.1.3	Návrhový tepelný výkon.....	88
5.4.2	Příklad výpočtů ztrát místnosti 103 (WC) .....	88
5.4.3	Ztrátový tepelný výkon budovy po místnostech .....	92
5.4.3.1	Stávající budova.....	92
5.4.3.2	Navrhovaná budova .....	93
5.4.4	Přechod tepla obálkou budovy .....	95
5.4.4.1	Stávající budova.....	96
5.4.4.2	Navrhovaná budova .....	97
5.4.5	Energetický štítek budovy .....	99

5.5	TEPELNÁ STABILITA, CHLAZENÍ.....	100
<b>6</b>	<b>TEPELNÁ SOUSTAVA .....</b>	<b>103</b>
6.1	HYDRAULICKÉ SCHÉMA .....	103
6.1.1	Hydraulické schéma solárních kolektorů .....	104
6.1.2	Hydraulické schéma tepelného čerpadla .....	105
6.1.3	Hydraulické schéma plynového kotle .....	106
6.1.4	Zimní provoz .....	107
6.1.5	Letní provoz .....	108
6.2	OTOPNÁ TĚLESA .....	110
6.2.1	Radiátorové vytápění .....	110
6.2.2	Podlahové vytápění .....	112
6.2.3	Potrubí otopné vody .....	115
6.2.4	Akumulační nádrž .....	116
6.2.5	Parametry otopné soustavy .....	118
6.3	TEPLÁ VODA.....	120
6.3.1	Potrubí teplé vody .....	120
6.3.2	Potřeba teplé vody .....	121
6.3.3	Akumulační nádrž .....	125
6.4	SOLÁRNÍ KOLEKTORY .....	126
6.5	POJISTNÁ ZAŘÍZENÍ .....	128
6.5.1	Expanzní nádrž solárních kolektorů .....	129
6.5.2	Expanzní nádrž otopného okruhu.....	129
6.5.3	Expanzní nádrž užitkového okruhu.....	131
6.5.4	Pojistný ventil plynového kotle.....	133
6.5.5	Pojistný ventil tepelného čerpadla .....	134
6.5.6	Pojistný ventil teplé užitkové vody .....	134
6.6	ROČNÍ POTŘEBA TEPLA RODINNÉHO DOMU.....	135
6.6.1	Potřeba energie na vytápění .....	135
6.6.2	Potřeba energie na ohřev teplé vody .....	136
<b>7</b>	<b>ELEKTROINSTALACE.....</b>	<b>138</b>
7.1	INTELIGENTNÍ ROZVODY .....	139
7.2	SVĚTELNÉ ROZVODY .....	140
7.3	ZÁSUVKOVÉ ROZVODY .....	140
7.3.1	Zásuvkový obvod 400V .....	142
7.3.2	Obvod pro pračku.....	142
7.3.3	Obvody s příkonem 2000VA a více.....	143
7.4	KOUPELNOVÉ ROZVODY .....	143
7.5	ELEKTROINSTALAČNÍ ZÓNY .....	144
7.6	ROZVADĚČ PRO RODINNÝ DŮM.....	145
<b>8</b>	<b>SYSTÉMY V BUDOVĚ.....</b>	<b>147</b>
8.1	SYSTÉM EGO-N S VIZUALIZACÍ SCADA.....	147
8.2	ELEKTRONICKÝ ZABEZPEČOVACÍ .....	152
8.3	ELEKTRONICKÝ PROTIPOŽÁRNÍ .....	153
<b>9</b>	<b>FOTOVOLTAICKÉ PANELE.....</b>	<b>158</b>

---

9.1	KALKULACE VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	159
9.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	160
<b>10</b>	<b>FINANČNÍ NÁKLADY PROJEKTU .....</b>	<b>162</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>163</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>165</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>167</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>171</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>173</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>176</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>179</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>180</b>



## ÚVOD

Integrovaný systém v budově v dnešní době představuje jistý standard moderní doby, který odráží zvyšující se požadavky na rodinný dům. Efektivní funkčnost, maximální využitelnost, jednoduchá údržba a především požadavek na snížení nákladů na užívání domu nahrává integrování systémů do budovy. To přináší nový význam oboru TZB (technické zařízení budov), který je velmi aktuální.

Cílem práce je vytvořit koncept pro konkrétní starý rodinný dům tak, aby odpovídal nárokům zadaných majitelem. Jako první část konceptu je představen návrh zateplení obálky budovy. Ten je volený s ohledem na vnější klimatické podmínky a maximální možné úspory energie na chod budovy.

Vnitřní částí domu je návrh nové tepelné soustavy, která bude odpovídat i moderním trendům s využitím obnovitelných zdrojů. Jako zdroj tepla byla stanovena kombinace plynového kotle, tepelného čerpadla a solárních kolektorů. V případě potřeby zvolení správného způsobu chlazení domu.

Jeden z návrhů bude i elektroinstalace – částečně inteligentní přes sběrnici KNX – a systémy protipožární a zabezpečovací chránící majetek a zdraví.

Pro snazší ovládání vnitřního prostředí domu bude navržen způsob řízení, monitorování a komunikace s vizualizací SCADA. Vzhledem k možnostem inteligentního systému zvážit možnost propojení na management budovy.

Posledním zabývajícím se návrhem bude možnost využití fotovoltaických panelů na rodinném domě s jeho technicko-ekonomickou stránkou.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SOUČASNÉ POŽADAVKY NA RODINNÉ DOMY

Současný trend rodinných domů lze charakterizovat jako městské či předměstské typy budov, které jsou následovány způsobem života moderního člověka. Soudobý životní styl upřednostňuje stavbu rodinného domu v těsné blízkosti dalších rodinných domů. Vzniká tak ucelená skupina rodinných domů, satelitní a příměstské oblasti, ve kterých obyvatelé obvykle nepracují, ale dojíždějí do měst nebo průmyslových zón.

### 1.1 Požadavky na užití

Aktuální požadavky na funkci a kvalitu bydlení odráží měnící se způsob života. V moderním rodinném domě se požaduje rekreační, regenerační a relaxační funkce domu.

Mezi základní požadavky rodinných domů patří optimální dispoziční řešení domu, v němž se projevuje efektivní funkčnost a maximální využitelnost, mezi které se řadí snižování nákladů na provoz domu, jednoduchá údržba domu, dostatek úložných prostorů pro denní potřebu i sezónní vybavení. Vše je samozřejmě závislé na nárocích a možnostech osob, které budovu budou užívat, mohou se tak případ od případu nepatrně lišit.

Do popředí se dostává taktéž optimální tepelná pohoda v domě, oslunění vnitřních prostor, moderní, hygienické a funkční prostory s hygienickými zařízeními domu jako jsou například kuchyně, toalety a koupelny, celkový vizuální vzhled domu a místností včetně jejich vybavení. Důraz je také kladen na zdravotní nezávadnost domu v podobě výběru atestovaných materiálů, ochrany proti vlhkosti a proti radonu.

Vzhledem k vysokým cenám vnitřního vybavení, a nemovitostí obecně, je žádán zabezpečovací systém a to jak protipožární tak proti vloupání.

### 1.2 Technické požadavky

Veškeré technické požadavky platné pro rodinný dům jsou obsaženy ve Vyhlášce č. 268 Ministerstva pro místní rozvoj ze dne 12. srpna 2009 o technických požadavcích na stavby. V níže uvedených podkapitolách je uveden nejdůležitější výčet toho, co musí bezprostředně rodinné domy splňovat.

#### 1.2.1 Požadavky na bezpečnost a užitné vlastnosti budovy

Po celou zamýšlenou dobu životnosti musí být stavba navržena a provedena tak, aby splňovala základní požadavky, mezi které patří:

- mechanická odolnost a stabilita;
- požární bezpečnost;
- ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí;
- ochrana proti hluku;
- bezpečnost při užívání;
- úspora energie a tepelná ochrana.

### **Mechanická odolnost a stabilita**

Stavba musí být provedena tak, aby po dobu životnosti vyhovovala požadovanému účelu a zároveň odolala všem účinkům zatížení budovy, nepříznivým vlivům prostředí předvídatelným i mimořádným.

Stavba musí být navržena tak, aby při její výstavbě, užívání a běžné údržbě nedocházelo k:

- zřícení nebo jinému destruktivnímu poškození budovy nebo přilehlé stavby;
- kmitání konstrukce, která by narušila stabilitu, mechanickou odolnost či funkčnost;
- ohrožení provozuschopnosti, bezpečnosti a plynulosti pozemních komunikací a drah v dosahu stavby;
- ohrožení provozuschopnosti sítí technického vybavení v dosahu stavby.

Při nedodržení všech uvedených stavů by byla vážně ohrožena trvanlivost budovy.

Pro domy v oblasti hlubinného dolování a v dosahu seizmických otřesů je třeba do návrhu zanechat vyšší nároky na deformace základové půdy.

Pro záplavová území platí, že konstrukce domu pod úrovní hladiny musí být navrženy na mimořádná zatížení, musí umožňovat gravitační odtok nebo odčerpávání vody z budovy z nejnižšího podlaží, nosná konstrukce podlahy musí být nad úrovní hladiny. V případě chráněné budovy proti vniknutí vody při povodni musí být odolná proti vyplavání a překlopení (například zatopením interiéru pitnou vodou).

### **Požární bezpečnost**

Požární bezpečnost je schopnost stavby maximálně omezit riziko vzniku a šíření požáru a zabránit tak ztrátám na životech, zdraví osob a majetku. Ke splnění této schopnosti je třeba budovu navrhnout, provést, udržovat a užívat tak, aby:

- zůstala zachována stabilita a únosnost konstrukcí po dobu alespoň 15 minut;
- bránily vzniku a šíření požáru včetně jeho zplodin mezi požárními úseky uvnitř stavby;
- bránily šíření požáru mimo stavbu (např. na sousední stavbu);
- umožnily bezpečnou evakuaci osob a zvířat do neohrožovaného prostředí;
- umožnily účinný a bezpečný zásah požárních jednotek při zásahových pracích a hašení (příjezdová cesta alespoň zpevněná pozemní komunikace o šířce nejméně 3 m a nejdále 50 m od rodinného domu).

Budovy skupiny OB1 jsou obytné budovy (rodinné domy a rekreační objekty) s maximálně jedním podzemním a třemi nadzemními podlažími s půdorysnou plochou do 600 m<sup>2</sup>. Mezi nadzemní podlaží se počítá i podkrovní prostor, je-li tam pokoj. Dům do 600 m<sup>2</sup> včetně lze brát jako jeden požární úsek, doporučení je však rozdělit na více požárních úseků. Garážové stání je bráno jako samostatný požární úsek.

Pro evakuaci osob z rodinného domu postačuje jako nechráněná úniková cesta šířky 0,9 m s šířkou dveří 0,8 m přičemž délka cesty se neposuzuje.

Rodinný dům musí obsahovat alespoň jeden hasicí přístroj na jeden požární úsek. Musí být vybaven zařízením autonomní detekce a signalizace požáru, které je umístěno v části vedoucí k východu v nejvyšším místě (schodiště) a v blízkosti kuchyně.

### **Ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí**

Stavba musí být navržena a provedena tak, aby přímo neohrožovala život a zdraví osob nebo zvířat, bezpečnost, zdravé životní podmínky uživatelů a okolních uživatelů a životní prostředí. Spadá zde:

- uvolňování látek a částic nebezpečných pro zdraví a život osob, zvířat i rostlin (emise, elektromagnetické záření);
- znečišťování vzduchu, povrchových a podzemních vod a půdy;
- nedostatečné zneškodnění odpadních vod a kouře;
- výskyt vlhkosti ve stavebních konstrukcích, na jejich površích či vnitřních prostor stavby;
- nedostatečné tepelně-izolační, zvukově-izolační vlastnosti příslušných místností;

- nevhodné světelné vlastnosti.

Stavba musí odolávat škodlivému působení prostředí zejména vniknutí zemní vlhkosti, podzemní vody, chemickým a atmosférickým vlivům a zářením.

Každý rodinný dům musí mít alespoň jednu záchodovou mísu a jednu koupelnu, přičemž toaleta nesmí být přístupná přímo z obytné nebo pobytové místnosti (jde-li o jedinou toaletu v budově).

### **Denní a umělé osvětlení, větrání, vytápění**

V obytných a pobytových místnostech musí být zajištěno denní osvětlení (případně sdružené), dostatečné větrání čistým vzduchem a vytápění s možností regulace teploty v souladu s normovanými hodnotami. Ostatní místnosti musí mít umělé osvětlení, vytápění a odvětrání v souladu s normovanými hodnotami.

### **Proslunění**

Všechny byty musí být prosluněny tak, aby byla zajištěna zraková pohoda a ochrana před oslněním. Byt v rodinném domě je prosluněn, je-li součet podlahových ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné polovině součtu podlahových ploch všech obytných místností.

### **Ochrana proti hluku a vibracím**

Stavba a její technické vybavení musí zajišťovat, aby hluk a vibrace působící na osoby a zvířata byly na takové úrovni, která neohrozí jejich zdraví, a nenaruší noční klid.

### **Bezpečnost při užívání**

Stavba musí být navržena a provedena tak, aby při jejím užívání a provozu nedocházelo k úrazu nárazem, uklouznutím, výbuchem a zásahem elektrického proudu uvnitř či v blízkosti budovy. Taktéž musí být navržena a provedena tak, aby nedocházelo k úrazu způsobeným pohybujícím se vozidlem.

### **Úspora energie a tepelná ochrana**

Stavba musí být navržena a provedena tak, aby její spotřeba energie na vytápění, větrání, umělé osvětlení, případně klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost budovy lze ovlivnit její skladbou, orientací, tvarem, dispozičním řešením, množstvím a velikostí výplní otvorů. Stavba musí po celou dobu užívání zaručit požadavky na tepelnou ochranu splňující:



- tepelnou pohodu uživatelů;
- požadované tepelně-technické vlastnosti konstrukcí;
- požadované tepelně-vlhkostní vlastnosti konstrukcí;
- nízkou energetickou náročnost budovy.

### 1.2.2 Požadavky na stavební konstrukce

Požadavky na stavební konstrukce se týkají vlastností stavebních prvků a jejich parametrů.

#### **Stěny a příčky**

Vnější stěny a vnitřní stěny, které oddělují prostory s odlišným režimem vytápění a stěnové konstrukce přilehlé k terénu, musí spolu s jejich povrchy splňovat požadavky na tepelně-technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a vzduchu konstrukcemi dané normovými hodnotami:

- nejnižších vnitřních povrchových teplot konstrukce, zejména v místech tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi;
- součinitele prostupu tepla, včetně přírážek na tepelné mosty v konstrukci;
- lineárních a bodových činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi;
- kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu;
- průvzdušnosti konstrukce a spár mezi konstrukcemi;
- tepelné stability konstrukce v zimním a letním období ve vazbě na místnost nebo budovu;
- prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy ve vazbě na další konstrukce budovy.

#### **Stropy**

Vnější a vnitřní stropní konstrukce musí spolu s podlahami a povrchy splňovat požadavky na tepelně-technické vlastnosti při prostupu tepla, také prostupu vodní páry a vzduchu konstrukcemi v ustáleném i neustáleném teplotním stavu, které vychází z normových hodnot.

### **Podlahy**

Podlahové konstrukce musí splňovat požadavky na tepelně-technické vlastnosti, a to jak v ustáleném tak i v neustáleném teplotním stavu, včetně poklesu dotykové teploty podlah. Dále požadavky stavební akustiky na kročejovou a vzduchovou neprůzvučnost dané normovými hodnotami. Stropní konstrukce se posuzuje komplexně.

Podlahy všech bytových a pobytových místností musí mít protiskluzovou úpravu povrchu odpovídající normovým hodnotám.

### **Schodiště**

Každé podlaží (vyjma vstupního přístupného přímo z upraveného terénu) a každý užitný půdní prostor budovy musí být přístupný alespoň jedním hlavním schodištěm. Všechny schodišťové stupně v jednom schodišťovém rameni musí mít stejnou výšku v přímých ramenech i stejnou šířku. Povrch podest vnitřních schodišť nesmí být skloněný v žádném směru. Povrch vnějších podest dovoluje podélný sklon ve směru sestupu nanejvýš 7 %. Prostor schodiště musí být osvětlen a větrán.

### **Komíny a kouřovody**

Komíny i kouřovody musí být navrženy a provedeny tak, aby za všech možných provozních podmínek byl zajištěn odvod a následný rozptyl zplodin do volného ovzduší. Nesmí nastat nashromáždění, které by způsobilo překročení emisních limitů a tím ohrožení bezpečnosti a zdraví osob nebo zvířat v okolí.

Bezpečnost spalinové cesty instalovaného spotřebiče musí být potvrzena revizní zprávou obsahující údaje o výsledku její kontroly. Kontrola je pro všechny kouřovody rodinných domů povinná, a to alespoň 1x ročně. Výška komína nad střešní konstrukcí a jeho nejmenší povolený světlý průměr průduchu je stanoven normovými hodnotami.

Na spalinové cestě musí být kontrolní, případně vybírací, vymetací či čistící otvory pro kontrolu a čištění komínů a kouřovodů. Umístění otvorů, jejich počet a provedení jsou dány normovými hodnotami. Ke komínům, které se kontrolují a čistí ústím průduchu komína, musí být zabezpečen trvalý přístup budovou, otvorem ve střeše, komínovou lávkou, případně vnější přístupovou cestou, či střešními stupni.

### **Střechy**

Střechy musí zachycovat a odvádět srážkové vody, sníh a led tak, aby neohrožovaly chodce, účastníky silničního provozu, majetek nebo zvířata v přilehlém prostoru,

a zabraňovaly vnikání vody do konstrukcí staveb. Pochůzná střechy a terasy musí mít zajištěn bezpečný přístup a musí být na nich provedena opatření zajišťující bezpečnost provozu.

Stejně jako stěny a příčky musí střešní konstrukce splňovat tepelně-technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodních par a prostupu vzduchu konstrukce dané normovými hodnotami:

- nejnižších vnitřních povrchových teplot konstrukce, zejména v místech tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi;
- součinitele prostupu tepla, včetně přírážek na tepelné mosty v konstrukci;
- lineárních a bodových činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi;
- kondenzace vodních par a bilance vlhkosti v ročním průběhu;
- průvzdušnosti konstrukce a spár mezi konstrukcemi;
- tepelné stability konstrukce v zimním a letním období ve vazbě na místnost nebo budovu;
- prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy ve vazbě na další konstrukce budovy.

### **Výplně otvorů**

Konstrukce výplní otvorů musí mít předepsanou tuhost, při níž za běžného provozu nemůže nastat zborcení, svěšení nebo jiná deformace. Musí odolávat zatížení včetně vlastní hmotnosti a zatížení větrem i při otevřené poloze křídla, aniž by došlo k poškození, posunutí, deformaci nebo ke zhoršení funkce. Výplně otvorů musí splňovat požadavky na tepelně-technické vlastnosti v ustáleném teplotním stavu. Nejnižší vnitřní povrchová teplota, součinitel prostupu tepla včetně rámu a zárubní, a spárová průvzdušnost v souladu se způsobem zajištění potřebné výměny vzduchu v místnosti a budovy.

Akustické vlastnosti výplní otvorů musí zajistit dostatečnou ochranu před okolním hlukem ve všech chráněných vnitřních prostorech budovy současně za podmínek minimální předepsané výměny vzduchu.

Hlavní vstupní dveře do bytů a pobytových místností musí mít světlou šířku minimálně 800 mm. Okenní parapety v obytných a pobytových místnostech, pod nimiž je volný venkovní prostor hlubší než 0,5 m, musí být vysoké nejméně 850 mm od úrovně podlahy.

### **Zábradlí**

Všechny pochůzná plochy budovy, kde je nebezpečí pádu osob nebo zvířat, a k nimž je možný přístup, se musí opatřit ochranným zábradlím (či jinou zábranou). Zábradlí se musí zřídit na volném okraji pochůzná plochy, před nímž je volný prostor hlubší a širší, než jsou normové hodnoty. Nejmenší dovolená výška zábradlí včetně madla schodišť, šikmých ramp a vodorovných ploch, je dána normovými hodnotami. Zábradlí a jeho zábradelní výplň musí splňovat požadavky normových hodnot. Šikmé zábradlí schodišť musí být opatřeno zábradelními madly, jejichž umístění a provedení je dáno normovými hodnotami.

### **Předsazené části stavby**

Podlahy balkonů či teras musí být vodotěsné, s protiskluzovou úpravou povrchu danou normovými hodnotami. Musí z nich být zabezpečen odvod srážkové vody. Balkóny a francouzská okna vedoucí do volného prostoru musí být opatřeny zábradlím nebo jinou mechanicky odolnou a stabilní ochrannou konstrukcí. Lineární a bodový činitel prostupu tepla (vlivem předsazených částí staveb) musí být v souladu s potřebným nízkým prostupem tepla obvodovým pláštěm budovy daným normovými hodnotami.

#### **1.2.3 Požadavky na technická zařízení budovy**

Rodinný dům musí být napojen na vodní zdroj nebo vodovod, zařízení pro zneškodňování odpadních vod, a na sítě potřebných energií (elektrická energie, plynovod). Veškeré přívody energií s přívody vody musí být pro rodinný dům samostatně uzavíratelné. Pro přípojku plynu dále platí, že prostup do domu musí být umístěn tak, aby při havárii nedošlo ke vniknutí plynu do domu. Napojení na kanalizaci musí být provedeno pro odpadní vodu vyprodukovanou v rámci užívání budovy.

### **Vodovodní přípojky a vnitřní vodovody**

Vodovodní přípojka pitné vody z veřejného vodovodu a vnitřní vodovod pitné vody musí být oddělené od jiných zdrojů vody. Vodovodní přípojka musí být vybavena zařízením proti zpětnému nasátí, musí se chránit proti zamrznutí, a to buď uložením do nezámrazné hloubky, nebo tepelnou izolací. Veškeré rozvodné a cirkulační potrubí musí být tepelně izolováno. Hlavní uzávěr vnitřního vodovodu se umísťuje před vodoměr, zároveň musí být přístupný a musí být viditelně a trvale označen.

### **Kanalizační přípojka a vnitřní kanalizace**

Kanalizační přípojka se musí chránit proti zamrznutí a to buď uložením do nezámrzné hloubky, nebo tepelnou izolací. V záplavovém území musí být vnitřní kanalizace vybavena zařízením proti zpětnému toku nebo uzávěrem. Pokud je dům opatřen větracím potrubím vnitřní kanalizace, nesmí být zaústěno do komínů, větracích průduchů, instalačních šachet a půdních prostor, a musí být vyvedeno nejméně 500 mm nad úroveň střešního pláště tak, aby nedošlo k obtěžování a ohrožování okolí.

### **Připojení k distribuční síti, vnitřní silnoproudé rozvody a vnitřní rozvody sítí elektronických komunikací**

Vnitřní silnoproudé rozvody se připojují na distribuční síť přípojkou. Vnitřní rozvody elektronických komunikací se připojují na vnější síť elektronických komunikací přípojkou. Elektrický rozvod musí splňovat požadavky na:

- bezpečnost osob, zvířat a majetku;
- provozní spolehlivost při určeném způsobu provozu a vlivu prostředí;
- přehlednost rozvodů umožňující rychlou detekci a odstranění případných poruch;
- trvale přístupné a viditelně označené místo pro vypnutí elektrické energie;
- dodávku elektrické energie pro EZS a EPS při výpadku distribuční sítě;
- snadnou přizpůsobivost rozvodu při požadovaném přemístování elektrických zařízení a strojů;
- zamezení vzájemných nepříznivých a rušivých vlivů (elektromagnetické rušení).

Stavba musí umožňovat umístění rozvodných skříní a provedení vnitřních silnoproudých a komunikačních rozvodů až ke koncovým bodům sítě. Vnitřní síť musí splňovat národně stanovené normy.

### **Plynovodní přípojka a odběrové plynové zařízení**

Pro plynovodní přípojku a odběrové plynové zařízení musí být použit pouze ten materiál, který odpovídá účelu, provoznímu přetlaku a druhu média. Plynovodní přípojka a rozvod plynu musí být navržen tak, aby byl zajištěn dostatečný přetlak pro všechny plynové spotřebiče. Odběrové plynové zařízení musí být navrženo tak, aby v důsledku jeho použití nedošlo k ohrožení života či zdraví osob nebo zvířat. Na začátku plynového zařízení musí

být umístěn a viditelně trvale označen hlavní uzávěr plynu. Nesmí být umístěn uvnitř stavby v místnostech nebo v obtížně přístupných prostorech, které by mohly být v případě požáru budovy zneprístupněny. Potrubí plynovodu se ukládá do ochranné konstrukce, která zajišťuje ochranu před mechanickým poškozením nebo korozí. Ochranná konstrukce se volí při průchodu dutými a nepřístupnými konstrukcemi, při průchodu obvodovým zdívkem a základy podle normových hodnot.

Připojené spotřebiče musí odpovídat připojenému druhu plynu a provoznímu přetlaku. Mohou být, dle svého provedení, umístěny pouze v prostorách, které svým objemem, účelem a případně množstvím přiváděného spalovacího vzduchu odpovídají jmenovitému tepelnému výkonu a funkci spotřebiče. U staveb umístěných v záplavových územích musí být uzávěry plynu mimo dosah hladiny vody, pro kterou bylo záplavové území stanoveno.

### **Ochrana před bleskem**

Na rodinném domě se ochrana před bleskem musí zřizovat, protože by blesk mohl způsobit ohrožení života nebo zdraví osob. Ochrana se provádí instalováním bleskosvodů, jejichž počet je pro rodinný dům dán jedním svodem na každých (i započatých) 15 m obvodu střešní konstrukce. Pro uzemnění systému ochrany před bleskem se u rodinných domů zřizuje základový zemnič.

### **Vytápění**

Zdroje tepla musí umožňovat bezpečný, hospodárný a spolehlivý provoz. Je potřebné brát v potaz možnost použitelnosti alternativních zdrojů vytápění. V případě instalace spotřebiče na tuhá paliva musí být k dispozici prostor k uskladnění paliva.

Kotle a spotřebiče musí mít zajištěn dostatečný přívod spalovacího a větracího vzduchu. Odvod spalin, kondenzátu ze spalin a dalších škodlivin nesmí ohrožovat životní prostředí ani zdraví osob nebo zvířat.

V otopných soustavách musí být umístěna zařízení umožňující měření a nastavení parametrů otopných soustav. Při provozu otopných soustav se musí zajistit řízení tepelného výkonu v závislosti na potřebě tepla. Rozvody otopné soustavy musí být izolované.

#### **1.2.4 Zvláštní požadavky pro rodinný dům**

Mezi tyto požadavky patří:

- vymezený prostor či nádobu k ukládání odpadu z domácnosti;



- vyhrazené nejméně jedno garážové stání na byt, případně odpovídající plocha na pozemku rodinného domu;
- světlá výška nejméně 2500 mm, v podkroví 2300 mm, místnost se šikmým stropem musí mít nižší světlou výšku alespoň nad polovinou plochy místnosti;
- sklon schodišťových ramen do obytných podlaží menší než 35°, v případě nižší světlé výšky než 3000 mm lze sklon zvýšit na 41°, přičemž počet schodišťových stupňů nesmí překročit 18;
- hlavní schodiště a chodby nesmí mít menší podchodnou výšku než 2100 mm a průchodnou šířku menší než 900 mm, u pomocných schodišť (půda, sklep) je nejmenší průchodná šířka 750 mm;
- rodinný dům tvoří jeden požární úsek (kromě samostatných požárních úseků jakým je například garáž);
- únik osob z rodinného domu se řeší pouze nechráněnými únikovými cestami;
- na pozemku mimo rodinný dům lze umístit další drobné stavby (garáže, skleník apod.) včetně jedné pro podnikatelskou činnost o zastavěné ploše do 16 m<sup>2</sup> a 4,5 m výšky tak, aby svým vzhledem a účinky okolní obytné a životní prostředí.

### 1.3 Požadavky z hlediska techniky prostředí

Vnitřní prostředí budov musí splňovat čtyři základní náležitosti pro zdravý nepoškozující život. Je jimi tepelná pohoda tvořená mikroklimatickými podmínkami, hygienická pohoda tvořená hygienickými podmínkami, vizuální pohoda vizuálními podmínkami tvořené skladbou a mírou osvětlení a akustická pohoda akustickými podmínkami.

#### 1.3.1 Mikroklimatické podmínky

Pro vytvoření správného mikroklimatu, a tím i zajištění vnitřní tepelné pohody v domě, je důležité znát základní faktory ovlivňující vnitřní klima. Mezi ně se řadí především vnitřní teplota (operativní), rychlost proudění vzduchu, vlhkost vzduchu a také úzce spjaté indexy spokojenosti PPD a PMV.

### 1.3.1.1 Operativní teplota

Jak uvádí Kabele [1], operativní teplota je jedním z parametrů sloužící k vyhodnocení tepelného stavu vnitřního prostředí a následnému zajištění optimálního tepelného komfortu pro člověka. Operativní teplota je kritériem pro hodnocení tepelné pohody prostředí.

Pro zjednodušení hodnocení tepelné pohody se zavádí veličina nazývaná operativní teplota, která se značí  $t_o$  nebo také  $\theta_o$  a je uváděna ve °C. Tato teplota zahrnuje a vyjadřuje vliv konvenční výměny tepla a vliv sdílení tepla sáláním.

Operativní teplota lze, v případě nízké rychlosti proudění vzduchu či v případě nízkého rozdílu střední radiační teploty a teploty vzduchu, určit ze vztahu:

$$\theta_o = A \cdot \theta_a + (1 - A) \cdot \theta_r \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\theta_a$  – teplota vzduchu [°C];

$\theta_r$  – střední radiační teplota [°C];

$v_{ar}$  – rychlost proudění vzduchu [m/s];

$A$  – koeficient, je funkcí rychlostí proudění vzduchu [-].

<b><math>v_{ar}</math> [m/s]</b>	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00
<b>A [-]</b>	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Tabulka 1 – závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu  $v_{ar}$

V případě nižší rychlosti proudění vzduchu než uvedených 0,2 m/s je možné nahradit operativní teplotu teplotou kulového teploměru  $\theta_g$  [°C]. V případě jiné rychlosti proudění vzduchu je možné určit střední radiační teplotu podle vztahu:

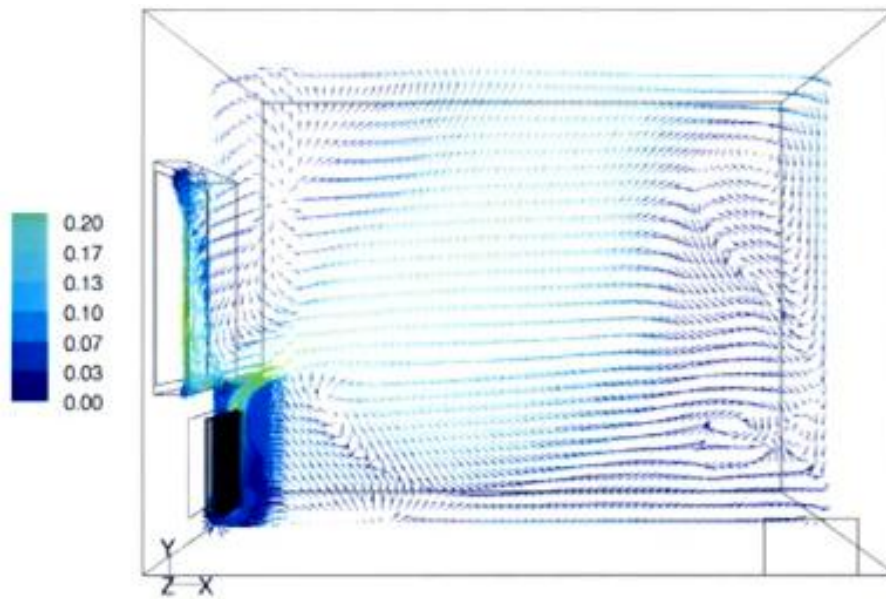
$$\theta_r = \sqrt[4]{[(\theta_g + 273,15)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_{ar}^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a)]} - 273,15 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

### 1.3.1.2 Rychlost proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu je dalším velmi důležitým parametrem ovlivňujícím vnitřní tepelnou pohodu. Zvýšená rychlost proudění vzduchu vytváří nežádoucí jev pocíťovaný jako průvan. Rychlost proudění vzduchu je tak limitována hodnotou nepřevyšující 0,2 m/s.

Rychlost proudění vzduchu zmenšuje tepelný odpor oděvu a zvyšuje pocit chladu z důvodu odvodu tepla z povrchu těla člověka.

Příklad rychlosti proudění vzduchu v domech s přirozeným větráním je uveden níže na obrázku 1.



Obrázek 1 – rychlostní pole místnosti [2]

### 1.3.1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu určuje celkové množství vodní páry obsažené v daném množství vzduchu. Rozlišují se základní tři typy vlhkosti vzduchu a to absolutní, relativní a měrná.

#### *Absolutní vlhkost vzduchu*

Jde o hmotnost vodní páry v objemu  $1 \text{ m}^3$  vzduchu. Jednotkou je  $\text{kg/m}^3$  a lze tak hovořit o hustotě vodní páry  $\rho_v$ .

Absolutní vlhkost vzduchu vyjadřuje hmotnost vodní páry  $m$  [kg] obsažené v jednotce objemu vzduchu  $V$  [ $\text{m}^3$ ]:

$$\rho_v = \frac{m}{V} [\text{kg/m}^3]$$

#### *Relativní vlhkost vzduchu*

Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Značí se  $\varphi$  [%] a udává míru nasycení vzduchu vodní párou. Při  $\varphi = 100 \%$  je vzduch zcela nasycen vodní parou.

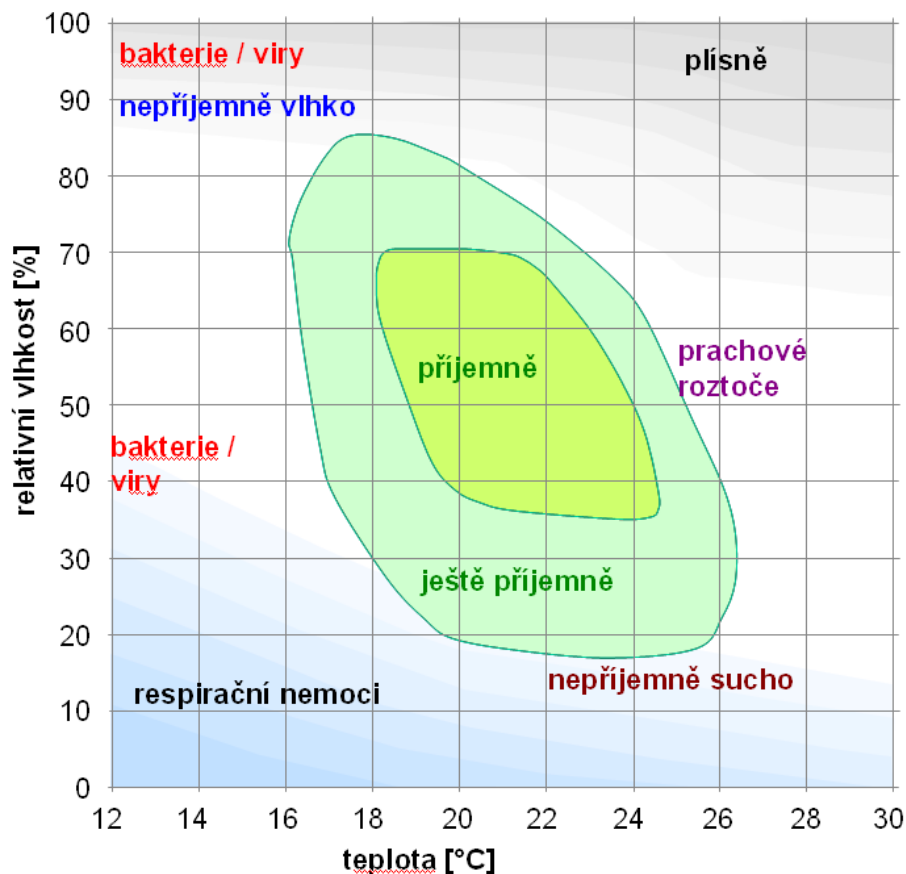
Relativní vlhkost je dána stonásobným poměrem hmotnosti vodní páry  $m$  [kg], která je ve vzduchu obsažena, ku hmotnosti vodní páry  $M$  [kg].

$$\varphi = 100 \cdot \frac{m}{M} [\%]$$

### Měrná vlhkost vzduchu

Měrná vlhkost vzduchu  $x$  [%] udává hmotnost vodní páry  $M$  [kg] na kilogram suchého vzduchu  $m_{sv}$  [kg].

$$x = 100 \cdot \frac{M}{m_{sv}} [\%]$$



Obrázek 2 – vliv teploty a relativní vlhkosti na komfort [3]

Vlhkost vzduchu v obytných prostorech by se měla pohybovat v rozmezí 36 – 70 % s faktem, že hodnota 50 % je nejpříjemnější. Se zvyšující se relativní vlhkostí vzduchu narůstá možnost vzniku vhodných podmínek pro růst plísní, bakterií, virů a vysoká vlhkost je nepříjemně vnímána. V opačném případě, při snížené relativní vlhkosti, mohou nastat respirační potíže, vysušuje se pokožka, oční rohovka a dýchací cesty.

Parametry	Zimní období	Letní období
operativní teplota vzduchu $t_o$ [°C]	18 - 24	20 - 28
rychlost proudění vzduchu $v_a$ [m/s]	$\leq 0,1$	0,1 - 0,2
rozdíl teplot ve výši 1,7m a 0,1 m	$\leq 3$	$\leq 3$
relativní vlhkost vzduchu $\varphi$ [%]	40 - 60	40 - 60

Tabulka 2 – doporučené hodnoty pro obytné budovy [3]

#### 1.3.1.4 Index PMV

PMV (Predicted Mean Vote) čili střední tepelný pocit. Tento index byl stanoven na základě testů prováděných na stovkách lidských subjektů, které se vyjadřovaly např. podle následující psychofyzikální stupnice: horko, teplo, tepleji, neutrálně, lehce chladno, chladněji a velmi studeno.

PMV lze stanovit za předpokladu, že je předem odhadnut energetický výdej člověka, hodnota tepelného odporu jeho oděvu a jsou změřeny faktory prostředí. Výsledný střední tepelný pocit se hodnotí podle sedmistupňové stupnice s hodnotami od +3 do -3.

Existují dvě slovní vyjádření indexu PMV. Prvním je ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) a druhým stupnice dle Bedforda.

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

Tabulka 3 – vyjádření stupňů nepohodlí PMV

Hodnotu PMV lze určit ze vztahu:

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

$L$  – rozdíl energetického výdeje a množství odvedeného tepla [W];

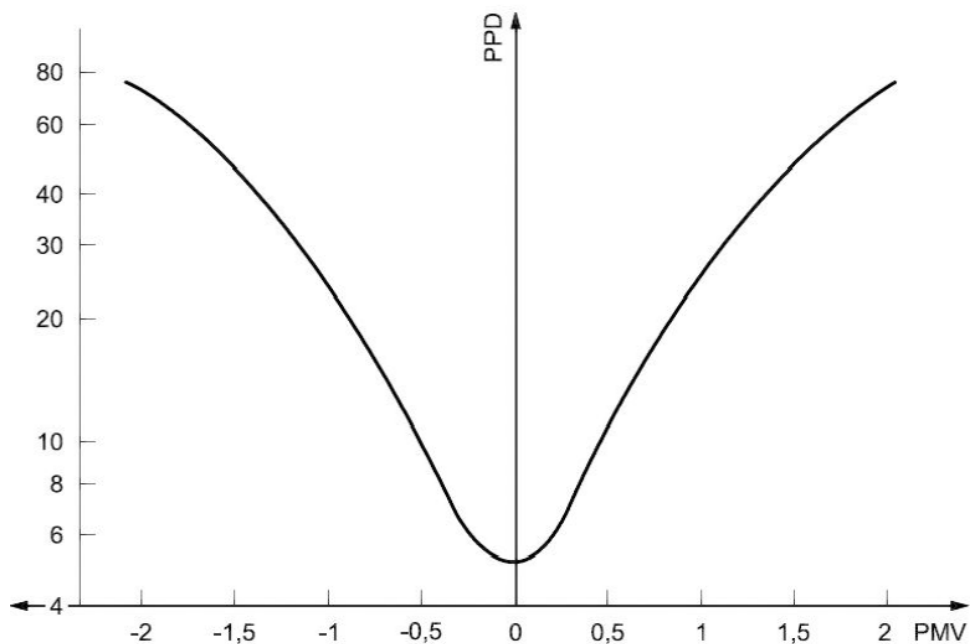
$M$  – energetický výdej člověka [W].

Energetický výdej člověka zahrnuje celkovou náročnost aktivity, kterou člověk v daném prostředí vykonává. Parametr  $L$  zahrnuje hodnotící veličiny, mezi které patří operativní teplota, relativní vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu.

### 1.3.1.5 Index PPD

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) čili předpokládané procento nespokojených.

Empirické vyjádření výzkumu tepelné rovnováhy shrnul Fanger do grafu (obrázek 3), kde PPD je funkcí PMV (predicted mean vote = předpokládaná průměrná volba). Z grafu je patrné, že u velké skupiny lidí, vystavených témuž prostředí, bude vždy alespoň 5 % nespokojených.



Obrázek 3 – PPD jako funkce PMV [ČSN EN ISO 77 30]

Hodnotu PPD lze určit ze vztahu (ČSN EN ISO 77 30):

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)}$$

### 1.3.2 Hygienické podmínky

Hygienickou pohodu tvoří kvalita vzduchu ovlivněná obsahem oděrových látek a aerosolů. Pro hygienickou pohodu je rozhodující jak subjektivní hodnocení (pachy), tak objektivní hodnocení z hygienického hlediska (obsah škodlivých plynů, které nemusejí být lidským čichem detekovány).

Ve většině případů je kvalita vzduchu v exteriéru mnohem lepší než v uzavřených prostorech budov. To je dáno uvolňováním škodlivin z použitých materiálů domu, jeho interiérového a technického vybavení, a především činností člověka uvnitř domu. Člověk je tak zdrojem škodlivin – při dýchání vyrábí CO<sub>2</sub>, oděrové látky (vnímané jako pachy) a pevný aerosol jako následek neustálého obnovování pokožky. Z interiérového vybavení –



nábytku – se uvolňuje formaldehyd, ze zdiva a podloží radon a radioaktivita, a vlhkost v koupelně či kuchyni. Jako měřítko kvality vzduchu se nejčastěji používá přítomná koncentrace  $\text{CO}_2$  v obytném prostředí. V prostředí, kde vlivem činnosti člověka vzniká vlhkost (umývání a vaření) je nejvýstižnějším parametrem relativní vlhkost vzduchu.

**Azbest** – zahrnuje několik typů vláknitých minerálních látek. Azbest se používá pro své protipožární a tepelně izolační vlastnosti. Při mechanickém poškození výrobků z azbestu dochází k uvolňování vláken, která se při vdechnutí usazují v plicích. Azbest je karcinogenní látka.

**$\text{CO}_2$**  – oxid uhličitý je bezbarvý plyn, bez chuti nebo zápachu, těžší než vzduch. Je nedýchatelný a ve větších koncentracích způsobuje ztrátu vědomí kvůli acidose (nerovnováha uhličitanu v krvi). Při koncentraci nad 0,1 %, tj. 1000 ppm, se vzduch označuje jako špatný. Pokud koncentrace vzroste nad 0,25 %, tj. 2500 ppm, je škodlivý lidskému organismu.

**Formaldehyd** – bezbarvý, štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Hlavním zdrojem výskytu formaldehydu v interiérech budov jsou stavební materiály, zařizovací předměty (nábytek, koberce), spalování uhlí, kouření. Projevy způsobené formaldehydem jsou dráždění sliznic horních cest dýchacích, kašel, pálení očí, bolesti hlavy, nevolnost a celková únava.

**$\text{NO}_x$**  – především se jedná o oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) a oxid dusný (NO). Hlavním zdrojem NO je automobilová doprava a spalování plynu případně pevných paliv při vaření. Místem působení jsou plíce, kam  $\text{NO}_x$  vnikají přes dolní cesty dýchací. Oxid uhelnatý je nebezpečný v tom, že se váže na hemoglobin a krev není schopna přenášet dostatek kyslíku.

**Odéry** – plyny anorganické či organické vnímané jako pachy nebo vůně. Přímo sice zdraví neohrožují, nicméně snižují koncentraci a hygienickou pohodu.

**Radon** – bezbarvý plyn bez chuti a zápachu. Do budov může pronikat z geologického podloží či stavebních materiálů. Vzniká radioaktivním rozpadem radia a uranu. V souvislosti s hygienou v budovách nás zajímá především radionuklid  $^{222}\text{Rn}$ . Po vdechnutí se rozkládá v tělních tekutinách. Doprovází ho však látky, které se koncentrují v dýchacích cestách a tam ozařují tkáň. Průměrná koncentrace radonu v budovách v ČR je 120 Bq/m<sup>3</sup>. Ve volném prostoru pak 15 - 20 Bq/m<sup>3</sup>.

**SO<sub>2</sub>** – Proniká do budov netěsnostmi v jejich plášti z venkovního prostředí. Dráždí horní cesty dýchací. Větší výskyt koncentrací SO<sub>2</sub> je v oblastech těžkého průmyslu, případně v oblastech, kde se spalují fosilní paliva např. tepelné elektrárny.

**VOC** – organické těkavé sloučeniny. V interiéru se vyskytují v čisticích prostředcích, osvěžovačích vzduchu, nátěrech, barvách a dezinfekčních prostředcích. Způsobují poruchy neurologického charakteru, některé mají karcinogenní účinky.

### 1.3.3 Vizuální podmínky

Vizuální pohoda vzniká tehdy, když může v lidském mozku nerušeně probíhat proces zrakového vnímání. Nesprávné zobrazování barev, nesprávné rozložení jasů, oslňování, nevhodné uspořádání místností apod. omezují proces vnímání. Při nerušeném vnímání jsou naopak optimalizovány základní schopnosti oka, jakým je zrakový výkon, rychlost vnímání a schopnost rozeznávat detaily a různé úrovně jasů (kontrastnost). Přizpůsobení oka různým hladinám osvětlenosti se nazývá adaptace. Oko je schopné přizpůsobit se osvětleností v rozmezí asi od 0,25 lx až do 105 lx (avšak může vnímat ještě asi při  $2 \cdot 10^{-9}$  lx). Zraková nepohoda nevede jen k narušení zrakových funkcí a tím k oční únavě, ale projevuje se nepříznivě v celkové kondici a náladě člověka a v jeho výkonnosti.

Vizuální pohoda závisí také na tom, zda je v oblasti zrakového úkolu dostatečná intenzita osvětlení a zda je tu bráněno vzniku oslnění, ať už přímého, nepřímého, či oslnění denním světlem. Dalšími kritérii jsou barvy světla a teploty chromatičnosti světelných systémů osvětlujících místností. V osvětlovaných místnostech mají být kromě toho dostatečně zachovány podmínky pro vytváření stínů, aby byla zvýšena plastičnost těles a předmětů. Dlouhodobý nedostatek světla negativně ovlivňuje zvláště vyvíjející se organismy, potlačuje dokonce normální vývoj některých orgánů a ovlivňuje chování člověka ve skupinách. Trvalý pobyt v prostředí s velmi nízkými hladinami osvětlenosti vede k narušení srdečních rytmů a podporuje vznik depresivních stavů.

#### 1.3.3.1 Denní

Denní (přirozené) osvětlení čili činitel denní osvětlenosti se značí  $e$  [%]. Minimální hodnota činitele denního osvětlení ve všech bodech místností je 0,5 %. Průměrná hodnota činitele musí být minimálně 2 %. Denní osvětlení je přirozené sluneční osvětlení. Vyskytuje se tedy pouze v průběhu dne mezi východem a západem Slunce. Jedná

se o nestálý zdroj světla (např. s ohledem na konkrétní kalendářní den v roce, oblačnost aj.). Kromě toho je třeba při návrhu denního osvětlení v interiérech budov zachovat zrakovou pohodu člověka jak při přímém slunečním světle, tak i při jasné, polojasné až úplně zatažené obloze.

### 1.3.3.2 Umělé

Umělé osvětlení značení  $E_{pk}$  je v luxech  $[lx]$  a pohybuje se v mezích 100 lx až 1000 lx. Umělé osvětlení slouží k vytváření světelného klimatu v době, kdy není možno využít osvětlení denního. Při výběru umělého osvětlení pro určitý účel se obvykle uplatňují tyto hlavní činitele: zrakový výkon, zraková pohoda a ekonomie.

Požadavek umělého osvětlení v lx	Místo / činnost
50 až 100	celkové nebo odstupňované osvětlení obytné místnosti s místním osvětlením
200 až 500	celkové nebo odstupňované osvětlení pracovních prostorů bez místního osvětlení
200	společné jídlo
300	studium, psaní, kreslení, kuchyňské práce aj.
500	jemné ruční práce
75	komunikace v bytě
100	obytné kuchyně, koupelny, WC

Tabulka 4 – požadavky na umělé osvětlení vybraných prostor

### 1.3.3.3 Sdružené

Sdružené osvětlení je dáno kombinací denního a umělého osvětlení. Při dlouhodobém působení na člověka není v plném rozsahu rovnocenné dennímu osvětlení, ale je mnohem příznivější než umělé osvětlení. Sdružené osvětlení se používá v místech, kde je nedostatečné denní osvětlení a je třeba ho doplnit umělým osvětlením (např. v šatnách, jídelnách, kumbálech, kuchyních, koupelnách a zasedacích místnostech).

### 1.3.4 Akustické podmínky

Zvuk, který na nás působí, může vzniknout např. jako kročejový hluk při chůzi po podlaze a částečně se projevuje jako kmitání vzduchu. Zvuk představuje mechanické kmitání a vlnění média (vzduchu). Jestliže se zvuk nachází ve frekvenčním rozsahu 16 Hz až 16 kHz, pak hovoříme o slyšitelném zvuku (rozsah lidského sluchu). Ve vzduchu se zvuk šíří výhradně podélným vlněním, kdy částice hmoty kmitají ve směru shodném se směrem postupu vlnění. Při šíření zvuku tak dochází k periodickým změnám hustoty

a tedy i tlaku vzduchu. Barometrický tlak vzduchu závisí na nadmořské výšce a mění se jen zvolna v závislosti na stavu atmosféry. Rozdíl mezi barometrickou hodnotou tlaku vzduchu a jeho okamžitou hodnotou při akustickém ději se nazývá akustický tlak  $p$  [dB].

Hladina akustického tlaku  $L$  [dB] je definována vztahem:

$$L = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) [dB]$$

$p_0$  – prahová hodnota akustického tlaku.

Lidský sluch je nejvíce citlivý v oblasti okolo 1000 až 4000 Hz, což v podstatě odpovídá kmitočtovému obsahu lidské řeči.

Mění-li hladina akustického tlaku v čase svoji hodnotu, je to subjektivně vnímáno jako změna hlasitosti či intenzity zvuku. Sledováním takových změn se zabývá hladinová analýza. Při působení zvuku na zdraví má rozhodující vliv celková suma akustické energie, které je člověk dlouhodobě vystaven. Proto se proměnný zvuk hodnotí veličinou, která je označována symbolem  $LA_{eq}$ . Nazývá se ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  (dB). Ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  se vztahuje vždy jen k určitému časovému intervalu (např. 8 hodin) a je definována jako hladina akustického tlaku zvuku ustáleného, který by měl v daném časovém intervalu mít energetický obsah stejný jako daný zvuk proměnný, a tedy i předpokládané stejné škodlivé účinky. Stanoví se jako energetický průměr z hladin akustického tlaku  $A$  vyskytujících se v daném intervalu. Jako ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  je stanovena většina hygienických limitů.

Pro jednotlivé kategorie prostor jsou udávány poměrné hladiny akustického tlaku, které se obvykle pohybují v rozsahu od 25 dB (A) až do 65 dB (A), přičemž nejběžnější hodnotou pro místnosti v rodinném domě jsou kolem 35 dB (A) – v závislosti na velikosti místnosti a počtu osob.

Druh místnosti	Hladina akustického tlaku $LA_{eq}$ [dB (A)]	Doba dozvuku $T$ [s]
obytná místnost / ložnice	35 / 30	0,5
kuchyně / jídelna	35 / 30	1,0
chodba	40	2,0

Tabulka 5 – vybrané hodnoty poměrné hladiny akustického tlaku v rodinném domě

## 2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

Energeticky úsporné domy jsou navrženy a postaveny tak, aby náklady na jejich provoz a užívání byly nižší, než stanovují aktuální platné normy. Mezi náklady na provoz se řadí náklady na vytápění, chlazení domu, větrání, ohřev teplé užitkové vody a spotřebu elektrické energie a vody.

Energeticky úsporné domy se staví z moderních stavebních materiálů, které mají vždy lepší parametry, než stanovují české technické normy (ČSN 73 0540-2). Hlavním sledovaným parametrem je tzv. součinitel prostupu tepla, který vyjadřuje tepelně-izolační vlastnosti konstrukce. Součinitel prostupu tepla udává tepelnou ztrátu konstrukce (ve W) při rozdílu teplot 1 K vztaženou na plochu 1 m<sup>2</sup>. Nízká hodnota součinitele prostupu tepla zaručuje nízkou tepelnou ztrátu konstrukce.

Typ objektu	Charakteristika objektu	Potřeba tepla na vytápění [kWh/m <sup>2</sup> za rok]
domy běžné v 70. - 80. letech	zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	> 200
současná novostavba	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením oken, konstrukce na úrovni požadavků normy	140 - 80
energeticky úsporný dům	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, kombinace řízeného a přirozeného větrání, dobře zateplené konstrukce	80 - 50
nízkoenergetický dům	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	< 50
pasivní dům	pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	< 15
nulový dům, dům s přebytkem tepla	parametry minimálně na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů	< 5

Tabulka 6 – dělení budov podle energetické náročnosti [4]

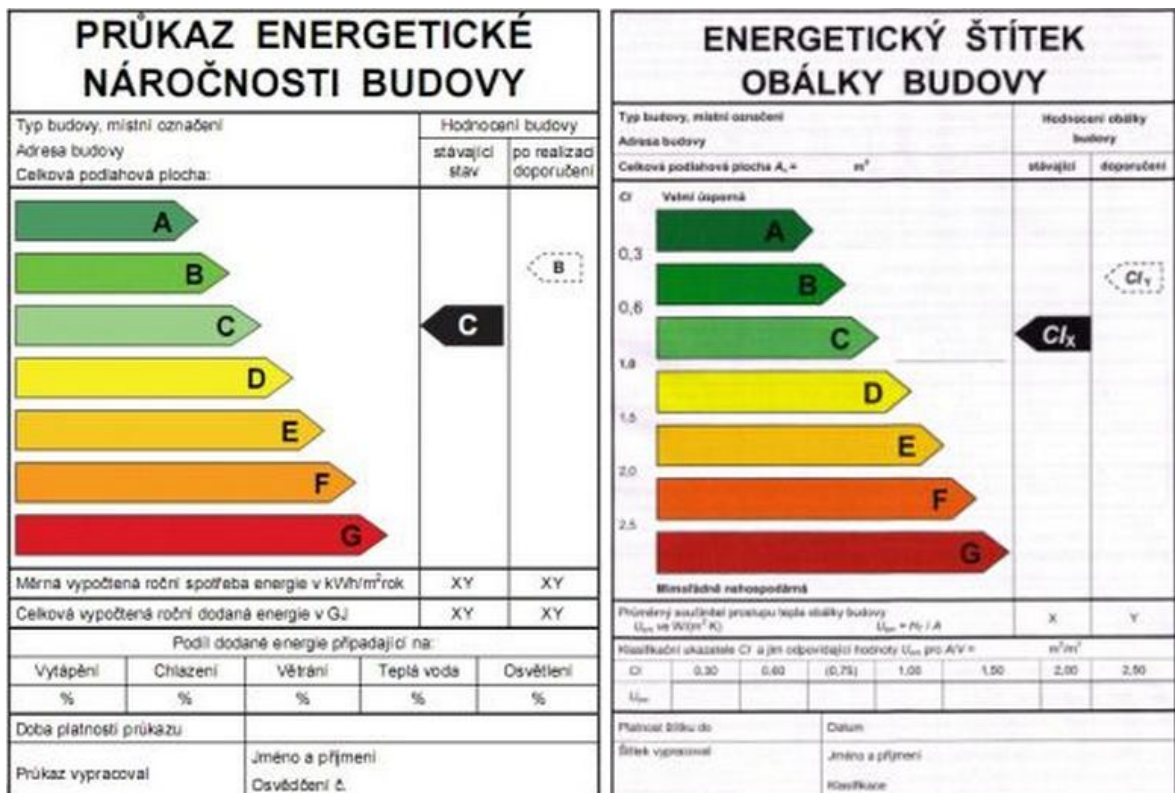
V současné době se tepelně-izolační vlastnosti obálky budovy hodnotí dle hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  a požadované normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$ . Klasifikační ukazatel je získán ze vztahu  $CI = U_{em} / U_{em,N}$ .

Hodnocení je detailně popsáno v normě ČSN 73 0540-2 a rozděluje budovy na sedm kategorií a to A až G (Tabulka 7), kde A představuje velmi úsporné domy a G mimořádně neehospodárné.

Klasifikační třída	Slovní vyjádření třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	Velmi úsporná	0 - 0,5
B	Úsporná	0,5 - 0,75
C	Vyhovující	0,75 - 1
D	Nevyhovující	1 - 1,5
E	Nehospodárná	1,5 - 2
F	Velmi nehospodárná	2 - 2,5
G	Mimořádně nehospodárná	> 2,5

Tabulka 7 – klasifikace budov dle normy ČSN 73 0540-2

Grafická podoba hodnocení energetické úspornosti zastává energetický štítek budovy.



Průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 148/2007 Sb.

Energetický štítek obálky budovy dle ČSN 73 0540-2.

Obrázek 4 – ukázka průkazu energetické náročnosti budovy a energetického štítku obálky budovy [5]

## 2.1 Nízkoenergetický dům

Základním rozlišovacím parametrem nízkoenergetického domu je jeho roční měrná potřeba tepla na vytápění. Ta se u typu nízkoenergetického domu musí pohybovat v rozmezí 15 až 50 kWh/m<sup>2</sup> (v souladu s normou ČSN 73 0540). Takovéto domy umožňují

a hojně používají pokročilou technologii v podobě vzduchotechniky, kterou nelze běžně použít v klasických domech.

Jak uvádí [6], mezi znaky nízkoenergetických domů patří:

- důkladně propracovaný architektonický návrh;
- kompaktní tvar;
- orientace prosklených ploch na jih nebo na jihozápad;
- velmi kvalitní zasklení;
- maximální možná tepelná izolace;
- efektivní řešení tepelných mostů;
- regulace vytápění využívající tepelné zisky;
- strojní větrání s rekuperací tepla;
- spotřeba tepla na vytápění 15 – 50 kWh/m<sup>2</sup>.

Principiálně lze říci, že nízkoenergetický dům odráží standard moderního domu, konstruovaného na základě účelného snížení 60-ti až 75-ti procent potřebné energie na vytápění objektu, které odpovídají u dříve zbudovaných domů.

Jak uvádí [7], lze měrnou spotřebu tepla budovy přepočítat do čitelnější formy – finanční. Roční měrná spotřeba energie na vytápění pro rodinný dům o ploše 150 m<sup>2</sup> se, při aktuálně platných cenách energií, pohybuje u nízkoenergetického domu v rozmezí cca 8.000 – 25.000 Kč, u dříve zbudovaných i běžných novostaveb v rozpětí 26.000 – 75.000 Kč.

## 2.2 Pasivní dům

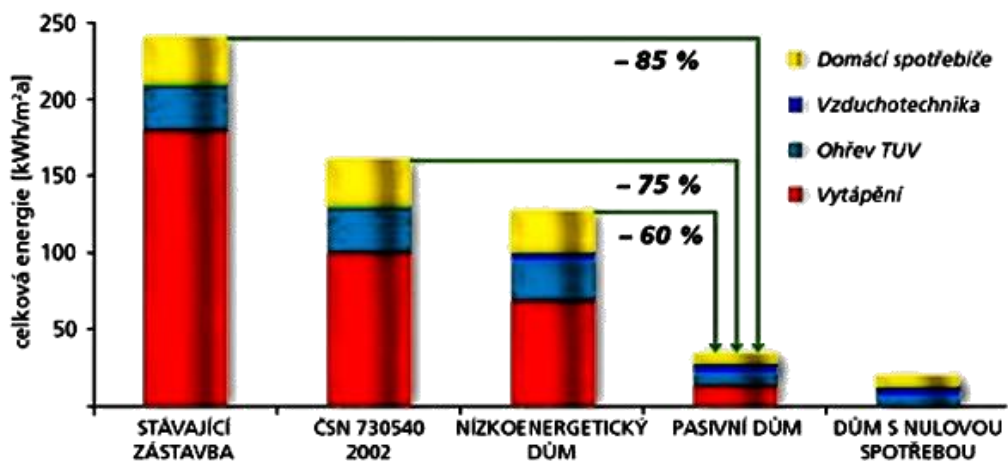
Za energeticky pasivní dům se označuje nízkoenergetický dům, který splňuje roční měrnou potřebu tepla na vytápění v rozmezí 5 až 15 kWh/m<sup>2</sup>. Vždy nese všechny znaky nízkoenergetického domu, a jak uvádí [7], mezi další, pro pasivní domy specifické, znaky patří:

- celková neprůvzdušnost domu  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ ;
- celková potřeba neobnovitelné energie za rok  $< 120 \text{ kWh/m}^2$ ;
- důsledné řešení tepelných mostů;
- spotřeba tepla na vytápění 5 – 15 kWh/m<sup>2</sup>.

Velmi nízké spotřeby tepla na vytápění je dosaženo zabráněním úniku tepla z budovy, akumulací solárních zisků přes otvorové výplně, vysokou rekuperací odvodního vzduchu

a velmi významného získávání energie ze slunce a vnitřních zdrojů. Požadavky na okna a rámy jsou vysoké (izolační trojskla včetně vhodného umístění) se součiniteli prostupu tepla  $U_k \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , stejně tak požadavky na těsnost obvodového pláště. Nízká spotřeba tepla pasivních rodinných domů je závislá na míře užití obnovitelných zdrojů energií jako jsou solární systémy pro ohřev užitkové vody, fotovoltaických článků na výrobu elektrické energie a tepelných čerpadel pro chlazení/vytápění.

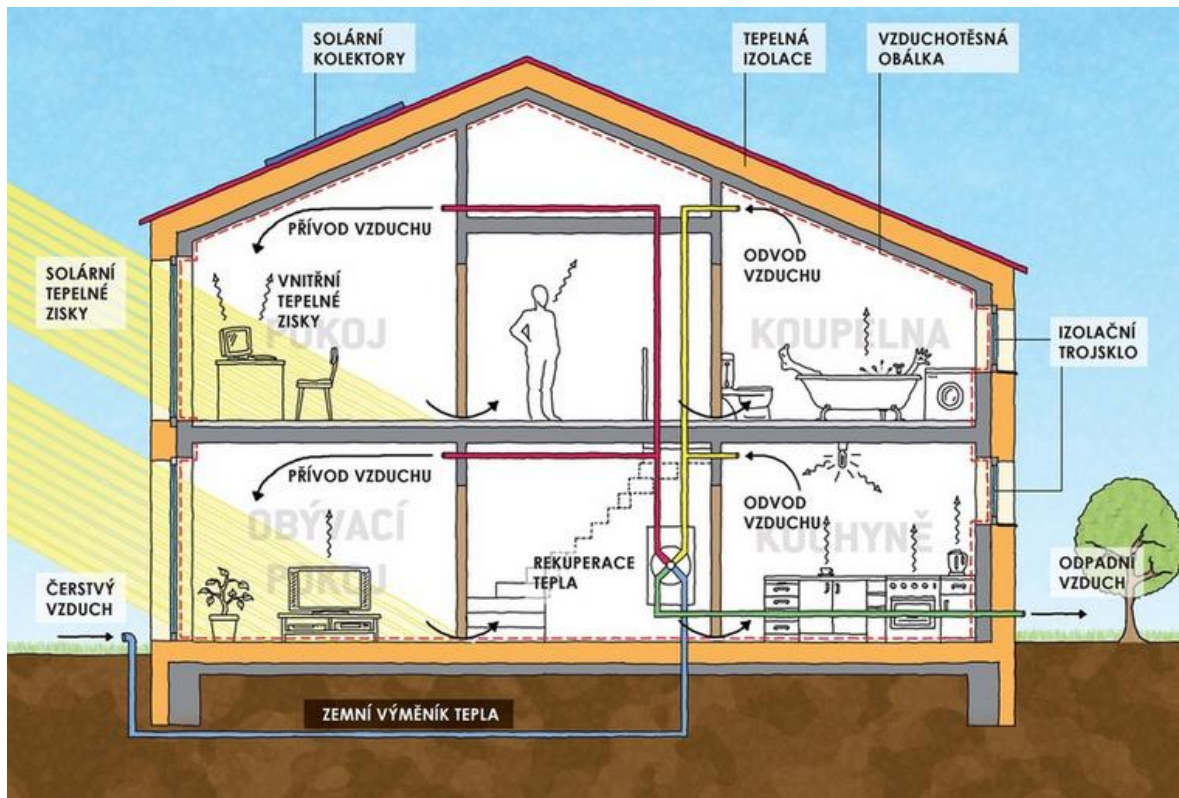
Jak uvádí [8], lze principiálně říci, že energeticky pasivní dům odráží nadstandard moderního domu, konstruovaného na základě účelného snížení 85-ti až 90-ti procent potřebné energie na vytápění objektu, které odpovídají u dříve zbudovaných domů. Oproti klasickým novostavbám splňujících aktuální národní normy a předpisy jde o úsporu až 75%.



Obrázek 5 – grafické znázornění energetické náročnosti budov [8]

Roční měrná spotřeba energie na vytápění pro rodinný dům o ploše  $150 \text{ m}^2$  je, z finančního hlediska podle [7], při aktuálně platných cenách energií, v mezích 600 – 6.000 Kč.





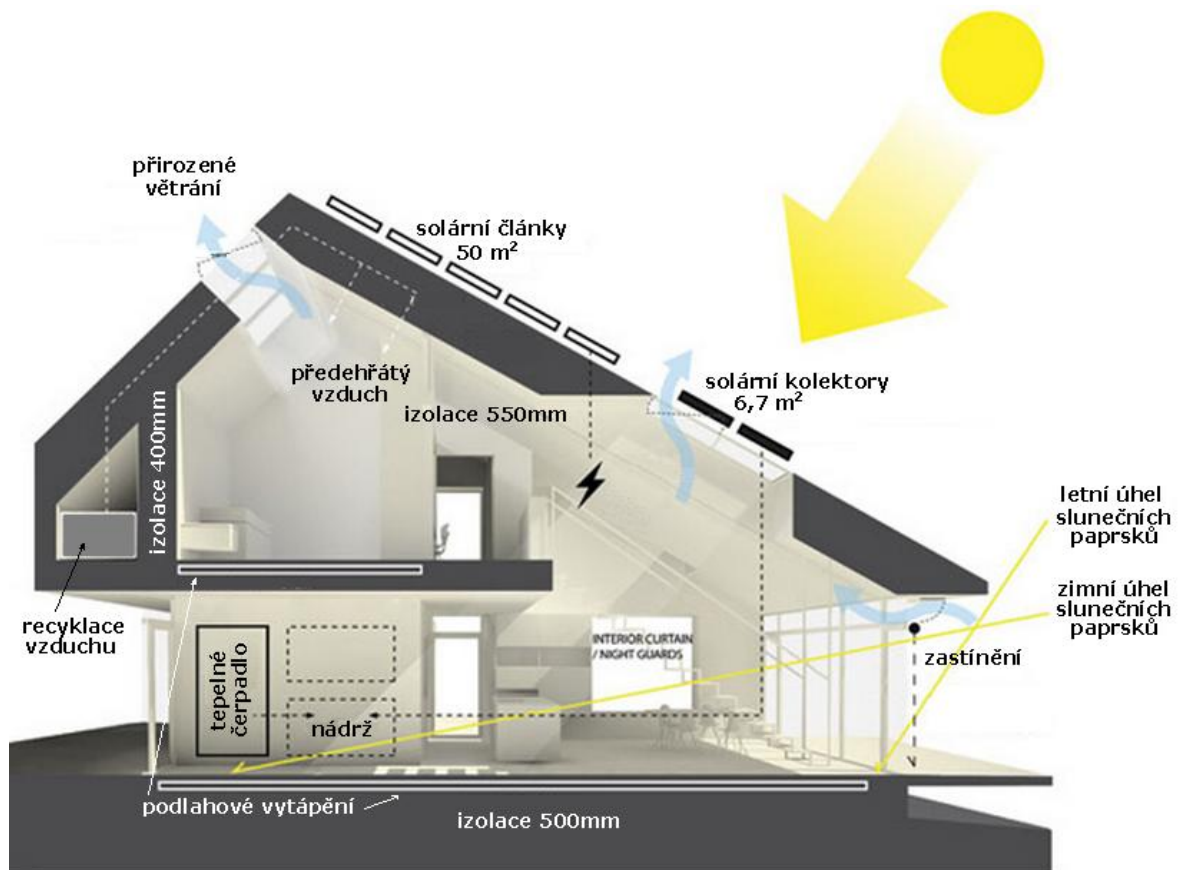
Obrázek 6 – schematické znázornění energetických zisků pasivního domu [9]

### 2.3 Dům s nulovou spotřebou

Tento typ domů nese vícero názvosloví (nulový dům; dům s téměř nulovou spotřebou; dům s nulovou spotřebou; energeticky aktivní dům), ale vždy vyjadřuje shodné. Jde o nízkoenergetickou stavbu, jejíž roční měrná potřeba tepla na vytápění nepřevyšuje  $5 \text{ kWh/m}^2$ .

Na domy tohoto typu je vždy důležité mít příhodné podmínky. Principiálně jde o nízkoenergetický dům s dostatečně velikou integrací fotovoltaických a solárních systémů, rekuperačních systémů, tepelných čerpadel a velmi kvalitně tepelně zaizolovaných konstrukcí.

U takto vystavěných domů se neuvažuje spotřeba tepla na vytápění, která je pro pasivní dům určující. Je brán zřetel na celkovou provozní potřebu energie, která je spočtena jako energie získaná z obnovitelných zdrojů a z ní odečtená spotřeba energie vyrobená z neobnovitelných zdrojů. Tímto lze relativně snadno docílit nulové, nebo záporné spotřeby. Nulový dům tak reálně nemusí odpovídat požadavkům pasivního domu.



Obrázek 7 – princip aktivního domu s využitím maximální sluneční energie

## 2.4 Nová generace energeticky úsporných domů

„V souvislosti s novým zněním Evropské směrnice o energetické náročnosti budov EPBD (přepracování), 2010, je jistě potřebné diskutovat o další generaci budov s minimalizovanou potřebou energie“, [10].

Jak uvádí [10], tabulka ukazuje pravděpodobné nástupce nové generace energeticky úsporných budov opírající se o studie [11]. Jsou brány v potaz obvyklé požadavky na stav vnitřního prostředí (bytové stavby a rodinné domy s vnitřní teplotou v rozmezí 18 – 22°C), přičemž jako referenční budova je brána budova pasivní. Uvedené členění není ještě schváleno, je nutná diskuze s odborníky, avšak z hlediska vývoje by měla korespondovat.

[10] pracovně člení reprezentanty nové generace energeticky úsporných budov do skupin:

- „energeticky nulové budovy;
- energeticky pozitivní budovy;
- budovy jako součásti energeticky nulové nebo energeticky pozitivní městské čtvrti (města);

- budovy se zvýšenou energetickou soběstačností;
- budovy energeticky nezávislé;
- vhodné kombinace předchozích;
- další, dosud neznámá řešení.“

Z uvedených souvislostí je patrné, že se předpokládá udržení úrovně pasivních budov s možnou případnou odchylkou.

Typ budovy	Základní popis	Základní kritéria			
		Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $W/(m^2K)$	Měrná potřeba tepla na vytápění $kWh/m^2$	Měrná spotřeba primární energie $kWh/m^2$	Další
Pasivní budova	Standardní řešení – jako referenční	Podle ČSN 73 0540-2 (2011) <sup>6)</sup>	$\leq 15$ ( $\leq 20$ pro rodinné domy)	$\leq 60$ pro obytné budovy <sup>1)</sup> $\leq 120$ pro neobytné budovy <sup>1)</sup>	
Energeticky nulová budova	Individuální řešení	Požadavek pro pasivní budovu	Požadavek jako pro pasivní budovu, nejvýše o 20 % vyšší, pokud odborně zdůvodněné nejde lepší hodnoty dosáhnout	$\leq 0$ pro všechny budovy <sup>1)</sup>	
Budova blízká budově energeticky nulové				$\leq 30$ pro obytné budovy <sup>6) 7)</sup> $\leq 90$ pro neobytné budovy <sup>6) 7)</sup>	
Energeticky pozitivní budova				$\leq 0$ pro všechny budovy <sup>1)</sup> a současně do bilance zahrnutá energetická produkce převyšuje energetickou potřebu alespoň o 10 % <sup>2)</sup>	
Úsporná budova v nulovém souboru budov (energeticky pozitivním souboru budov)	Individuální řešení v kontextu s okolím			Požadavek jako pro pasivní budovu a současně společný bilanční výpočet souboru budov a produkce je nulový (nebo lepší) <sup>3)</sup>	
Budova se zvýšenou energetickou nezávislostí	Individuální řešení	Požadavek pro pasivní budovu a lepší		Požadavek pro pasivní budovu a lepší	Dodávaná energie není nulová v každém okamžiku <sup>4)</sup> Budova je za výpočtových provozních podmínek schopna provozu alespoň krátkodobě nezávisle na dodávkách energie z vnějšku. Délka takového časového úseku musí být udána.
Budova energeticky nezávislá (soběstačná)					Dodávaná energie je nulová v každém okamžiku <sup>4)</sup> Budova je za výpočtových provozních podmínek schopna provozu dlouhodobě nezávisle na dodávkách energie z vnějšku.

1) Do bilance se zahrnují všechny energetické služby sloužící zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí vytápění, chlazení, větrání, příprava teplé vody, umělé osvětlení, včetně pomocné elektrické energie s těmito službami spojené). Uživatelská elektrická energie se nezahrnuje.

2) Formální úprava, aby bylo nastaveno zřetelně odlišné kritérium od bilanční nuly.

3) Výpočet se provede pro celý posuzovaný soubor budov dohromady.

4) Dodávanou energii (*delivered energy*) není energie slunečního záření, energie hrominového prostředí a energie větrná. Dodávanou energii je ta, kterou je třeba kupovat, tedy například i další druhy obnovitelné energie, jako je biomasa a dálkové teplo pocházející z obnovitelných zdrojů nebo produkované jako teplo odpadní.

5) Možné uvažovat včetně uživatelské elektrické energie (zatím nedosažitelné jako plošně platný požadavek). Tento přístup může být atraktivní pro individuální investory a může být předmětem zvýšené veřejné podpory (daňové zvýhodnění, dotace).

6) Podrobněji v: Tywoniak, J. a kolektiv: Nová generace energeticky úsporných budov. Studie zpracovaná v rámci projektu 122 142 0506 MPO Efekt na ČVUT v Praze, 2011

7) Při hodnocení včetně uživatelské elektrické energie se hodnoty zvyšují na 80 pro obytné budovy a 120 pro neobytné. Tyto konkrétní údaje budou předmětem dalších studií.

Tabulka 8 – zástupci nové generace energeticky úsporných budov (klasifikace) v porovnání s referenční (pasivní) budovou [10]

## 2.5 Zásady výstavby energeticky úsporných domů

V souvislosti se zamýšlenou rekonstrukcí či výstavbou energeticky úsporného domu je třeba vzít v potaz, jakou úsporu má dům přinášet. Podle druhu energeticky úsporného domu je třeba projekt pečlivě připravit a dodržovat při tom určitá pravidla.

### 2.5.1 Optimalizace projektu

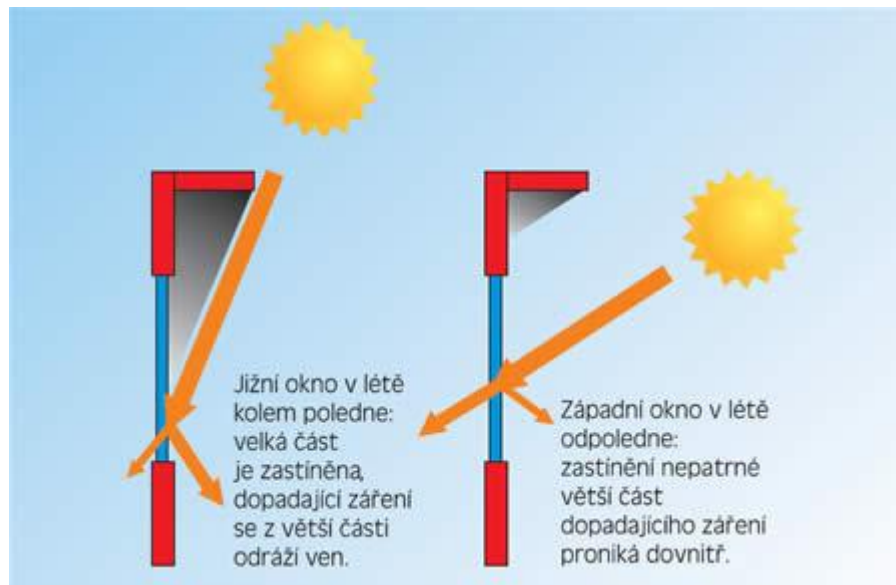
V budově se energie nespoteřovává jen na vytápění, ale také na ohřev teplé vody a provoz elektrospotřebičů. Se snižováním nákladů na vytápění roste význam spotřeby ostatních energií.

Do popředí se tak dostává nejenom kvalita izolace obálky budovy, ale také vhodná volba zdroje tepla a elektrické energie. Z hlediska investičních a následných provozních nákladů se vyplatí vypracovaná celková optimalizace projektu domu, která bere v potaz i dlouhodobý a budoucí vývoj cen užitých domem odebíraných energií. Optimalizace projektu je nepostradatelným statistickým nástrojem pro zhodnocení celkového projektu.

„Optimalizací projektu můžeme dosáhnout toho, že navýšení ceny nepřesáhne 10%.“ [5]

### 2.5.2 Volba lokace

Pro nízkoenergetické budovy jsou hlavní složkou pasivní solární zisky, které se do interiéru dostanou skrze prosklené plochy. Většina prosklených ploch by tak měla být orientována především na jih, případně jihovýchod, nebo jihozápad. Při návrhu těchto ploch musí být brána na zřetel možnost přehřívání interiéru v letním období. V případě jižně orientovaných ploch se lze vyvarovat markýzami nad okny případně doplněné o venkovní žaluzie. V případě západních či východních stěn vyjde nejlépe opatřit okna venkovními žaluziemi. Letní slunce má i nad obzorem dostatečnou sílu na to, aby v případě nekrytí došlo k přehřátí. Na severní stěně se okenní výplně příliš nedoporučují z důvodu velkých ztrát a malých zisků.



Obrázek 8 – ukázka jižního a západního zasklení [5]

Okolní objekty a výrazné přírodní prvky by měly poskytovat dostatek soukromí, avšak neměly by zastínovat a bránit tak dopadu slunečního záření. Velmi vhodné je volit výběr polohy domu tak, aby byl dům chráněn před větrem. Předchází se tak ochlazování obvodového zdiva a tím i zvyšování jeho ztrát či zisků z hlediska možného průniku dovnitř domu.

Pro domy chráněné zemí je volba místa klíčovou podmínkou pro jeho správné fungování.

### 2.5.3 Tvar a dispozice domu

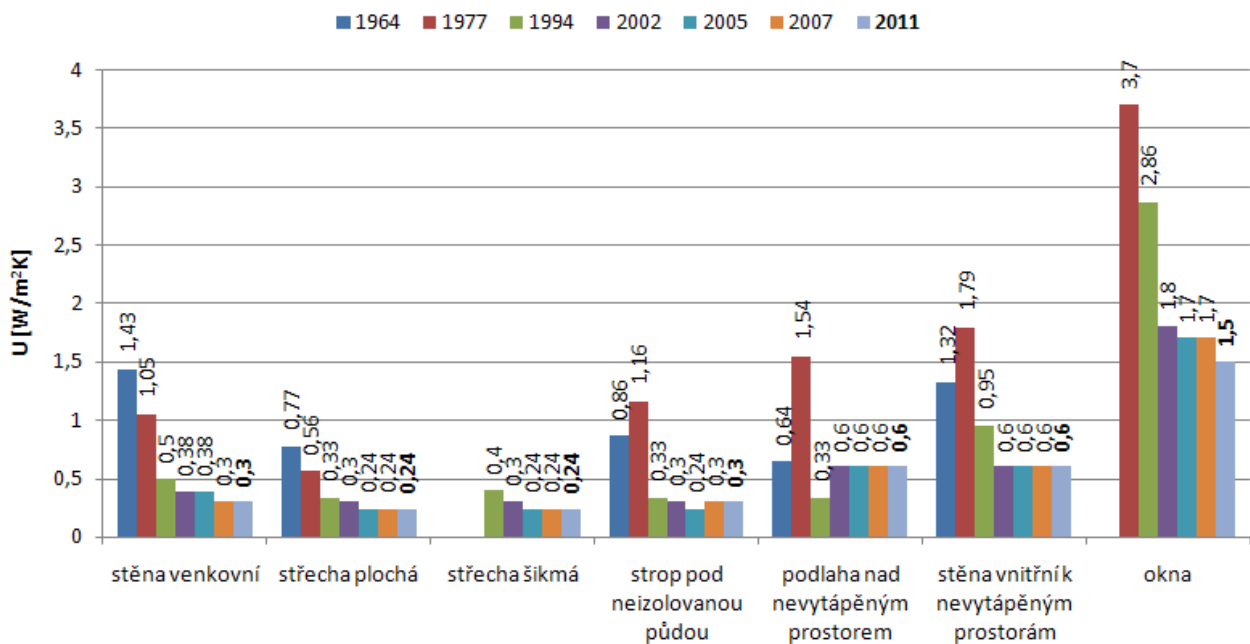
Jak uvádí [12], tvar energeticky úsporného domu by měl být co možná nejkompaktnější. Kompaktnost se skrývá v co nejmenším poměru plochy vůči objemu budovy. Zvyšování ploch stěn vůči celkovému objemu budovy je vždy potřeba kompenzovat větší vrstvou tepelné izolace s čímž jsou spojeny i vyšší náklady. Nízkoenergetický dům by tak neměl mít tvar přízemního, půdorysně rozlehlého, či domu s násobnými výstupky. V případě nevhodného tvaru vzniká velké množství ochlazovaných ploch a tepelných mostů. V případě výstavby nevytápěných prostor (garáže, dílna, komora apod.) je vhodné jejich umístění na severní straně. Tvoří nárazovou zónu a zároveň nebrání průchodu solárních zisků.

### 2.5.4 Konstrukce domu

Klíčovým prvkem nízkoenergetického domu jsou jeho konstrukce. Ty se podle firem a výrobců liší, avšak vždy musí být velmi důkladně izolované.



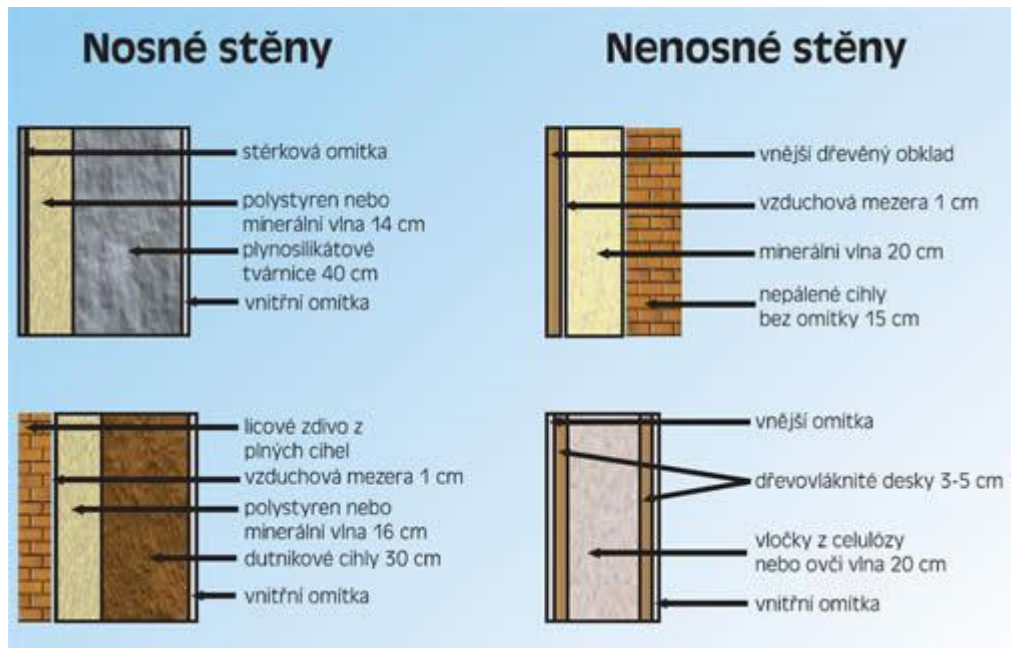
Tloušťka izolace může dosahovat až 50 cm. Zaizolovány musí být jednak veškeré zdi a krovy sousedící s exteriérem, i vnitřní příčky sousedící s nevytápěnými prostory i podlahy a stěny přilehlé k terénu. Chránění domu pouhým zapuštěním do terénu je pro nízkoenergetické domy nepřijatelné. V případě užití podlahového vytápění na zemině je třeba tuto podlahu izolovat o to důkladněji, aby nedocházelo k vytápění zeminy pod domem [5].



Graf 1 – vývoj požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla (ČSN 73 0540)

### 2.5.5 Stěny

Podle [12] neexistuje pro nízkoenergetický dům pouze jediný možný (až ideální) konstrukční systém. Nejdůležitější je celkově dobrá izolace stěny a to i v místech tepelných mostů. Je-li požadavek na dostatečnou izolaci a přitom tloušťka nesmí přesáhnout 50 cm, nelze takto zbudovat stěnu pouze z cihel či tvárnic (byť by byly termo-izolační). Takováto zeď by sice teoreticky mohla vyhovovat požadavkům normy, avšak pro nízkoenergetický dům je nepostačující. Největšího efektu lze dosáhnout použitím co možná nejtenčího nosného zdiva (24 – 30 cm u dutinových cihel) s tepelnou izolací.



Obrázek 9 – příklady stěn nízkoenergetických domů se součinitelem prostupu tepla  $U < 0,2\text{W/m}^2\text{K}$  [5]

Pro stěny nepřesahující 50 cm se s výhodou využívá dřevostaveb, které umožňují například izolaci i mezi nosnými sloupy. Venkovní i vnitřní plášť může být ze dřeva či desek nesoucích omítku. Pro zvýšení akumulární schopnosti [5] uvádí, že lze použít masivnějších omítek nebo tenkou přízdívku.

Stěny domu nemusí mít nutně vždy nosnou funkci. Dům může být vytvořen nosným železobetonovým skeletem z vnitřních zdí a stropů, který může nést venkovní stěny. V tomto případě odpadají potíže s řešením tepelných mostů způsobené nosnými prvky v obvodových stěnách.

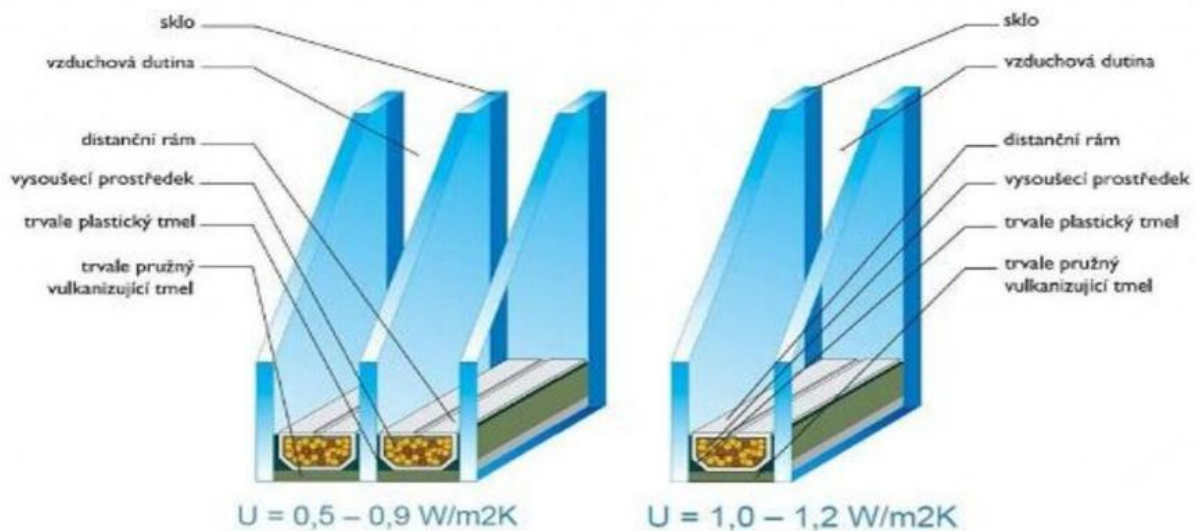
### 2.5.6 Okna

Nízkoenergetický dům se vyznačuje hojným užitím prosklených ploch z důvodu solárních zisků. Toto zasklení musí být provedeno velmi kvalitně, doporučení je izolační dvojsklo, trojsklo, nebo systém, ve kterém je prostřední tabule skla nahrazena za odrazovou fólii (pro stavby lehčí – má menší hmotnost). Mezi skly obvykle nebývá vzduch, ale vzácné plyny, které mají lepší tepelně-izolační vlastnosti. Nevýhodou těchto oken je postupné samovolné unikání vzácného plynu, jeho nahrazování vzduchem a tak snižování tepelně-izolační vlastnosti, a jejich vyšší pořizovací cena.

Součástí oken bývá selektivní vrstva, která funguje jako polopropustné zrcadlo. Dovnitř projde sluneční záření, tam se promění na teplo a to již ven neprojde.

Z důvodů těsnosti domu a kvůli užití nuceného strojního větrání nemusí být všechna okna v domě otevíratelná. Je však pravidlem, aby alespoň jedno v místnosti bylo možné otevřít (v případě nefunkčnosti vzduchotechniky).

Vliv na kvalitu okna má i distanční rámeček mezi skly, který vždy tvoří tepelný most. Je vhodné, aby byl zasazen v okenním rámu hlouběji. [5]

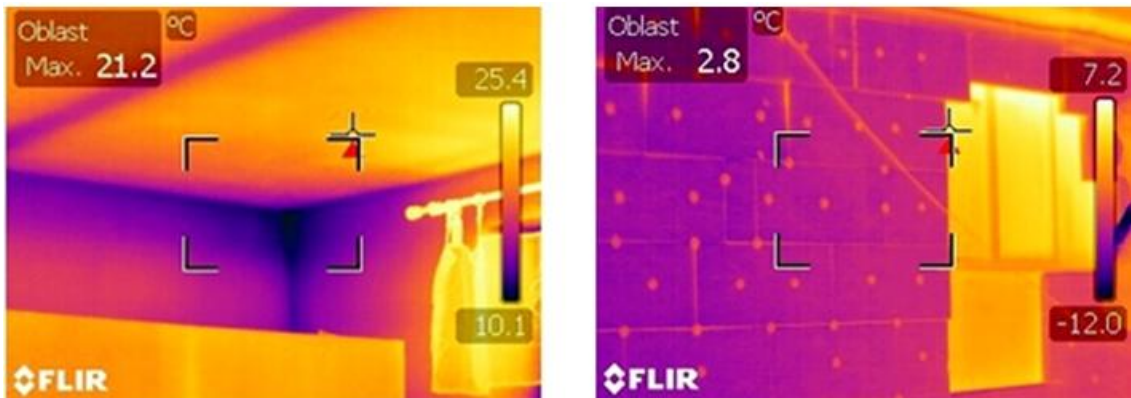


Obrázek 10 – příklad izolačního trojskla a dvojskla se součinitelem prostupu tepla [13]

### 2.5.7 Tepelné vazby a tepelné mosty

[5] uvádí, že na spotřebu tepla u nízkoenergetických domů mají velký vliv tepelné vazby a tepelné mosty. To je dáno především velmi dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi konstrukcí. Tepelné vazby jsou místa, kde se stýkají dvě konstrukce a tvoří kout. Naproti tomu tepelný most vzniká na místech, kde je konstrukce či izolace zeslabena. Vzhledem k faktu, že ztráty těmito místy tvoří až několik desítek procent celkové ztráty prostupem tepla, je třeba dbát na dodržování technologických postupů při stavbě. Jde především o napojení tepelných izolací s okenním rámem, napojení izolací stěn a střech apod.





Obrázek 11 – příklad tepelné vazby a tepelného mostu [14]

### 2.5.8 Těsnost budovy

Do domu nesmí nikudy pronikat nežádoucí vzduch, ať už spárami ve stěnách, ze sklepa a půdy, otevřeným krbem, digestoří, nebo okolo oken či okolo dveří. Spotřeba energie budovy by bez podmínky těsnosti budovy vzrostla, v některých případech by mohla způsobit uživateli nepříjemné prostředí. [5]

Pro zjišťování těsnosti budovy se používá tzv. „blower-door“ testu. Jak název napovídá, jde o umístění ventilátoru do vstupních dveří, přičemž se ve všech místnostech uzavrou dveře, okna, komínové průduchy a jiné otvory. Kolem zbývající části dveří, ve kterých je umístěn ventilátor, se nainstaluje fólie. Ventilátor odsává vzduch z domu a následně se provádí měření rozdílů tlaku uvnitř a vně. V případě netěsností vzduch vnikne do vnitřních prostor. Nalezení netěsností je extrémně náročné.



Obrázek 12 – blower-door test

### 2.5.9 Větrání

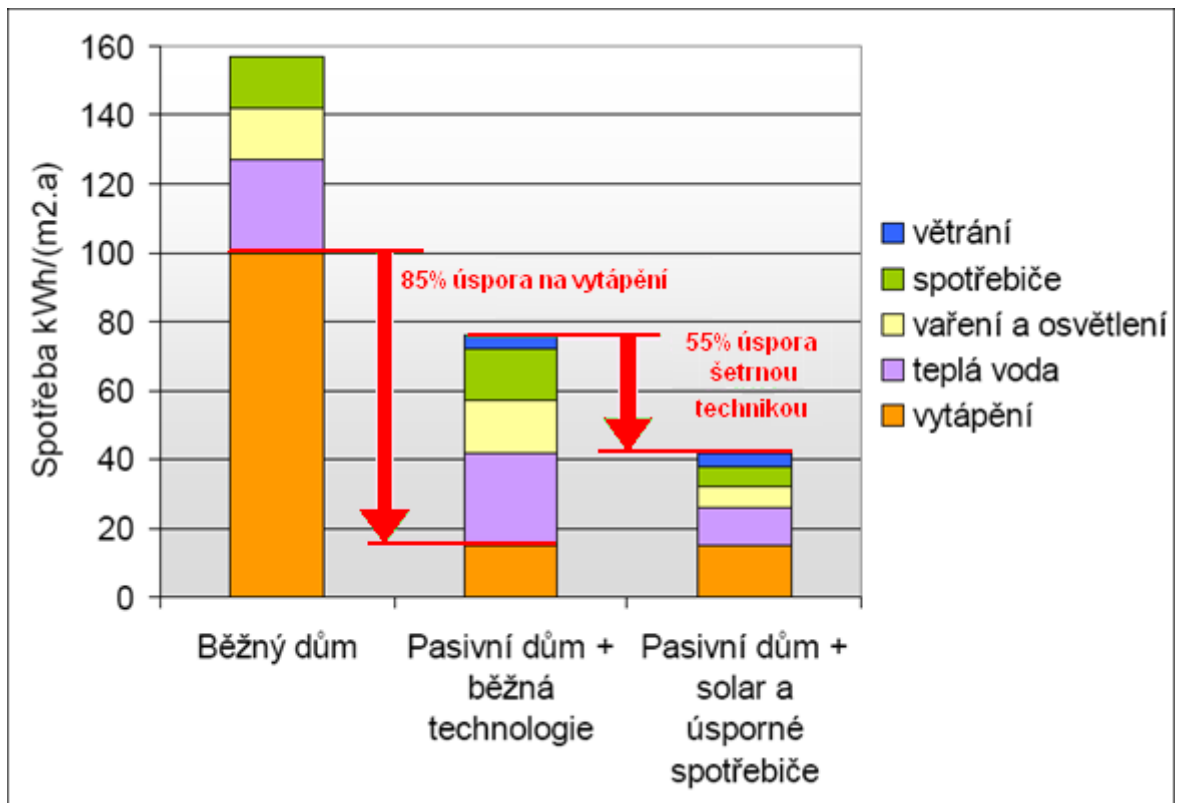
Na ohřev větracího vzduchu u běžných domů připadá přibližně 30% celkové spotřeby. Platí, že čím je vyšší kvalita izolace, tím je podíl celkové spotřeby vyšší.

[12] prezentuje, že se větrání navrhuje takovým způsobem, aby byl splněn buď požadavek intenzity výměny vzduchu, který je obvykle 0,3 až 0,5 objemu obytných místností (případně 1,5 u koupelen a toalet) za hodinu; nebo přívod čerstvého vzduchu v míře 30 až 50 m<sup>3</sup> na osobu. Je důležité zajistit, aby i v nepřítomnosti osob v domě docházelo k odvodu vlhkostí a škodlivin z interiérového vybavení alespoň 0,1 objemu místnosti za hodinu. Z tohoto důvodu nízkoenergetické domy mají nucené čili strojní větrání. Tímto způsobem je vždy zaručen dostatečný přívod čerstvého vzduchu bez nutnosti mechanického otevírání oken. Další výhodou je možnost filtrace a vlhčení přívodního vzduchu, který zvyšuje celkový komfort a snižuje prašnost v domě. Strojní větrání může posloužit i jako rozvaděč tepla z teplejších částí domu do chladnějších.

Vzájemnou rekuperací ve výměnících čerstvého přívodního a vnitřního odsávaného se dociluje snížením ztrát (v zimním období) a zisků (v letním období) větráním. Rekuperace může být nahrazena tepelným čerpadlem. Nevýhodou je vyšší cena, výhodou je vyšší účinnost.

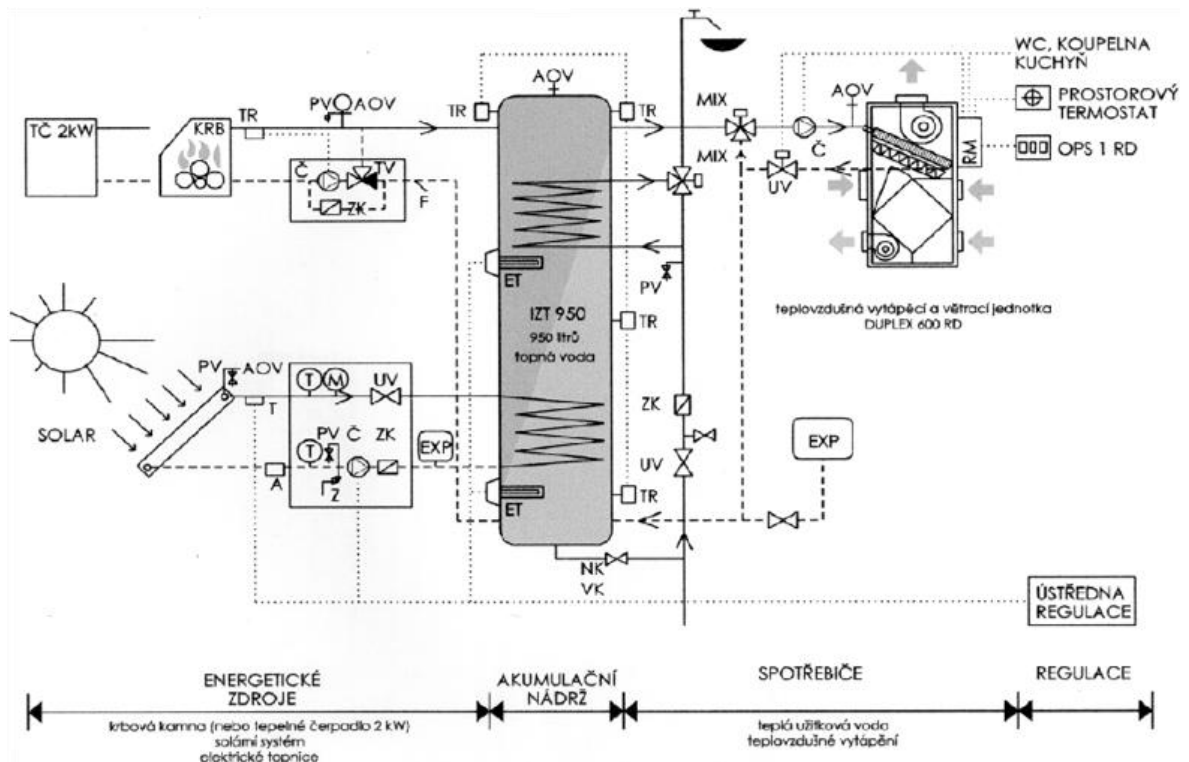
### 3 ÚSPORNÉ ZDROJE ENERGIE PRO RD

Jsou-li použity stejné spotřebiče a zdroj ohřevu teplé vody u nízkoenergetického domu a běžného domu, náklady na vytápění u nízkoenergetického domu tvoří 20 % a většinu tvoří ostatní náklady (jak ukazuje graf).



Graf 2 – „porovnání domů s různými standardy a technickou výbavou. Solárními kolektory a úspornými spotřebiči lze ušetřit až 50 % nákladů mimo vytápění a další úspory poskytuje fotovoltaika, zdroje na biomasu nebo tepelné čerpadla.“ [15]

Nejvýhodnější z hlediska energetiky je samozřejmě kombinace několika možných úsporných zdrojů energií. Vhodné kombinace zdrojů jsou z hlediska počáteční investice nákladné, avšak následné provozní náklady mohou být výrazně nižší. Některé úsporné zdroje, jakými jsou solární systémy na ohřev teplé vody, jsou silně závislé na okolních podmínkách. Je tedy nutné je doplnit o takzvaný bivalentní zdroj, který je k dispozici neustále.



Obrázek 13 – zapojení kamen/TČ a solárních kolektorů do systému nuceného větrání s rekuperací a teplovzdušným vytápěním

### 3.1 Kotel na biomasu

Pojem biomasa prezentuje kusové dřevo, dřevní odpad (kůra, štěpka, piliny, hobliny), slámu, suché části rostlin pěstovaných pro účel spalování (topol, vrba, šřavel, konopí apod.). Spaluje se nejčastěji v podobě briket a pelet. Výhodou biomasy je, že jde o obnovitelný zdroj energie s minimálními negativními účinky na životní prostředí – za předpokladu správného spalování v kotlích na biomasu. Biomasa má nulovou produkci oxidu uhličitého, z důvodu uvolnění stejného množství  $\text{CO}_2$ , které navázala během svého života. Velmi ekonomické a ekologické řešení je spojení energeticky úsporného domu s uvedeným obnovitelným zdrojem.



Obrázek 14 – kotel na biomasu [16].

Moderní kotle na biomasu přispívají k tomu, aby se využilo co největší množství energie. Nejvýhodnější se jeví kotle na biomasu ve spojení s akumulací 1 až 5 m<sup>3</sup>, kde po nabití akumulčních zásobníků během jednoho topného cyklu získáme zásobu teplé vody až na týden. Dodávku topné vody komfortně řídí regulace.

[16] uvádí výhody kotlů na biomasu:

- nízké provozní náklady;
- dotace na pořízení;
- nezávislost na dodavatelích energií;
- plně automatické podávání paliva (peletek);
- účinnost až 95 %.

Vytápění rodinných domů, i nízkoenergetických, kotlem na biomasu má sice vyšší pořizovací cenu, která se však vrátí v levnějších nákladech na vytápění. Kotel je plně automatický a i na několik týdnů není nutný zásah uživatele. Na pořízení lze čerpat dotaci. Při použití vysoce účinných kotlů, jejich dlouhé životnosti a nízké ceny pelet je návratnost investice velmi rychlá.

### 3.2 Plynový kondenzační kotel

Při každém spalování vznikají vodní páry, které u běžných plynových spotřebičů odcházejí ve spalinách bez užitku do atmosféry. Kondenzační kotle využívají energie uschované

v těchto vodních parách tak, že (v rámci své konstrukce) umožňují kondenzaci velké části vodních par. Takto odeberou uvolněné teplo a zpětně ho používají k ohřevu vody v topném systému. Použití je možná pouze u systému s nízkoteplotním spádem, který bývá standardem v nízkoenergetických domech. Tímto způsobem lze dosáhnout vysoké účinnosti.

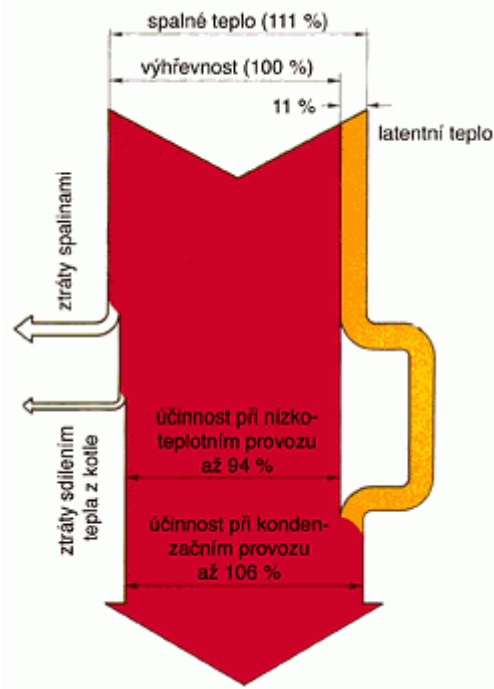
Jak hovoří [17], kondenzační kotel je navržen pro kondenzační provoz, to znamená, že přímo v kotli dochází ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalinách (kondenzát musí být z kotle trvale odváděn). Teplosměnná plocha je vyráběna z nerezové oceli či hliníko-hořčíkové slitiny z důvodu odolnosti vůči korozi.

Využitím kondenzačního tepla se snižuje spotřeba plynu. Teplota spalin se pohybuje mezi 40°C a 90°C v závislosti na teplotě vody vstupní tepelné soustavy a okamžitém vytížení kotle. Z důvodu nízké teploty spalin je u kondenzačních kotlů nedostatečný tah v komínu. Je tak třeba zajistit bezpečný odvod spalin spalínovým nebo vzduchovým ventilátorem. Spaliny vstupující do komína jsou mokré, a proto je třeba konstrukci komínů navrhovat odolnou vůči vlhkosti a vnitřnímu přetlaku.

„Průměrná účinnost kotle bývá podle okamžitého provozního stavu 96 % až 104 %“, uvádí [17], oproti nízkoteplotnímu kotli s účinností 93 % a teplotou spalin 90°C až 140°C či standardnímu kotli s účinností 91 % a teplotou spalin 120°C až 190°C. V porovnání s ostatními kotli mají kondenzační o 15 % (a často i více) vyšší účinnost a lze ušetřit až 25 % nákladů na vytápění.

Do kotle vstupuje plyn s plným energetickým obsahem daným spalným teplem, které je o 11 % vyšší, než jeho výhřevnost. Jde o takzvané latentní teplo. Po spálení plynu dochází ke ztrátám, které odchází v podobě spalin a v podobě sdílení tepla z povrchu kotle. Při spalování zemního plynu v nízkoteplotním kotli se využije pouze teplo dané výhřevností snížené o uvedené ztráty a jeho účinnost je 94 %. V kondenzačním kotli jsou uvedené ztráty, s ohledem na nižší teplotu spalin, nižší. Účinnost je limitována hodnotou 106 %, [18].

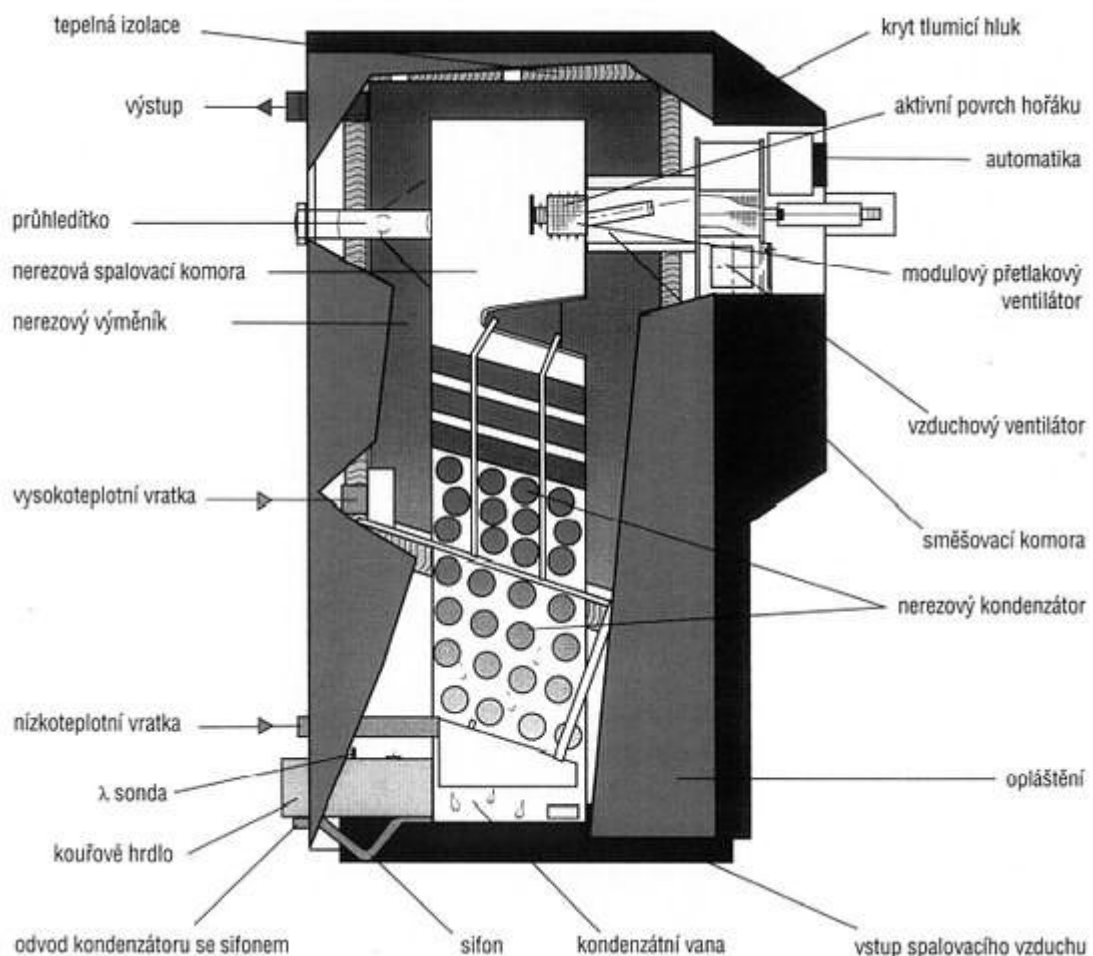
Využití energie ze zemního plynu při spalování a kondenzaci je vyjádřeno na obrázku níže.



Obrázek 15 – tok tepla [17]

Jak uvádí [19], kondenzační kotle mají koncepci protiproudých výměníků tepla, které jsou schopny snížit teplotu výstupních spalin na 5 až 10 Kelvin nad teplotu vody vystupující z kotle (zpátečky). Teplota zplodin je provázána s teplotou zpátečky. Kondenzační plynové kotle jsou nejčastěji osazovány přetlakovým hořákem. V případě osazení atmosférickým hořákem s předsměšování směsi, mají výše zmiňované odtahové ventilátory. Kondenzační kotle je možné rozlišovat podle způsobu řízení tepelného výkonu nebo způsobu řízení spalování. Řízení hořáku je obvykle provedeno spojitě v rozsahu 25 až 100 %.

Pro dosažení nejvyšší účinnosti kondenzačního kotle je důležité udržovat součinitele přebytku vzduchu  $\lambda$  na nejnižší stálé hodnotě. Řízení průtoku spalovacího vzduchu (respektive směšovacího poměru vzduch-plyn) se musí provádět v závislosti na průtoku plynu, který je řízen ekvitermickým kotlovým regulátorem v závislosti na teplotě zpětné vody a vytápěcí křivce. Kvalitní kotle obsahují  $\lambda$  sondu, která kontroluje součinitele přebytku vzduchu a napomáhá k jemné změně směšovacího poměru vzduch-plyn, [19].



Obrázek 16 – řez kondenzačním kotlem [19]

### 3.3 Tepelné čerpadlo

V zemi, vodě, i vzduchu je obsaženo jisté množství tepla, které však má nízkou teplotní hladinu pro přímý ohřev či vytápění. V případě využití nízkopotenciálních zdrojů tepla musíme látku o nízké teplotě převést na teplotu vyšší. To nám zajišťuje tepelné čerpadlo. Prakticky dochází k předání tepelné energie z jedné látky do látky další.

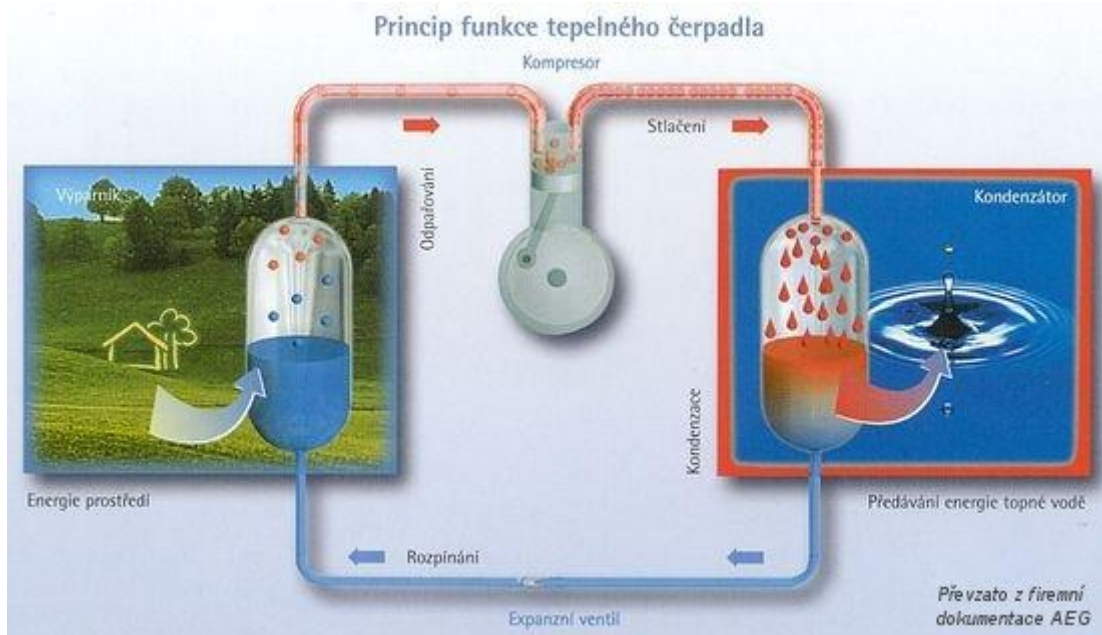
Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu:

- výparník
- kompresor
- kondenzátor
- expanzní ventil

„Teplu odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce (kapalnému chladivu) při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody za vyšší teploty,



než bylo teplo ve výparníku odebráno. V expanzním ventilu se cyklus uzavírá a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku.“



Obrázek 17 – princip funkce tepelného čerpadla [20]

Charakteristickým údajem TČ je topný faktor  $\varepsilon$ , který lze určit ze vztahu:

$$\varepsilon = \frac{Q}{E} [-]$$

$Q$  – topný výkon tepelného čerpadla [kW];

$E$  – elektrický příkon potřebný k provozu tepelného čerpadla [kW].

Topný faktor udává, kolikrát větší je získaný výkon oproti vynaloženému příkonu (energii). Topný faktor se běžně pohybuje v rozmezích od 2,5 do 5. Topný faktor je závislý na teplotě zdroje tepla a na teplotě, při které je teplo spotřebováváno a vyprodukováno. S rostoucí teplotou zdroje a snižující se teplotou (při níž se teplo spotřebovává) je topný faktor vyšší. V praxi to znamená, že topný faktor není fixní hodnotou, ale proměnlivou dle okolních podmínek.

Možné členění tepelných čerpadel (TČ) podle [21]:

- pohonu TČ:
  - kompresorová s pístovým kompresorem
  - kompresorová s rotačním kompresorem
  - kompresorová se šroubovým kompresorem
  - turbokompresorová

- TČ poháněná:
  - absorpční
  - elektřinou
  - plynem
  - kapalnými palivy
- zdrojů tepla :
  - z vody
  - ze země
  - ze vzduchu
- teponosné látky :
  - voda-voda
  - voda-vzduch
  - vzduch- voda
  - vzduch- vzduch
  - země-voda

Nejčastěji používaným druhem je kompresorové tepelné čerpadlo typu země - voda.

### 3.3.1 Vzduch – Vzduch

TČ odebírá teplo z venkovního vzduchu, který je nasáván do venkovní jednotky TČ. V něm je získáno teplo a následně použito na ohřev vzduchu uvnitř vytápěné budovy. V případě užití vnitřní jednotky TČ, funguje obdobně jako krb. Vytápí jednu místnost, ale teplo se šíří po celém domě. TČ ohřívá vzduch v místnosti přímo, bez prostřednictví topného systému. Tímto dosahuje lepších topných faktorů nežli TČ typu vzduch-voda a země-voda.

Je ideální pro vytápění domů, chat a chalup s elektrokotli nebo přímotopy. Používá se hojně pro temperování prostor.

Dle [22] mezi výhody patří:

- jednoduchá a rychlá instalace;
- velmi nízké investiční náklady,
- vícero funkcí jako jsou topení, klimatizace a odvlhčování;
- obsahuje filtr a ionizátor vzduchu k vyčištění vzduchu v místnosti od alergenů, virů a škodlivin.

Naproti tomu mezi nevýhody patří:

- obvykle jen jedna vnitřní jednotka;
- není vhodný do domu s větším počtem malých místností;

- nelze s ním ohřívat teplovou vodu.

### 3.3.2 Vzduch – Voda

TČ odebírá teplo z venkovního vzduchu, který je nasáván přímo do TČ a takto získané teplo je použito na ohřev vody v topném systému, případně zásobníku na teplou vodu.

TČ vzduch-voda dosahují nejlepších úspor v případě napojení na nízkoteplotní podlahové vytápění. Nejčastějším místem pro umístění je na fasádě, případně střeše domu.

Dle [23] mezi výhody spadá:

- nízké provozní náklady v porovnání s elektrickým či plynovým vytápěním;
- jednoduchá a rychlá instalace s minimálními nároky na prostor;
- nižší investiční náklady než TČ s vrty;
- vhodnost pro vytápění sezónních bazénů.

Naproti tomu mezi nevýhody patří:

- vyšší provozní náklady než TČ země-voda a to především při nízkých venkovních teplotách;
- při nízkých venkovních teplotách mají snížený výkon a sníženou teplotu topné vody;
- kratší životnost než TČ odebírající teplo ze země či vody.

### 3.3.3 Voda – Voda

TČ odebírá teplo ze spodní nebo geotermální vody. Voda je obvykle čerpána ze studny do výměníku TČ a následně vrácena zpět do země.

[24] uvádí výhody:

- dosahuje nejvyšších topných faktorů;
- nižší investiční náklady v porovnání s TČ s vrty;
- lze využívat vodu prosakující skrz hráz přehrady;
- využití místních energetických zdrojů, kdy lze rekuperovat energii z výrobních procesů nebo lze využít geotermální vodu.

Nevýhody TČ voda-voda:

- použití pouze v lokalitách s dostatkem spodních vod, zdroje technické vody či geotermální vody;

- pracují s otevřeným systémem, kde je třeba dělat pravidelnou údržbu filtrů a výměníků;
- vyšší náklady na servis.

### 3.3.4 Země – Voda

TČ na principu země-voda je vždy uvažováno jako odebírání tepla ze zeminy a předávání do média nemrznoucí směsi. Tuto kategorii lze členit na TČ země-voda plocha, vrt, větrací vzduch a vodní plocha.

#### 3.3.4.1 Plocha

TČ odebírá teplo z plochy zahrady, pod jehož povrchem jsou uloženy plastové hadice s nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a TČ.

TČ s plošným kolektorem odebírá přibližně 2 % energie ze zeminy pod ním. Zbývajících 98 % odebírá ze zeminy nad ním, kde je akumulovaná solární energie. Jde principiálně o slunečný kolektor s akumulátorem tepla v podobě zeminy. Jak uvádí [25], plošný kolektor ze zeminy odebere přibližně pouze 2,5 % z toho, co ze slunce zemina během roku získá. Správně provedený kolektor se nemůže dlouhodobě energeticky vyčerpat, každý rok se během léta vždy regeneruje.

Výhodami [25] prezentuje:

- nízké investiční náklady (skoro stejné jako u TČ odebírající energii ze vzduchu);
- nízká spotřeba elektrické energie (přibližně o 30 % nižší než u TČ odebírající energii ze vzduchu);
- jednodušší vyřízení a rychlá instalace nežli u vrtu.

Nevýhodami:

- dostatečně veliký pozemek (cca 200 – 400 m<sup>2</sup>);
- zemina musí umožňovat provedení výkopů do potřebné hloubky;
- další stavby je nutné znát před zbudováním kolektoru (nelze na kolektorech stavět).

#### 3.3.4.2 Vrt

TČ odebírá teplo z hloubky pod povrchem zahrady. Dle [26] má vrt průměr 12 až 16 cm, je v něm uložena plastová sonda naplněná nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a TČ. Podle nutnosti se provádí jeden, či více vrtů o hloubce 80 až 150 m.

Výhody:

- stabilní výkon a vysoký topný faktor i při extrémně nízkých venkovních teplotách;
- nízká spotřeba elektrické energie (přibližně o 30 % nižší než u TČ odebírající energii ze vzduchu);
- malé nároky na prostor (lze zbudovat u většiny domů);
- vrt je možné využít na levné pasivní chlazení domu v letním období (TČ odstaveno).

Nevýhody:

- vyšší investiční náklady na pořízení vrtu (cca 1.000 Kč za 1 metr);
- nutnost stavebního povolení.

### **3.3.4.3 Větrací vzduch**

[27] zmiňuje kombinovanou možnost, a to využití TČ pro teplo z odpadního vzduchu z domu v kombinaci s teplem z plošného kolektoru či vrtu. TČ odebírá část tepla z odpadního větracího vzduchu a část ze zemního kolektoru. V případě, že není nutné vytápět nebo ohřívat teplou vodu, je nadbytečné teplo z větracího vzduchu uloženo do podzemního kolektoru. Tím je teplota zemního kolektoru stále vysoká a TČ pracuje celoročně s vysokým topným faktorem.

Výhoda je:

- minimální nároky na velikost zemního kolektoru (40 m<sup>2</sup>);
- systém řízeného větrání je výrazně levnější než u klasických systémů s rekuperačními výměníky.

Nevýhoda:

- určeno pouze pro nízkoenergetické domy.

### **3.3.4.4 Vodní plocha**

TČ odebírá teplo z vodních ploch. Na dně řeky, rybníka nebo jiné vodní plochy jsou položeny hadice naplněné nemrznoucí směsí, která odebírá teplo z vody a přenáší ho do TČ. [28]

Výhodami jsou:

- velmi nízké náklady na vybudování kolektoru;

- nízké provozní náklady.

Nevýhodami:

- vhodné pouze pro domy ležící v těsné blízkosti vodní plochy;
- nutnost získání povolení správce od povodí.

### **3.4 Rekuperační jednotka**

Rekuperace – neboli zpětné získávání tepla - je děj, při kterém se přiváděný vzduch do domu předehřívá teplým, odpadním vzduchem z domu. Teplý vzduch není bez užitku odveden mimo budovu, ale v rekuperačním výměníku odevzdá část tepla přiváděnému vzduchu.

Účinnost rekuperační jednotky (výměníku) vyjadřuje účinnost zpětného získávání tepla. Nulová účinnost nastane v případě otevřeného okna, stoprocentní by nastala tehdy, kdyby čerstvý vzduch zvenčí byl ohřát na teplotu odpadního vzduchu. Reálná účinnost se pohybuje v rozmezích 30 až 90 %, přičemž účinnost nad 60 % je brána jako dobrá a nad 80 % jako špičková.

#### **3.4.1 Potrubní rekuperace**

Rekuperační výměníky tepla se nejčastěji osazují přímo do větracích jednotek. Využívají se s výhodou v nízkoenergetickém domě a zaručují úsporu energie při nuceném (strojním) větrání. Lze je použít i v plně klimatizovaných budovách. V letním období dochází k „rekuperaci chladu“. Přiváděný vzduch je ochlazován odváděným, klimatizací vychlazeným vzduchem.

Druhy rekuperačních výměníků:

- souproud;
- protiproud;
- do kříže.

##### **3.4.1.1 Jednotrubní**

Jednotrubní rekuperátor je jednodušší a levnější variantou dvoutrubního. Do místnosti je vedeno pouze jedno potrubí s přívodem vzduchu. Zpáteční potrubí je řešeno odstraněním prahů jako pasivní odtah pode dveřmi.

### 3.4.1.2 Dvoutrubní

Dvoutrubní rekuperátor je řešen rozvodem dvou potrubí, a to pro přívod vzduchu a odtah vzduchu. Nevýhodou je vyšší cena, což vede k nahrazování jednotrubní.

### 3.4.2 Bezpotrubní rekuperace

Bezpotrubní rekuperace se využívá u rekonstrukcí a návrhů nízkoenergetických domů, kde není využívána vzduchotechnika. Výhodou je jednoduchá instalace do libovolných stěn – průzor obvodové zdi.

#### 3.4.2.1 Invertní rekuperace

Invertní rekuperace je založena na principu tepelné paměti keramické vložky a cyklické změně toku proudění vzduchu. Invertní rekuperace je prezentovaná dvojicí kruhových otvorů ve stěnách o průměru 300 mm. V každém otvoru je umístěn válec s ventilátorem, který mění otáčky. Za ventilátorem je keramická vložka, která dokáže absorbovat a uvolňovat unikající teplo. Otvor je na obou stranách osazen filtry proti prachu či pylům. Ventilátory (dvojice) jsou vzájemně spřažení, přičemž jeden je tažným a druhý tlačným. Jejich úloha se po 70 vteřinách vždy mění. Tato doba je potřebná pro akumulaci tepla či chladu do keramické vložky. Účinnost této rekuperace je na začátku cyklu 92 %, průměrná 85 %. Ventilátor má příkon 2 W a vzhledem k nepřítomnosti ložisek je velmi tichý (točí se v magnetickém poli).



Obrázek 18 – princip invertní rekuperace [29]

### 3.4.2.2 *Inteligentní rekuperace*

Inteligentní rekuperátor je další generací invertních rekuperátorů. Inteligentní rekuperace je vytvořena kruhovým otvorem ve stěně o průměru 150 mm. Otvor se osadí ventilátorem s rekuperací a elektrickým kabelem. Rekuperace má několik čidel, sama spíná a řídí otáčky dle potřebné výměny vzduchu nastavené na rekuperátoru. Využívá tepelné paměti keramické vložky umístěné za ventilátorem a cyklické změně toku proudění vzduchu. Pro zabránění nasátí odvedeného vzduchu jsou na venkovní straně směrové mřížky. Čidlo spíná vždy v případě zvýšení hodnot CO<sub>2</sub>, vlhkosti a prašnosti. V noci potom funguje v tichém režimu. Ventilátor rekuperace má příkon od 8 W do 30 W. [30]

Výrobce [31] uvádí následující:

- zlepšit kvalitu vzduchu v objektu;
- snížit vlhkost na požadovanou hodnotu a bránit kondenzaci;
- vzduch z venku do místnosti přijde očištěný od prachu, alergizujících pylů, hmyzu (a jiných alergenů);
- zabrání výskytu černé, zdraví škodlivé, plísně na stěnách;
- odstraní nepříjemný zápach v místnostech;
- využívá „odpadní“ teplo pro ohřev čerstvého vzduchu;
- šetří energii;
- snižuje náklady na vytápění v zimě a na klimatizaci v létě;
- vytváří podmínky pro zdravé bydlení.

Inteligentní rekuperace dosahuje účinnosti až 86 %.

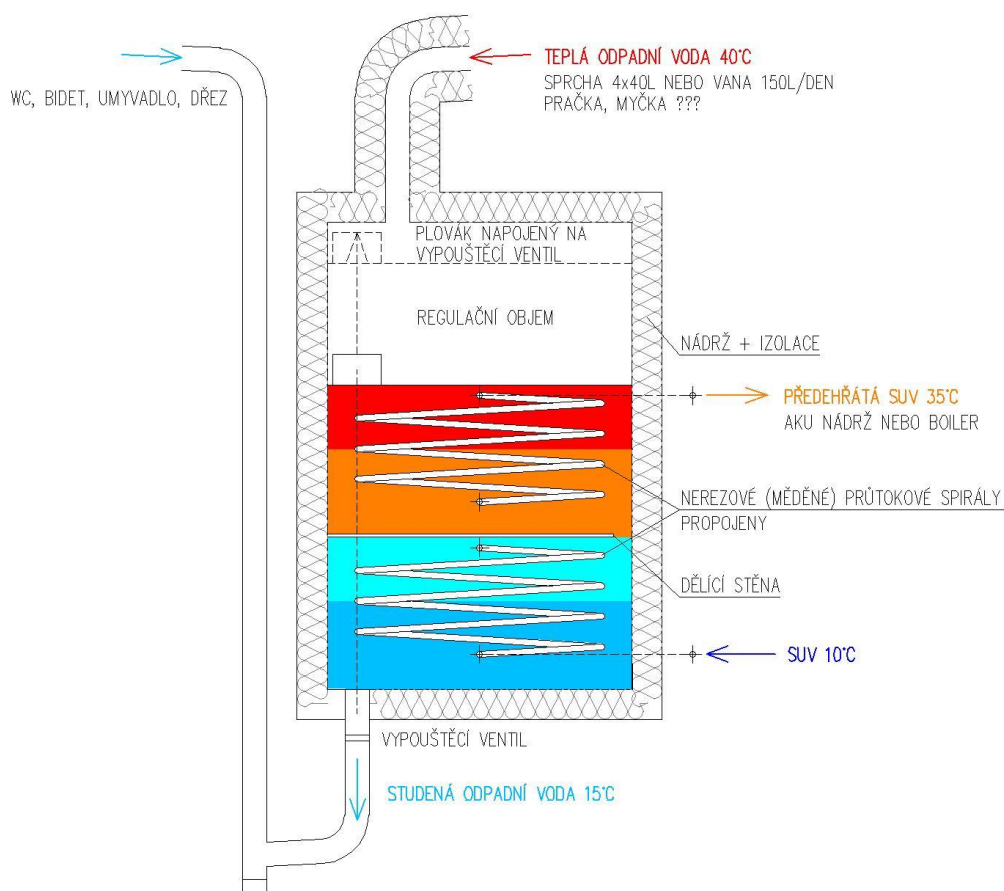


Obrázek 19 – inteligentní rekuperátor [31]



### 3.4.3 Rekuperátor odpadní vody

Rekuperátor odpadní vody využívá teplotního potenciálu odtékající draze ohřivané vody z umývání či sprchování. Uvedená odpadní voda má jen o pár stupňů nižší teplotu, než když vychází z baterie. V současné době rekuperátory odpadních vod dosahují účinnosti přibližně 40 %. Jde o deskové výměníky, ve kterých odpadní voda předeřívá přiváděnou vodu, která se ukládá do zásobníků. Pro rodinné domy se výměník umísťuje přímo pod vany či sprchové kouty. Předeřívá voda může být napojena přímo na termostatickou baterii anebo do zásobníku.



### 3.5 Fotovoltaický panel

Fotovoltaický panel přeměňuje sluneční paprsky na elektrickou energii. Pracuje na principu fotoelektrického jevu, kdy dopadající částice světla – fotony – dopadají na článek a svoji energii z něj „vyráží“ elektrony. Polovodičová struktura článku uspořádá pohyb elektronů na stejnosměrný elektrický proud.

[32] upřesňuje 50-ti letý vývoj. V dnešní době je možné rozlišovat celkově čtyři generace:

- I. generace** = fotovoltaický článek vyroben z destiček monokrystalického křemíku. Stále je nejvíce používaným typem. Běžná účinnost se pohybuje mezi 14 až 17 %, v laboratorním prostředí maximálně 25 %.
- II. generace** = fotovoltaický článek vyroben z destiček polykrystalického, mikrokystalického, nebo amorfního křemíku. Oproti první generaci je levnější, protože obsahují méně křemíku. Lze taktéž používat na ohebných konstrukcích (na oblečení, batozích, fóliích, fóliových střešních krytin apod.). Běžná účinnost polykrystalického fotovoltaického článku se pohybuje mezi 13 až 16 %, v laboratorním prostředí maximálně 20 %. U amorfních je běžná účinnost 5 až 7 %, v laboratořích 12 %.
- III. generace** = nevyužívají křemík, ale organické polymery. Komerčně se příliš nepoužívají.
- IV. generace** = článek vyroben z kompozitních článků různých vrstev, jsou schopné lépe využívat sluneční spektrum (každá vrstva dokáže pojmout jinou vlnovou délku).

Propojením solárních článků, ať už sériovým či paralelním zapojením, vzniká po jejich zapouzdření fotovoltaický panel. Články jsou vždy elektricky zapojeny tak, aby bylo dosaženo potřebného proudu a napětí. Hermetické zapouzdření solárních článků zajišťuje dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost. Mezerami mezi články klesá energetický zisk z jednotky plochy. Účinnost panelů je pak nižší, než je udáváno.

Energetický zisk fotovoltaických panelů je možné zvyšovat několika způsoby, případně jejich vzájemnými kombinacemi, [31]:

- **Oboustranné moduly** = Při instalaci uvedeného článku na průhlednou podložku je umožněno dopadajícím paprskům osvětlovat obě strany. Na spodní stranu sice dopadá pouze odražené a difúzní záření, ale výrobci i tak uvádí zvýšení produkce elektrické energie až o 30 %.
- **Natáčení panelu za sluncem** = Pokud sluneční paprsky dopadají na článek kolmo, zvýší se výtěžnost asi o 35 %. V praxi je to řešeno dvouosým polohovacím zařízením, které má však investiční a provozní náklady.
- **Koncentrátory** = Pro koncentraci slunečního záření se s výhodou používají čočky nebo zrcadla (plochá a korýtková). Ty koncentrují sluneční záření z větší plochy a směřují na článek. Zrcadlo je oproti článku finančně nenáročné. Pro směrování zrcadel se užívá jednoosého polohovacího systému, který drží článek v ohnisku.

Koncentrace s sebou nese úskalí v podobě odolnosti na vyšší teploty. Velikost koncentrátorů přímo ovlivňuje zvýšení výnosu – obvykle v řádech desítek procent.

Vzhledem k nejvyšší účinnosti v letním období je pro nízkoenergetické domy fotovoltaický článek hojně využívaný pro napájení klimatizací a další domácí spotřebiče, případně užíván k ohřevu teplé užitkové vody.

Při ideální instalaci, která zahrnuje jižní natočení kolmo k dopadajícím paprskům slunce a zamezení zastínění, lze z energie slunce získat ročně 800 až 1100 kWh elektrické energie na 10 m<sup>2</sup> instalovaných článků. Instalace větších ploch článků může z obvyklého nízkoenergetického domu přeměnit dům na ještě úspornější, tzv. pasivní či s přebytky elektrické energie, které může dodávat do sítě. Nejedná se ale o soběstačný dům, jelikož je i nadále připojen do sítě, ale v celoroční bilanci může vykazovat sníženou nebo nulovou spotřebu energie, [33].



Obrázek 20 – schéma zapojení systému dodávající energii do sítě a umístění panelů [30]

### 3.6 Solární kolektory

Solární kolektory využívají nejsnáze získatelnou energii slunce – teplo. Základním stavebním prvkem slunečního (solárního) kolektoru je absorbér. Absorbér může být plochá deska s neodrazivým povrchem a trubicemi pro odvod teplotné látky. Uložením absorbérů pod skleněnou desku vznikne solární panel využívající skleníkového efektu.

Sluneční absorbéry zachycují sluneční záření a přeměňují ji na tepelnou energii. Ta je pomocí teplotné látky (vzduch, kapalina) odvedena do místa okamžité spotřeby nebo do akumulčního zásobníku. [34]

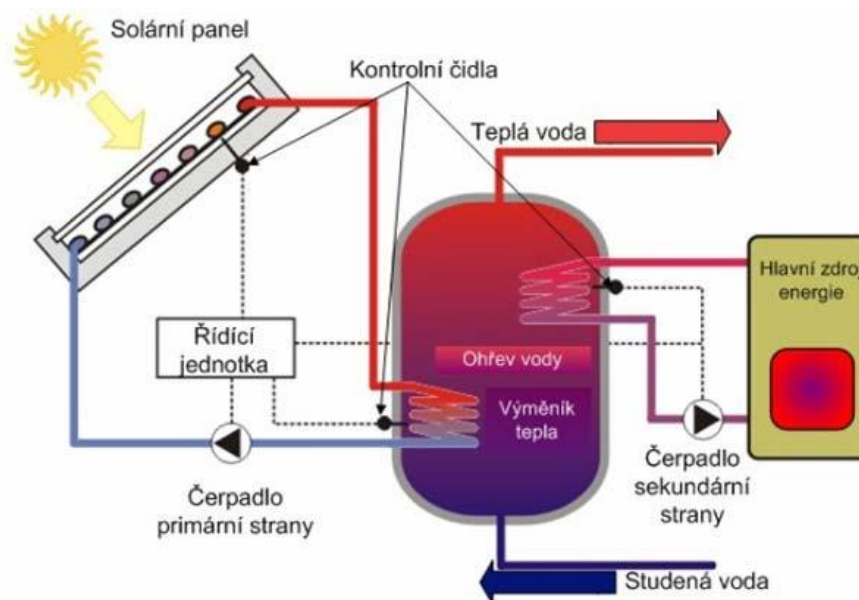
Solární kolektory se dělí:

- dle teplotnosného média
  - vzduchové;
  - kapalinové.
- dle tvaru
  - ploché;
  - trubicové.

Trubicové mají absorber uložen ve vakuové trubici, což snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při dosažení vyšších výstupních teplot. Vakuové trubice lze samozřejmě využít i u plochého kolektoru. Vakuové kolektory mají vysokou účinnost hlavně při nízkých teplotách. Nevýhodou je, že nemají samorozmrazovací schopnost, čili v zimě je nutné navátý sníh manuálně odstranit.

Kvalitní absorbery mají povrchovou úpravu (spektrální selektivní vrstva) v podobě černého nátěru nebo galvanického pokovení pro dosažení vyšší účinnosti z důvodu využití difúzního záření. Z konstrukčního hlediska se užívá zrcadel (Fresnelovy čočky, zrcadlová plocha, žlabová zrcadla). Obdobně jako u fotovoltaických článků lze polohovat kolektory nebo absorbery za sluncem.

Využívají se především pro celoroční přípravu teplé vody, ohřevu bazénové vody a k přitápění budov pomocí teplovodního či teplovzdušného vytápění.



Obrázek 21 – solární systém

[33] uvádí, že solární kolektory jsou nejvýznamnější a nejrozšířenější zařízení určené k využití sluneční energie. Má minimální provozní náklady, vhodně doplňuje systém pro ohřev teplé užitkové vody, kde se obvykle navrhuje pro pokrytí 60 – 70 % potřeby teplé vody. V ideálním případě by měly mít jižní orientaci se sklonem 40° až 45°.

## 4 KOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY

Inteligentní nízkoenergetické domy jsou objekty, které mají sjednocené systémy řízení (technika prostředí, komunikace, energetika), zabezpečení (kontrola přístupu, požární ochrana, bezpečnostní systém) a správy domu.

[35] Jednotlivé obsažené systémy a zařízení mají své výrobce, kteří vybavují tyto systémy autonomní automatikou. Ta zajišťuje její optimální provoz s možností diagnostiky provozních a poruchových stavů. Automatika bývá založena na mikroprocesorové technice, prakticky každý výrobek má své vlastní rozhraní pro připojení sériové sběrnice pro komunikaci s osobním počítačem nebo nástěnným dotykovým displejem na pracovišti obsluhy. Odtud lze řídit a monitorovat činnosti jednotlivých zařízení.

Pro správnou funkci budovy je nutný přenos informací mezi jednotlivými systémy. Příkladem může být ovládání osvětlení či klimatizace místností dle využití. Přenos dat mezi systémy elektronickou cestou je operativnější a vzniká při něm minimálně chyb.

Komunikace může probíhat pomocí, [35]:

- **využití brány**, která překládá komunikační protokol a data jednoho dodavatele do protokolu a dat jiného dodavatele;
- **sdílených protokolů**, které jsou výsledkem spolupráce dvou a více dodavatelů vyvíjející společný protokol pro obousměrnou komunikaci;
- **aplikací standardů** (univerzálních protokolů), které jsou vyvinuty sdruženými výrobci a normotvornými organizacemi.

„Aplikací standardů“ je v dnešní době u inteligentních nízkoenergetických domů nejběžněji používaným právě pro svoji univerzálnost. Výrobce (který je ve shodě s určitým standardem) se může připojovat na zařízení jakéhokoli jiného výrobce pracujícího se stejným standardem. To je právě základním předpokladem pro integrování všech systémů pro dům. Platných standardů je aktuálně více, nejběžnějšími komunikačními protokoly jsou BACnet, Modbus a nejběžnějšími sběrnice EIB, KNX, M-Bus a LON. Řízení, správa, monitorování a kontrola je zajištěna přes uživatelský počítač či jiné zařízení, které komunikuje přes protokol po sběrnici s jednotlivými prvky. Dává mu tak graficky a uživatelsky jednoduše ovladatelné prostředí. Typickým příkladem řídicího softwaru je ETS3, či nejnovější verze ETS4.

## 4.1 Komunikační sběrnice

Komunikační sběrnice, čili Bus, je skupina signálových vodičů. Účelem sběrnice je zajistit přenos dat mezi dvěma a více elektronickými zařízeními. Přenos dat se řídí definovaným protokolem.

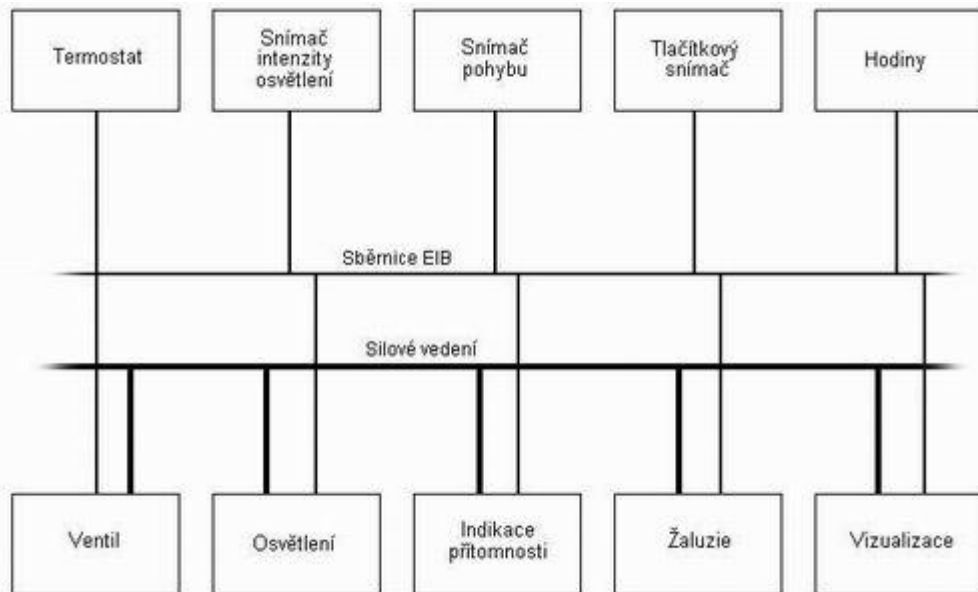
### 4.1.1 EIB

EIB (European Installation Bus) vznikla ze sběrnice Instabus firmy Siemens. Má decentralizovanou strukturu s liniovou, kruhovou nebo větvenou topologií. Maximální počet připojených zařízení je 64 na větvi/lince do 1000 m. Informace jsou po sběrnici posílány v telegramech. Pomocí liniových spojek lze k páteřní síti připojit maximálně 12 větví. Spojky dále zajišťují, aby telegram putoval jen do určené větve. Důležitým zprávám je dána vyšší priorita a jsou tak upřednostňovány (mají kratší odezvu). Jednotlivá zařízení jsou propojena pomocí signálových vodičů, kterými jsou současně napájena. Systém je primárně určen pro elektroinstalaci.

Programování, monitoring a řízení celého systému EIB se provádí počítačem přes program ETS (EIB Tool Software). Základní přenosové médium je kroucený pár vodičů (EIB-TP), součástí může být síťové vedení (EIB-PL – Power Line) nebo radiová komunikace (EIB-RF – Radio Frequency). Výhodou je bezproblémové propojení zařízení různých výrobců.

Zařízení využívající EIB sběrnici je velmi jednoduché, zaručuje bezproblémovou instalaci a provoz. Nastavení zvládne vyškolený elektroinstalatér. Nastavování probíhá na základě zadávání příslušných adres, čili zadá se, který snímač ovládá které akční členy. Výhodou je jednoduchá změna pomocí přepsání adres bez fyzického zásahu do elektroinstalace.

„Z praktického hlediska, při využití sběrnice EIB například u osvětlovací soustavy regulované v závislosti na denním světle, mohou být dosaženy úspory elektrické energie až 60 %“, [36].



Obrázek 22 – blokové schéma zapojení systému EIB [34]

#### 4.1.2 KNX

Základní myšlenkou bylo vytvoření otevřeného světového standardu pro automatizaci budov a automatizaci domácích spotřebičů včetně jejich síťového propojení. Základním kamenem nového světového standardu KNX (Konnex Bus) byla zvolena sběrnice EIB pro její technický charakter a úspěch na trhu. Kompatibilita výrobků různých firem, jasná certifikace a jednotné uvedení do provozu (EIB-Tools). Veškeré výrobky a zařízení určené pro sběrnici EIB jsou plně kompatibilní i se standardem KNX. Často bývají také označovány oběma standardy EIB a KNX.

[37] uvádí, že standard KNX má oproti EIB více funkcí odpovídajících nárůstu požadavků na propojení všech možných přístrojů. Právě možnost využití dalších přenosových médií, integrování různých zařízení (pro větrání, vytápění, klimatizaci a domácích spotřebičů), tak i nové druhy uváděných do provozu umožňují propojení automatizace budovy s automatizací domácností do „inteligentního“ domu.

Podle [36] existuje více možností propojení zařízení a modulů prostřednictvím KNX (případně EIB). Mezi čtyři komunikační média spadá:

- **nízkonapěťový kabel** – kroucený pár vodičů s napětím 24V. Jde o tzv. „bus cable“, který je stále nejpoužívanějším. Používá přístup na sběrnici CSMA/CA, přenos dat je asynchronní poloduplexním systémem;

- **vysokonapět'ový síťový napájecí kabel** - 230V, označovaný „power line“, který se používá pouze v nejnútnejší míře na propojování akčních členů s ovládanými elektrickými předměty, přenos dat je asynchronní poloduplexním systémem;
- **bezdrátový radiový přenos** – nesoucí název „radio frequency“, komunikace na frekvenci 868 MHz, kódovaný FSK (frequency shift keying) v jednosměrném nebo poloduplexním obousměrném přenosu dat;
- **infračervený radiový přenos** – „infrared communication“ plně převzat z EIB;
- **IP komunikace** – Ethernet IEEE 802.2, Bluetooth, Wi-Fi / Wireless LAN (IEEE 802.11) nebo FireWire (IEEE 1394).

Na rozvod je fyzicky použita dvojice kroucených stíněných párů. Pro napájení i přenos dat slouží však pouze jeden kroucený pár. Druhý pár je určen jako rezerva pro případ poškození některého z vodičů sběrnice. S výhodou se dá použít i jako připojovací vedení pro některý z pomocných prvků. Topologie vychází z EIB, takže používané topologie jsou shodné až na kruhovou, ta je u KNX zakázána.

Maximální vzdálenost jednotky k napájení je 350 m, maximální vzdálenost mezi dvěma přístroji pak 700 m. Celková délka všech vodičů na jedné linii je limitována 1000 m. V případě použití dvou a více jednotek napájení je nutné dodržet jejich vzájemný odstup minimálně 200 m.

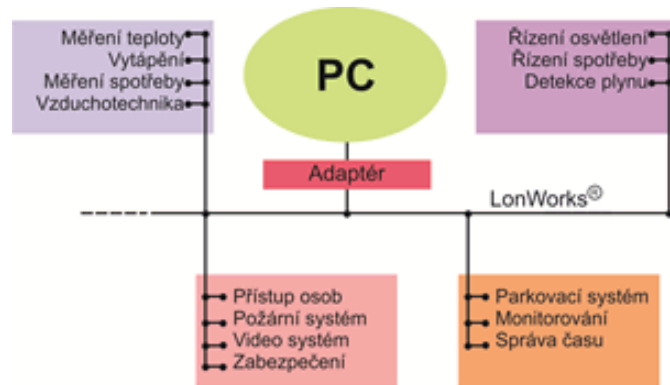
Programování, monitorování a řízení celého systému KNX se provádí, stejně jako u EIB, počítačem přes program ETS (KNX/EIB Tool Software), jehož aktuální verze je ETS4.

#### 4.1.3 LON (LonWorks)

Standard LON (Local Operating Network) byl vyvinut jako levné a univerzální komunikační spojení pro nejrůznější technická použití na nejnižší automatizační úrovni. Topologie je odvozena od počítačové sítě.

Sběrnice LON je otevřený sběrnice decentralizovaný systém, který využívá sériového přenosu dat. Skládá se z uzlů (řídící systémy, regulátory), které si vzájemně vyměňují informace. Každý regulátor obsahuje univerzální neuronový čip a připojení na sběrnici.





Obrázek 23 – sběrnice LON [37]

Digitální signál sběrnice LON je přenášen sériově ve tvaru telegramů na různých přenosových mediích, mezi která spadají kroucené páry vodičů, elektrorozvodná síť, vysokofrekvenční rádiové vlny, infračervené spojení, koaxiální kabel a skleněná vlákna. Sběrnice LON se v praxi využívá v aplikacích, kde je kladen nárok na délku sběrnice. Základní použití sběrnice je v případě propojování různých systémů (vytápění, klimatizace, větrání, CCTV, přístupové systémy, řízení spotřeby energií, apod.). Pro připojení sběrnice LON do PC je nutné použít adaptér. Ten data transformuje ze sběrnice do příslušného vizualizačního systému, který umožňuje data zobrazit. [36]

Technika obsahující sběrnici LON, cíleně vyrobený čip (obsahující všechny potřebné funkce) Neuron a protokol LonTalk se souborně označuje jako LonWorks.

## 4.2 Komunikační protokol

Komunikační protokol je soubor pravidel, která jsou vyžadována pro správnou komunikaci mezi dvěma či více systémy (regulátory, uzly, apod.).

### 4.2.1 BACnet

Celkovou podstatou protokolu BACnet je formulace univerzálního popisu všech funkcí zařízení. Je celosvětově používán možná právě pro svoji bezplatnou licenci. Ve většině případů je zaručená zaměnitelnost produktů různých výrobců.

Dle [37] BACnet protokol definuje:

- **objekty** – jsou prezentovány jako datové body, požadované hodnoty, časové programy a kalendáře;
- **služby** – prezentovány jako sdílení dat, alarmy a správy událostí, časování, trendy, správy zařízení a sítě;

- standardy komunikačních médií (BACnet přes Ethernet, BACnet přes RS232, BACnet přes RS485).

V této spojitosti je výhodné použití protokolu BACnet v aplikacích používajících komunikaci po Ethernetu. Některá zařízení mají integrovaný webserver a je tedy možné k nim přistupovat přes IP adresu. Jde o nejvyužívanější způsob komunikace.

#### **4.2.2 Modbus**

Modbus je otevřený protokol určený pro vzájemnou komunikaci různých zařízení, který umožňuje přenášet data po různých sítích a sběrnících. Funguje na principu předávání datových zpráv typu master – slave. Umožňuje komunikaci po Ethernetu a obdobně jako BACnet přes RS232, RS485, radiový přenos a i přes optická vlákna.

#### **4.2.3 LonTalk**

Jak uvádí [38], protokol LonTalk definuje přístup na sběrnici a řízení přenosu paketu po existující síti. Síťový protokol LonTalk byl navržen podle ISO OSI modelu. Ten umožňuje specifické řídicí řešení, vysokou spolehlivost a výkon, komunikaci pro řídicí aplikace.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 KONCEPCE ŘEŠENÍ PRO KONKRÉTNÍ OBJEKT

Konkrétním objektem diplomové práce je starý rodinný dům. Koncepce řešení zahrnuje okrajové podmínky domu, identifikaci stávajícího stavu budovy a její tepelně-technického posouzení konstrukce.

Návrhový stav budovy je navržen tak, aby odpovídal tepelně-technickým parametrům určeným pro nízkoenergetické domy se zachováním majiteli požadovaných teplotních spádů otopných těles a korespondující se změnou vnitřního uskupení prostor. Navrhovaná rekonstrukce domu v sobě integruje návrhové skladby všech stavebních konstrukcí.

Pro možné posouzení a nabytí významu na nutnosti zvýšení tepelné ochrany budovy je uvedena ztráta budovy před a po provedené rekonstrukci včetně příkladu výpočtu pro vzorovou místnost. Následně je pro oba stavy uveden průměrný součinitel prostupu tepla včetně porovnání s referenční budovou (nízkoenergetickou) jí odpovídající. Z těchto údajů je udán energetický štítek obálky budovy. Na závěr kapitoly je proveden výpočet na stabilitu místnosti v letním období a navržena možnost chlazení vnitřních prostor.

### 5.1 Popis budovy a okrajových podmínek

Budova se nachází v Olomouckém kraji na katastru města Zábřeh. Jedná se o 30 let starý rodinný dům stojící ve slepé ulici Malodvorská, číslo popisné 8. Dům je obklopen městskou zástavbou a je situován v mírném jižně orientovaném svahu.

Posuzovaný objekt je jednogenerační dvojpatrový rodinný dům s částečným podsklepením a půdním prostorem. Sklepní prostor je částečně zapuštěn do svahu a částečně vyčnívá nad zem. Dům je obdélníkového tvaru o vnějších rozměrech 8.350 mm na 10.640 mm. Celková výška objektu od podlahy ve sklepě po střešní konstrukci je 11.285 mm.

Délka vytápěcího období - $d$	242	dní
Průměrná venkovní teplota přes otopné období - $t_{es}$	3,5	°C
Průměrná venkovní teplota	7,9	°C
Celková zastavěná plocha	97,396	m <sup>2</sup>
Výška místností	2,01 - 2,835	m
Obestavěný prostor	438,680	m <sup>3</sup>
Vytápěný prostor	94,861	m <sup>2</sup>
Průměrná teplota interiéru - $t_{is}$	20	°C
Venkovní výpočtová teplota - $t_e$	-15	°C
Nadmořská výška	317	m.n.m.
Venkovní teplota, při níž se začne topit - $t_{em}$	13	°C

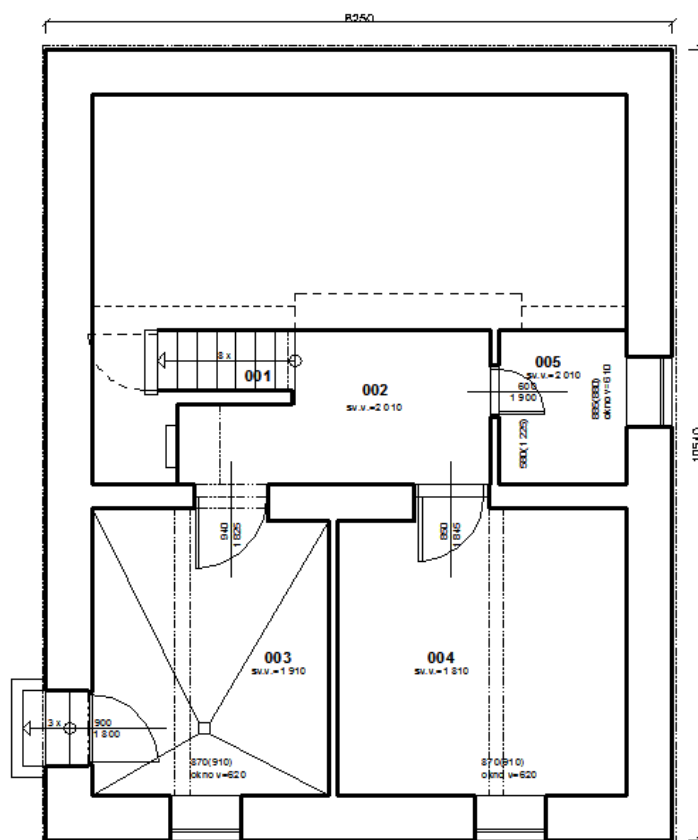
Tabulka 9 – okrajové podmínky

## 5.2 Stávající stav budovy

Rodinný dům je nezrekonstruovaný, nezateplený. Pro určení energetické náročnosti stávající budovy, a možném následném návrhu úsporných opatření, byly v rodinném domě identifikovány uvedené místnosti s parametry:

Sklep							
Označení	Místnost	Světlá výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
002 + 001	Chodba + schodiště	2,01	8,439	9,909	16,962	11	0,5
003	Sklep	1,91	11,792	17,275	22,523	11	0,5
004	Dílna	1,81	14,394	20,430	26,053	11	0,5
005	Sklad	2,01	3,481	5,201	6,997	11	0,5

Tabulka 10 – legenda místností sklepa před a po rekonstrukci



Obrázek 24 – zjednodušený půdorys sklepa

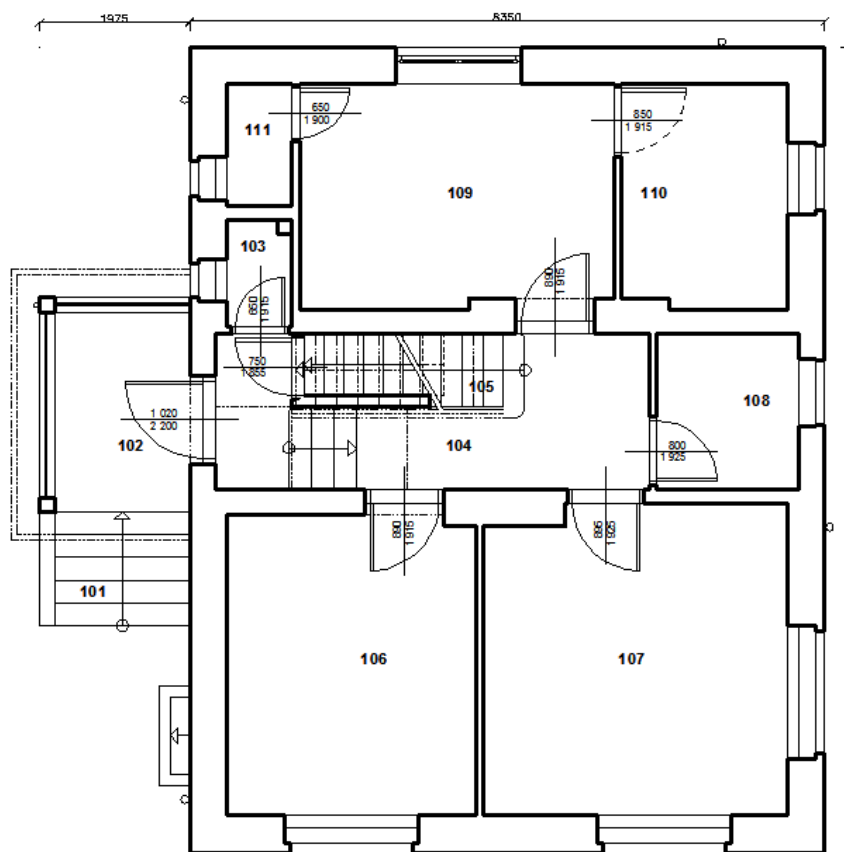
Vnitřní výpočtová teplota  $\Delta\theta_i$  a vlhkost  $\varphi = 50 \%$  vychází z požadavku aktuálně platné normy ČSN 73 0540-3 z listopadu 2005. Sklepní prostory mají vnitřní návrhovou teplotu 10°C. Pro uvedený starý dům je, dle zmiňované normy, nutné uvažovat přírážku  $\Delta\theta_a$ , která je pro místnosti vytápěné radiátory 1°C – blíže viz tabulka 25.

Půdorysná plocha místností se liší od skutečné plochy podlahy. To je dáno normou, která uvažuje rozměr půdorysné plochy podlahy včetně započítané poloviny tloušťky stěn obepínající tuto podlahu.

Pro obytné budovy platí vybrané hodnoty z tabulky 11 níže.

Druh místnosti s požadovaným stavem vnitřního prostředí	Návrhová vnitřní teplota v zimním období $t_i$ °C	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi$ % <sup>1)</sup>
1	2	3
1 Obytné budovy		
1.1 Trvale užívané		
Obývací místnosti (obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje, aj.)	20	50
Kuchyně	20	50
Koupelny	24	50
Vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby, aj.)	15	50
Garáže a jiné místnosti chráněné proti mrazu	5	80

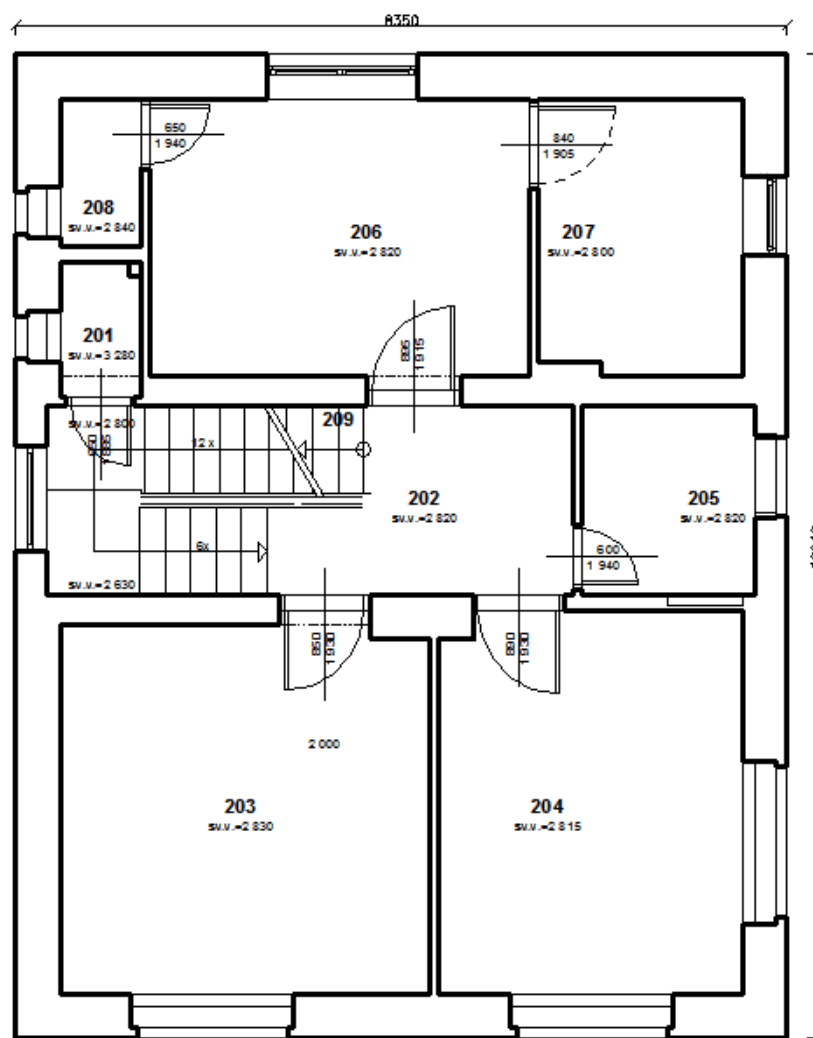
Tabulka 11 – vybrané návrhové hodnoty parametrů vnitřního prostředí [ČSN 73 0540-3]



Obrázek 25 – zjednodušený půdorys 1. patra

1. patro							
Označení	Místnost	Světlá výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
101	Venkovní schodiště	-	2,997	2,997	-	-	-
102	Zádveří	2,550	4,667	5,613	14,313	-	-
103	WC	2,560	1,221	2,240	3,126	21	1,5
104	Chodba	2,810	6,077	6,735	17,076	16	0,5
105	Schodiště	2,745	3,001	4,120	8,238	21	0,5
106	Pokoj 1	2,795	13,011	17,697	36,366	21	0,5
107	Pokoj 2	2,805	16,161	20,919	45,332	21	0,5
108	Koupelna	2,825	6,402	10,037	18,086	25	0,5
109	Kuchyně	2,800	12,032	15,146	33,690	21	1,5
110	Jídelna	2,820	3,863	5,128	10,894	21	0,5
111	Spíž	2,850	1,385	3,018	3,947	16	0,5

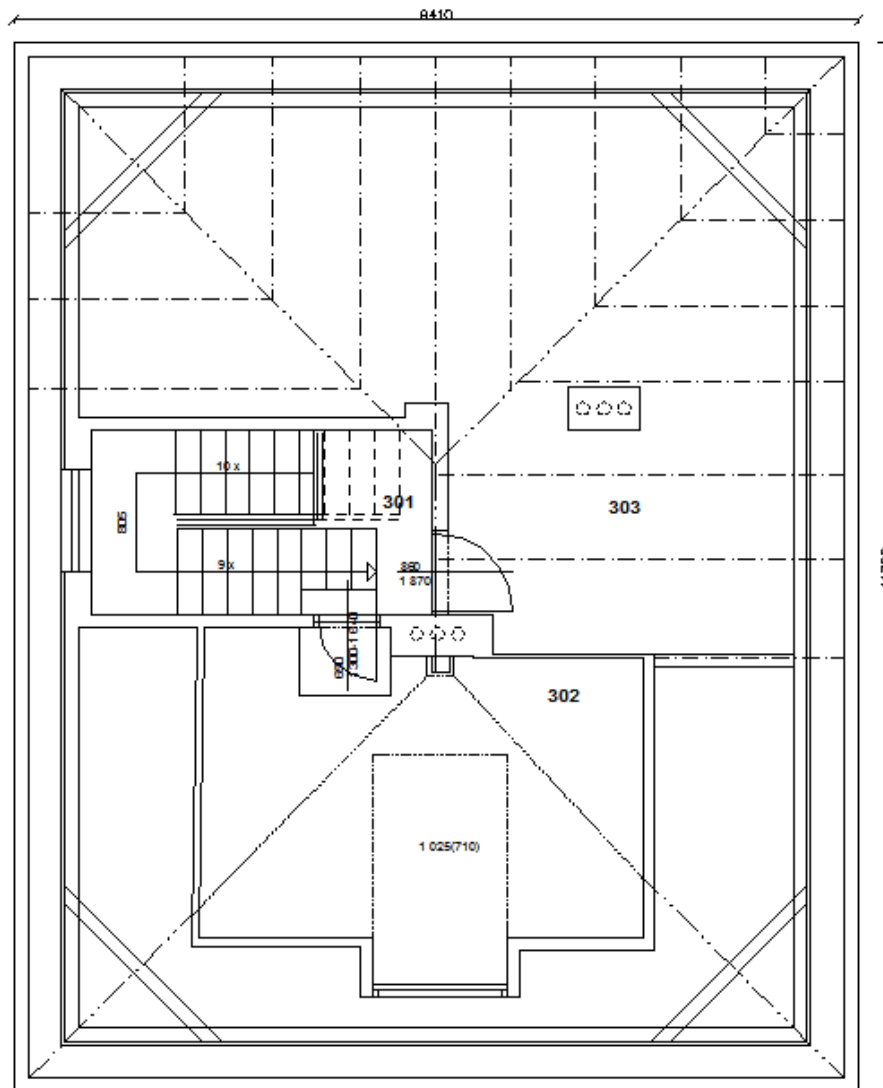
Tabulka 12 - legenda místností 1. patra před rekonstrukcí



Obrázek 26 – zjednodušený půdorys 2. patra

2. patro							
Označení	Místnost	Světlá výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
201	WC 2	3,280	1,225	2,271	4,018	21	1,5
202	Chodba 2	2,820	5,656	6,821	15,950	16	0,5
203	Pokoj 3	2,830	15,783	20,931	44,666	21	0,5
204	Pokoj 4	2,815	13,455	17,865	37,876	21	0,5
205	Koupelna 2	2,820	3,863	5,228	10,894	25	1,5
206	Ložnice	2,820	12,278	15,264	34,624	21	0,5
207	Jídlna	2,800	6,482	9,925	18,150	21	0,5
208	Spíž 2	2,840	1,363	2,982	3,871	16	0,5
209	Schodiště 2	2,630	5,675	7,629	14,925	16	0,5

Tabulka 13 – legenda místností 2. patro před rekonstrukcí



Obrázek 27 – zjednodušený půdorys podkrovní



Podkroví							
Označení	Místnost	Světlá výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
301	Schodiště 3	1,630	7,807	9,260	12,725	6	0,5
302	Komora	1,050	16,081	17,745	16,885	6	0,5
303	Půdní prostor	1,075	793,334	857,635	852,834	6	0,5

Tabulka 14 – legenda místností podkroví před rekonstrukcí

Technické výkresy jednotlivých pater rodinného domu jsou přiloženy v příloze PI.

### 5.2.1 Skladba konstrukcí

K návrhu opatření energeticky úsporné budovy je nutné zjistit stávající stav budovy. V tabulce 16 jsou uvedeny všechny konstrukce rodinného domu včetně jejich celkové tloušťky a průměrného součinitele prostupu tepla dané konstrukce. Průměrný teplotní součinitel byl řešen v programu Teplo 2010 z důvodu přesných výpočtů. Pro názornost je však pro uvedenou konstrukci (tabulka 15) výpočet řešen ze vztahů:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \quad [W/m^2K]$$

$h_i$ - součinitel prostupu tepla na vnitřní straně ( $h_i \cong 8 W/m^2K$ );

$h_e$ - součinitel prostupu tepla na vnější straně ( $h_e \cong 23 W/m^2K$ );

$d_n$ - tloušťka n-té vrstvy [m];

$\lambda_n$ - tepelná vodivost n-té vrstvy [ $W/mK$ ].

Obvodové zdivo patra - 490mm	d [mm]	$\lambda$ [W/(m.K)]	$U_k$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Omítka vápenná	20	0,87	<b>1,388</b>
Zdivo plná cihla	440	0,80	
Břízolit	30	0,90	

Tabulka 15 – příklad skladby konstrukce obvodového zdiva

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \left( \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,44}{0,80} + \frac{0,03}{0,90} \right) + \frac{1}{23}} \cong 1,290 W/m^2K$$

Při výpočtu průměrného teplotního součinitele je brán ohled na tepelné mosty:

$$U_k = U + \Delta U_{tb} = 1,290 + 0,100 = 1,390 [W/m^2K]$$

$\Delta U_{tb}$  [ $W/m^2K$ ] - přírážka na tepelné mosty – hodnoty uvedeny v tabulce 22. Hodnota pro běžné tepelné mosty, s níž je počítáno, je  $\Delta U_{tb} = 0,1 W/m^2K$ .

Konstrukce	d [mm]	$U_k$ [ $W/(m^2.K)$ ]
Obvodové zdivo patra	490	1,388
Obvodové zdivo sklep	625	1,519
Nosné zdivo patra	330	1,826
Nosné zdivo sklep	340	1,792
Příčka	95	3,600
Podlaha sklep	354	1,747
Podlaha 1. patro	330	1,806
Podlaha 2. patro	470	0,920
Podlaha podkroví	400	0,971
Střešní konstrukce	35	3,122

Tabulka 16 – seznam konstrukcí s tloušťkou a celkovým součinitelem prostupu tepla

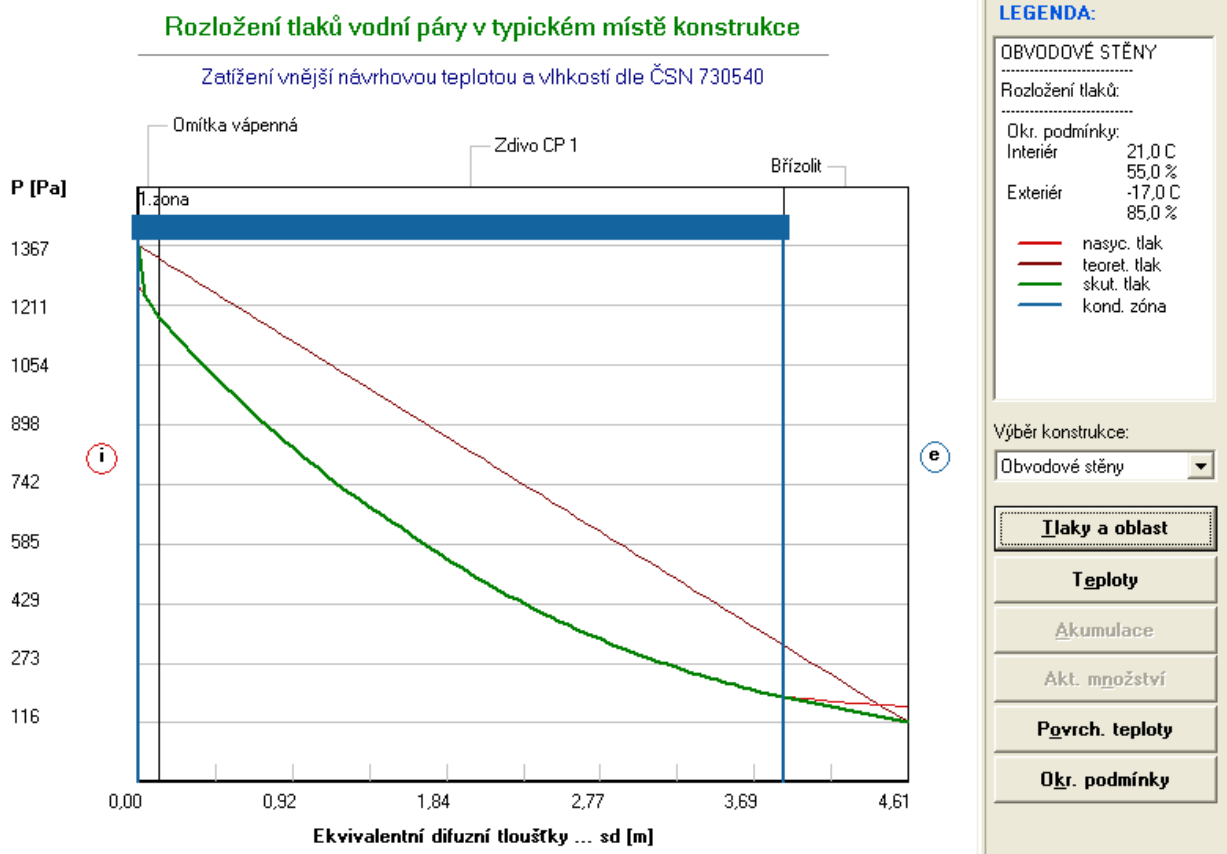
### 5.2.2 Tepelně-technické posouzení konstrukce

Skladba obvodové stěny by měla být navržena tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti. Možný kondenzát vytváří ideální podmínky pro růst a šíření plísní a snížení tepelně-technických vlastností konstrukcí. Snižuje její mechanickou odolnost a stabilitu.

Norma ČSN 73 0540 požaduje, aby kondenzace vodní páry v konstrukci neohrozila konstrukci. Roční množství kondenzátu musí být nižší, než je roční kapacita odparu, zároveň množství kondenzátu musí být nižší než  $0,5 \text{ kg/m}^2$ .

V programu Teplo 2010 bylo spočteno, že v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry při venkovní teplotě  $0^\circ\text{C}$  a nižší. Celkové množství kondenzované vodní páry je rovno  $3,266 \text{ kg/m}^2$  za rok a množství vypařitelné vodní páry  $1,672 \text{ kg/m}^2$  za rok. Rozdílem je kondenzát v celkovém množství  $1,594 \text{ kg/m}^2$  za rok. Skutečná hodnota bude reálně nižší, protože program Teplo 2010 nebere v úvahu sluneční radiaci a proces kondenzace je velmi zdoluhavý.

V zimním období může vznikat kondenzát v obvodovém zdivu v místech, kde se protíná skutečný a nasycený tlak vodní páry - viz obrázek 28.



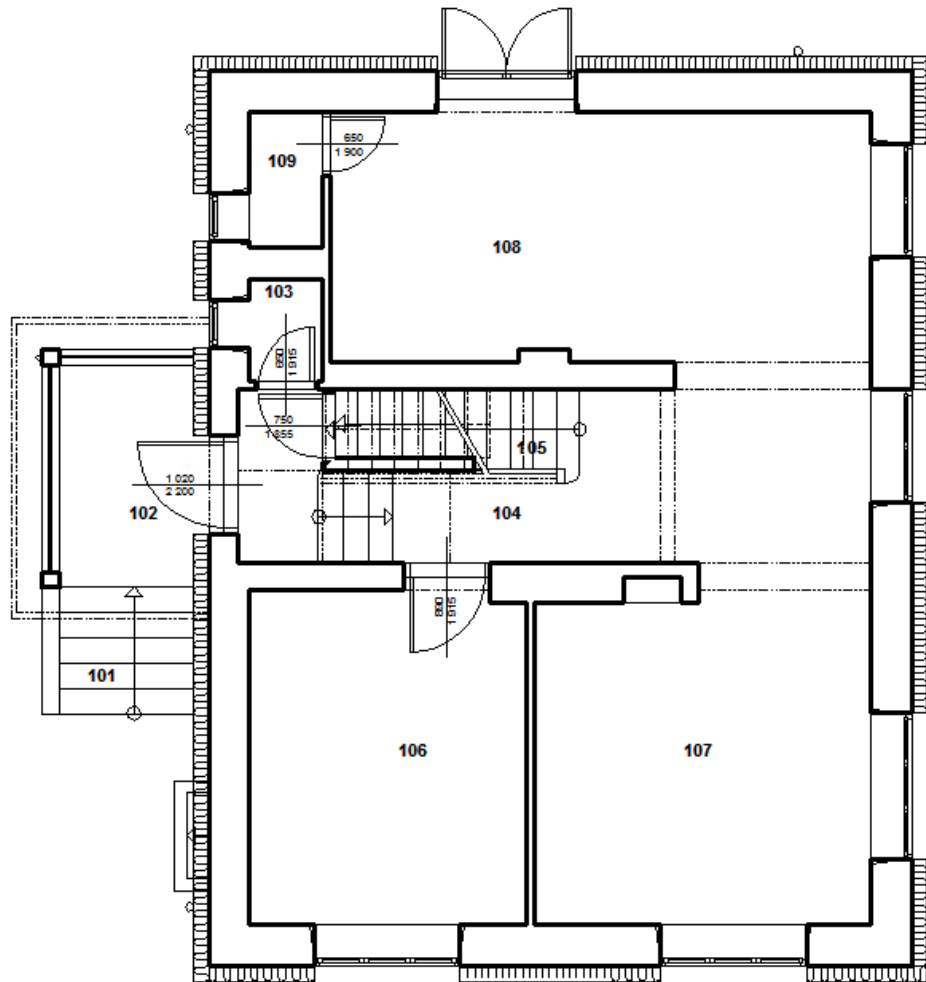
Obrázek 28 – šíření vlhkosti v obvodovém zdivu před rekonstrukcí

### 5.3 Navrhovaný stav budovy

V rodinném domě proběhly stavební úpravy. Sklep má uspořádání stejné jako v případě před rekonstrukcí. Pro zbylé podlaží platí:

1. patro							
Označení	Místnost	Světlá výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
101	Venkovní schodiště	-	2,997	2,997	-	-	-
102	Zádveří	2,550	4,667	5,613	14,313	-	-
103	WC	2,560	1,221	2,240	3,126	21	1,5
104	Chodby	2,810	6,077	6,735	17,076	16	0,5
105	Schodiště 2	2,745	3,001	4,120	8,238	21	0,5
106	Pokoj 1	2,810	13,011	17,697	36,561	21	0,5
107	Obývací pokoj	2,810	16,242	20,891	45,640	21	0,5
108	Kuchyně + jídelna	2,810	24,535	31,566	68,943	21	0,5
109	Spíž	2,850	1,385	3,018	3,947	16	0,5

Tabulka 17 – legenda místností 1. patra po rekonstrukci

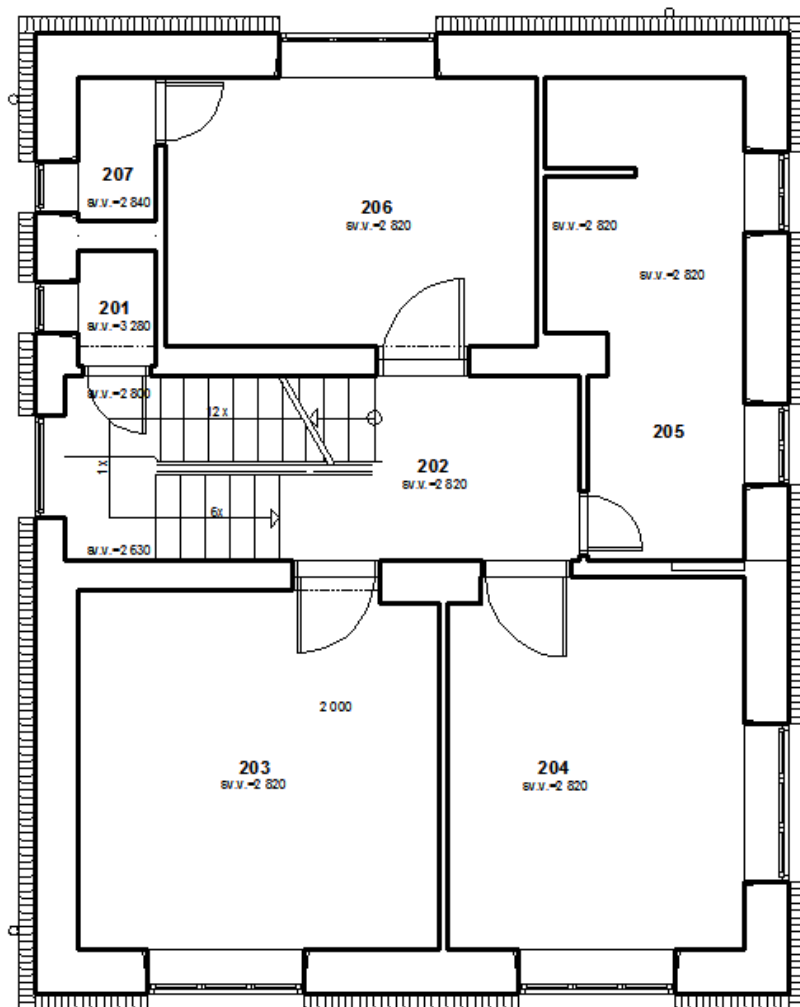


Obrázek 29 – zjednodušený půdorys 1. patra po rekonstrukci

U budovy je navrženo celkové zateplení obvodového pláště, a to jak sklepního prostoru, tak nadzemních stěn, zateplení krovu střechy, výměny vnějších oken a dveří za plastová a výměny výplně stropních meziprostor. Jižně a východně orientovaná okna v prvním a druhém patře jsou opatřena venkovními žaluziemi.

2. patro							
Označení	Místnost	Světlá výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
201	WC 2	3,280	1,225	2,271	4,018	21	1,5
202	Chodba	2,820	5,656	6,821	15,950	16	0,5
203	Pokoj 2	2,820	15,783	20,931	44,508	21	0,5
204	Pokoj 3	2,820	13,455	17,865	37,943	21	0,5
205	Koupelna	2,820	10,427	15,166	29,404	25	1,5
206	Ložnice	2,820	12,278	15,264	34,624	21	0,5
207	Spíž 2	2,840	1,363	2,982	3,871	16	0,5

Tabulka 18 – legenda místností 2. patra po rekonstrukci



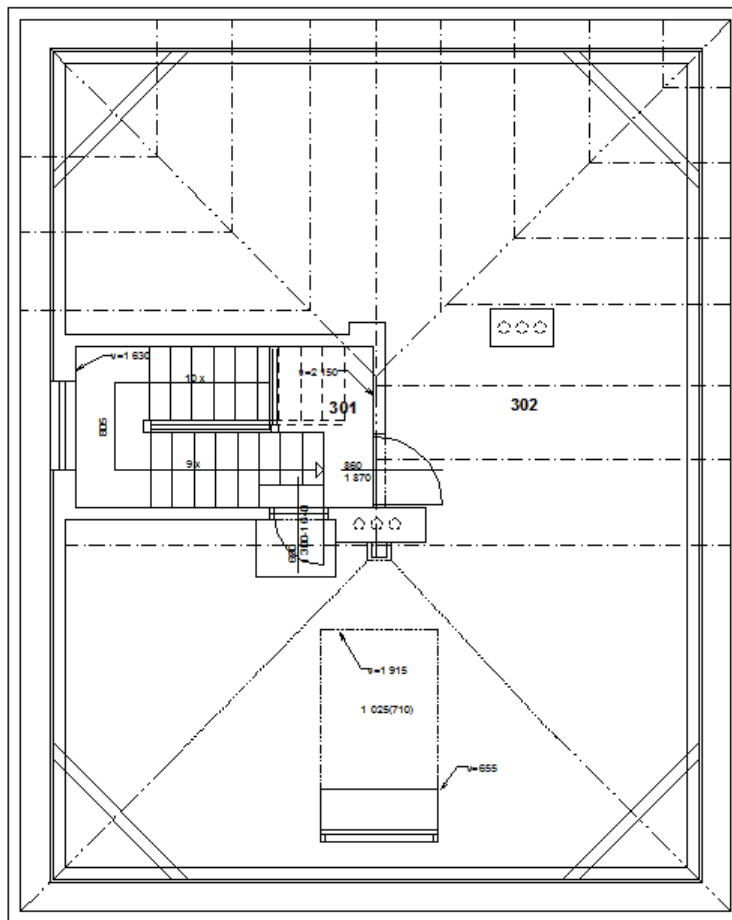
Obrázek 30 – zjednodušený půdorys 2. patra po rekonstrukci

Podkroví						
Označení	Místnost	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Intenzita větrání [1/h]
302	Půdní prostor	79,529	80,942	887,006	6	0,5
301	Schodiště 4	7,807	9,315	14,883	16	0,5

Tabulka 19 – legenda místností podkroví po rekonstrukci

Návrhové teploty a vlhkosti opět korespondují s aktuálně platnou normou ČSN 73 0540.

Technické výkresy jednotlivých pater rodinného domu jsou přiloženy v příloze PIII.



Obrázek 31 – zjednodušený půdorys podkroví po rekonstrukci

### 5.3.1 Skladba konstrukcí

Skladby konstrukcí byly navrženy tak, aby splňovaly celkový součinitel prostupu tepla stanovený normou ČSN 73 0540 - 2 pro nízkoenergetické domy. Obvodový plášť budovy bude opatřen tepelnou izolací tvořenou grafitovými deskami Isover EPS Grey o tloušťce 180 mm, střecha minerální izolací z kamenných vláken Isover TF Profi o celkové tloušťce 300 mm, podlahy a exteriérové sklepní stěny tvrzenými grafitovými deskami Isover Sokl o tloušťce 60 mm - podrobné skladby všech konstrukcí v příloze PIV.

Z hodnot tabulky 20 lze opět spočítat průměrný součinitel prostupu tepla  $U_k$ :

$$U_k = U + \Delta U_{tb} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} + \Delta U_{tb} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Při výpočtu průměrného teplotního součinitele je brána na zřetel přírážka na tepelné mosty  $\Delta U_{tb}$  [W/m<sup>2</sup>K], jejíž hodnota pro běžné tepelné mosty je  $\Delta U_{tb} = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + \left( \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,44}{0,80} + \frac{0,03}{0,90} + \frac{0,003}{0,10} + \frac{0,18}{0,031} + \frac{0,002}{0,10} + \frac{0,15}{0,09} \right) + \frac{1}{23}} \cong 0,148$$

$$U_k = U + \Delta U_{tb} = 0,148 + 0,100 = 0,248 [W/m^2K]$$

Obvodové zdivo patra - 690mm	d [mm]	$\lambda$ [W/(m.K)]	$U_k$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Omítka vápenná	20	0,870	<b>0,248</b>
Zdivo plná cihla	440	0,800	
Břízolit	30	0,900	
Weber tmel 700	3	0,100	
Isover EPS grey	180	0,031	
Weber tmel 700	2	0,100	
Omítka perlitová	15	0,090	

Tabulka 20 – příklad skladby konstrukce obvodového zdiva po rekonstrukci

V tabulce 21 jsou uvedeny výčty konstrukcí navrhovaného rodinného domu s celkovou tloušťkou a průměrného součinitele prostupu tepla dané konstrukce.

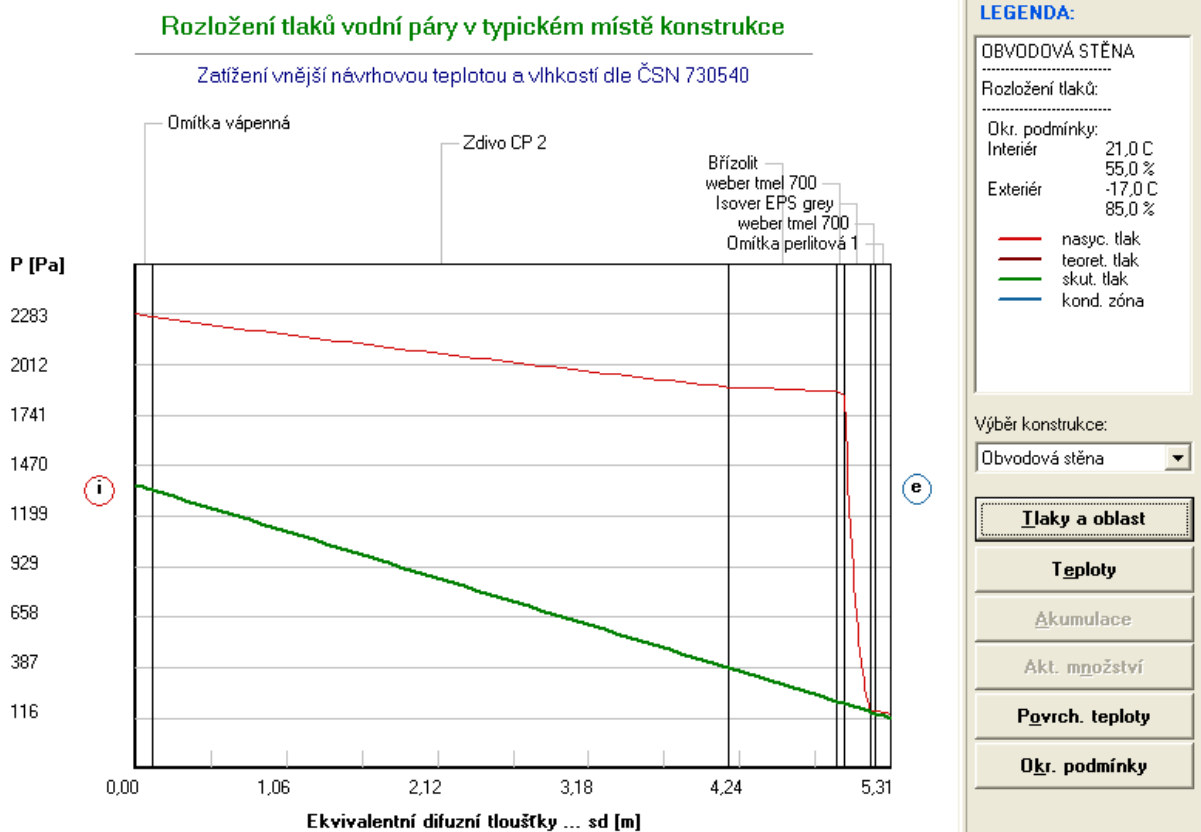
Konstrukce	d [mm]	$U_k$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Obvodové zdivo patra	690	0,248
Obvodové zdivo nad zemí sklep	710	0,471
Obvodové zdivo pod zemí sklep	625	1,519
Nosné zdivo patra	330	1,826
Nosné zdivo sklep	340	1,792
Příčka	95	3,600
Podlaha sklep	354	1,747
Podlaha 1. patro nad sklepem	423	0,505
Podlaha 1. patro nad zeminou	1011	0,292
Podlaha 2. patro	470	0,489
Podlaha podkroví	330	0,273
Střešní konstrukce	395	0,190

Tabulka 21 – seznam konstrukcí s tloušťkou a celkovým součinitelem prostupu tepla po rekonstrukci

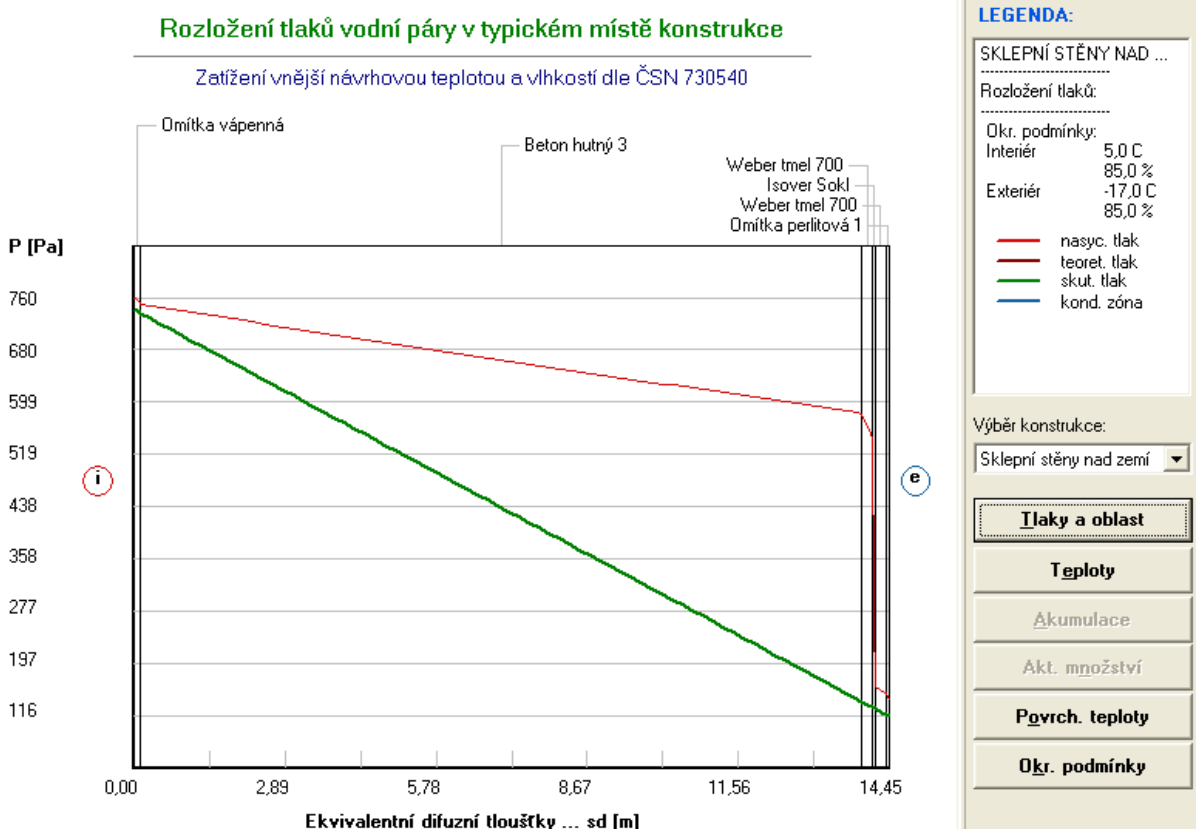
### 5.3.2 Tepelně-technické posouzení konstrukce

Skladba obvodové stěny je navržena tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti. Možný kondenzát vytváří ideální podmínky pro růst a šíření plísní a snížení tepelně-technických vlastností konstrukcí. Snižuje také její mechanickou odolnost a stabilitu.

Norma ČSN 73 0540 požaduje, aby kondenzace vodní páry v zateplené konstrukci nevedla k jejímu ohrožení. Roční množství kondenzátu musí být nižší než je roční kapacita odparu a zároveň musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.



Obrázek 32 – důkaz o nemožnosti srážení vodní páry v obvodovém zdivu po rekonstrukci



Obrázek 33 – důkaz o nemožnosti srážení vodní páry v obvodovém zdivu po rekonstrukci



V programu Teplo 2010 bylo spočteno, že v navržené konstrukci obvodové stěny nedochází ke kondenzaci vodní páry – obrázek 32 a taktéž v obvodové sklepní stěně – obrázek 33.

Posouzení bylo provedeno pro všechny navrhované úpravy. Výsledkem je skutečnost, že v žádné z navrhovaných konstrukcí nedojde ke kondenzaci.

## 5.4 Výpočet tepelných ztrát budovy

Výpočet tepelných ztrát budovy je potřebný k vytvoření energetického štítku budovy a identifikaci úspornosti domu. Pomocí výpočtů uvedených v normě ČSN EN 12831 se stanoví množství tepla potřebného k dosažení vnitřních návrhových teplot. Norma udává postup výpočtu tepelných ztrát a navrhovaného tepelného výkonu.

Základním předpokladem pro výpočet je stanovení tepelných podmínek. Tyto podmínky jsou již popsány v tabulce 9. Dalšími předpoklady jsou znalosti počtu místností včetně jejich parametrů (tabulky 10, 12 – 14 před rekonstrukcí a tabulky 10, 17 – 19 po rekonstrukci) a znalosti součinitele prostupu tepla konstrukcemi (tabulka 16 před a tabulka 21 po provedené rekonstrukci).

### 5.4.1 Výpočtové vztahy

Výpočty tepelných ztrát jsou detailně popsány v aktuálně platné normě ČSN EN 12831 z března roku 2005. Pro porozumění a následný názorný příklad výpočtu jsou uvedeny použité vztahy.

#### 5.4.1.1 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru

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

$\Phi_{T,i}$  – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i) ve wattech [W];

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

#### Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla:

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

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

$H_{T,iue}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) [W/K];

$H_{T,ig}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu [W/K];

$H_{T,ij}$  – součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K];

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

$\theta_e$  – výpočtová venkovní teplota [°C].

**Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí:**

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_I \psi_I \cdot I_I \cdot e_I \text{ [W/K]}$$

$A_k$  – plocha stavební části (k) [m<sup>2</sup>];

$e_k, e_I$  – korekční součinitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota;

$U_k$  – součinitel prostupu tepla stavební části (k) [W/m<sup>2</sup>K];

$I_I$  – délka lineárních tepelných mostů (I) mezi vnitřním a venkovním prostředím v metrech;

$\psi_I$  – činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (I) [W/mK].

**Tepelné ztráty do přilehlé zeminy:**

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \text{ [W/K]}$$

$f_{g1}$  – korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty, (dle normy ČSN EN 12831 je hodnota  $f_{g1} = 1,45$ );

$f_{g2}$  – teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou teplotou, stanoví se jako:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e};$$

$A_k$  – plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy [m<sup>2</sup>];

$U_{equiv,k}$  – ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části (k) [W/m<sup>2</sup>K];

$G_w$  – korekční činitel zohledňující vliv spodní vody.

Ekvivalentní součinitel prostupu tepla  $U_{equiv,k}$  se stanoví na základě hodnoty prostupu tepla  $U$  podlahy a charakteristického parametru  $B'$ .

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P}$$

$A_g$  – plocha uvažované podlahové konstrukce [ $m^2$ ];

$P$  – obvod uvažované podlahové konstrukce [ $m^2$ ].

### **Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách:**

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k [W/K]$$

$f_{i,j}$  – redukční teplotní činitel, který lze určit ve vztahu:

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného susedního prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

#### **5.4.1.2 Návrhová tepelná ztráta větráním**

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

$H_{V,i}$  – součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [ $W/K$ ].

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním  $H_{V,i}$  se spočte ze vztahu:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p$$

$\dot{V}_i$  – výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [ $m^3/s$ ];

$\rho$  – hustota vzduchu při  $\theta_{int,i}$  [ $kg/m^3$ ];

$c_p$  – měrná tepelná kapacita vzduchu při  $\theta_{int,i}$  [ $kJ/kgK$ ].

Při předpokladu konstantního  $\rho$  a  $c_p$  se rovnice zjednoduší na tvar:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad \text{kde } \dot{V}_i = V \cdot n [m^3/h]$$

$V$  – objem místnosti [ $m^3$ ];

$n$  – intenzita větrání [ $h^{-1}$ ].

### 5.4.1.3 Návrhový tepelný výkon

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

$\Phi_{RH,i}$  – zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) [W],

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

$A_i$  – podlahová plocha vytápěného prostoru (i) [m<sup>2</sup>];

$f_{RH}$  – zátopový součinitel závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, době zátopy a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění.

### 5.4.2 Příklad výpočtů ztrát místnosti 103 (WC)

Pro názorný příklad výpočtu byla vybrána místnost, která se (v případě uvažovaného domu) zásadně rozměry nezměnila. Změnou však prošly konstrukce a tudíž hodnoty platí pouze pro budovu po návrhovém zateplení. Jde o místnost, která má podlahu na zemině, sousedí s odlišně vytápěnými prostory a s exteriérem.

Počet „průniků“ stropních konstrukcí *	Počet „průniků“ stěn *	$\Delta U_{tb}$ pro svislé stavební části W/m <sup>2</sup> .K	
		Objem prostoru ≤ 100 m <sup>3</sup>	Objem prostoru > 100 m <sup>3</sup>
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25
Stavební část		$\Delta U_{tb}$ pro vodorovné stavební části W/m <sup>2</sup> .K	
Lehká stropní/podlahová konstrukce (např. dřevěná, kovová)		0	
Těžká stropní/podlahová konstrukce (např. betonová)	Počet stran v kontaktu s venkovním prostředím	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20
Plocha stavební části m <sup>2</sup>		$\Delta U_{tb}$ pro otvorové výplně W/m <sup>2</sup> .K	
0 až 2		0,50	
> 2 až 4		0,40	
> 4 až 9		0,30	
> 9 až 20		0,20	
> 20		0,10	

Tabulka 22 – korekční součinitelé  $\Delta U_{tb}$  pro otvorové výplně a stavební části [ČSN 12831]

Pro výpočet byla použita zjednodušená metoda, kterou norma ČSN 12831 umožňuje. Nahrazuje  $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot I_l \cdot e_l$  za  $H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ , kde  $U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb}$  [ $W/m^2K$ ].

Dle normy ČSN EN 12831 je hodnota  $e_k$  hodnotou základní a je rovna 1. Tepelná ztráta prostupem do exteriéru přes zateplenou západní stěnu:

Dle tabulky 22 jde o stěnu s nulovým počtem „průniků“ stropních konstrukcí, nulovým počtem „průniků“ stěn, a jde o stěnu do  $100 \text{ m}^2$ , proto  $\Delta U_{tb} = 0,05$ .

$$H_{T,ie,stěna} = A_k \cdot (U_k + \Delta U_{tb}) \cdot e_k = 3,23 \cdot (0,248 + 0,05) \cdot 1 \cong 0,963 \text{ W/K}$$

Tepelná ztráta prostupem do exteriéru přes okno umístěné v západní stěně:

$$H_{T,ie,okno} = A_k \cdot (U_k + \Delta U_{tb}) \cdot e_k = 0,4161 \cdot (1,2 + 0,5) \cdot 1 \cong 0,707 \text{ W/K}$$

Okno do exteriéru má celkovou plochu  $0,4161 \text{ m}^2$ . Dle tabulky 22 jde o otvorovou výplň  $0 - 2 \text{ m}^2$ , proto  $\Delta U_{tb} = 0,5$ .

Celková tepelná ztráta prostupem do exteriéru:

$$H_{T,ie} = H_{T,ie,stěna} + H_{T,ie,okno} = 0,963 + 0,707 = 1,670 \text{ W/K}$$

Tepelná ztráta prostupem do zeminy podlahou:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

Teplota místnosti je podle normy ČSN 73 0540-3 dána jako  $\theta_{int,i} = \theta_{int,N} + \theta_{ai}$ , kde  $\Delta\theta_{ai}$  je přírážka na vyrovnávací rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch.  $\theta_{int,i} = 20 \text{ }^\circ\text{C} + 1 \text{ }^\circ\text{C} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Budovy bytové a občanské s původními nesanovanými konstrukcemi, s původní úrovní tepelné ochrany			
Období realizace Druh budovy	Přírážka $\Delta\theta_a$ K		
	Vytápění radiátory ústředního topení	Vytápění sálavým plošným nizkoteplotním zdrojem	Vytápění konvekčním zdrojem (konvektory)
- do roku 1975 včetně	2,0	1,0	3,0
- od 1975 do 1995 včetně	1,0	0,5	1,5
- po roce 1995	0,6	0,3	0,9
Nízkoenergetické budovy	Lze uvažovat $\theta_{ai} \approx \theta_v \approx \theta_i$ , tedy $\Delta\theta_{ai} \approx 0 \text{ K}$ .		

Tabulka 23 – přírážka na vyrovnávací rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch [ČSN 12831]

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{21 - 7,9}{21 + 15} \cong 0,364$$

ČSN EN 12831 hovoří o parametru P jako o obvodu oddělujícím vytápěný prostor od exteriéru. Pro místnost 103 tedy platí, že hodnota P je 1,42 m.

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} = \frac{1,221}{0,5 \cdot 1,42} \cong 1,72$$

B' – hodnota m	U <sub>equiv,bf</sub> (pro z = 0 m) W/m <sup>2</sup> · K				
	bez izolace	U <sub>podlahy</sub> = 2,0 W/m <sup>2</sup> · K	U <sub>podlahy</sub> = 1,0 W/m <sup>2</sup> · K	U <sub>podlahy</sub> = 0,5 W/m <sup>2</sup> · K	U <sub>podlahy</sub> = 0,25 W/m <sup>2</sup> · K
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

Tabulka 24 – hodnota podzemního podlaží pro podlahovou desku na zemině v závislosti na součiniteli prostupu tepla podlahou a B' hodnotě [ČSN EN 12831]

Součinitel prostupu tepla je U<sub>podlahy</sub> = 0,292. Z tabulky 24 pro hodnoty B' a U<sub>podlahy</sub> vychází U<sub>equip,bf</sub> = 0,17.

Vzhledem k zjištění nepřítomnosti hladiny spodní vody a úrovni podlahy menší než jeden metr, je G<sub>w</sub> = 1. Podlahová plocha místnosti přilehlá zemině je A<sub>i</sub> = 1,221 m<sup>2</sup>.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w = 1,45 \cdot 0,364 \cdot (1,221 \cdot 0,17) \cdot 1$$

$$H_{T,ig} \cong 0,110 \text{ W/K}$$

Tepelná ztráta prostupem severní stěnou do odlišně vytápěné místnosti (spíž):

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného souseďního prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{21 - 16}{21 + 15} \cong 0,139$$

$$H_{T,ij, stěna spíž} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,139 \cdot 2,2 \cdot 1,876 \cong 0,573 [\text{W/K}]$$

Tepelná ztráta prostupem jižní stěnou do odlišně vytápěné místnosti (chodba):

$$H_{T,ij, \text{stěna chodba}} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,139 \cdot 1,25 \cdot 2,5 \cong 0,434 [W/K]$$

Tepelná ztráta prostupem dveřmi do odlišně vytápěné místnosti (chodba):

$$H_{T,ij, \text{dveře chodba}} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k = 0,139 \cdot 0,96 \cdot 1,876 \cong 0,250 [W/K]$$

Celková tepelná ztráta prostupem do odlišně vytápěné místnosti:

$$H_{T,ij, \text{dveře chodba}} = H_{T,ij, \text{stěna chodba}} + H_{T,ij, \text{dveře chodba}} + H_{T,ij, \text{stěna apíž}}$$

$$H_{T,ij, \text{dveře chodba}} = 0,434 + 0,250 + 0,573 = 1,257 [W/K]$$

Tepelná ztráta prostupem tepla:

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

$$\Phi_{T,i} = (1,670 + 0 + 0,110 + 1,257) \cdot (21 + 15) \cong 109,332 W$$

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V \cdot n = 0,34 \cdot 3,126 \cdot 1,5 \cong 1,594 [W/K]$$

Tepelná ztráta větráním:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = 1,594 \cdot (21 + 15) \cong 57,384 W$$

Celková návrhová tepelná ztráta místnosti 103 (WC):

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 109,332 + 57,384 = 166,716 [W]$$

Návrhový zátopový výkon:

Doba zátopu h	$f_{RH}$ W/m <sup>2</sup>		
	Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu <sup>a</sup>		
	1 K	2 K	3 K
	Hmotnost budovy vysoká	Hmotnost budovy vysoká	Hmotnost budovy vysoká
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

<sup>a</sup> v době tepelně izolovaných a utěsněných budovách není obvyklý předpokládaný pokles vnitřní teploty o více než 2 až 3 K. Pokles závisí na klimatických podmínkách a tepelné hmotě budovy.

Tabulka 25 – zátopový součinitel  $f_{RH}$  pro obytné budovy s nočním teplotním útlumem nejvýše 8 h [ČSN EN 12831]

Pro místnost 103 platí pro dobu zátopy 2 hodin a předpokládaného poklesu vnitřní teploty 2 Kelvinů  $f_{RH} = 22 \text{ W/m}^2$ .

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 1,221 \cdot 22 = 26,862 \text{ [W]}$$

Celkový návrhový tepelný výkon pro vytápěnou místnost 103 (WC):

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} = 166,716 + 26,862 = 193,578 \text{ [W]}$$

### 5.4.3 Ztrátový tepelný výkon budovy po místnostech

V předchozí kapitole byl uveden příklad výpočtu jednotlivých ztrát místnosti 103 po zateplení konstrukcí budovy. V této je uveden soupis ztrátového tepelného výkonu budovy po jednotlivých místnostech. Vzhledem ke změně vnitřního uspořádání místností a světlých výšek není možné jednotlivé porovnání budovy před a po provedené rekonstrukci. Je nutné tyto hodnoty ztrát oddělit do samostatných kapitol.

#### 5.4.3.1 Stávající budova

Budova před rekonstrukcí s výše uvedenými rozměry dosahovala následujících ztrát:

Sklep					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
002 + 001	Chodba + schodiště	74,974	-164,658	0,000	-89,684
003	Sklep	99,550	-302,556	0,000	-203,006
004	Dílna	115,155	-87,423	0,000	27,732
005	Sklad	30,926	-120,056	0,000	-89,130
<b>suma</b>					<b>-354,088</b>
1. patro					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
101	Venkovní schodiště	-	-	-	-
102	Zá dveří	-	-	-	-
103	WC	57,389	241,254	28,083	326,726
104	Chodba	89,992	8,680	139,771	238,443
105	Schodiště	50,415	-3,231	69,023	116,207
106	Pokoj 1	222,558	1242,504	299,253	1764,315
107	Pokoj 2	277,429	2428,519	371,703	3077,651
108	Koupelna	122,982	559,578	88,849	771,409
109	Kuchyně	618,541	961,193	147,246	1726,980



110	Jídelna	66,669	931,826	276,736	1275,231
111	Spíž	20,802	357,623	31,855	410,280
<b>suma</b>					<b>9707,242</b>
<b>2. patro</b>					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
201	WC 2	73,770	377,157	28,175	479,102
202	Chodba 2	84,056	-606,427	130,088	-392,283
203	Pokoj 3	273,355	1562,956	363,009	2199,320
204	Pokoj 4	231,800	1484,441	309,465	2025,706
205	Koupelna 2	222,231	633,217	88,849	944,297
206	Ložnice	211,899	878,338	31,349	1121,586
207	Obývací pokoj	111,076	753,794	149,086	1013,956
208	Spíž 2	20,400	365,063	130,525	515,988
209	Schodiště 2	78,656	678,950	282,394	1040,000
<b>suma</b>					<b>8947,672</b>
<b>Podkroví</b>					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
301	Schodiště 3	45,430	1067,480	0,000	1112,910
302	Komora	60,280	1998,296	0,000	2058,576
303	Půdní prostor	3044,618	7003,114	0,000	10047,732
<b>suma</b>					<b>13219,218</b>
<b>Ztráta budovy celkově [W]</b>					
<b>suma</b>					<b>31520,044</b>

Tabulka 26 – sumář ztrát celkových tepelných výkonů po místnostech budovy před provedenou rekonstrukcí

V případě záporných ztrát jde o zisky, které jsou zapříčiněny prostupem tepla z místností vytápěných na vyšší teplotu než posuzovaná. V případě sklepa a půdního prostoru je uveden zátopový tepelný výkon 0, protože tyto prostory nejsou vytápěny.

Celková ztráta budovy před zateplením byla 31,520 kW.

#### 5.4.3.2 Navrhovaná budova

Budova po rekonstrukci s dříve uvedenými rozměry vykazuje následující ztráty:

<b>Sklep</b>					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]

002 + 001	Chodba + schodiště	74,974	11,731	0,000	86,705
003	Sklep	99,550	-96,037	0,000	3,513
004	Dílna	115,155	-25,124	0,000	90,031
005	Sklad	30,926	-33,502	0,000	-2,576
<b>suma</b>					<b>177,673</b>
<b>1. patro</b>					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
101	Venkovní schodiště	-	-	-	-
102	Zádveří	-	-	-	-
103	WC	57,389	106,289	26,862	190,539
104	Chodba	35,787	191,053	45,782	272,623
104	Chodba 2	75,788	-3,430	96,954	169,312
105	Schodiště 2	53,388	-105,708	69,916	17,596
106	Pokoj 1	223,753	472,958	286,242	982,953
107	Obývací pokoj	279,317	556,835	357,324	1193,476
108	Kuchyně + jídelna	421,933	523,270	539,770	1484,974
109	Spíž	20,802	11,847	30,470	63,119
<b>suma</b>					<b>4374,591</b>
<b>2. patro</b>					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
201	WC 2	73,770	139,183	26,950	239,903
202	Chodba 3	36,294	178,964	46,266	261,524
202	Chodba 4	294,135	-318,567	124,982	100,550
202	Schodiště 3	91,343	-288,746	124,850	-72,554
203	Pokoj 2	272,389	534,848	347,226	1154,463
204	Pokoj 3	232,212	518,291	296,010	1046,513
205	Koupelna	599,844	719,015	229,394	2339,570
206	Ložnice	211,899	362,550	270,116	844,565
207	Spíž 2	20,400	-35,857	29,986	14,529
<b>suma</b>					<b>5929,063</b>
<b>Podkroví</b>					
Označení	Místnost	Ztráta větráním [W]	Ztráta prostupem [W]	Zátopový tepelný výkon [W]	Celková ztráta [W]
301	Schodiště 3	45,430	78,352	0,000	123,782
302	Půdní prostor	3166,611	-5447,224	0,000	-2280,613
<b>suma</b>					<b>-2156,831</b>

Ztráta budovy celkově [W]	
suma	8324,495

Tabulka 27 – sumář celkových tepelných výkonů po místnostech budovy po rekonstrukci Navrhované budově jsou tak sníženy energetické ztráty z 31,520 kW na 8,324 kW, čili téměř na čtvrtinu.

#### 5.4.4 Přechod tepla obálkou budovy

Přechod tepla obálkou budovy se určuje na základě průměrného součinitele prostupu tepla:

$$U_{em} = \frac{\sum H_{Tj}}{\sum A_j} + \Delta U_{tb} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$H_T$  – měrná ztráta prostupem tepla [W/K];

$A$  – celková plocha ochlazovaných konstrukcí obalujících vytápěnou zónu [m<sup>2</sup>];

$\Delta U_{tb}$  – přírážka na tepelné vazby [W/m<sup>2</sup>K] pohybující se v rozmezí 0,1 (staré domy) až 0,02 (zateplené/nové domy).

Vzhledem k množství konstrukcí se uvažuje vztah:

$$H_{Tj} = U_j \cdot b_j \cdot A_j$$

$U_j$  – součinitel prostupu tepla j-té konstrukce [W/m<sup>2</sup>K];

$b_j$  – činitel teplotní redukce j-té konstrukce [-];

$A_j$  – celková plocha j-té ochlazované konstrukce [m<sup>2</sup>].

Typ konstrukce	Činitel teplotní redukce $b_{uj}$ (-)		
	Vnitřní prostředí		
	Vytápěné	Částečně vytápěné	
Konstrukce k venkovnímu prostředí			
Výplně otvorů (okna, dveře apod.)	1,15	0,82	
Střechy; Stropy nad venkovním prostředím Stěny vnější; Lehké obvodové pláště	1,0	0,71	
Ve vzdálenosti od venkovního povrchu terénu u konstrukce	- do 1 m včetně	0,66	0,52
	- od 1 m do 2 m včetně	0,57	0,40
	- od 2 m do 3 m včetně	0,49	0,28
	- nad 3 m	0,43	0,20
Prostor nad terénem převážně k venkovnímu prostředí (např. přilehlá garáž, zimní zahrada, schodiště vysunutá mimo vytápěnou zónu, aj.)	0,49	0,20	

Tabulka 28 – vybrané návrhové hodnoty činitele teplotní redukce  $b$  [ČSN 73 0540-3]

Na základě vypočtené hodnoty  $U_{em}$  lze budovu posuzovat, dle aktuálně platné normy ČSN 73 0540, z hlediska energetické úspornosti. Tato úspornost je rozdělena na třídy A až G, kde A je klasifikována jako velmi úsporná a G mimořádně neúsporná.

Energetický štítek je dokument, který je nyní potřebný pro každou novostavbu i rekonstruovanou budovu, přičemž minimální požadavek je určen horní hranicí třídy C.

#### 5.4.4.1 Stávající budova

Referenční budova je vytvořena podle normy ČSN 73 0540 z normovaných hodnot součinitelů prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce (hodnoty také v grafu 1). Pro přírážku se uvažuje hodnota  $\Delta U_{tb} = 0,02$ . Hodnoty jednotlivých typů konstrukcí jsou uvedeny přehledně v tabulce 29.

Konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Referenční budova (stanovení požadavku)			Hodnocená budova		
		U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H <sub>T</sub> [W/K]	U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H <sub>T</sub> [W/K]
stěny s výplněmi	301,941	-	-	-	-	-	-
stěny bez výplní	265,531	0,3	1	79,659	1,39	1	368,557
výplň oken	33,86	1,5	1,15	58,409	2,63	1,15	102,386
výplň dveře	2,55	1,7	1,15	4,985	2,3	1,15	6,745
střecha	71,9	0,24	1	17,256	3,12	1	224,472
podlaha zem	29,222	0,45	0,66	8,679	1,81	0,66	34,831
podlaha sklep	27,193	0,6	0,49	7,995	1,75	0,49	23,278
<b>Celkem</b>	<b>430,256</b>			<b>176,983</b>			<b>760,269</b>
tepelné vazby				8,605			43,026
<b>Celkem</b>				<b>185,588</b>			<b>803,295</b>
<b>Průměrný součinitel <math>U_{em}</math> [W/m<sup>2</sup>K]</b>				<b>0,431</b>			<b>1,867</b>

Tabulka 29 – výčet ploch a jejich součinitelů prostupu tepla (před rekonstrukcí)

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla je:

$$U_{em, referenční} = \frac{H_T + \Delta U_{tb} \cdot A}{A} = \frac{176,983 + 8,605}{430,256} \cong 0,431 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Přírážka  $\Delta U_{tb}$  pro hodnocenou budovu před rekonstrukcí se uvažuje nejčastější hodnota pro staré domy  $\Delta U_{tb} = 0,1$ . Zbývající údaje jsou reálné hodnoty součinitele prostupu tepla. Průměrný součinitel prostupu tepla budovy je:

$$U_{em, hodnocená} = \frac{H_T + \Delta U_{tb} \cdot A}{A} = \frac{760,269 + 43,026}{430,256} \cong 1,867 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Pro referenční budovu se – v souvislosti s tabulkou 7 – určí klasifikační ukazatelé s odpovídajícími hodnotami  $U_{em}$  (tabulka 30). Vypočtená hodnota  $U_{em, referenční} = 0,431$  [W/m<sup>2</sup>K] udává ukazatele  $Cl = 1,00$ . Od této hodnoty se určí zbývající  $Cl$ .

Klasifikační ukazatel $Cl$ a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
$Cl$	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$	0,216	0,324	0,431	0,647	0,863	1,078

Tabulka 30 – ukazatel  $Cl$  s hodnotami pro referenční budovu (před rekonstrukcí)

Pro zjištění úspornosti budovy se – na základě poměru hodnocené budovy ku referenční budově – určuje klasifikační ukazatel a jeho hodnoty:

$$Cl = \frac{U_{em, hodnocená}}{U_{em, referenční}} = \frac{1,867}{0,431} \cong 4,332 - \text{mimořádně nevhodná}$$

#### 5.4.4.2 Navrhovaná budova

Referenční budova je opět vytvořena podle normy ČSN 73 0540 z normovaných hodnot součinitelů prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce. Vzhledem ke změně interiérových poměrů místností je třeba tyto hodnoty zaktualizovat. Přehledně jsou uvedeny v tabulce 31.

Konstrukce	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Referenční budova (stanovení požadavku)			Hodnocená budova		
		U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H <sub>T</sub> [W/K]	U [W/m <sup>2</sup> K]	b [-]	H <sub>T</sub> [W/K]
stěny s výplněmi	301,941	-	-	-	-	-	-
stěny bez výplní	255,805	0,30	1,00	76,741	0,248	1,00	63,440
výplň oken	39,499	1,50	1,15	68,135	1,200	1,15	54,508
výplň dveře	6,638	1,70	1,15	12,976	1,200	1,15	9,160
střecha	71,900	0,24	1,00	17,256	0,190	1,00	13,661
podlaha zem	29,222	0,45	0,66	8,679	0,292	0,66	5,632
podlaha sklep	27,193	0,60	0,49	7,995	0,505	0,49	6,729
<b>Celkem</b>	<b>430,256</b>			<b>191,783</b>			<b>153,129</b>
tepelné vazby				14,644			7,656
<b>Celkem</b>				<b>208,551</b>			<b>160,786</b>
<b>Průměrný součinitel <math>U_{em}</math> [W/m<sup>2</sup>K]</b>				<b>0,466</b>			<b>0,406</b>

Tabulka 31 – výčet ploch a jejich součinitelů prostupu tepla (po rekonstrukci)

Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla je:

$$U_{em, referenční} = \frac{H_T + \Delta U_{tb} \cdot A}{A} = \frac{191,783 + 8,605}{430,256} \cong 0,431 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Přirážka  $\Delta U_{tb}$  pro hodnocenou budovu po rekonstrukci se uvažuje horší hodnota nežli by tomu bylo v případě nové budovy. Je brána hodnota 0,05. Zbývající hodnoty jsou reálné údaje součinitelů prostupů tepla. Průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy je:

$$U_{em,hodnocená} = \frac{H_T + \Delta U_{tb} \cdot A}{A} = \frac{153,129 + 21,513}{430,256} \cong 0,406 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Klasifikační ukazatel Cl a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
Cl	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$	0,233	0,349	0,466	0,699	0,931	1,164

Tabulka 32 – ukazatel Cl s hodnotami pro referenční budovu (po rekonstrukci)

Poměr hodnocené ku referenční určí odpovídajícího klasifikačního ukazatele:

$$Cl = \frac{U_{em,hodnocená}}{U_{em,referenční}} = \frac{0,406}{0,466} \cong 0,872 - \text{vyhovující}$$

## 5.4.5 Energetický štítek budovy

Energetický štítek budovy dokládá splnění požadavku na prostup tepla budovy. Jedná se o popis tepelného chování budovy a jejích konstrukcí.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Rodinný dům, Malodvorská 8				Hodnocení obálky budovy		
Malodvorská 8, Zábřeh 78901						
Celková podlahová plocha $A_c = 168,828 \text{ m}^2$				stávající	doporučení	
CI	Velmi úsporná					
0,5						
0,75				0,871		
1,0						
1,5						
2,0						
2,5				4,332		
Mimořádně nevhodná						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy				1,867	0,406	
$U_{em}$ ve $W/m^2K$ $U_{em} = H_T/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2				0,466	0,466	
$U_{em,N}$ ve $W/m^2K$						
Klasifikační ukazatel CI a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$	0,233	0,349	0,466	0,699	0,931	1,164
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obrázek 34 – energetický štítek pro rekonstruovanou budovu

## 5.5 Tepelná stabilita, chlazení

Pro zjištění tepelné stability místností budovy byl použit software Stabilita 2010. Tepelná stabilita se vyhodnocuje pro zimní a letní období. Pro zimní je dána v případě přerušovaného vytápění o dovolený pokles dotykové teploty podlahy v nejkritičtější místnosti. Ta je dána orientací, účelem a plochami ochlazovaných konstrukcí.

Norma ČSN 73 0540-2 definuje kategorie podlah – tabulka 33 a 34.

Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{t0,N}$ [°C]
I. Velmi teplé	do 3,8 včetně
II. Teplé	do 5,5 včetně
III. Méně teplé	do 6,9 včetně
IV. Studené	od 6,9

Tabulka 33 – kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy [ČSN 73 0540-2]

Druh budovy	Účel místnosti	Kategorie podlahy	
		Požadovaná	Doporučená
Obytná budova	dětský pokoj, ložnice	I.	
	obývací pokoj, pracovna, předsíň sousedící s pokoji, kuchyň	II.	I.
	koupelna, WC	III.	II.
	předsíň před vstupem do bytu	IV.	III.

Tabulka 34 – kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty [ČSN 73 0520-2]

Nejkritičtější místností byla původně zamýšlena ložnice na severní straně, avšak nejvíce kritický je pokoj 3 ve druhém patře. Pokles dotykové teploty nesmí klesnout o více než 3,8°C. Program Stabilita 2010 určil, že k tomuto poklesu by došlo již po 3 hodinách.

Vzhledem k záměru obývat rodinný dům permanentně bez přerušovaného vytápění, není třeba vyhodnocovat pokles teploty, který byl uveden pouze pro příklad.

V letním období je tepelná stabilita místností dána nejvyšším denním vzestupem teploty. Nabízí přehled o nutnosti chlazení vnitřních prostor budovy. Z normy ČSN 73 0540-2 vyplývá požadavek na nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti 27°C – tabulka 35.



Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní <sup>1)</sup>		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	– do 25 W/m <sup>3</sup> včetně	29,5
	– nad 25 W/m <sup>3</sup>	31,5
<sup>1)</sup> U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.		

Tabulka 35 – nejvyšší denní teplota v letním období [ČSN 73 0540-2]

V rekonstruovaném domě byly spočteny stability pro 4 místnosti, které jsou jižně orientovány, lze je tedy považovat za kritické. Mají největší osluněnou plochu.

Označení	Místnost	Objem [m <sup>3</sup> ]	Návrhová teplota [°C]	Okenní plocha [m <sup>2</sup> ]	Trvalé zisky [W]	Nejvyšší vzestup teploty [°C]
106	Pokoj 1	36,561	20	2,8362	300	3,06
107	Obývací pokoj	45,640	20	5,6724	330	4,02
203	Pokoj 2	44,508	20	2,8362	300	5,44
204	Pokoj 3	37,943	20	5,6724	300	7,29

Tabulka 36 – stabilita jižně orientovaných místností v letním období

Nejkritičtější místností je pokoj 3 ve druhém patře, který se v letním období ohřeje o 7,29°C. Norma ČSN 73 0540-2 hovoří o maximální vnitřní teplotě 27°C, v případě bytových prostor dovoluje tuto hodnotu překročit po dobu 2 hodin nejvýše o 2°C. Po konzultaci s majiteli domu bylo rozhodnuto, že vzhledem k nízkému překročení teploty pouze v jediné místnosti, která nebude trvale obývaná, není nutné navrhovat strojní chlazení.

Chlazení domu bude v denních hodinách prováděno přirozenou cirkulací v domě. Přirozenou cirkulací je podle [39] myšlen komínový efekt, který lze v tomto domě s výhodou použít. Vznikne otevřením sklepních a pokojových oken i dveří, dveří ze sklepa vedoucích na chodbu v přízemí; průnikem vnitřního schodiště s chodbou směřující do zmiňované místnosti. V noci je chlazení prováděno nočním chlazením už jen v podobě otevření oken místnosti. Tímto způsobem je možné chladit i pokoj 2 a obývací pokoj, který je schodišti permanentně otevřený.



Obrázek 35 – princip přirozené cirkulace [39]

Vzhledem k uvedenému způsobu chlazení vnitřních prostor v práci nejsou uvedeny tepelné zisky budovy či místností, které slouží pro návrh výkonu strojního chladičského systému.

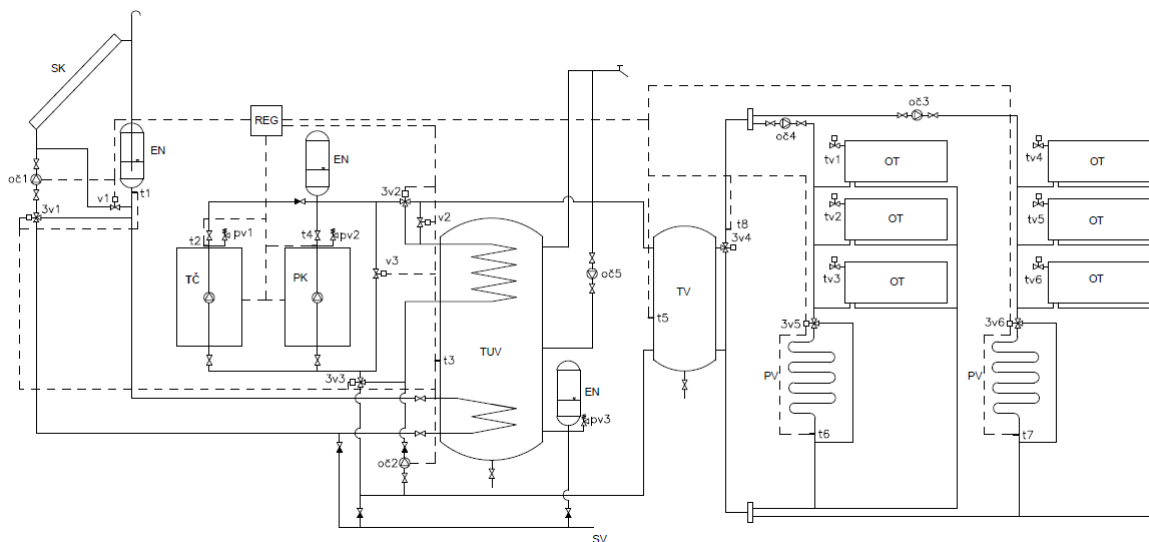
## 6 TEPELNÁ SOUSTAVA

Podle požadavků majitele domu je hlavním zdrojem tepla plynový kotel. Vzhledem ke stanovenému teplotnímu spádu 70 – 55°C pro otopná tělesa je použit běžný plynový kotel. Kondenzační kotel funguje při nižších teplotách, tudíž nelze efektivně použít. V souvislosti s teplotním spádem je taktéž pozbyt maximální efekt použitého tepelného čerpadla. Vzhledem k respektování zadání je ale v tepelné soustavě zapojen a uvažován. S výhodou lze schéma použít pro praktické zapojení výměníku umístěného v prvním patře v krbové vložce. Krbová vložka je do budoucna majitelem uvažována, tudíž je v práci zakomponována – jak již ve výkresové dokumentaci, tak i v hydraulickém schématu, kde by zaujala místo prakticky příliš nevyužitého drahého tepelného čerpadla.

Ve slunných dnech zajistí ohřev teplé vody sada solárních kolektorů, která je navržena tak, aby v letním období pokryla veškerou potřebu teplé vody.

### 6.1 Hydraulické schéma

Do rodinného domu bylo – s ohledem na teplotní spády a zadání diplomové práce – navrženo následující hydraulické zapojení.



Obrázek 36 – hydraulické schéma teplé vody a teplé užitkové vody v domě

(výkres v čitelnější podobě v příloze PV)

Mezi tři zdroje tepla jsou v souvislosti se zadáním diplomové práce zamýšleny solární kolektory (SK), tepelné čerpadlo (TČ) a plynový kotel (PK) na zemní plyn. Celkové zapojení všech třech zdrojů tvoří celý otopný systém domu.

Teplá voda (TV) je v celé diplomové práci uvažována jako okruh vody do otopné soustavy. Teplou užitkovou vodou (TUV) je myšlena voda používána pro mytí. Kvůli rozlišení mezi ohřevem teplé vody pro hygienické používání a vytápění, je pojmenování rozlišeno uvedeným způsobem.

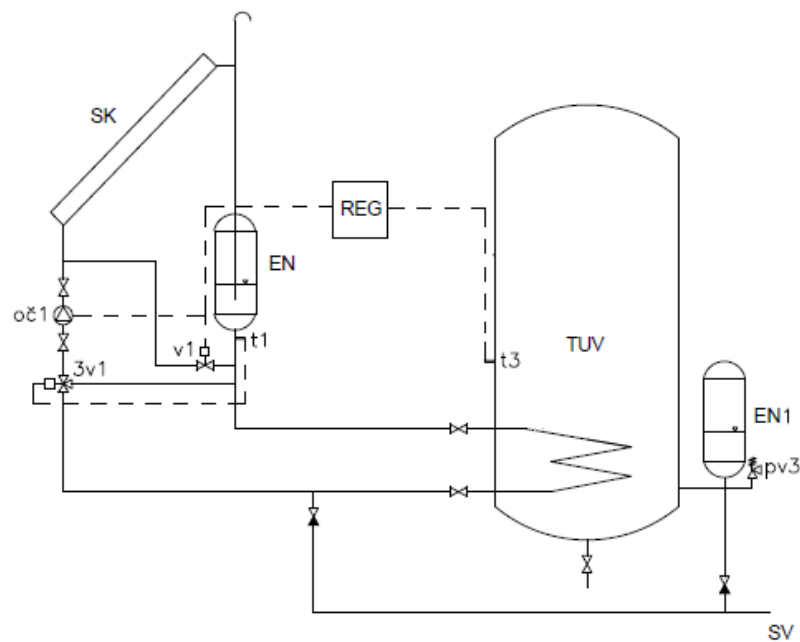
Pro pochopení hydraulického zapojení a principu řízení bude v práci postupně popsán princip ohřevu vody a uchovávání tepla jednotlivými zdroji tepla.

### 6.1.1 Hydraulické schéma solárních kolektorů

Solární kolektory (SK) umístěné na jižní části střechy akumulují sluneční energii v podobě tepla do média tvořeného vodou a nemrznoucí směsí do teploty  $-30^{\circ}\text{C}$ . Po uvedení okruhu do provozu ovládací jednotka (REG) uzavře vypouštěcí ventil (v1) a zapne čerpadlo (oč1). Oběhové čerpadlo (oč1) provádí cirkulaci média z otevřené expanzní nádrže (EN) přes otevřenou část směšovacího trojcestného ventilu (3v1 – na obrázku 37 je směšovací přívod zprava) zpět do solárních kolektorů. Zásobníkem pro teplou užitkovou vodu (TUV) aktuálně médium neprotéká. Měřena je současně teplota na výstupu z expanzní nádrže teploměrem (t1), teplota v nádrži TUV teploměrem (t3) a ovládací jednotkou (REG), která provádí otevírání a uzavírání ventilů (v1 a 3v1). Oběhové čerpadlo provádí cirkulaci do té doby, dokud nemá médium vyšší teplotu (naměřená teplota včetně nastavené hystereze, kterou tvoří ztráty na dopravě tepla do nádrže (TUV), než je teplota uvnitř nádrže (TUV). V tu chvíli začne ovládací jednotka (REG) uzavírat směšování trojcestného ventilu (3v1) a otevírat přímou větev uvedeného ventilu až do úplného otevření přímé větve. Teploty jsou neustále měřeny a vyhodnocovány, tudíž se změnou teplotních rozdílů jsou plynule ovládány ventily v1 a 3v1. Tímto způsobem je zamezeno ochlazování již předehřáté vody v akumulární nádrži (TUV).

V případě dosažení maximální teploty naměřené teploměrem (t3) v akumulární nádrži (TUV) je solární okruh vypnut.

Ovládací jednotka (REG) vyhodnocuje na základě kalendáře systému, denní doby a stanoveném časovém intervalu běhu okruhu nutnost zapnutí/vypnutí čerpadla (oč1) a uzavření/otevření vypouštěcího ventilu (v1). V případě nízkých tepelných zisků kolektoru ovládací systém oběh (oč1) vypne a otevře vypouštěcí ventil (v1) do otevřené expanzní nádrže (EN), kam vlivem gravitace médium samovolně vyteče.



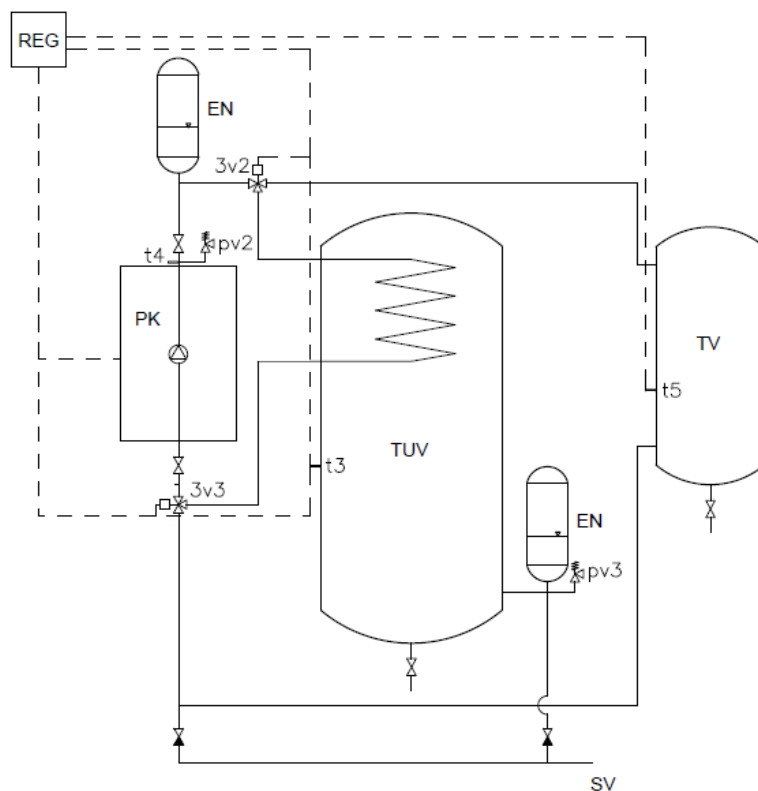
Obrázek 37 – hydraulické zapojení solárních kolektorů

### 6.1.2 Hydraulické schéma tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo (TČ) typu vzduch – voda přijatou tepelnou energii odevzdá do vody. V případě uvedení do provozu tepelného čerpadla (TČ) ovládací jednotka (REG) otevře plně ventil (v3). Pokud tepelné čerpadlo neběží, je ventil v3 uzavřen. Teploměr (t2) měří teplotu na výstupu z tepelného čerpadla (TČ) a porovnává ji s teplotou t3. V případě nižší teploty t2 na výstupu z tepelného čerpadla (TČ) ovládací jednotka (REG) ponechá otevřený ventil v3, a otevře směšovací ventil 3v3 a přímou větev ventilu 3v2. Tímto je zabráněno v ochlazování ohřáté vody v zásobnících (TUV i TV). Ovládací jednotka (REG) vyhodnocuje na základě kalendáře systému, denní doby a stanovené denní doby běhu okruhu nutnost zapnutí/vypnutí tepelného čerpadla (TČ) a uzavření/otevření ventilu (v3). V případě časově nastavené doby funkce tepelného čerpadla bez výrazných tepelných zisků tepelného čerpadla (TČ) ovládací systém (REG) vypne tepelné čerpadlo.

V případě teploty t2 vyšší než t3 ovládací jednotka (REG) současně uzavírá ventil v3 a otevírá směšovací ventily 3v2 a 3v3. Dochází k ohřevu teplé vody v nádrži pro teplotu užitkovou vodu (TUV). Jakmile je dosažena žádaná teplota v akumulární nádrži (TUV) a teplota t2 je stále vyšší než teplota t5 v akumulární nádrži (TV), ovládací jednotka postupně uzavírá směšovací ventily 3v2 a 3v3, a tím pádem otevírá jejich hlavní větev. Dochází k ohřevu teplé vody v nádrži pro teplotu vodu (TV).





Obrázek 39 – hydraulické zapojení plynového kotle

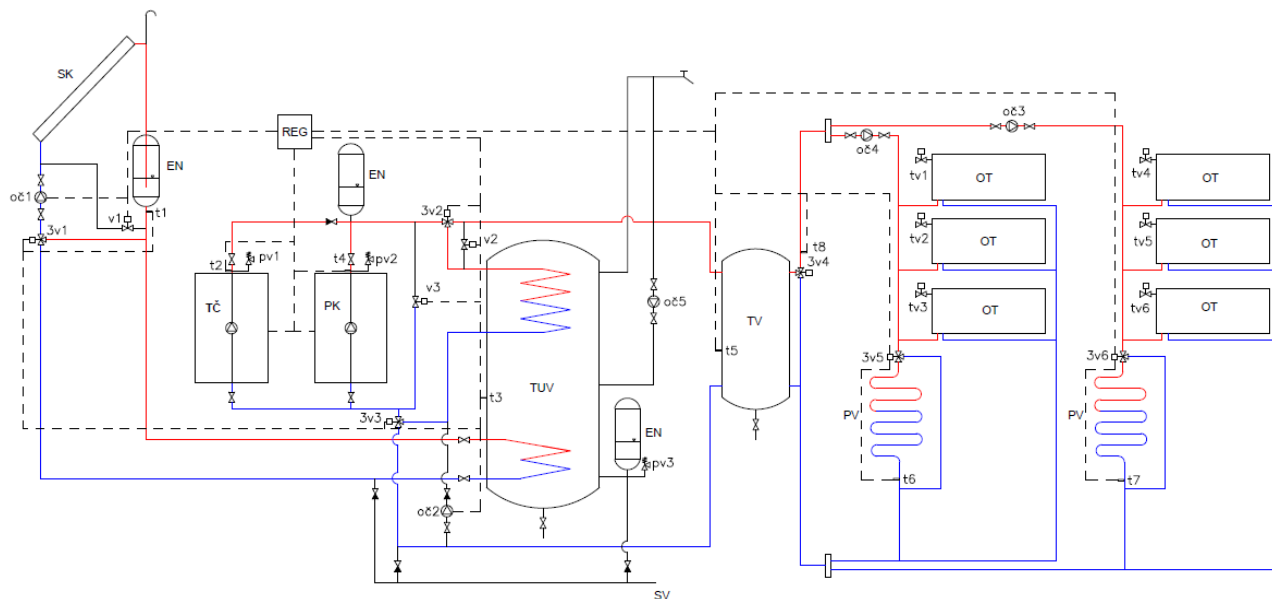
#### 6.1.4 Zimní provoz

Pro zimní provoz platí všechny tři zmiňované principy ohřevu a ukládání tepla do obou zásobníků.

Provoz a způsob ohřevu teplé vody domu má pod patronátem výše uvedený ovládací systém (REG), který zohledňuje konkrétní den v roce, vyhodnocuje aktuální naměřenou teplotu vnitřního a venkovního prostředí. Aby nedocházelo ke kolizím, ovládací systém má vždy aktivován nejvýše jeden ze způsobů vytápění – buďto solárními kolektory, tepelným čerpadlem nebo plynovým kotlem (nejčastější v tomto období).

V zimním provozu tepelné čerpadlo nedosahuje vysokých účinností, a vzhledem k potřebným vysokým teplotám vody je v zimním období využito minimálně.

Solární kolektory jsou používány ve smyslu jejich dříve uvedeného hydraulického zapojení. Lze je, stejně jako tepelné čerpadlo, použít pouze na předehřev vody, a to ať užitkové (TUV) či topné (TV). Největší práci v zimním období musí obstarat plynový kotel dimenzovaný na pokrytí celé potřeby teplé vody (TUV i TV).



Obrázek 40 – hydraulické zapojení v zimním období

Z hydraulického zapojení v zimním období – obrázek 40 – vyplývá, že výstupní teplota ze zásobníku pro otopná tělesa (TV) je ovládacím systémem měřena teploměrem (t8) a trojcestným ventilem (3v4) regulována na výstupní teplotu 70°C, aby byl dodržen teplotní spád 70 – 50°C do otopných těles. Pro podlahové vytápění platí rovněž mísení se „zpětnou“ teplotou vody – pro kuchyni a koupelnu rozdílnou vstupní teplotu (blíže v kapitole podlahové vytápění v tabulce 36).

### 6.1.5 Letní provoz

Provoz a způsob ohřevu teplé vody domu má již zmiňovaný ovládací systém (REG), který vždy zohledňuje konkrétní den v roce, vyhodnocuje aktuální naměřenou teplotu vnitřního a venkovního prostředí a nastavené požadavky majitele. Kolizím je zabráněno formou aktivace nejvýše jednoho z výše uvedených způsobů vytápění – plynovým kotlem, tepelným čerpadlem nebo solárními kolektory (nejčastější v tomto období).

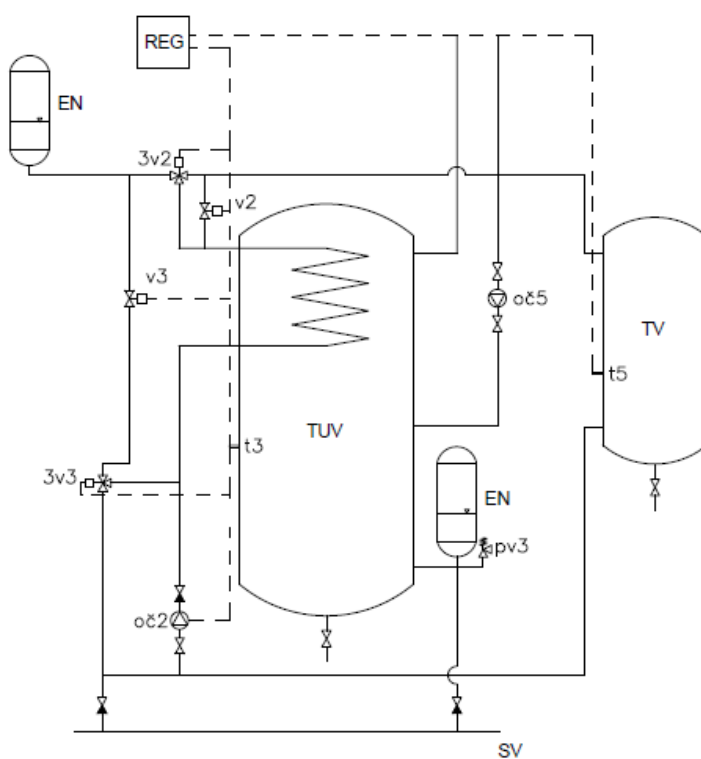
V letním provozu plynový kotel nebývá takřka použit, z důvodu dostatečného výkonu dalších dvou způsobů. Samozřejmě je aktivován v případě nedostatků tepla.

Tepelné čerpadlo lze použít k předehřevu vody v zásobnících, jehož princip byl osvětlen dříve. V letním provozu má totiž tepelné čerpadlo nejvyšší tepelné zisky. S výhodou lze použít schéma zapojení a předehřát si nejen objem akumulární nádrže (TUV), ale také objem nádrže pro otopnou soustavu (TV). Tímto systémem akumuluje tepelnou energii.



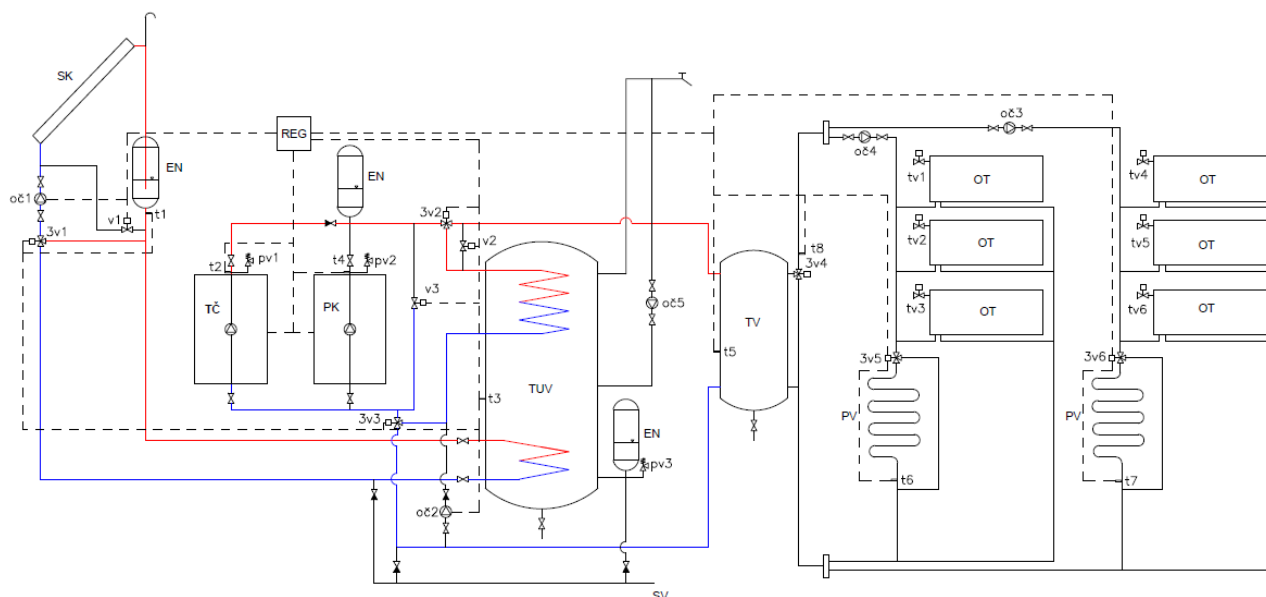
V letním období jsou posunuty do popředí solární kolektory, které dokážou pokrýt prakticky celou denní potřebu teplé užitkové vody spotřebované uživateli rodinného domu (viz obrázek 44) v závislosti na použitých solárních kolektorech a jejich počtu. Energetický zisk solárních kolektorů je úzce spjat s venkovním klimatem.

V případě, že energie získaná kolektory dostatečně ohřála plný zásobník s užitkovou vodou určenou k mytí (TUV) a energii by dále mohla poskytnout, ovládací systém – na základě těchto naměřených skutečností – zapne dosud nepoužité oběhové čerpadlo (oč2) a otevře „zkratovací“ ventil (v3) – viz obrázek 41. Nadbytečnou energii tak může systém kumulovat do zásobníku nádrže otopného systému (TV), který v letním období není využit.



Obrázek 41 – hydraulické zapojení v letním období pro získání akumulované/akumulaci energie

Pro případ zpětného získání tepla je postup úplně stejný, jako při jeho ukládání, za předpokladu vyhodnocení ovládacího systému teplejšího média – vody – v nádrži otopné vody (TV) k chladnějšímu médiu v nádrži teplé vody určené k mytí (TUV).



Obrázek 42 – hydraulické zapojení v letním období

## 6.2 Otopná tělesa

Otopná tělesa (radiátory, podlahové topení) byla navržena v souladu se ztrátami jednotlivých místností, situačního uskupení vnitřních prostor, rozměry prostor pro umístění a požadavku majitele objektu. Ve většině vytápěných prostor je použit systém radiátorového vytápění od firmy Korado. V případě kuchyně s jídelnou je použita kombinace podlahového vytápění s radiátory umístěnými pod okny zamezující srážení vnitřní vlhkosti. Obdoba je použita v koupelně, kde místo klasických plochých radiátorů je použita dvojice žebříkového modelu s elektronickou patronou pro možný ohřev v přechodném období, kdy se dům nevytápí.

### 6.2.1 Radiátorové vytápění

Pro návrh řešení byly použity stránky výrobce otopných soustav Korado <http://konfigurator.korado.com/cs/>. Řešení je shrnuto do tabulky 35, ze které je možné identifikovat rozměr (i typ) tělesa, jeho tepelný zisk při teplotním spádu 70 – 55°C, jeho objem včetně přívodní a odvodní větve potrubí a celkovou tlakovou ztrátu vztaženou na celou délku OT až k akumulární nádrži.

Otopná tělesa firmy Korado jsou přehledně uvedeny v tabulce 37, jsou dány především svým rozměrem typu výška x hloubka x délka OT s nenulovými rozměry. Výjimku tvoří řádek označený *Minib – kuchyně* (viz dále).

otopná tělesa - 1. patro							
Místnost	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Ztráta místnosti [W]	Výška x hloubka x délka OT [m x m x m]	Výkon OT [W]	Zisk místnosti [W]	Objem [l] OT+ potrubí	Celková tlaková ztráta [Pa]
WC	1,221	146,531	0,600x0,047x0,600	<b>185</b>	38,469	1,392	15767,91
Chodba 1	2,081	272,623	0,900x0,047x0,700	<b>312</b>	39,377	2,182	15006,42
Chodba 2	4,407	172,742	0,900x0,047x0,700	<b>312</b>	139,258	2,182	18071,90
Pokoj 1	13,011	848,948	0,600x0,063x1,600	<b>1099</b>	250,052	4,339	15183,33
Obývací pokoj	16,242	1147,367	0,300x0,066x1,800	<b>800</b>	452,633	6,679	13894,45
			0,300x0,066x1,800	<b>800</b>			
Kuchyně + jídelna <i>Minib - kuchyně</i> pod okny - jídelna pod okny - kuchyně	24,535	1413,451	0x0x140,000	<b>840</b>	202,549	15,844	12815,66
			0,125x0,243x1,750	<b>406</b>		9,920	14016,21
			0,600x0,047x0,600	<b>185</b>		1,258	15178,97
			0,600x0,047x0,600	<b>185</b>		1,258	15178,97
Spíž	1,385	63,119	0,600x0,047x0,600	<b>185</b>	121,881	1,392	15767,91
otopná tělesa - 2. patro							
WC 2	1,225	165,441	0,600x0,047x0,600	<b>185</b>	19,559	1,392	16725,95
Chodba 3	2,103	292,006	0,900x0,047x0,700	<b>312</b>	19,994	2,182	15964,46
Pokoj 2	15,783	983,279	0,600x0,066x1,800	<b>1411</b>	427,721	10,459	14852,50
Pokoj 3	13,455	984,954	0,600x0,047x1,600	<b>776</b>	567,046	4,979	16141,37
			0,600x0,047x1,600	<b>776</b>		4,979	16141,37
Koupelna	10,427	1175,341	0x0x70,000	<b>420</b>	110,659	7,970	13959,51
			1,500x0,030x0,500	<b>433</b>		4,619	14191,97
			1,500x0,030x0,500	<b>433</b>		4,619	14191,97
Chodba 4	5,681	419,117	0,500x0,063x0,900	<b>618</b>	198,883	3,068	19142,88
Ložnice	12,278	732,146	0,600x0,063x1,600	<b>1283</b>	550,854	4,979	16141,37
Spíž	1,363	14,529	0,600x0,047x0,600	<b>185</b>	170,471	1,392	15767,32

Tabulka 37 – navrhovaná otopná tělesa pro místnosti pro teplotní spád 70 – 55°C

Otopná tělesa (radiátory) jsou vždy umístěna pod okny a ctí šířku oken. Vždy pokrývají minimálně 90 % šířky okna. Umístění pod okny zaručuje nemožnost srážení vlhkosti na okenních tabulích a napomáhá cirkulaci vzduchu v místnosti. Výkony OT jsou naddimenzovány nad ztrátami místností – viz sloupec „zisk místnosti“ v tabulce 35. Celkové objemy uvedené ve zmiňované tabulce jsou brány s ohledem na Tiechelmanovo zapojení, na vnitřní průměry potrubí, a údaje uvedené výrobcem.

V kuchyni s jídelnou je obrovské francouzské okno směřující do zahrady. To je nutné od spodní části vyhřívat, aby nedocházelo k srážení vlhkosti a rosení. Pro tento případ je uvažován a vybrán (ze stránek výrobce <http://www.minib.com/cs>) topný konvektor

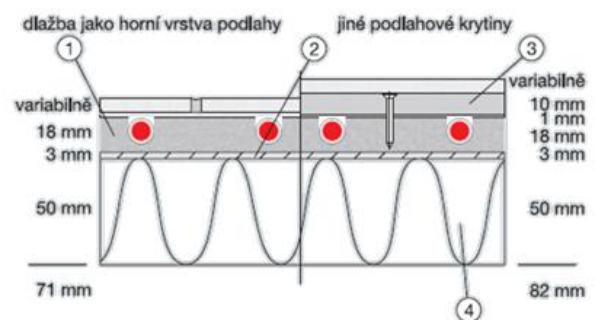
Minib určený pro zabudování do podlahy. Jeho výkon je 406 W pro definovaný teplotní spád, rozměry a další parametry jsou uvedeny v tabulce 37 v řádku *Minib – kuchyně*.

### 6.2.2 Podlahové vytápění

Pro koupelnu a kuchyni s jídelnou je použité podlahové vytápění od firmy Viega. Řešení je opět shrnuto do tabulky 37, ve které je možné identifikovat podlahové vytápění prezentované pouze jedním rozměrem reprezentující délkou otopného hada (potrubí).

Při řešení podlahového vytápění je důležité brát zřetel na maximální povrchovou teplotu prezentovanou výrobcem maximálním tepelným tokem při definovaných roztečích topného potrubí. Tepelný tok je odvislý od skladby podlahové krytiny, která je spjata s vlastnostmi místnosti (v jaké části domu je místnost se zamýšleným podlahovým vytápěním – možný rozdíl mezi sousedícími částmi místnosti).

- ① systémový prvek Fonterra Reno
- ② elastické lepidlo  
(např. PCI-Nanolight)
- ③ stavební deska Fermacell mini-  
málně 10 mm
- ④ nosná deska z tvrzené pěny PCI  
(Pecidur) 50 mm



Obrázek 43 – montážní situace dle DIN EN 1264-4 [40]

Pro navrhovaný dům je použita montážní situace na obrázku 43. Teplotní rozpětí výrobce doporučuje 6 K, maximální délku topného hada 80 m, což dle výrobce pokryje 8 m<sup>2</sup>, dilatační spáry je nutné umístit od 15 m délky, maximální teplota v topném hadu 50°C, vzdálenost trubek 10 mm, rozměr trubek topného hada 12 x 1,3 mm (maximální tlak 10 bar, maximální teplota trubky 90°C, tepelná vodivost  $\lambda = 0,22 \text{ W/mK}$ ).

Pro další výpočet je třeba znát dosud nepokryté ztráty místností. Ty jsou určeny na základě spočtené ztráty místnosti/místností a následném odečtu výkonu/ů otopných těles nutné nebo zadané majitelem. V kuchyni jde o topný konvektor Minib pod francouzským oknem se 406 W, a v koupelně o pár žebříkového modelu s patronou Korado (zadanou majitelem) s celkovým součtem výkonu 866 W.

Pro kuchyni s jídelnou platí ztráta:

$$P_{kuchyně+jídelna} = 1413,451 \text{ W} - 406 \text{ W} = 1007,451 \text{ W}$$

Pro koupelnu:

$$P_{koupelna} = 1175,341 \text{ W} - 433 \text{ W} - 433 \text{ W} = 309,341 \text{ W}$$

Tabulka 38 uvádí tepelné výkony podlahového vytápění při definovaných teplotních spádech, jeho objem včetně přívodní a odvodní větve potrubí a celkovou tlakovou ztrátu vztáženou na celou délku OT až k akumulární nádrži.

Místnost	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Ztráta [W]	Tepelný tok [W/m <sup>2</sup> ]		Teplota vody [°C]			Výkon [W]
			Spočtený	Návrhový	Průměrná	Přívod	Odvod	
Kuchyně + jídelna	15,451	1007,451	65,203	60	32,5	35,5	29,5	840
Koupelna	7,994	309,341	38,697	60	36,5	39,5	33,5	420

Tabulka 38 – navrhovaná podlahová topení s definováním teplotních spádů

Výpočet potřebného tepelného toku z hodnot v tabulce 37:

$$\Phi_{kuchyně} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] = \frac{P[\text{W}]}{A[\text{m}^2]} = \frac{1007,451}{15,451} \cong 65,02 \text{ W/m}^2$$

P – ztráta místnosti [W] a A – plocha místnosti [m<sup>2</sup>].

Dle tabulky 38 pro přímý obklad je možné tento tepelný tok použít, avšak vzhledem k vnitřnímu uskupení nábytku – kuchyňské linky a spotřebičů – kde není třeba podlahu vytápět, lze snížit plochu podlahy a tím i výsledný tok na 60 W/m<sup>2</sup>. Tento tok je s výhodou využít pro plné pokrytí místností (kuchyně + jídelna) dvěma topnými hady takřka na limitní ploše 16 m<sup>2</sup> (viz obrázek 44).

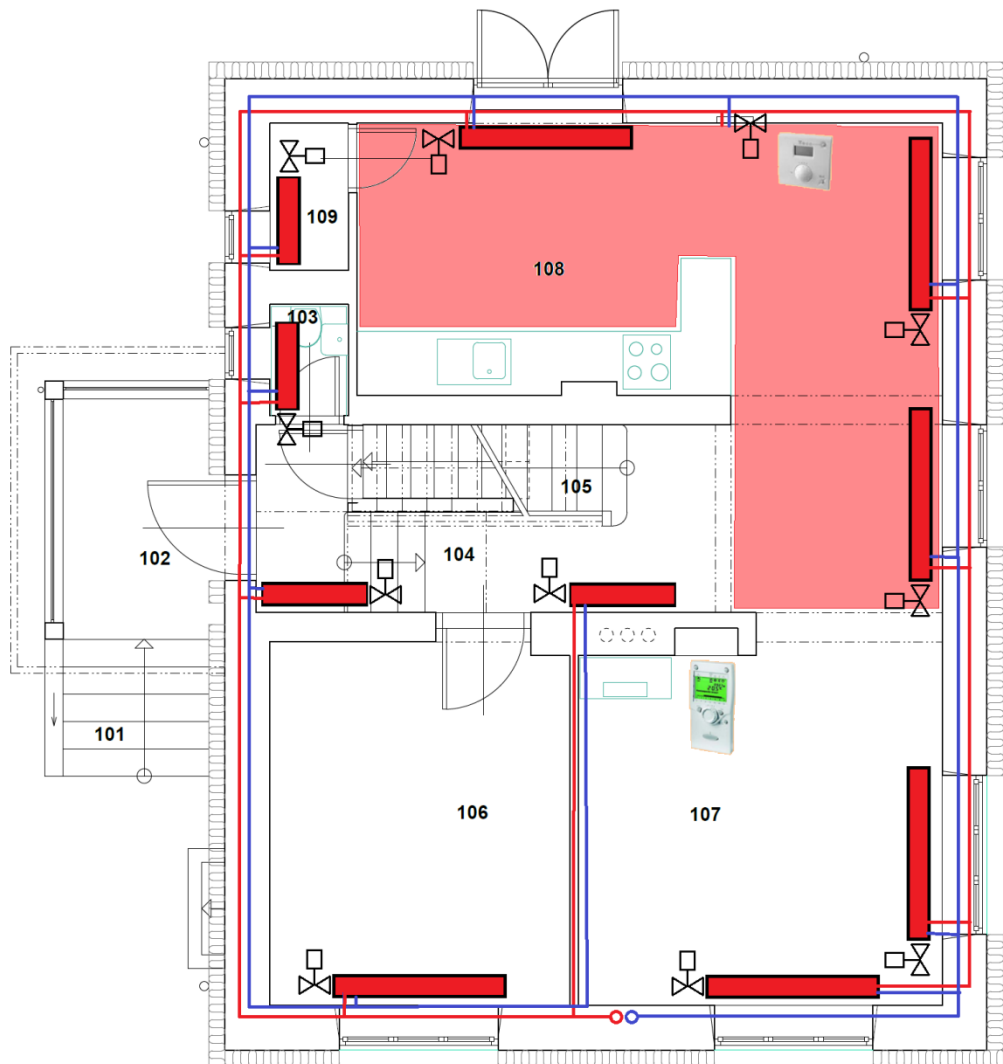
Potřebný tepelný výkon	Střední teplota topné vody ve °C u různých povrchů a teplot místnosti									
	Přímý obklad		Dlažba na desku Fermacell 10mm		Parkety/laminát na desku Fermacell 10mm		Prům. koberec na desku Fermacell 10mm		Tlustý koberec na desku Fermacell 10mm	
Teplota místnosti	20 °C	24 °C	20 °C	24 °C	20 °C	24 °C	20 °C	24 °C	20 °C	24 °C
20 W/m <sup>2</sup>	24,0	28,0	24,0	28,0	25,5	29,5	26,5	30,5	27,5	32,0
25 W/m <sup>2</sup>	25,5	29,5	25,5	29,5	26,5	30,5	27,5	31,5	28,5	32,5
30 W/m <sup>2</sup>	26,5	30,5	26,5	30,5	27,5	31,5	29,0	33,0	31,0	35,0
35 W/m <sup>2</sup>	27,5	31,5	27,5	31,5	29,0	33,0	31,5	35,5	33,0	37,0
40 W/m <sup>2</sup>	28,5	32,5	28,5	32,5	31,0	35,0	32,5	36,5	34,5	38,5
45 W/m <sup>2</sup>	29,5	33,5	29,5	33,5	32,0	36,0	34,0	37,0	36,5	40,5
50 W/m <sup>2</sup>	31,0	35,0	31,0	35,0	33,5	37,5	36,0	40,0	38,5	42,5
55 W/m <sup>2</sup>	32,0	36,0	32,0	36,0	34,5	38,5	37,0	41,0	40,0	44,0
60 W/m <sup>2</sup>	32,5	36,5	32,5	36,5	36,5	40,5	38,5	42,5	42,0	46,0
65 W/m <sup>2</sup>	34,0	38,0	34,0	38,0	37,5	41,5	41,0	45,0	43,5	47,5

Tabulka 39 – tabulka pro výpočet střední teploty topné vody [40]

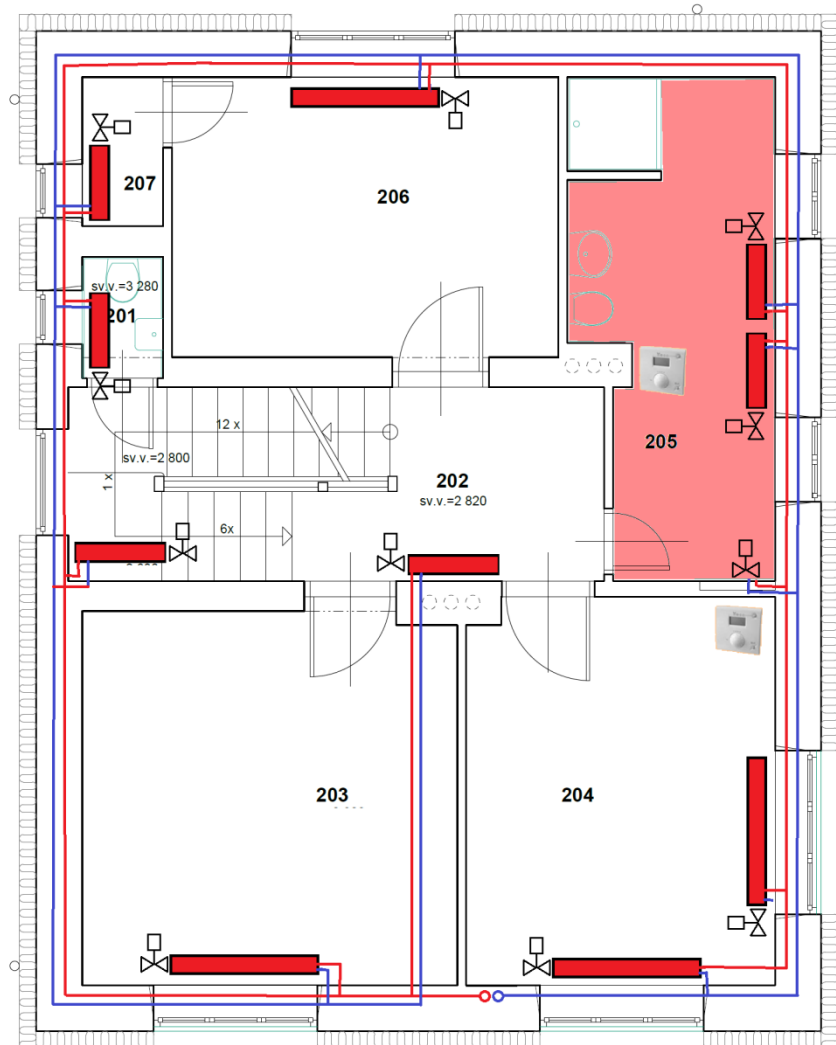
V případě koupelny je zbývající spočtený tepelný výkon přibližně  $38,7 \text{ W/m}^2$ . Vzhledem k podlahové ploše  $8 \text{ m}^2$  – do které spadá i místo pod umyvadly a sprchový kout – a omezení maximální možné délky otopného hada, byl volen tepelný tok  $60 \text{ W/m}^2$ . Tento tepelný tok zajistí dostatečné předimenzování otopných těles.

V případě kuchyně a jídelny s tepelným výkonem  $60 \text{ W/m}^2$ , přívodní teplotou  $35,5^\circ\text{C}$  a odvodní teplotou  $29,5^\circ\text{C}$  otopné vody výrobce garantuje maximální povrchovou teplotu  $28^\circ\text{C}$ . Přípustná povrchová teplota nášlapné vrstvy ve vytápěné obytné místnosti je maximálně  $29^\circ\text{C}$ .

V případě koupelny s tepelným výkonem  $60 \text{ W/m}^2$ , přívodní teplotou  $39,5^\circ\text{C}$  a odvodní teplotou  $33,5^\circ\text{C}$  otopné vody výrobce garantuje maximální povrchovou teplotu  $32^\circ\text{C}$ . Maximální hodnota přípustné povrchové teploty nášlapné vrstvy v koupelně je  $33^\circ\text{C}$ .



Obrázek 44 – schematické znázornění podlahového vytápění a radiátorového vytápění v prvním patře



Obrázek 45 – schematické znázornění podlahového vytápění a radiátorového vytápění ve druhém patře

### 6.2.3 Potrubí otopné vody

Pro dopravovanou vodu o teplotě  $70^{\circ}\text{C}$  a odpovídající hustotě  $\rho = 977,9 \text{ kg/m}^3$  bylo určeno izolované potrubí DN 15 z mědi o vnitřním průměru  $d = 0,013 \text{ m}$ , součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_{\theta} = 372 \text{ W/mK}$ . Rychlost proudící vody je volena  $0,5 \text{ m/s}$  ( $1800 \text{ m/hod}$ ).

Izolace potrubí DN 15 by měla mít (v souvislosti s vyhláškou č. 193/2007 Sb.) maximální hodnotu součinitele prostupu tepla  $U = 0,15 \text{ W/mK}$  vztažených na 1 metr délky.

Výpočet součinitele prostupu tepla je dán:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{\theta}} \cdot \ln \frac{d_z}{d_v} + \frac{1}{\alpha_e \cdot d_e}} \quad [\text{W/mK}]$$

$\lambda_\theta$  - součinitel tepelné vodivosti materiálu trubky nebo její tepelné izolace [W/m.K];

$d_z$ - vnější průměr vrstvy (trubky nebo její tepelné izolace) [m];

$d_v$ - vnitřní průměr vrstvy (trubky nebo její tepelné izolace) [m];

$\alpha_e$ - součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu tepelné izolace trubky [W/m<sup>2</sup>.K],  
přibližně platí  $\alpha_e = 10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ;

$d_e$ - vnější průměr tepelné izolace trubky [m].

Norma ČSN EN 12828 obsahuje tabulku (tabulka 39), ze které – na základě výběru izolační třídy, návrhového vnitřního průměru potrubí  $d_1$  a zvoleném materiálu izolace s hodnotou teplotní vodivosti – lze určit tloušťku izolace.

$d_1$ mm	izolační třída 5					izolační třída 6				
	$U_L$ (W/m.K)	$\lambda$ (W/m.K)				$U_L$ (W/m.K)	$\lambda$ (W/m.K)			
		0,03	0,04	0,05	0,06		0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,15	9	17	29	49	0,13	13	22	40	62
20	0,16	18	33	54	86	0,14	25	36	70	110
30	0,17	16	45	71	111	0,14	35	57	94	148
40	0,18	32	54	85	128	0,15	43	68	110	156
60	0,21	41	67	102	150	0,17	60	90	138	210
80	0,23	48	76	113	162	0,18	70	108	155	240
100	0,25	53	82	120	169	0,20	75	115	165	260
200	0,36	65	97	134	178	0,28	83	133	180	280
300	0,47	71	102	137	178	0,36	89	149	223	290
plochý	(0,35)	82	110	137	165	(0,22)	133	177	222	266

Tabulka 40 – tloušťka izolace a prostup tepla pro izolační třídu 5 a 6 [ČSN EN 12828]

Izolace bude provedena polyuretanovým náplekem s  $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$ . Z tabulky 39 vychází tloušťka izolace pro uvedené hodnoty přibližně 10 mm.

Výpočet součinitele prostupu tepla pro navrženou izolaci:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 372} \cdot \ln \frac{0,015}{0,013} + \frac{1}{2 \cdot 0,03} \cdot \ln \frac{0,035}{0,015} + \frac{1}{10 \cdot 0,035}} \cong 0,144 [\text{W/mK}]$$

Při navržené izolaci je součinitel prostupu tepla  $U = 0,144 \text{ W/mK}$ , což splňuje požadavek  $U < 0,15 \text{ W/mK}$ .

#### 6.2.4 Akumulační nádrž

Základem správné funkčnosti otopných těles není jen zajištění uvedeného teplotního spádu, ale také výrobcem doporučená rychlost proudění a s tím spjaté objemové průtoky. Rychlost proudění je zvolena  $v = 0,5 \text{ m/s}$ , což je 1800 m/hod. Střední teplota otopné vody



je  $\theta_s = 62,5^\circ\text{C}$  s hustotou  $\rho = 982 \text{ kg/m}^3$ . Pro rozvod otopné vody bylo určeno potrubí z mědi o vnitřním průměru  $d = 0,013 \text{ m}$ . Součinitel tření pro toto potrubí je  $\lambda \cong 0,030746$ . Objemový průtok lze určit ze vztahu:

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot \rho = v \cdot S \cdot \rho = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho = 1800 \cdot \frac{\pi \cdot 0,013^2}{4} \cdot 982 \cong 234,618 \text{ l/hod}$$

Pro možný návrh velikosti akumulční nádrže pro otopnou vodu (TV) je třeba znát celkový objem soustavy. V tabulce 41 je uveden soupis objemů použitých otopných těles (daný výrobcem), objem přívodního a odvodního potrubí spočteného z vnitřního průměru a délky, suma součinitelů vřazených odporů  $\xi$  [-], ztráta třením a celková dynamická ztráta. Hodnotu udává výrobce OT, na vedení je hodnota  $\xi$  určena prvky v cestě otopné vody.

Celkový objem otopné soustavy činí 113,445 litrů vody. Vzhledem k objemovému průtoku 234,618 l/hod je patrné, že celý objem – otopného systému – se za jednu hodinu vymění dvakrát. Z tohoto důvodu je navržena akumulční nádoba o celkovém objemu 250 litrů.

otopná tělesa - 1. patro							
Místnost	v x h x d OT [m x m x m]	Objem OT [l]	Objem potrubí [l]	Suma $\xi$	Délka potrubí [m]	Ztráta třením [Pa]	Dynamická ztráta [Pa]
WC	0,600x0,047x0,600	1,24	0,15235	31,0	41,206	11962,65828	15767,90828
Chodba 1	0,900x0,047x0,700	2,17	0,01195	29,8	39,090	11348,46507	15006,41507
Chodba 2	0,900x0,047x0,700	2,17	0,61170	33,4	48,127	13972,05368	<b>18071,90368</b>
Pokoj 1	0,600x0,063x1,600	4,32	0,01872	31,0	39,192	11378,07733	15183,32733
Obývací pokoj	0,300x0,066x1,800	6,66	0,01872	20,5	39,192	11378,07733	13894,45233
	0,300x0,066x1,800	6,66	0,01872	20,5	39,192	11378,07733	13894,45233
Kuchyně + jídlna	0x0x140,000	15,83	0,01062	12,0	39,070	11342,65874	12815,65874
Minib - kuchyně	0,125x0,243x1,750	9,89	0,03252	21,0	39,400	11438,46313	14016,21313
pod okny - jídelna	0,600x0,047x0,600	1,24	0,01772	31,0	39,177	11373,72259	15178,97259
pod okny - kuchyně	0,600x0,047x0,600	1,24	0,01772	31,0	39,177	11373,72259	15178,97259
Spíž	0,600x0,047x0,600	1,24	0,01772	31,0	39,177	11373,72259	15178,97259
otopná tělesa - 2. patro							
WC 2	0,600x0,047x0,600	1,24	0,15235	31,0	44,506	12920,70215	16725,95215
Chodba 3	0,900x0,047x0,700	2,17	0,01195	29,8	42,390	12306,50894	15964,45894
Pokoj 2	0,600x0,066x1,800	10,44	0,01872	20,5	42,492	12336,12120	14852,49620
Pokoj 3	0,600x0,047x1,600	4,96	0,01872	31,0	42,492	12336,12120	16141,37120
	0,600x0,047x1,600	4,96	0,01872	31,0	42,492	12336,12120	16141,37120
Koupelna	0x0x70,000	7,92	0,05309	12,0	43,010	12486,50506	13959,50506
	1,500x0,030x0,500	4,60	0,01925	15,1	42,500	12338,44373	14191,96873

Koupelna	1,500x0,030x0,500	4,60	0,01925	15,1	42,500	12338,44373	14191,96873
Chodba 4	0,500x0,063x0,900	2,43	0,63751	33,4	51,816	15043,03060	<b>19142,88060</b>
Ložnice	0,600x0,063x1,600	4,96	0,01872	31,0	42,492	12336,12120	16141,37120
Spíž	0,600x0,047x0,600	1,24	0,01772	31,0	39,177	12920,70215	16725,95215

Tabulka 41 – tlakové ztráty a objemy jednotlivých otopných těles

Dům je hydraulicky rozdělen na dvě větve – první a druhé patro. Pro možný návrh oběhového čerpadla pro každou větev je nutné určit maximální dynamickou ztrátu v každé z větví. Dynamická ztráta je dána ztrátou třením a ztrátou vřazenými odpory. Ztráta odpory  $P_{odpory}$  [Pa] a ztráta třením  $P_{třením}$  [Pa] se spočte ze vztahů:

$$P_{odpory} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]}$$

$$P_{třením} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]}$$

Spočtené údaje, pro každé otopné těleso zvlášť, jsou zaneseny do tabulky 41. V posledním sloupci je zvláště zřetelně maximální dynamická tlaková ztráta. Maximální pro obě větve je hodnota otopného tělesa z chodby 4 s velikostí 19.142,881 Pa.

Navržená oběhová čerpadla pro obě větve byla vybrána od firmy Grundfos Alpha2 25-60 s výtlačnou výškou 6 m s energetickou třídou A se spotřebou 5 W na tlak 10 barů a proměnnými otáčkami.

Ukázka výpočtu pro WC v prvním řádku tabulky 41:

$$P_{odpory} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 31 \cdot \frac{0,5^2}{2} \cdot 982 = 3805,250 \text{ [Pa]}$$

$$P_{třením} = 0,030746 \cdot \frac{41,206}{0,013} \cdot \frac{0,5^2}{2} \cdot 982 \cong 11962,658 \text{ [Pa]}$$

$$P_{dyn} = P_{třením} + P_{odpory} = 3805,250 + 11962,658 \cong 15767,908 \text{ [Pa]}$$

### 6.2.5 Parametry otopné soustavy

Veškeré potřebné údaje jsou přehledně uvedeny v tabulce 42. Konstrukční přetlaky zdrojů tepla udávají výrobci. Manometrickou rovinou MR je myšlen výškový střed plynového kotle. Všechny uvedené přetlaky soustavy jsou vztaženy k manometrické rovině MR. Příslušnými barvami – uvedené v posledním sloupci tabulky – musí být tyto přetlaky vyznačeny na manometru, osazeném do manometrické roviny. Hodnota  $p_{hdov} = 250$  kPa je určena použitým pojistným ventilem.

Konstrukční přetlak soustavy:

$$p_k = p_{rpk} + (10 \cdot h_{MR}^{min}) = 300 + (10 \cdot (-0,5)) = 295 \text{ kPa}$$

Nejnižší provozní přetlak  $p_d$  soustavy volen 80 kPa. Musí platit:

$$p_d = 80 \text{ kPa} > p_{ddov}$$

Nejnižší dovolený přetlak:

$$p_{ddov} = 1,1 \cdot \left( \frac{h \cdot \rho \cdot g}{1000} + \Delta p_z \right) = 1,1 \cdot \left( \frac{5,8 \cdot 958,3 \cdot 9,81}{1000} + 0 \right) = 59,98 \text{ kPa}$$

Provozní přetlak soustavy:

$$p_s = \frac{p_k + p_d}{2} = \frac{295 + 80}{2} = 187,5 \text{ kPa}$$

Skutečný nejvyšší provozní přetlak:

$$p_h = \frac{p_d \cdot V_{ex} + 100 \cdot V_e}{V_{ex} - V_e} = \frac{80 \cdot 50 + 100 \cdot 15,301}{50 - 15,301} \cong 159,37 \text{ kPa}$$

<b>Výkon zdroje tepla</b>	$\Phi_{PK}$	45 kW	-
<b>Pracovní teplota</b>		80°C	-
<b>Střední teplota topné vody</b>	$\theta_s$	62,5°C	-
<b>Nejvyšší pracovní teplota</b>	$\theta_{max}$	100°C	-
<b>Manometrická rovina</b>	MR	1 m	1m nad podlahou dílny
<b>Výška topné soustavy nad MR</b>	h	5,8 m	-
<b>Konstrukční přetlak čerpadel</b>	$p_{rč}$	1000 kPa	výška nad MR $h_{MR} = - 0,5 \text{ m}$
<b>Konstrukční přetlak plynového kotle</b>	$p_{rpk}$	300 kPa	výška nad MR $h_{MR} = 0 \text{ m}$
<b>Konstrukční přetlak tepel. čerpadla</b>	$p_{rč}$	600 kPa	výška nad MR $h_{MR} = 1 \text{ m}$
<b>Konstrukční přetlak otopných těles</b>	$p_{rot}$	1000 kPa	výška nad MR $h_{MR} = 2,0 - 5,5 \text{ m}$
<b>Konstrukční přetlak OT Minib</b>	$p_{rm}$	1000 kPa	výška nad MR $h_{MR} = 1,2 \text{ m}$
<b>Konstrukční přetlak soustavy (v MR)</b>	$p_k$	187,5 kPa	-
<b>Nejvyšší dovolený přetlak soustavy</b>	$p_{hdov}$	250 kPa	červená barva
<b>Nejvyšší provozní přetlak soustavy</b>	$p_h$	159,37 kPa	hnědá barva
<b>Provozní přetlak soustavy</b>	$p_s$	295 kPa	-
<b>Nejnižší provozní přetlak soustavy</b>	$p_d$	80 kPa	zelená barva
<b>Nejnižší dovolený přetlak soustavy</b>	$p_{ddov}$	59,98 kPa	zelená barva

Tabulka 42 – soupis parametrů otopné soustavy

## 6.3 Teplá voda

Zařízení pro ohřev teplé užitkové vody (TUV) musí být navrhnuté tak, aby teplota vody v místě odběru dosahovala 50 – 55°C.

Pro uvažovaný rodinný dům je navržen zásobníkový způsob ohřevu teplé vody, při kterém je voda ohřívána do zásoby. Tímto způsobem je docíleno plného pokrytí odběru TUV během uvažovaného období (24 hodin).

Množství potřeby TUV stanovuje norma ČSN 06 0320 ze září 2006. Norma uvádí průměrnou hodnotu celkové potřeby tepla na ohřev TUV pro jednu osobu na jeden den  $Q_{2t} = 4,3 \text{ kWh}$  a  $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3$ . Pro pět osob jde tedy o  $21,5 \text{ kWh}$  a  $V_{2p} = 0,41 \text{ m}^3$ . TUV v sobě integruje vodu pro mytí osob, vodu na mytí nádobí a vodu pro úklid.

### 6.3.1 Potrubí teplé vody

Pro dopravovanou vodu o teplotě 55°C a odpovídající hustotě  $\rho = 983,3 \text{ kg/m}^3$  bylo určeno izolované potrubí DN 25 z plastu typu PP-R Ekoplastik PN 20 o vnitřním průměru  $d = 0,0166 \text{ m}$ , součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_{\theta} = 0,17 \text{ W/mK}$ . Minimální rychlost proudící vody je 0,5 m/s, při výpočtu je uvažována rychlost  $v = 0,8 \text{ m/s}$  (2550 m/hod). Objemový průtok lze určit ze vztahu:

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot \rho = v \cdot S \cdot \rho = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho = 2550 \cdot \frac{\pi \cdot 0,0166^2}{4} \cdot 983,3 \cong 542,666 \text{ l/hod}$$

Při celkové délce 31,04 metrů potrubí obsahuje dohromady 6,718 litrů vody. Vzhledem k složitosti větveného rozvodu teplé užitkové vody nelze použít cirkulační okruh (ačkoli je v hydraulickém schématu znázorněn). Použitím cirkulačního okruhu by došlo – u uvedené budovy – k neefektivnímu využití oběhového čerpadla, tudíž návrh by byl neekonomický.

Izolace potrubí DN 25 může mít (v souvislosti s vyhláškou č. 193/2007 Sb.) maximální hodnotu součinitele prostupu tepla  $U = 0,18 \text{ W/mK}$  vztažených na 1 metr délky.

Norma ČSN EN 12828 obsahuje tabulku (tabulka 40), ze které – na základě výběru izolační třídy, návrhového vnitřního průměru potrubí  $d_1$  a zvoleném materiálu izolace s hodnotou teplotní vodivosti – lze určit tloušťku izolace.

Izolace bude provedena polyuretanovým návlekmem s  $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$ . Z tabulky 40 vychází tloušťka izolace pro uvedené hodnoty 16 mm (pravděpodobně je chybně uvedena hodnota v normě – prohozeny hodnoty 16 mm a 18 mm).

Výpočet součinitele prostupu tepla:

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,17} \cdot \ln \frac{0,025}{0,0166} + \frac{1}{2 \cdot 0,03} \cdot \ln \frac{0,057}{0,025} + \frac{1}{10 \cdot 0,057}} \cong 0,174 [\text{W/mK}]$$

Z důvodu pravděpodobného prohození hodnot v rádcích pro vnitřní průměry 20 a 30 mm vyňaté z normy ČSN EN 12828 (hodnoty by měly být chronologické) bylo třeba ověřit součinitele prostupu tepla. Při navržené izolaci je součinitel prostupu tepla  $U = 0,174 \text{ W/mK}$ , což splňuje požadavek  $U < 0,18 \text{ W/mK}$ .

### 6.3.2 Potřeba teplé vody

ČSN 06 0320 umožňuje přesný výpočet spotřeby teplé užitkové vody TUV:

$$V_{2p} = V_0 + V_j + V_u [m^3]$$

$$V_0 = n_i \cdot \sum V_d [m^3]$$

$$V_j = n_j \cdot \sum V_d [m^3]; Q_j = n_u \cdot Q_2 [\text{kWh}]$$

$$V_u = n_u \cdot \sum V_d [m^3]; Q_u = n_u \cdot Q_2 [\text{kWh}]$$

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d) [m^3]$$

$$Q_u = n_u \cdot Q_2 [\text{kWh}]$$

$V_{2p}$  – celková potřeba TV v dané periodě [ $m^3$ ];

$V_0$  – potřeba TV pro mytí osob v dané periodě [ $m^3$ ];

$V_j$  – potřeba TV pro mytí nádobí v dané periodě [ $m^3$ ];

$V_u$  – potřeba TV pro úklid a pro mytí podlah v dané periodě [ $m^3$ ];

$V_d$  – objem dodávky [ $m^3$ ];

$n_i, n_j, n_u, n_d$  – počet uživatelů, počet jídel, počet ( $100m^2$ ) ploch, počet dávek [-];

$U_3$  – objemový průtok TV o teplotě  $55^\circ\text{C}$  do výtoku [ $m^3/h$ ];

$t_d$  – doba dodávky [h];

$p_d$  – součinitel prodloužení doby dodávky [-];

$Q_2$  – teplo v dávce [kWh].

Činnost	Doba dávky $t_d$		Objem dávky $V_d$		Teplo v dávce $Q_2$
	s	h	dm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kWh
<b>Mytí osob</b>					
umyvadlo $U_3 = 0,14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$					
– mytí rukou	50	0,014	2	0,002	0,10
– mytí těla	260	0,071	10	0,010	0,52
Sprcha $U_3 = 0,23 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	400	0,110	25	0,025	1,32
Vana $U_3 = 0,47 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	300	0,085	40	0,040	2,10
(délka vany 1 600 mm)	610	0,170	80	0,080	4,20
<b>Mytí nádobí</b>	$U_3 = 0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		1	0,001	0,05
– pouze výdej jídel	$t_e = 55 \text{ až } 80 \text{ } ^\circ\text{C}$				
– vaření + výdej	na jedno jídlo		2	0,002	0,10
<b>Mytí podlahy + úklid</b>	$U_3 = 0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		20	0,020	1,05
		$t_e = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$			
		na 100 m <sup>2</sup>			
1) Objem teplé vody o teplotě 40 °C připravený smíšením se studenou vodou je 1,5 násobný.					

Tabulka 43 – potřeba TV o teplotě 55°C [ČSN 06 0320]

V tabulce 45 je uveden kompletní výčet potřeby TUV pro rekonstruovaný dům, jehož počty naddimenzovaných dávek byly zadány majitelem domu. Potřebné hodnoty vychází z normy ČSN 06 0320, jejichž výňatek je v tabulce 43. Základní výpočtové údaje jsou v tabulce 44.

<b>Měrná hmotnost vody - <math>\rho</math> [kg/m<sup>3</sup>]</b>	1000
<b>Měrná tepelná kapacita vody - <math>c</math> [kWh/m<sup>3</sup>K]</b>	1,16111
<b>Počet uživatelů - <math>n</math> [-]</b>	5
<b>Teplota teplé vody - <math>\Theta_1</math> [°C]</b>	55
<b>Teplota studené vody - <math>\Theta_2</math> [°C]</b>	10
<b>Maximální rozdíl teplot <math>\Theta_1</math> a <math>\Theta_2</math> [°C]</b>	45

Tabulka 44 – výpočtové údaje

<b>TUV pro mytí osob</b>		
<b>čistý provoz = 1</b>	součinitel prodloužení – $p_d$ [-]	1
<b>umyvadlo ruce</b>	počet dávek – $n_d$ [-]	8
	objemový průtok do výtoku – $U_3$ [m <sup>3</sup> ]	0,14
	teplo v dávce – $Q$ [kWh]	0,1
	dávky tepla – $t_d$ [-]	0,014
	<b>objem dávky – <math>V_d</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>0,01568</b>
	<b>teplo v dávce – <math>Q_2</math> [kWh]</b>	<b>0,80000</b>

umyvadlo zuby/obličej	počet dávek – $n_d$ [-]	3
	objemový průtok do výtoku – $U_3$ [m <sup>3</sup> ]	0,14
	teplo v dávce – $Q$ [kWh]	0,2
	dávky tepla – $t_d$ [-]	0,071
	<b>objem dávky – <math>V_d</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>0,02982</b>
	<b>teplo v dávce – <math>Q_2</math> [kWh]</b>	<b>0,60000</b>
sprcha	počet dávek – $n_d$ [-]	1
	objemový průtok do výtoku – $U_3$ [m <sup>3</sup> ]	0,23
	teplo v dávce – $Q$ [kWh]	0,11
	dávky tepla – $t_d$ [-]	1,32
	<b>objem dávky – <math>V_d</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>0,02169</b>
	<b>teplo v dávce – <math>Q_2</math> [kWh]</b>	<b>1,32000</b>
vana	počet dávek – $n_d$ [-]	1
	objemový průtok do výtoku – $U_3$ [m <sup>3</sup> ]	0,47
	teplo v dávce – $Q$ [kWh]	0,085
	dávky tepla – $t_d$ [-]	2,1
	<b>objem dávky – <math>V_d</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>0,03995</b>
	<b>teplo v dávce – <math>Q_2</math> [kWh]</b>	<b>0,30000</b>
Suma	<b><math>V_0</math> [m<sup>3</sup>]</b>	<b>0,06979</b>
	<b><math>Q_2</math> [kWh]</b>	<b>0,93737</b>
<b>TUV pro mytí nádobí</b>		
počet dávek – $n_i$ [-]		5
objemový průtok do výtoku – $U_3$ [m <sup>3</sup> ]		0,3
teplo v dávce – $Q$ [kWh]		0,002
dávky tepla – $t_d$ [-]		0,1
<b>objem dávky – <math>V_d</math> [m<sup>3</sup>]</b>		<b>0,00300</b>
<b>teplo v dávce – <math>Q_2</math> [kWh]</b>		<b>0,50000</b>
<b>TUV pro úklid</b>		
počet dávek – $n_u$ [-]		3
objemový průtok do výtoku – $U_3$ [m <sup>3</sup> ]		0,3
teplo v dávce – $Q$ [kWh]		0,02
dávky tepla – $t_d$ [-]		1,05
<b>objem dávky – <math>V_d</math> [m<sup>3</sup>]</b>		<b>0,01800</b>
<b>teplo v dávce – <math>Q_2</math> [kWh]</b>		<b>3,15000</b>
<b>celková potřeba TV - <math>V_{2p}</math> [m<sup>3</sup>/osoba]</b>		<b>0,09079</b>
<b>celkové teplo - <math>Q_{2c}</math> [kWh/osoba]</b>		<b>4,58737</b>

Tabulka 45 – potřeba TUV na osobu na den

Výpočet určil průměrnou potřebu TUV pro jednu osobu na den  $Q_{2t} \cong 4,59 \text{ kWh}$  a  $V_{2p} \cong 0,09 \text{ m}^3$  oproti hodnotě uvedené v normě  $Q_{2t} = 4,3 \text{ kWh}$  a  $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3$ . Z toho vyplývá náročnější požadavek majitele objektu.

Teoretické teplo  $Q_{2t}$  [kWh] odebrané z ohříváče v TUV během jedné periodě se stanoví:

$$Q_{2t} = n_i \cdot Q_{2c} = 5 \cdot 4,58737 \cong 22,93683 \text{ [kWh]}$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci v době periody  $Q_{2z}$  [kWh] lze určit:

$$Q_{2z} = z \cdot Q_{2t} = 0,5 \cdot 22,93683 \cong 11,46841 \text{ [kWh]}$$

$z$  - koeficient energetických ztrát systému pro přípravu TUV (v rozmezích  $< 0,5$  nové stavby až 4 pro staré stavby). Hodnota součinitele  $z$  je brána jako mezní, čili  $z = 0,5$ .

Potřeby tepla odebraného z ohříváče během jedné periody jsou:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 22,93683 + 11,46841 \cong 34,40524 \text{ [kWh]}$$

Jmenovitý tepelný výkon ohříváče vztažený na periodu 24 hodin určíme:

$$\phi_{2p} = \frac{Q_{2p}}{24} = \frac{34,40524}{24} \cong 1,434 \text{ [kW]}$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci vztažené na periodu 24 hodin:

$$\phi_{2z} = \frac{Q_{2z}}{24} = \frac{11,46841}{24} \cong 0,478 \text{ [kW]}$$

Majitel rodinného domu po předchozí domluvě určil průměrný odběr TUV v průběhu celého dne – viz tabulka 46.

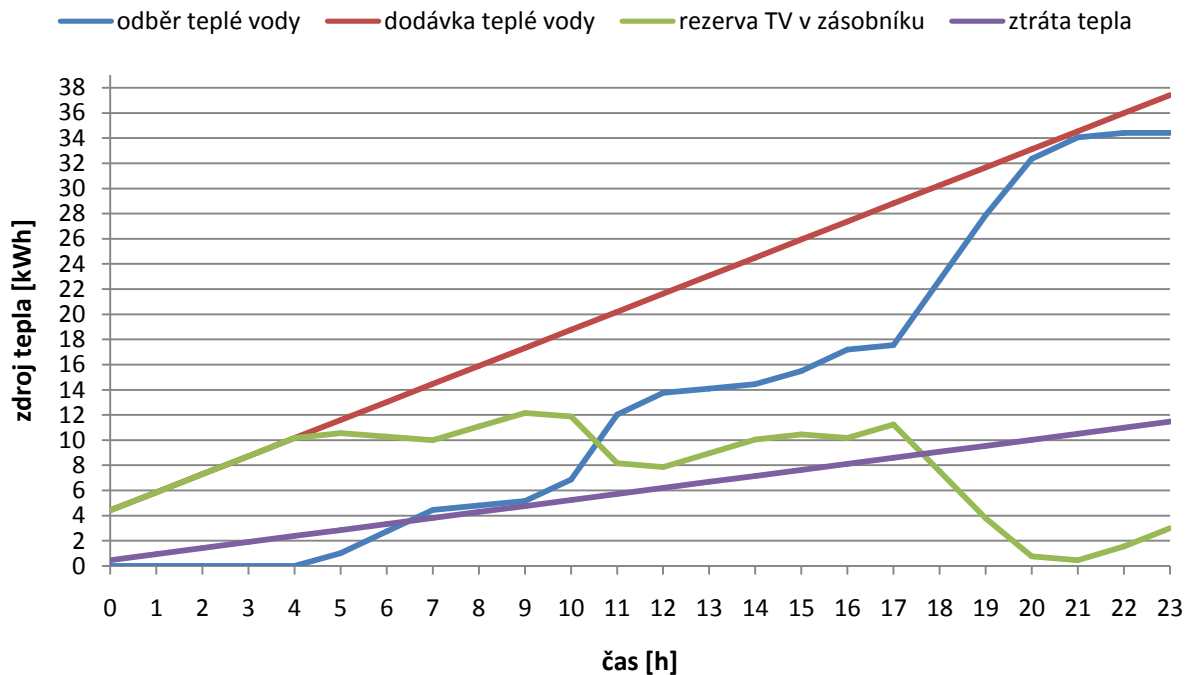
Čas [h]	Teplo dodané ohříváčem [kWh]	Odebrané teplo [%]	Odebrané teplo [%] kumulativní	Dodané teplo kumul. [kWh]	$\Delta Q_{\max}$ [kWh]	$Q_z$ [kWh]	$\Delta Q$ [kWh]
0	0,00000	0	0	0,00000	4,43355	0,47785	3,95570
1	0,00000	0	0	0,00000	5,86710	0,95570	5,38925
2	0,00000	0	0	0,00000	7,30066	1,43355	6,82280
3	0,00000	0	0	0,00000	8,73421	1,91140	8,25636
4	0,00000	0	0	0,00000	10,16776	2,38925	9,68991
5	1,03216	3	3	1,03216	10,56915	2,86710	10,09130
6	1,72026	5	8	2,75242	10,28244	3,34495	9,80459
7	1,72026	5	13	4,47268	9,99573	3,82280	9,51788
8	0,34405	1	14	4,81673	11,08523	4,30066	10,60738
9	0,34405	1	15	5,16079	<b>12,17473</b>	4,77851	11,69688
10	1,72026	5	20	6,88105	11,88802	5,25636	11,41017
11	5,16079	15	35	12,04184	8,16079	5,73421	7,68294
12	1,72026	5	40	13,76210	7,87408	6,21206	7,39623
13	0,34405	1	41	14,10615	8,96358	6,68991	8,48572
14	0,34405	1	42	14,45020	10,05307	7,16776	9,57522
15	1,03216	3	45	15,48236	10,45447	7,64561	9,97662
16	1,72026	5	50	17,20262	10,16776	8,12346	9,68991
17	0,34405	1	51	17,54667	11,25726	8,60131	10,77941
18	5,16079	15	66	22,70746	7,53002	9,07916	7,05217
19	5,16079	15	81	27,86825	3,80279	9,55701	3,32494



20	4,47268	13	94	32,34093	0,76366	10,03486	0,28581
21	1,72026	5	99	34,06119	0,47695	10,51271	-0,00090
22	0,34405	1	100	34,40524	1,56645	10,99056	1,08860
23	0,00000	0	100	34,40524	3,00000	11,46841	2,52215

Tabulka 46 – reprezentace odběru TUV v periodě 24 hodin uvažovaného RD

Z tabulky 46 lze vyčíst základní údaje potřebné pro další výpočty. Graficky je tento průběh znázorněn na grafu 3.



Graf 3 – stanovená křivka odběru, dodávky, rezervy a ztráty TUV

Pro stanovení zásobníku je třeba určit největší rozdíl tepla  $\Delta Q_{max}$  [kWh]. Z grafu a především z tabulky 46 vyplývá, že největší rozdíl je v 9 hodin kde  $\Delta Q_{max}$  dosahuje hodnoty 12,17473 [kWh].

### 6.3.3 Akumulační nádrž

Pro objem zásobníku platí:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} [\text{m}^3]$$

$c$  – měrná tepelná kapacita vody = 4180 [kJ/m<sup>3</sup>K]  $\cong$  1,1611 [kWh/m<sup>3</sup>K];

$\theta_1$  – teplota studené vody (předpoklad z normy je 10°C);

$\theta_2$  – teplota teplé vody do výtoku (předpoklad z normy je 55°C).

Vypočtený objem navrhovaného zásobníku pro TUV je:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{12,17473}{1,1611 \cdot (55 - 10)} \cong 0,233[\text{m}^3] \cong 233[\text{l}]$$

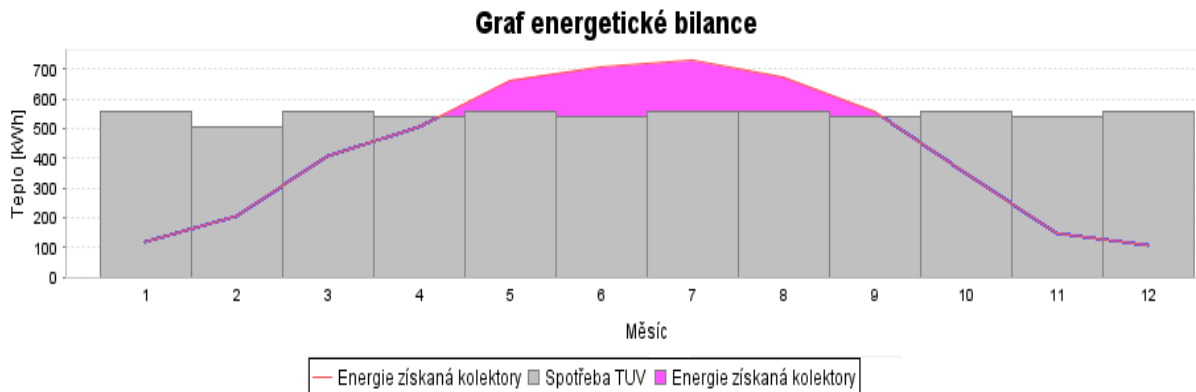
Vzhledem k naddimenzování potřeb a vypočteného objemu 233 litrů byla vybrána akumulární nádrž NAD 250 V1 o objemu 250 litrů od firmy Dražice. Je určena pro svislou montáž s průměrem 584 mm a celkovou výškou 1.575 mm, která lze s výhodou použít do sklepních prostor. Je vhodná pro kombinaci tepelného čerpadla s dalšími zdroji tepla. Součástí nádrže je polyuretanová 42 mm široká izolace ideální do prostor s teplotním rozsahem 5 – 45°C a relativní vlhkostí do 80 %.

Vzhledem k umístění veškerých nádrží a zdrojů teplé vody tepelným čerpadlem a plynovým kotlem v prakticky jedné rovině je na cirkulaci vody ze zdrojů tepla do zásobníků voleno oběhové čerpadlo Grundfos Alpha2 25-40 s maximální výtlačnou (pracovní) výškou 4 m, určených na tlak do 10 barů, a v energetické třídě A se spotřebou 5 W, a proměnnými otáčkami. Toto čerpadlo slouží pro předávání tepelné energie mezi oběma nádržemi – viz kapitola 6.1.5.

## 6.4 Solární kolektory

Pro ohřev TUV solárními panely byly zvoleny panely firmy Reflex RSK II 21. Z technického listu od výrobce lze vyčíst objem panelu 1,4 l, doporučený průtok 25 l/m<sup>2</sup>hod a maximální počet 6 kolektorů v sérii.

O přesný výpočet solárních panelů a parametrů okruhu byl použit volně přístupný software Solar 2.1. V prostředí Solar 2.1 byl zvolen okres Šumperk v Olomouckém kraji, orientace kolektorů na jih, sklon kolektorů 45°. Počet osob 5 a teploty studené vody 10°C a teplé 55°C, jak udává dříve zmiňovaná norma. Střední teplota absorbéru je tak 40°C. Program Solar 2.1 určil potřebný počet 5 kolektorů RSK II 21. Takto určený solární systém má výkon 363,99 kWh/m<sup>2</sup> a celková energie získaná kolektory činí 5.188,71 kWh/rok.



Obrázek 46 – energie získaná 5 kolektory RSK II 21

Program na základě uvedených údajů graficky určil množství energie získané v jednotlivých měsících a teoretickou spotřebu TUV – obrázek 46.

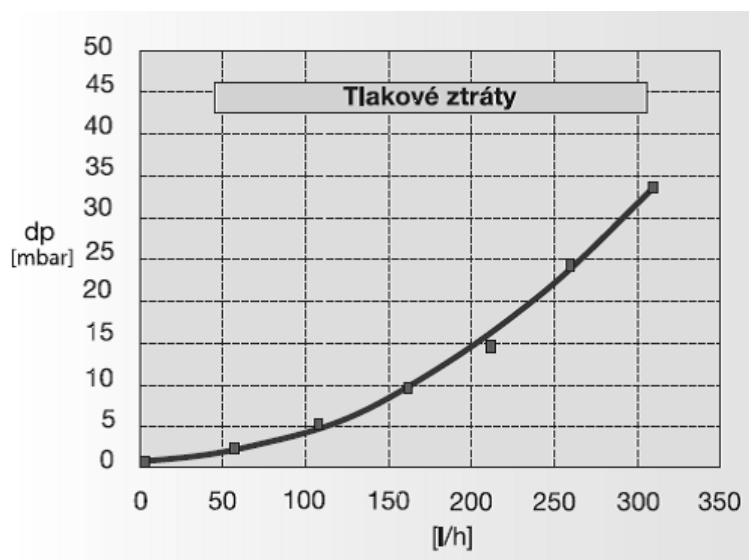
Program Solar 2.1 dále určil hydraulickou ztrátu kolektoru na 0,25 kPa, doporučenou velikost zásobníku 50 l. Celková ztráta kolektorového pole je 12 kPa, průtok polem je 230 l/hod a vnitřní průměr potrubí 17,04 mm.

Energie získaná nad potřebu TUV je, v souvislosti s funkčností popsanou u hydraulického schématu, kumulována do druhé nádrže určeného pro otopnou soustavu a následně opět využívána.

Vzhledem k umístění akumulčních nádrží ve sklepě a kolektorového inventáře v podkroví, dopravní výška je dle technického výkresu maximálně 11,087 m. Rychlost proudění byla volena 0,5 m/s, průměr potrubí  $d = 0,02$  m a hustota kapaliny (70% směs propylenglykolu a vody určené pro teploty do  $-23^{\circ}\text{C}$ )  $\rho = 1028$  kg/m<sup>3</sup>.

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot \rho = v \cdot S \cdot \rho = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho = 1800 \cdot \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \cdot 1028 \cong 113,619 \text{ l/hod}$$

Výrobce Reflex RSK II 21 udává při průtoku 113,619 l/hod přibližně 5 mbarů na kolektor – graf 4, což pro 5 kolektorů odpovídá 2,5 kPa. Dynamické ztráty potrubí jsou celkově 507,934 Pa. Celkem jde o ztrátu 3 kPa.



Graf 4 – tlaková ztráta kolektoru Reflex RSK II 21

Na pokrytí uvedených ztrát postačí čerpadlo firmy Grundfos Alpha2 25-40 s maximální výtláčnou (pracovní) výškou 4 m, určených na tlak do 10 barů, v energetické třídě A se spotřebou 5 W a proměnnými otáčkami.

## 6.5 Pojistná zařízení

Každý zdroj tepla musí mít pojistné zařízení. Toto zařízení musí být připojeno neuzavíratelně v pojistném místě, ve kterém musí být také osazen teploměr a tlakoměr. Zvyšování teploty média – vody – způsobuje (na základě objemové roztažnosti) změnu objemu v soustavě. Se zvyšujícím/snižujícím se objemem vzrůstá/klesá přetlak soustavy. K pokrytí těchto změn je nutné každou soustavu opatřit expanzní nádrží, která má za úkol vyrovnávat změny objemu v soustavě.

Pro navržený hydraulický systém je nutné pro každou samostatnou část připojit adekvátní expanzní nádrž. Pro každý okruh je důležité navrhnout dostatečný objem nádrže, aby bylo možné spolehlivě vyrovnat přítomné změny objemu vody v okruhu.

Ochranou před překročením maximální teploty jsou od výrobce vybaveny všechny zdroje tepla – tepelné čerpadlo, plynový kotel i solární kolektory. Ochrana zpravidla spočívá v odstavení od zdroje energie. V případě solárních kolektorů je třeba provést dočasný oběh pro ochlazení panelů.

Návrh adekvátních hodnot pojistného ventilu a jeho umístění do pojistného místa zajistí ochranu systému před překročením nejvyššího dovoleného pracovního přetlaku. Pojistný ventil musí zajistit spolehlivý a bezpečný odvod pojistného výkonu.

### 6.5.1 Expanzní nádrž solárních kolektorů

Pro solární kolektory byl zvolen nejjednodušší a nejspolehlivější způsob – s otevřenou expanzní nádrží. Nádrž je umístěna v podkroví pod solárními panely. Objem expanzní nádrže se v případě použitého otevřeného systému uvažuje 1,5 násobku objemu instalovaných panelů. Celková délka potrubí s vnitřním průměrem 0,02 m je 20,22 m. Celkový objem potrubí je 6,352 litrů a objem pěti kolektorů 7 litrů (5 x 1,4 litru). Jeden a půl násobku objemu kolektorů odpovídá expanzní nádrž o objemu 10,5 litrů, což potvrzuje i výpočet v programu Solar 2.1 s hodnotou 10,48 l. Použitá expanzní nádrž je 12 litrová od firmy Expanzomat Dukla B 12L.

Průměry pojistného -  $d_s$  a expanzního -  $d_{te}$  potrubí se určí z výkonu solární panelů  $\Phi$  [kW] vztahy určujících normou ČSN EN 12828:

$$d_s = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{\Phi} \text{ [mm]}$$

$$d_{te} = 15 + 1,0 \cdot \sqrt{\Phi} \text{ [mm]}$$

Kde minimální vnitřní průměr pojistného potrubí je 19 mm.

$$d_s = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{14,21564} \cong 20,279 \text{ [mm]}$$

$$d_{te} = 15 + 1,0 \cdot \sqrt{14,21564} \cong 18,770 \text{ [mm]}$$

Pojistné potrubí je voleno DN 20 s vnitřním průměrem  $d_s = 21,6 \text{ mm}$  a stejně tomu je i v případě expanzního potrubí  $d_{te} = 21,6 \text{ mm}$ .

Jelikož je systém otevřený, nehrozí nic víc než vytečení média, tudíž zde není třeba řešit pojistný ventil.

### 6.5.2 Expanzní nádrž otopného okruhu

Velikost expanzní nádrže se určuje dle normy ČSN EN 12828. Celkový objem  $V$  soustavy:

$$V = V_k + V_t + V_v \text{ [l]}$$

$V_k$ - objem kapaliny v otopných tělesech [l];

$V_t$ - objem kapaliny v potrubí [l];

$V_v$ - objem kapaliny v zásobníku [l].

$$V_k = \sum_1^n V_n = 99,698 \text{ l}$$

$$V_t = \sum_1^n l_n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cong 13,748 \text{ l}$$

$$V_v = 250 \text{ l}$$

$$V_{\text{systému}} = V_k + V_t + V_v = 99,698 + 13,748 + 250 = 363,446 \text{ l}$$

Expanzní objem nádrže  $V_{ex}$  se určí ze vztahu:

$$V_{ex} = e \cdot \frac{V_{\text{systému}}}{100} [\text{l}]$$

Maximální teplota, na kterou je soustava dimenzována, je 100°C. Dle tabulky 47 lze jednoduše určit změnu objemu vody v %. Pro 100°C je  $e = 4,21 \%$ .

Nejvyšší návrhová expanzní teplota	Změna objemu vody e
°C	%
30	0,66
40	0,93
50	1,29
60	1,71
70	2,22
80	2,81
90	3,47
100	4,21
110	5,03
120	5,93
130	6,90

Tabulka 47 – změna objemu vody e v % pro různé návrhové expanzní teploty [ČSN EN 12828]

$$V_e = 4,21 \cdot \frac{363,446}{100} \cong 15,301 \text{ l}$$

Norma ČSN EN 12828 hovoří o potřebě určit objem rezervy vody  $V_{WR}$  [l], který vyrovnává objem vody úměrný tepelné roztažnosti. Pro expanzní nádrže s nižším objemem než je 15 litrů musí mít alespoň 20 % rezervy, pro nádrže větší – v tomto případě – musí mít rezervu minimálně 0,5 % objemu soustavy, nejméně však 3 litry.

$$V_{WR} = 0,5 \cdot \frac{363,446}{100} \cong 1,817 \text{ l}$$

Výsledný spočtený rezervní objem je 1,817 litrů, v souladu s výše uvedeným je volen objem 3 litry. Celkový minimální objem expanzní nádrže je dán:

$$V_{exp,min} = (V_e + V_{WR}) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} [l]$$

$$p_e = 2,5 \text{ bar}; p_o = p_{stat} + p_{dyn}$$

$$p_o = h \cdot \rho \cdot g + p_{dyn,max} = 5,8 \cdot 982 \cdot 9,81 + 19142,881 = 75016 \text{ Pa} = 0,75017 \text{ bar}$$

Minimální objem expanzní nádrže je po dosazení:

$$V_{exp,min} = (V_e + V_{WR}) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (15,301 + 3) \cdot \frac{2,5 + 1}{2,5 - 0,75016} \cong 36,606 \text{ l}$$

Nastavení plnicího tlaku expanzní nádrže:

$$p_{a,min} \geq \frac{V_{exp} \cdot (p_o + 1)}{V_{exp} - V_{WR}} - 1 = \frac{36,605 \cdot (0,75016 + 1)}{36,605 - 1,817} - 1 \cong 0,842 \text{ bar}$$

$$p_{a,max} \leq \frac{(p_e + 1)}{1 + \frac{V_e \cdot (p_e + 1)}{V_{exp} \cdot (p_o + 1)}} - 1 = \frac{(2,5 + 1)}{1 + \frac{15,301 \cdot (2,5 + 1)}{36,605 \cdot (0,75016 + 1)}} - 1 \cong 0,906 \text{ bar}$$

Objem expanzní nádrže musí být minimálně 36,6 litrů, vybrána byla Expanzomat Reflex NG 6/50 L. Plnicí tlak musí být v rozmezí 0,842 bar až 0,906 bar.

### 6.5.3 Expanzní nádrž užitkového okruhu

$$V_t = \sum_1^n l_n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cong 6,718 \text{ l}$$

$$V_v = 250 \text{ l}$$

$$V_{systému} = V_t + V_v = 6,718 + 250 = 256,718 \text{ l}$$

Maximální teplota, na kterou je soustava dimenzována, je 80°C. Teplota 70°C je důležitá pro zahubení bakterie Legionelly Pneumophily. (Tato bakterie žije a množí se ve vodním prostředí v teplotách 25 – 50°C. Objevuje se v potrubí a v zásobnících, kde se vytváří oxid železa a vodní kámen. Po požití bakterie může způsobit zánět plic se smrtelnými následky.)

Z tabulky 47 je odečtena hodnota  $e = 2,81$  pro 80°C.

$$V_e = 2,81 \cdot \frac{256,718}{100} \cong 7,214 \text{ l}$$

Norma ČSN EN 12828 hovoří o potřebě určit objem rezervy vody  $V_{WR}$  [l], který vyrovnává objem vody úměrný tepelné roztažnosti. Pro expanzní nádrže s nižším objemem než je 15 litrů musí mít alespoň 20 % rezervy, pro nádrže větší – v tomto případě – musí mít rezervu minimálně 0,5 % objemu soustavy, nejméně však 3 litry.

$$V_{WR} = 0,5 \cdot \frac{256,718}{100} \cong 1,284 \text{ l}$$

Výsledný spočtený rezervní objem je 1,284 litrů, v souladu s výše uvedeným je volen objem 3 litry.  $p_{dyn,max}$  je dán nejvzdálenějším místem vyústky od nádrže s teplou užitkovou vodou. Tím je v budoucnosti připojená baterie v koupelně ve 2. patře mezi severním oknem a sprchovým koutem. Tlaková ztráta vřazenými odpory je 1841,25 Pa a dynamická ztráta 8366,2 Pa. Hodnota celkové tlakové ztráty  $p_{dyn,max}$  je tedy 10.207,45 Pa. Celkový minimální objem expanzní nádrže je dán:

$$V_{exp,min} = (V_e + V_{WR}) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} \text{ [l]}$$

$$p_e = 5 \text{ bar (z domovní přípojky); } p_o = p_{stat} + p_{dyn}$$

$$p_o = h \cdot \rho \cdot g + p_{dyn,max} = 6,3 \cdot 983,3 \cdot 9,81 + 10207,45 = 0,70978 \text{ bar}$$

Minimální objem expanzní nádrže je po dosazení:

$$V_{exp,min} = (V_e + V_{WR}) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_o} = (7,214 + 3) \cdot \frac{5 + 1}{5 - 0,70978} \cong 14,285 \text{ l}$$

Nastavení plnicího tlaku expanzní nádrže:

$$p_{a,min} \geq \frac{V_{exp} \cdot (p_o + 1)}{V_{exp} - V_{WR}} - 1 = \frac{14,285 \cdot (0,70978 + 1)}{14,285 - 1,284} - 1 \cong 0,879 \text{ bar}$$

$$p_{a,max} \leq \frac{(p_e + 1)}{1 + \frac{V_e \cdot (p_e + 1)}{V_{exp} \cdot (p_o + 1)}} - 1 = \frac{(2,5 + 1)}{1 + \frac{15,301 \cdot (2,5 + 1)}{36,605 \cdot (0,75016 + 1)}} - 1 \cong 1,164 \text{ bar}$$

Objem expanzní nádrže musí být minimálně 14,285 litrů. Vybrána byla 25 litrová nádrž Expanzomat Zilmet na 6 barů. Plnicí tlak musí být v rozmezí 0,879 bar a 1,164 bar – ideální plnicí tlak je 1 bar.



#### 6.5.4 Pojistný ventil plynového kotle

Průměr pojistného potrubí  $d_s$  se určí z výkonu plynového kotle  $\Phi = 45$  kW. Průměr je určen na základě normy ČSN 06 0830. Ta uvádí vztah platný pro případ, kdy nemůže dojít k vývinu páry:

$$d_s = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{\Phi} \text{ [mm]}$$

$$d_s = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{45} \cong 14,025 \text{ mm}$$

Průřez sedla pojistného ventilu  $S_0$  [mm<sup>2</sup>] stanovuje vztah:

$$S_0 = \frac{2 \cdot \Phi_{poj}}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$\alpha_v$ - výtokový součinitel pojistného ventilu [-], je udáván výrobcem;

$p_{ot}$ - otevírací přetlak pojistného ventilu [kPa].

Norma ČSN 06 0830, v případě běžné provozní teploty do 100°C, hovoří o pojistném výkonu daného vlastním výkonem zdrojem tepla:

$$\Phi_{poj} = \Phi_{PK} = 45 \text{ kW}$$

Pro pojistný průtok platí:

$$V_{poj} = \Phi_{poj} \cdot 10^{-3} = 45 \text{ m}^3/\text{hod}$$

V souladu se stanovenými parametry otopné soustavy (kapitola 6.2.5) byl navržen pojistný ventil, který je dimenzovaný na otevírací tlak 2,5 baru (250 kPa). Spočtené jmenovité světlosti pojistného potrubí 14,025 mm odpovídá ventil DUCO MEIBES 1/2“ x 3/4“ s výtokovým součinitelem  $\alpha_v = 0,444$ , a nejmenším průtočným průřezem 113 mm<sup>2</sup>.

Minimální průřez sedla pojistného ventilu je:

$$S_0 = \frac{2 \cdot 45}{0,444 \cdot \sqrt{250}} \cong 12,82 \text{ mm}^2$$

Výpočtem je ověřen dostatečný průřez navrhovaného pojistného ventilu. Pojistné potrubí je voleno měděné DN 18 s rozměry 18 x 1 s vnitřním průměrem  $d_s = 16$  mm. V případě expanzního potrubí je taktéž DN 18 s průměrem  $d_{te} = 16$  mm. Pojistný ventil je tedy nutné umístit do vzdálenosti dvaceti násobku průměru potrubí, čili ve vzdálenosti 0,26 m od plynového kotle.

Tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem nesmí přesáhnout hodnotu:

$$\Delta p_{zt} \leq 0,03 \cdot p_{dov} [kPa]$$

$$\Delta p_{zt} \leq 0,03 \cdot 250 \rightarrow \Delta p_{zt} \leq 7,5 \text{ kPa}$$

Tlaková ztráta pojistného potrubí nesmí přesáhnout hodnotu:

$$\Delta p_{ztr} \leq 0,1 \cdot p_{dov} [kPa]$$

$$\Delta p_{ztr} \leq 0,1 \cdot 250 \rightarrow \Delta p_{ztr} \leq 25 \text{ kPa}$$

### 6.5.5 Pojistný ventil tepelného čerpadla

V případě uvažovaného tepelného čerpadla HOTJET 8ASK, který má tepelný výkon  $\Phi_{PK} = 7,4 \text{ kW}$ , příkon  $2,4 \text{ kW}$  a topný faktor  $3,1$ :

$$\Phi_{poj} = \Phi_{PK} = 7,4 \text{ kW}$$

$$V_{poj} = \Phi_{poj} \cdot 10^{-3} = 0,74 \text{ m}^3/\text{hod}$$

Pojistný ventil je dimenzovaný na otevírací tlak  $2,5 \text{ baru}$  ( $250 \text{ kPa}$ ), na spočtenou jmenovitou světlost pojistného potrubí  $13 \text{ mm}$ , odpovídá opět ventil DUCO MEIBES  $1/2'' \times 3/4''$  s výtokovým součinitelem  $\alpha_v = 0,444$ , a nejmenším průtočným průřezem  $113 \text{ mm}^2$ .

Minimální průřez sedla pojistného ventilu je:

$$S_0 = \frac{2 \cdot 7,4}{0,444 \cdot \sqrt{250}} \cong 2,108 \text{ mm}^2$$

Výpočtem je ověřen dostatečný průřez navrhovaného pojistného ventilu. Pojistné potrubí je voleno měděné DN 18 s rozměry  $18 \times 1$  s vnitřním průměrem  $d_s = 16 \text{ mm}$ . Pojistný ventil je nutné umístit do vzdálenosti dvaceti násobku průměru potrubí, čili ve vzdálenosti  $0,26 \text{ m}$  od plynového kotle.

Jak tlaková ztráta pojistného potrubí před pojistným ventilem, tak tlaková ztráta pojistného potrubí nesmí přesáhnout hodnoty platící pro předchozí ventil:

$$\Delta p_{zt} \leq 0,03 \cdot 250 \rightarrow \Delta p_{zt} \leq 7,5 \text{ kPa}; \quad \Delta p_{ztr} \leq 0,1 \cdot 250 \rightarrow \Delta p_{ztr} \leq 25 \text{ kPa}$$

### 6.5.6 Pojistný ventil teplé užitkové vody

V případě pojistného ventilu umístěného na vstupu do zásobníku teplé užitkové vody je osazen pojistný ventil DUCO MEIBES  $1/2'' \times 3/4''$  s výtokovým součinitelem  $\alpha_v = 0,444$  a nejmenším průtočným průřezem  $113 \text{ mm}^2$ . Je dimenzovaný – oproti předchozím

určeným výhradně pro otopné systémy – na systémy teplé vody a má otevírací tlak 8 barů (800 kPa) hodící se pro pracovní tlak 5 barů (500 kPa).

## 6.6 Roční potřeba tepla rodinného domu

Pro zjištění roční potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody navrhovaného rodinného domu je potřeba nesumarizovat již uváděná data. Mezi základní data spadají: lokalita domu a s ní spojená délka otopného období, průměrná teplota během otopného období –  $d$  [den], venkovní výpočtová teplota –  $t_{es}$  [°C], průměrná vnitřní výpočtová teplota –  $t_{is}$  [°C], střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období –  $t_e$  [°C]. Všechny zmiňované údaje jsou v tabulce 9.

### 6.6.1 Potřeba energie na vytápění

Výpočet potřeby energie na vytápění vychází z kapitoly 5.4.3.2 z celkové ztráty budovy po zateplení  $Q_c = 8324,495$  W (viz tabulka 27). Vytápěcí denostupně  $D$  [K.den] se zjistí:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 242 \cdot (20 - 3,5) = 3993 \text{ K} \cdot \text{den}$$

K určení opravného součinitele  $\varepsilon$  [-] je zapotřebí:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d [-]$$

$e_i$  – nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem (protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10 – 20 % celkové tepelné ztráty, volí se v rozmezí 0,8 až 0,9);

$e_t$  – snížení teploty v místnosti během dne/noci (volí se v rozmezí 0,8 pro polodenní využití až po 1,0 pro budovy se 100 % výkonem otopné soustavy 24 denně);

$e_d$  – zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami provozu (volí se v rozmezí 0,8 pro pětidenní provoz až po 1,0 pro sedmidenní provoz).

Pro uvažovaný rodinný dům platí hodnoty  $e_i = 0,85$ ;  $e_t = 0,9$ ;  $e_d = 1$ .

$$\varepsilon = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765 [-]$$

Potřeba roční energie na vytápění vychází:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \text{ [kWh/rok]}$$

$\eta_o$  – účinnost obsluhy či možnosti regulace soustavy (volí se v rozmezí 0,9 pro kotelny na pevná paliva až po 1,0 pro kotelny s plynovou otopnou soustavou dělenou do sekcí);

$\eta_r$  – účinnost rozvodu vytápění (volí se v rozmezí 0,95 po 0,98 dle provedení).

Pro navrhovaný rodinný dům platí hodnoty  $\eta_o = 0,95$ ;  $\eta_r = 0,95$ .

$$Q_{VYT,r} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 8324,495 \cdot 3993}{(20 + 15)} \cong 19320,334 \text{ kWh/rok}$$

### 6.6.2 Potřeba energie na ohřev teplé vody

Výpočet potřeby energie na ohřev teplé vody (TUV) vychází z kapitoly 6.3.2 z celkové potřeby teplé vody za 24 hodin  $V_{2p} = 0,09079 \text{ kWh/osoba}$  (viz tabulka 41) a odtud je brána hodnota koeficientu  $z$  (0,5). Další potřebné údaje – měrná hmotnost vody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , měrná tepelná kapacita vody  $c = 4186 \text{ J/kgK}$  – jsou uvedeny v tabulce 44, a teploty vody  $\theta_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $\theta_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  v kapitole 6.3.2.

Potřeba denní energie na ohřev teplé vody:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{3600} [\text{kWh}]$$

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,45397 \cdot (55 - 10)}{3600} \cong 35,580 \text{ kWh}$$

Potřeba roční energie na ohřev teplé vody:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{sv1}}{\theta_2 - \theta_{sv2}} \cdot (N - d) [\text{kWh}]$$

$\theta_{sv1}$  - teplota studené vody v létě [ $^\circ\text{C}$ ];

$\theta_{sv2}$  - teplota studené vody v zimě [ $^\circ\text{C}$ ];

$N$  - počet pracovních dní soustavy v roce [dny].

Rodinný dům je využit celý rok, čili počet pracovních dní soustavy je  $N = 365$  dní, teploty studené vody v létě a zimě jsou dány:  $\theta_{sv1} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $\theta_{sv2} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

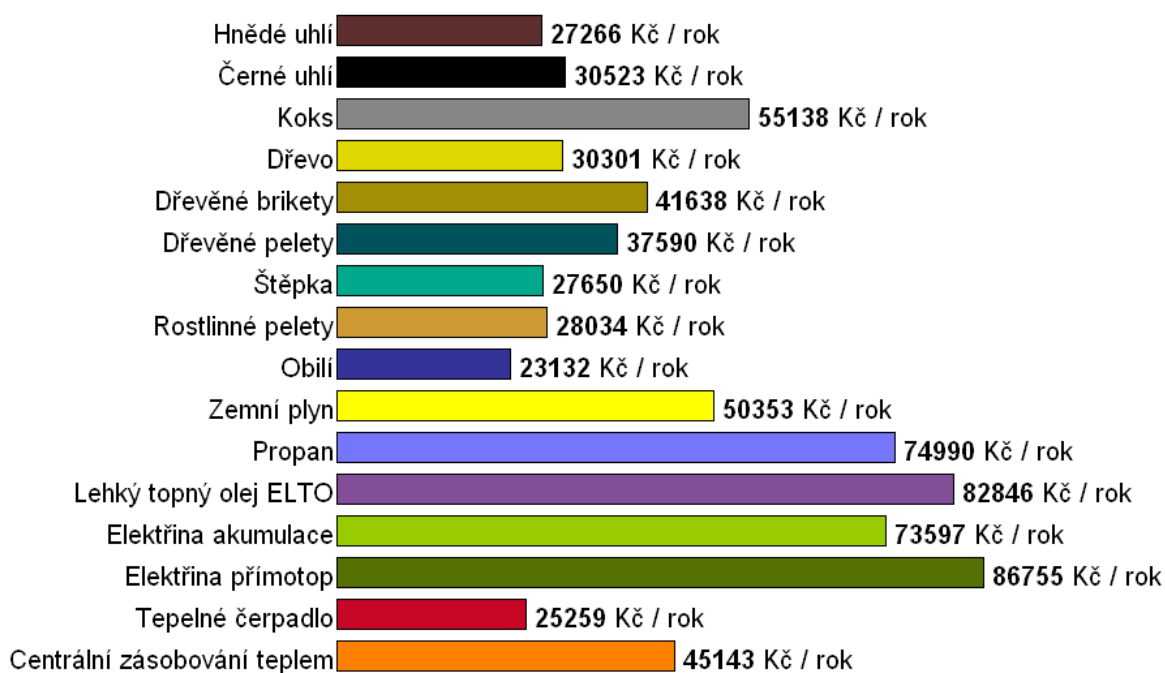
$$Q_{TUV,r} = 35,580 \cdot 242 + 0,8 \cdot 35,580 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 242) \cong 11411,298 \text{ kWh}$$

Celková potřeba energie rodinného domu za rok:

$$Q_r = Q_{TUV,r} + Q_{VYT,r} = 19320,334 + 11411,298 = 30731,632 \text{ kWh/rok}$$

Celková potřeba energie na ohřev vody (TUV a TV) je přibližně 30731,632 kWh/rok. Na webových stránkách [http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnaní-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie\\_gj=110.7](http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnaní-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=110.7) lze po zadání celkové potřeby energie zjistit finanční náklady na ohřev – graf 5. Tyto webové stránky sledují aktuální vývoj cen a po správném zadání účinností kotlů a dodavatelů paliva určí celkové náklady na ohřev teplé vody.

V návrhu rodinného domu je uvažován plynový kotel s účinností 80 %, který ročně na ohřev veškeré teplé vody v domě protopí 50.353 Kč. Dodavatelem plynu je ČEZ. V případě tepelného čerpadla s topným faktorem 3,8 se jedná o částku 25.252 Kč. Jde samozřejmě o orientační hodnoty, které se liší spotřebou vody, délkou topné sezóny a je vždy uvažován pouze určený způsob ohřevu. V návrhu dostatek energie pokryjí solární kolektory.



Graf 5 – náklady na vytápění a ohřev vody v navrhovaném domě pro jednotlivá paliva

## 7 ELEKTROINSTALACE

Návrh elektroinstalace v sobě zahrnuje zásuvkové, světelné a speciální zásuvkové okruhy. Mezi speciální zásuvkové okruhy patří okruhy pro myčky, pračky, sporáky apod.

V rámci kompletní rekonstrukce objektu byla vyměněna i celá elektroinstalace včetně přípojky.

Elektrické zařízení jsou napájené domovní přípojkou z veřejného rozvodu elektrické energie. Domovní přípojka je umístěná na okraji pozemku jižním směrem do ulice. Je umístěná v přípojkové skříni místě ve výšce 0,8 m nad úrovní terénu. Z přípojkové skříňe je veden hlavní domácí rozvod. Pro přívod elektrické energie do hlavního domovního je použit čtyřžilový kabel (soustava TN-C). Průměr vodičů tohoto rozvodu je dán tak, aby byl schopný přenášet potřebné množství elektrické energie.

Průřez  $S$  je dán:

$$S = \frac{P \cdot \rho \cdot l}{U_{ef} \cdot u \cdot \cos\varphi} [m^2]$$

$P$ - předpokládaný současný výkon [W];

$\rho$ - měrný odpor vedení [ $\Omega m$ ];

$l$ - délka vodiče [m];

$U_{ef}$ - fázové napětí [V];

$u$ - úbytek napětí na přípojce [V];

$\cos\varphi$ - účinník sítě [-].

Předpokládaný současný výkon domu je 11 kW, přívodní vodiče budou z mědi ( $\rho_{Cu} = 0,0178 \cdot 10^{-6} \Omega m$ ), celková délka od přípojkové skříňe k hlavnímu domovnímu rozvaděči je 7 m. Fázové napětí je uvažováno 230 V, úbytek napětí na přípojce je 2,3 V, účinník sítě je 0,95.

$$S = \frac{110000 \cdot 0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot 7}{230 \cdot 2,3 \cdot 0,95} \cong 2,727 [m^2]$$

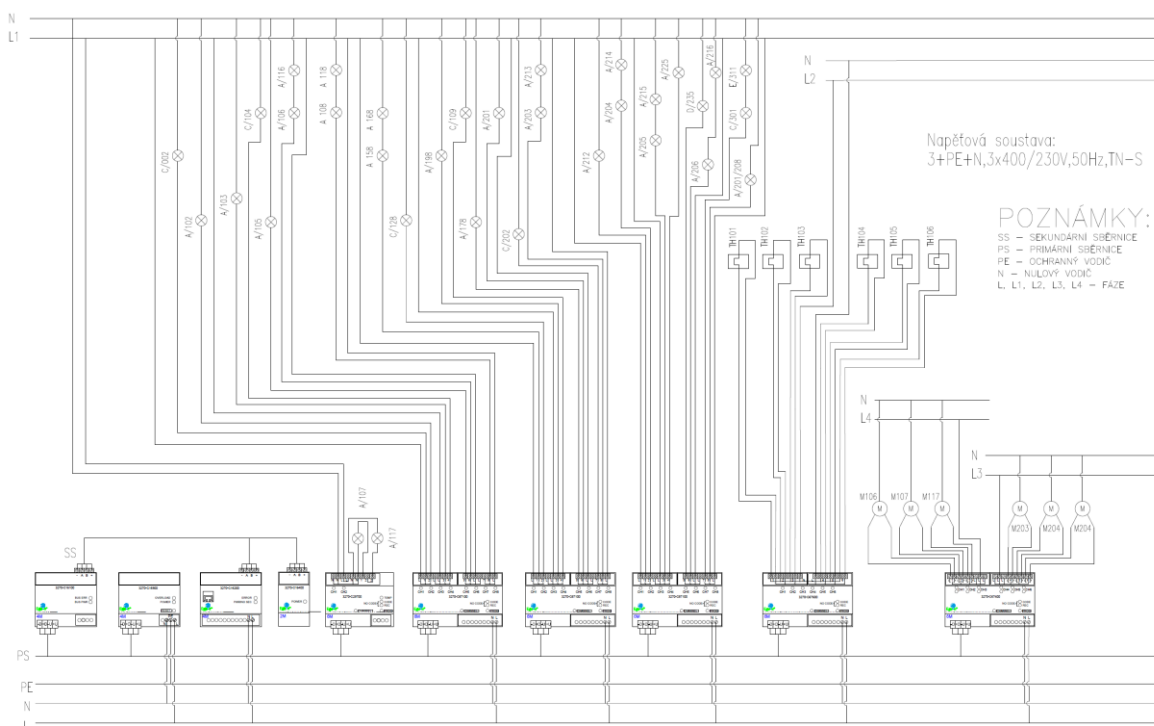
Výpočet určil průřez vodiče minimálně 2,727 mm<sup>2</sup>. Norma ČSN 33 2000-5-54 hovoří o požadavku na minimální průřez 6 mm<sup>2</sup>. Jsou tedy voleny vodiče čtyři (L1, L2, L3 a PEN) s průřezem 6 mm<sup>2</sup>.

V hlavní domácí skříni - umístěné v západní části stěny - je dodavatelem elektrické energie umístěn homologovaný elektroměr měřící spotřebu elektrické energie domu. Za ním je rozdělen vodič PEN na PE a N - soustava TN-S. Od elektroměru vede vedení do domovního rozdělovače, který je umístěn uvnitř budovy – na chodbě vpravo za vstupními dveřmi. Pro celý dům je umístěn pouze jeden rozvaděč. Domovní rozvaděč je z plastu a obsahuje jističí prvky před nadproudem (jističe). Pro zásuvkové okruhy je použit 16 A jistič a pro světelné okruhy 10 A. V domovní skříni musí být jednotlivé okruhy přesně popsány (okruh pro pračku, světla kuchyně, zásuvky kuchyně...).

## 7.1 Inteligentní rozvody

Intelligentní rozvody slouží k napájení inteligentního systému Ego-n, přesněji jeho prvků mezi které patří snímače pohybu, tlačítkové snímače i tlačítkové snímače opatřené radio přijímačem. Okruhy inteligentní elektroinstalace jsou vždy vedeny sběrníkovými kabely KSE224 – YCYM 2x2x0,8. Uložení kabelů kopíruje ostatní elektrické rozvody.

Návrh rozmístění inteligentních prvků Ego-n je zobrazen na obrázcích 51 až 54 (pro jednotlivá patra rodinného domu) zelenou barvou. Podrobněji je vše uvedeno v technických výkresech v příloze PIII.



Obrázek 47 – schéma zapojení inteligentní elektroinstalace Ego-n

Detailní schéma zapojení inteligentní elektroinstalace Ego-n je v příloze P VII.

## 7.2 Světelné rozvody

Světelné rozvody slouží k napájení zdrojů světla v místnostech. Při návrhu světelných okruhů je nutné vycházet z podmínky říkající, že na jeden světelný okruh se smí připojit pouze tolik svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jistícího přístroje obvodu.

Počet světelných zdrojů a jejich umístění je zvoleno v souladu s vnitřním upořádáním, nároky na osvětlení prostoru, vizuální pohody prostorů. Pro jištění světelných okruhů byly voleny 10 A jističe. Průřez měděných vodičů je  $1,5 \text{ mm}^2$  – CYKY 3Cx1,5. Spínače jsou – v případě manuálního spínání – vždy umístěny na straně otevírání dveří ve výšce 1,1 m nad podlahou. Použité kolébkové vypínače jsou zapojeny tak, aby se zapínaly stlačením horní části, páčkové vypínače tak, aby se zapínaly překlopením páčky do horní polohy. Toto neplatí u střídavých a křížových spínačů.

Návrh rozmístění svítidel je zobrazen na obrázcích 51 až 54 (pro jednotlivá patra rodinného domu) modrou barvou. Podrobněji je vše uvedeno v technických výkresech v příloze PIII.

## 7.3 Zásuvkové rozvody

Zásuvkové obvody se zřizují pro připojení spotřebičů pomocí vidlice do zásuvky pro 230V. Na zásuvkové obvody lze podle potřeby pevně připojit spotřebiče pro krátkodobé použití do celkového příkonu 2000 VA. Pro pevně připojené jednofázové spotřebiče o příkonu nad 2000 VA včetně, se zřizují samostatně jištěné obvody. Zásuvky musí mít ochranný kolík připojený na ochranný vodič. Jednofázové zásuvky se připojují tak, aby ochranný vodič byl připojen na ochranný kolík umístěný nahoře při pohledu zepředu, fázový vodič na levou dutinku při pohledu zepředu a nulový vodič na pravou dutinku.

Na jeden zásuvkový obvod lze připojit nejvýše 10 zásuvkových vývodů. Dvojjzásuvka se považuje za jeden zásuvkový vývod. Celkový instalovaný příkon - na zásuvkový obvod - nesmí překročit 3520 VA při jištění 16 A. V případě 10 A jištění potom nesmí překročit 2200 VA. Trojfázové spotřebiče mohou být připojeny na jeden zásuvkový obvod, pokud jejich celkový výkon nepřesáhne 15 kVA.

Zásuvkové okruhy jsou vedeny pod omítkou a dle normy ČSN 332130 se zásuvky instalují 300 mm nad úroveň podlahy. Z důvodu bezpečnosti a snazšího vyhledání vedení by měly



být dodrženy elektroinstalační zóny – obrázek 48. V bytových prostorech se vedou vodorovné vodiče 300 mm pod stropem nebo nejčastěji 300 mm nad podlahou. Svislé vodiče se instalují ve vzdálenosti 150 mm od hran stavby či rohů místnosti. Svislé instalační zóny jdoucí od podlahy ke stropu mají šířku 200 mm. Podél oken a dvoukřídlých dveří jsou instalační zóny na obou stranách, u jednokřídlých dveří jen na straně zámku. U šikmých stěn jsou instalační zóny nejprve svislé od podlahy a následně rovnoběžně s šikmými stěnami. Vodiče vedené v podlaze nebo ve stropě, mohou spojovat kontaktní místa nejkratší cestou.

Návrh rozmístění zásuvek je zobrazen na obrázcích 51 až 54 (pro jednotlivá patra rodinného domu) hnědou barvou. Podrobněji je vše uvedeno v technických výkresech v příloze PIII.

Místnost	Počet zásuvek dle ČSN 33 2130	Počet zásuvek dle evropského standardu
Obývací pokoj do 20 m <sup>2</sup>	4	7
Obývací pokoj nad 20 m <sup>2</sup>	5	9
Ložnice do 12 m <sup>2</sup>	3	5
Ložnice do 20 m <sup>2</sup>	4	7
Ložnice nad 20 m <sup>2</sup>	5	9
Kuchyně	3	7
Koupelna	2	4
Toaleta	1	2
Dílna, pracovna	3	5
Chodba	1	2
Místnost pro domácí práce	3	7
Skřípek, komora	0	2
Terasa	1	1
Atrium, Lodžie	1	1

Tabulka 48 – doporučené počty zásuvek jednotlivých prostor

Pro jednotlivé místnosti je uveden soupis elektrických zásuvek v tabulce 48. Veškeré návrhové počty zásuvek jsou uvažovány s ohledem na vnitřní uskupení, technické a interiérové vybavení místností. V souvislosti s požadavky majitele, velikostí toalet a na základě doporučení odborníka s dlouholetou praxí elektrikáře není na toaletách uvažována žádná zásuvka – pozbývá zde zcela smysl.

Označení	Místnost	ČSN 33 2130	Evropský standard	Návrh
002 + 001	Chodba + schodiště	1	2	2
003	Sklep	0	2	4

004	Dílna	3	5	<b>10</b>
005	Sklad	0	2	<b>2</b>
101	Venkovní schodiště	0	0	<b>0</b>
102	Zádveří	0	0	<b>0</b>
103	WC	1	2	<b>0</b>
104 + 105	Chodba 2 + Schodiště 2	1	2	<b>2</b>
106	Pokoj 1	4	7	<b>6</b>
107	Obývací pokoj	4	7	<b>8</b>
108	Kuchyně + jídelna	3	7	<b>16</b>
109	Spíž	0	2	<b>1</b>
201	WC 2	1	2	<b>0</b>
202	Chodba 3, 4 + Schodiště 3	1	2	<b>2</b>
203	Pokoj 2	4	7	<b>6</b>
204	Pokoj 3	4	7	<b>5</b>
205	Koupelna	2	4	<b>6</b>
206	Ložnice	4	7	<b>6</b>
207	Spíž 2	0	2	<b>1</b>
301	Schodiště 3	1	2	<b>2</b>
302	Půdní prostor	0	2	<b>3</b>

Tabulka 49 – navrhovaný počet zásuvek pro místnosti v rekonstruovaném RD

Pro jištění zásuvkových okruhů byly voleny 10 A a 16 A jističe v závislosti na počtu připojených zařízení. K vedení je v celém domě použit měděný kabel o průměru 2,5 mm – CYKY 3Cx2,5; případně pro 400 V měděný kabel 2,5 mm – CYKY 5Cx2,5.

### 7.3.1 Zásuvkový obvod 400V

Na jeden třífázový obvod lze připojit několik třífázových zásuvek, které jsou konstrukčně řešeny na stejný jmenovitý proud. Zásuvky s konstrukčním proudem 16A a 32A na jeden obvod nelze připojit. Zásuvkové obvody smějí být jištěny jističem odpovídajícím nejvýše jmenovitému proudu zásuvky.

Pro vedení je v rodinném domě použit měděný kabel o průměru 2,5 mm – CYKY 5Cx2,5.

### 7.3.2 Obvod pro pračku

Obvod pro pračku se zřizuje jako samostatný obvod. Jmenovitý proud jističe nebo pojistky 16 A, průřez vodičů v trubkách nebo lištách 2,5 mm<sup>2</sup> Cu. Obvod je ukončen zásuvkou 16 A. Výjimečně lze v trubkách nebo lištách klást 1,5 mm<sup>2</sup> Cu s podmínkou, že je okruh jištěn jističem 10 A. Jedná se zejména o pračky se sníženou spotřebou elektrické energie.

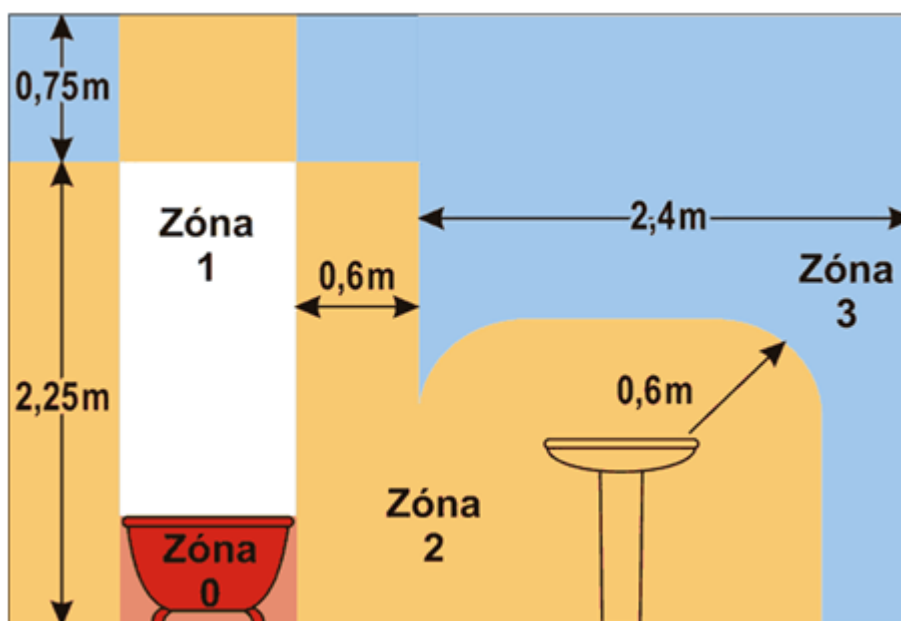
V rodinném domě je pro pračku použit měděný kabel o průměru 2,5 mm – CYKY 3Cx2,5.

### 7.3.3 Obvody s příkonem 2000VA a více

Tyto obvody jsou navrženy jako samostatné, ať už se připojují vidlicí do zásuvky nebo pevně. Spadají zde, v případě rodinného domu, zejména sporáky, fritovací hrnce, varné konvice, mikrovlnné trouby, sušičky nebo elektrické kotle. Spotřebiče do celkového příkonu 2000VA nevyžadují samostatné jištění, lze je připojit na jeden společný obvod. Mezi tyto se řadí ventilátory a pohony předokenních žaluzií.

## 7.4 Koupelnové rozvody

Koupelnové rozvody podléhají specifickým požadavkům, které kladou důraz na umístění a ochranu elektrických spotřebičů, či zásuvek. Ty jsou popsány v aktualizované normě ČSN 33 2000-7-71 (z roku 2007), a prostor koupelny rozdělují do 4 zón (zóna 0 až zóna 3) – viz obrázek 48.



Obrázek 48 – zónové rozdělení koupelnových rozvodů

Zóna 0 – vnitřní prostor van či sprchových koutů. V této zóně nesmí být žádné spínací přístroje. Lze zde umístit pouze spotřebiče napájené malým napětím (5 a 12 V stejnosměrného, jehož zdroj je instalovaný mimo zóny 0, 1 i 2).

Zóna 1 – prostor nad vanami do výšky 2,25 m. Je ohraničena plochami obalující sprchové kouty nebo vany. Spotřebiče musí být pro tuto zónu konstruované, musí být zároveň chráněny proudovým jističem 0,03 A.

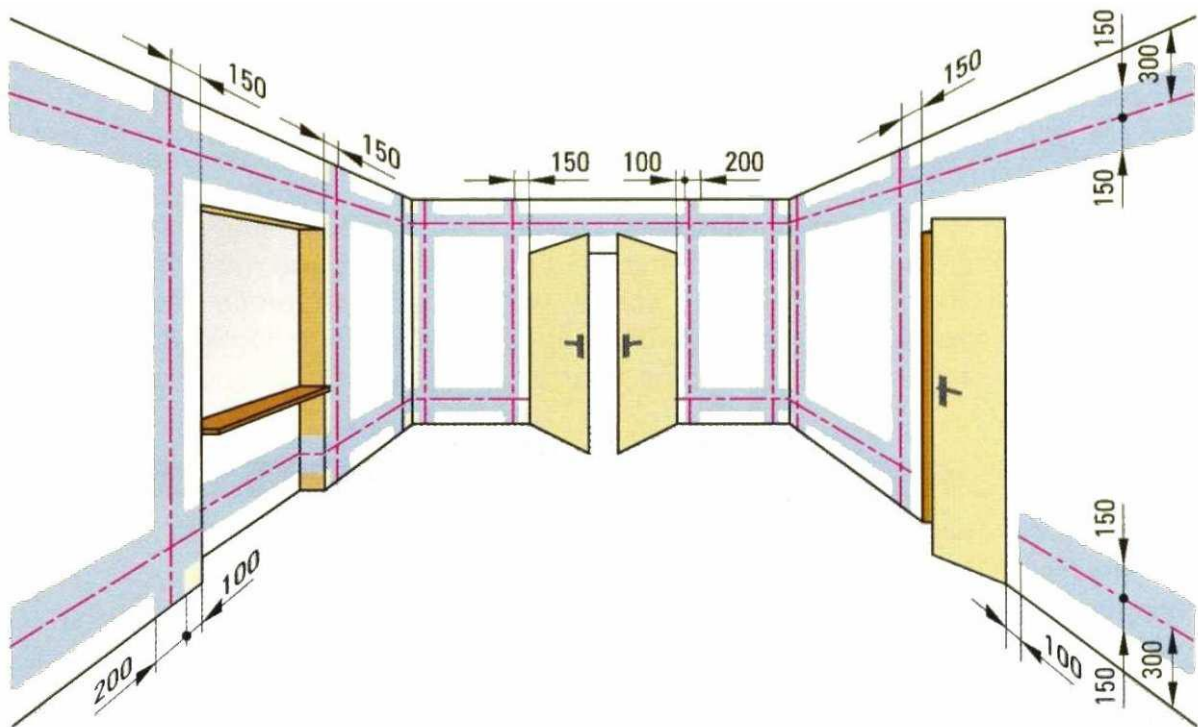
Zóna 2 – je ohraničená povrchem podlahy a horizontální rovinou odpovídající výšce výústky sprchy (případně minimálně 2,25 m nad podlahou). Ve vertikální rovině je zóna definovaná 0,6 m horizontálně od sprchového koutu či vany. V této zóně mohou být nainstalovány topidla, osvětlení, ventilátory a zařízení pro zónu 1 a 2.

Zóna 3 – je celý zbývající prostor a není na ni kladen žádný zvláštní požadavek.

Provedená ochrana proudovým jističem 0,03 A je řešena tak, že v případě bezchybného provozu je součet protékajících proudů roven nule. Při zkratu teče část proudu zemnicím vodičem či ochranným vodičem a celkový součet protékajících proudů není roven nule. V součtovém transformátoru se naindukuje napětí, které způsobí rozpojení jističe (elektromagnetického kontaktu).

## 7.5 Elektroinstalační zóny

Pro rozvody v rodinných domech je zaveden pojem elektroinstalační zóna – obrázek 48. Uvedené vodorovné i svislé zóny mají účel definování jednotnosti kladení vedení. V uvedených zónách je vedení uloženo do 30 mm pod krycí vrstvou – omítkou. Mimo tyto zóny má být vedení 60 mm pod krycí vrstvou.



Obrázek 49 – elektroinstalační zóny v obytných prostorách

## 7.6 Rozvaděč pro rodinný dům

Pro vytvoření návrhu rozvaděče pro rodinný dům je nejprve třeba identifikovat jednotlivé počty zásuvek a taktéž světelných okruhů v souladu s výše uvedenými omezeními.

Označení	Místnost	Světelný okruh	Zásuvkový okruh	Okruh	Počet zásuvek
002 + 001	Chodba + schodiště	S01	Z01	Z01	8
003	Sklep	S02	Z02	Z02	8
004	Dílna	S02	Z03, Z04	Z03	1
005	Sklad	S02	Z02	Z04	7
101	Venkovní schodiště	S03	-	Z05	6
102	Zádvěří	S03	-	Z06	8
103	WC	S03	-	Z07	2
104	Chodba 1 + 2	S01	Z01	Z08	2
105	Schodiště 2	S01	Z01	Z09	2
106	Pokoj 1	S04	Z05	Z10	6
107	Obývací pokoj	S04	Z06	Z11	6
108	Kuchyně + jídelna	S06	Z07, Z08, Z09, Z10, Z11	Z12	6
109	Spíž	S03	Z11	Z13	5
201	WC 2	S05	-	Z14	2
202	Chodba 3 + 4	S01	Z01	Z15	4
203	Pokoj 2	S07	Z12	Z16	6
204	Pokoj 3	S07	Z13	Z17	3
205	Koupelna	S08	Z14, Z15		
207	Spíž 2	S05	Z11		
301	Schodiště 3	S01	Z01		
206	Ložnice	S05	Z16		
302	Půdní prostor	S05	Z17		

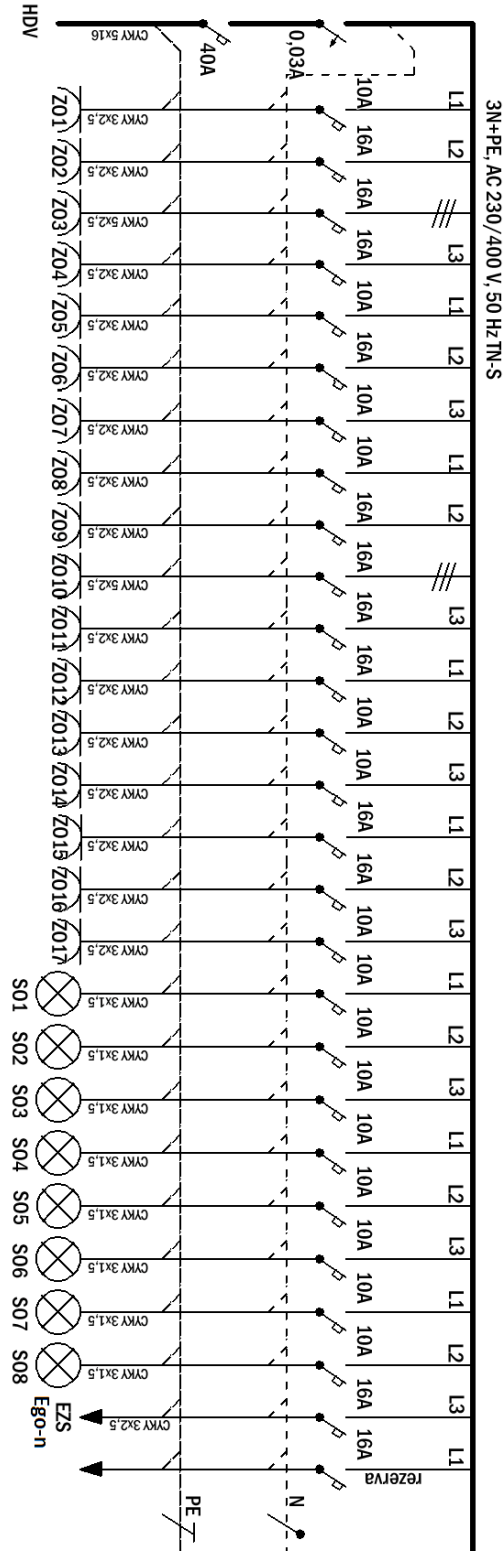
Tabulka 50 – rozpis okruhů rozvaděče pro navrhovaný rodinný dům

Světelných okruhů bylo voleno celkově 8. Okruhy jsou vedeny způsobem, aby v případě vyhození jističe byl zaručen bezpečný pohyb osob po domě. Samostatný jistič je volen pro všechny chodby a schodiště – označené S01; sklepní místnosti – S02; venkovní prostor při vstupu, spíž 1 a toaleta 1 – S03; pokoj 1 a obývací pokoj – S04; toaleta 2, spíž 2 a půdní prostor – S05; kuchyně a jídelna – S06; pokoj 2 a 3 – S07; a koupelna – S08.

Zásuvkové okruhy jsou voleny s ohledem na výše zmíněné obvody. V pravé části tabulky 50 jsou stručně uvedeny zásuvkové okruhy Z01 – Z17 s počty zásuvek.

Veškeré okruhy byly navrženy v souladu s požadavky majitele objektu a konzultovány s elektrikářem s dlouholetou praxí.

Obrázek 50 demonstruje fyzické zapojení navrhovaného rozvaděče rodinného domu s ohledem na tabulku 50. Zobrazuje připojení na fáze L1 až L3, trojfázové větve pro sklokeramickou desku a je zde uvažována i rezerva.



Obrázek 50 – rozvaděč pro rodinný dům

## 8 SYSTÉMY V BUDOVĚ

Kapitola systémy v budově pojednává o zahrnutí všech tří stanovených typů zvyšující komfort majiteli domu a ochranu majetku. Kapitola SCADA v sobě zahrnuje navrhovaný systém řízení, monitorování a komunikace. Obsahuje návrhové vizualizační prvky usnadňující orientaci v efektivním vyžití navrženého systému domu. Kapitola elektronický zabezpečovací systém se zabývá zabezpečením objektu, který je nezávislý na SCADA systému. Elektronický protipožární se zabývá zabezpečením majetku proti možnému vzniku požáru. Opět je volen nezávislý systém na SCADA systému, aby bylo zabráněno ovlivnění či dokonce vypnutí protipožární ochrany objektu.

### 8.1 Systém Ego-n s vizualizací SCADA

Rodinný dům je možné ovládat z jediného místa pomocí LCD displeje umístěného v obývacím pokoji. Ovládací systém umožňuje automatické ovládání žaluzií obou pater rodinného domu, regulování teplot v domě a nastavovat intenzitu vybraných světel v domě.

EGO-N				
Název prvku	Označení	Cena [Kč]	Ks	Cena celkem [Kč]
modul žaluzie	3270-C67400	6027,0	1	6 027,00 Kč
modul termohavice	3270-C67600	5625,2	1	5 625,20 Kč
modul spínací	3270-C87100	5145,0	3	15 435,00 Kč
programovací termostat	3273E-A58100 01	3479,0	1	3 479,00 Kč
ovládaná termohlavice	2-D42-00-101	970,2	6	5 821,20 Kč
snímač pohybu	3272E-A18100 01	2146,2	7	15 023,40 Kč
tlačítkový snímač 1-násobný	3271E-A28900 01	1617,0	5	8 085,00 Kč
tlačítkový snímač s RF	3271E-A48800 02	3351,6	2	3 351,60 Kč
tlačítkový snímač s LCD	3273E-A98900 03	4704,0	1	4 704,00 Kč
tlačítkový snímač 2-násobný	3271E-A48900 03	3351,6	6	20 109,60 Kč
modul logických funkcí	3270-C16400	1675,8	1	1 675,80 Kč
modul napájecí	3270-C16900	4694,2	1	4 694,20 Kč
modul řídicí	3270-C16100	8976,8	1	8 976,80 Kč
sběrníkový kabel	KSE224	2033,5	5	10 167,50 Kč
programovací přípravek	3279-C00100	803,6	1	803,60 Kč
vysílač RF	3299-96900 C	1519,0	2	3 038,00 Kč
modul stmívací	3270-C27900	6173,0	1	6 173,00 Kč
termostat	3274E-A58200 01	1891,4	2	3 782,80 Kč
svorkovnice	SSE4	103,9	12	1 246,80 Kč
<b>suma</b>				<b>128 220 Kč</b>

Tabulka 51 – tabulka použitých prvků KNX

Ovládací systém je řešen sběrnicovým systémem KNX. Detailní zakreslení zapojení jednotlivých prvků je na obrázku případně na technickém výkresu v příloze PVI. Seznam použitých prvků systému E-gon od výrobce ABB je uveden přehledně v tabulce 51.

Propojení a logické uskupení řídicího systému E-gon je zobrazeno na obrázku 47.

Ovládací systém E-gon má za úkol řídit celý vytápěcí systém. Kontroluje naměřené teploty v nádržích, exteriéru a vybraných místnostech interiéru a na základě předdefinovaných požadavků – v rámci kalendáře – regulovat tepelnou soustavu. K dispozici má tři zdroje tepla – plynový kotel, tepelné čerpadlo a solární kolektory. Rozhodovací logika vychází z popisů uvedených v předešlé kapitole 6.1.

Veškeré regulace trojcestných ventilů provádí systém E-gon přes modul (3270-C67600) ovládající šest termohlavic (2-D42-00-101) umístěných na trojcestných ventilech.

Teplotním snímačem (3273E-A98900) umístěným v obývacím pokoji a termostatem (3273E-A58100) v pokoji 3 jsou systémem E-gon řízeny žaluzie. K tomu je použit modul 3270-C67400. Žaluzie jsou automaticky spuštěny v případě teplých slunných dní, při kterých by mohlo dojít k přehřívání interiéru domu. Tyto dny jsou dány geografickou polohou, dnem v roce a také vzrůstem teploty v měřených místnostech. Výhodou je plynulá regulace žaluzií, čili je možné pouštět dostatek světla do místnosti bez přebytečných tepelných zisků.

Stmívací modul (3270-C27900) umožňuje připojení maximálně dvou světelných smyček. Na tento modul jsou napojeny dva okruhy ovládající osvětlení v obývacím pokoji. Je tak umožněno (nejen v nočních hodinách) snížení intenzity osvětlení, šetření elektrické energie, ale i zvýšení zrakové pohody při sledování nočních programů.

Mimo tyto automaticky nastavené možnosti řízení je u všech prvků umožněn uživatelský zásah. Lze libovolně – mimo naprogramované – ovládat jak žaluzie, termohlavice, tak i osvětlení v domě. K tomu je ale zapotřebí prostředí SCADA.

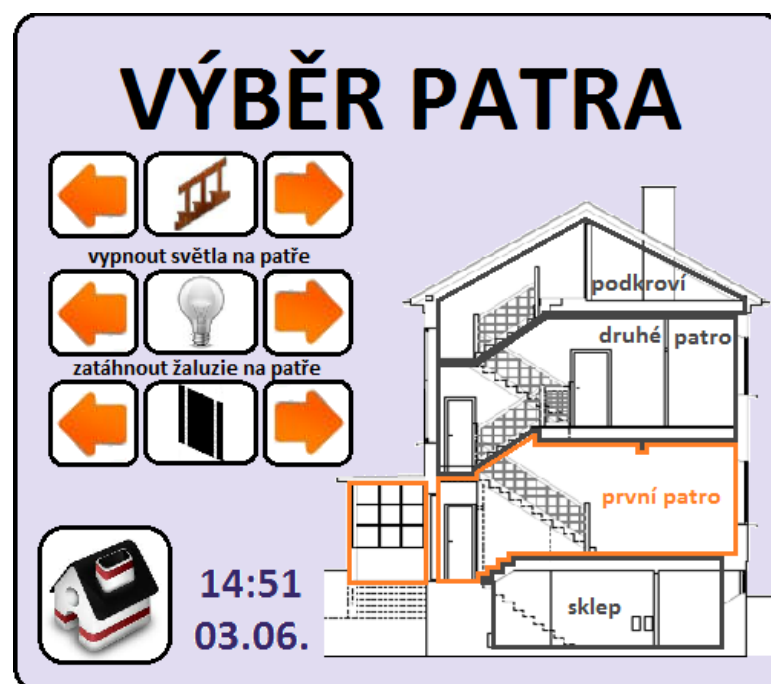
Vizualizační prostředí SCADA umožňuje uživateli srozumitelně a jednoduše nastavit aktuální potřeby systému. Je zobrazován na LCD displeji (případně přes webové rozhraní) a jeho ovládání je členěno hierarchicky. V hlavním uvítacím okně je nejprve třeba zvolit, kterou část chce uživatel měnit – obrázek 51.





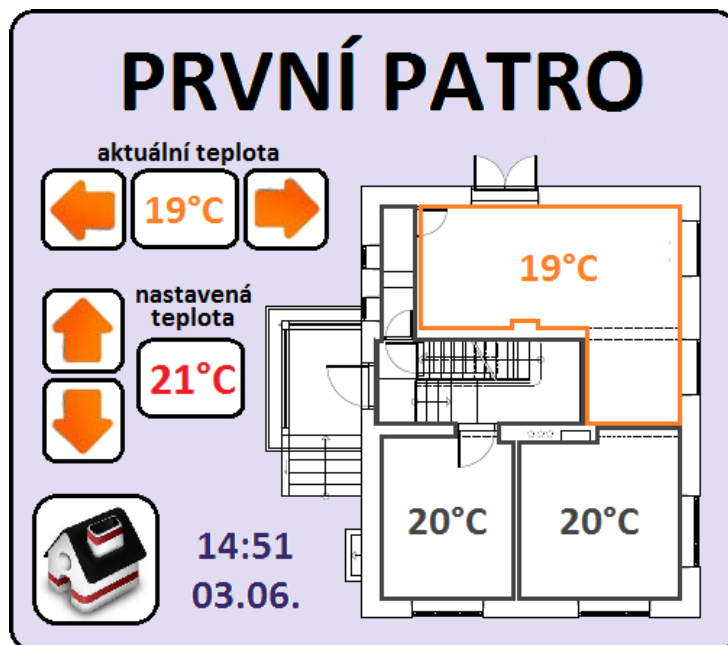
Obrázek 51 – hlavní menu

Uvítací obrazovka umožňuje přístup k nastavení vytápění, osvětlení a žaluzií. Pro příklad bylo vybráno vytápění. Po potvrzení SCADA nabídne menu výběru konkrétního patra rodinného domu. Pro návrat o úroveň výše je ikona v levém dolním rohu. První řádek umožňuje výběr patra, druhý řádek vypnutí všech světel v patře a třetí vytažení či stažení rolet na celém patru.



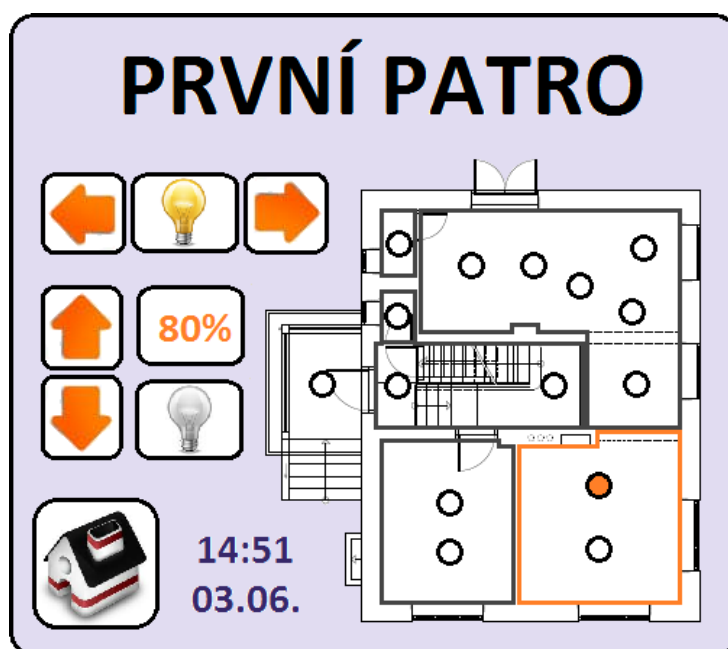
Obrázek 52 – výběr patra domu

Po potvrzení výběru patra se otevře okno nastavující požadované teploty v blocích domu. Orientace mezi bloky je šipkami vlevo / vpravo. Mezi nimi je zobrazena aktuální hodnota v daném bloku. Šipkami nahoru / dolů lze nastavit teplotu v bloku místností.



Obrázek 53 – nastavení teplot

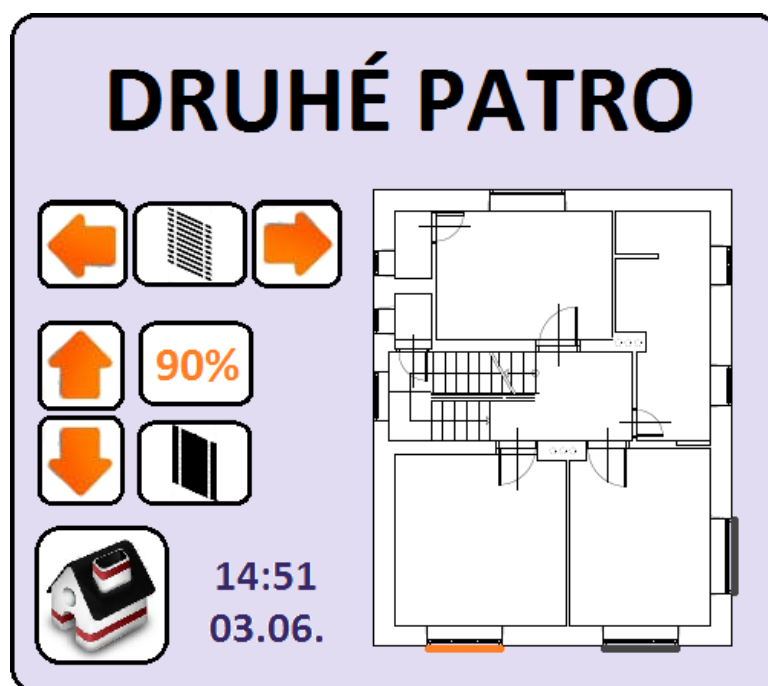
V případě nastavení osvětlení je koncové menu na obrázku 54. Orientace mezi místnostmi a i světly je šipkami vlevo / vpravo. V případě „prolistování“ všech světel v dané místnosti dojde při dalším stisku ke skoku do následující místnosti na následující světlo.



Obrázek 54 – nastavení osvětlení

Mezi šipkami vlevo / vpravo je zobrazena aktuální logická hodnota vybraného světla. V případě zapnutého je vykreslena barevně, v případě deaktivace šedě. Šipkami nahoru / dolů lze (u vybraných světel) nastavit intenzitu osvětlení. Pod jejím procentuálním vyjádřením je tlačítko pro okamžité vypnutí (0 %) či obnovení (uvedené hodnota v %) konkrétního světla.

Obdobně je tomu v případě ovládání žaluzií. U nich se však reguluje úhel natočení – obrázek 55.



Obrázek 55 – natočení žaluzií

Úhel natočení lamel žaluzií reprezentuje hodnota 0 – 100 %. 0 % značí vytažené žaluzie, hodnoty 10 – 100 % úhel po 10° od 0° do cca 90°.

Stejně možnosti ovládání systému umožňuje webové rozhraní systému E-gon. V jeho případě je taktéž možné propojení ovládacího systému s managementem budovy tvořeného přímo na webových stránkách či v databázové aplikaci (například Microsoft Access). Management budovy dokáže velmi efektivně spravovat technické zařízení, hlídat záruční lhůty, doby nutnosti výměny baterií, uchovávat kontakty na servisní techniky. Celkově může snižovat náklady na údržbu celé domácnosti či starosti, a zvyšuje komfort. To vše v elektronické podobě s velmi snadným přístupem a správou.

## 8.2 Elektronický zabezpečovací

Základní úlohou elektronického zabezpečovacího systému je zajistit ochranu rodinného domu proti krádeži, poškození či vloupání. Použitý systém je od firmy Jablotron.

Pro elektronické zabezpečení domu je navržen detektor pohybu a rozbití skla JS-25. Pro usnadnění zabezpečovacího systému kombinuje detektor JS-25 snímač PIR k prostorové ochraně se snímačem rozbití skla pro ochranu pláštěovou. Má 3 samostatné výstupy (rozbití skla, pohyb osoby a sabotáž snímače). PIR snímač pohybu zpracovává signál metodou násobné analýzy signálu. Tím se dosahuje vynikající citlivosti a vysoké odolnosti proti falešným poplachům. Detektor rozbití skla užívá duální metodu, při které jsou vyhodnocovány nepatrné změny tlaku vzduchu v místnosti (náráz do skleněné výplně) a následné zvuky řinčení skla. Toto řešení vyniká vysokou spolehlivostí reakce při rozbití skleněné výplně a nízkou náchylností k nežádoucím reakcím. Citlivost detektoru lze snadno nastavit podle vzdálenosti a rozměrů chráněných oken. Navíc je snímač rozbití skla vybaven volitelnou paměťovou indikací. Ve snímači lze k uvedenému vyměnit základní čočku za verzi se zónou k pohybu domácích zvířat.

Tento detektor je vždy umístěn těsně pod stropem místnosti na stěně, kde je průstup do domu (dveře). V případě sklepa jde o místnost sklep, v prvním patře o chodbu a kuchyni. Znázornění umístění čidel je na obrázcích 56 a 57. Přesné zakreslení je uvedeno v technických výkresech.

Všechny tři umístěné detektory JS-25 jsou napojeny na venkovní sirénu OS-360A. Ta je zálohovaná dobíjeným akumulátorem a používá piezoelektrický akustický měnič. Verze 360A je vhodná do míst, kde se zvuk může odrážet od okolních domů – případ tohoto rodinného domu. Siréna obsahuje sabotážní senzory pro detekci otevření krytu nebo utržení sirény z montáže. V siréně je zabudován blikač. Houkání sirény a blikání blikače lze ovládat samostatně. Tělo sirény je vyrobeno z mechanicky odolného plastu se zvýšenou odolností vůči UV záření a povětrnostním vlivům. Odolnost elektronických částí proti vzdušné vlhkosti je zajištěna pokrytím komponentů speciálním ochranným lakem.

K ovládání zabezpečovacího systému slouží venkovní klávesnice JA-80H. Ta obsahuje čtečku přístupových karet, zvonkové tlačítko a podsvícenou klávesu. Umožňuje otevírat dveře, případně i ovládat systém. Klávesnici JA-80H lze použít k ovládání přístupu (dveřního zámku) nebo k ovládání zabezpečovacího systému. K ústředně Oasis se klávesnice připojuje pomocí rozhraní WJ-80.

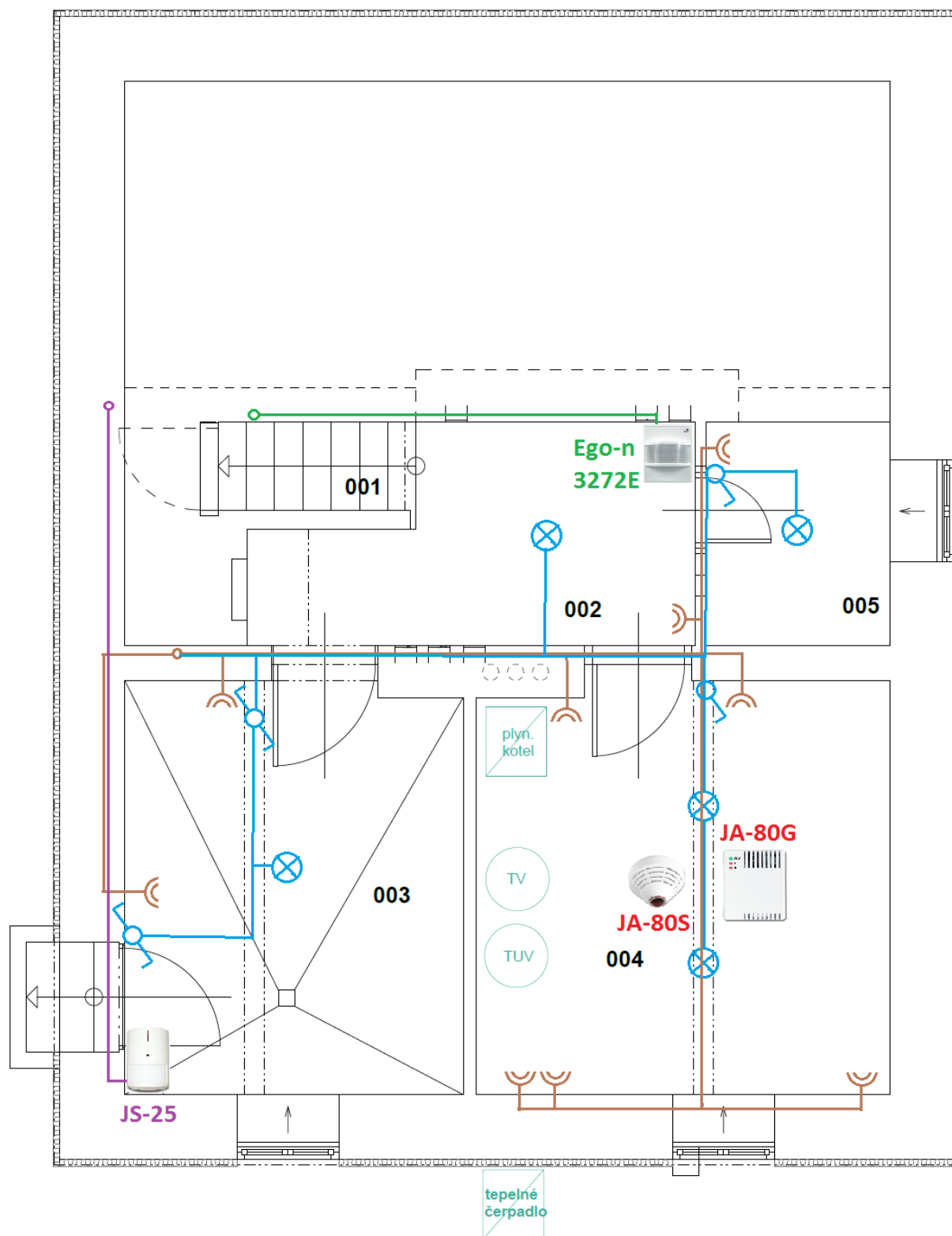
Všechny uvedené prvky ovládá ústředna JA-82K umístěná na chodbě v prvním patře u rozvaděče. Ta v sobě integruje napájecí zdroj pro všechny připojené detektory a exteriérovou sirénu, interní a externí poplachové výstupy, 2 programovatelné výstupy a baterie pro záložní napájení. Bližší specifiky v příloze PVI, případně na stránkách výrobce <http://www.jablotron.cz/cz/Katalog/zabezpeceni+domu/>.

### 8.3 Elektronický protipožární

Vyhláška č. 23/2008 sb. s platností od 1.7.2008 ukládá povinnost instalovat požární hlásiče a přenosné hasicí přístroje do nových či rekonstruovaných objektů. Kouřový detektor je nutné umístit v části domu, která vede k východu z bytu. Vzhledem ke skutečnosti, že rodinný dům je mezonetového typu, musí být detektor umístěn v nejvyšším místě společné chodby – v případě uvažovaného rodinného domu vnitřní schodiště.

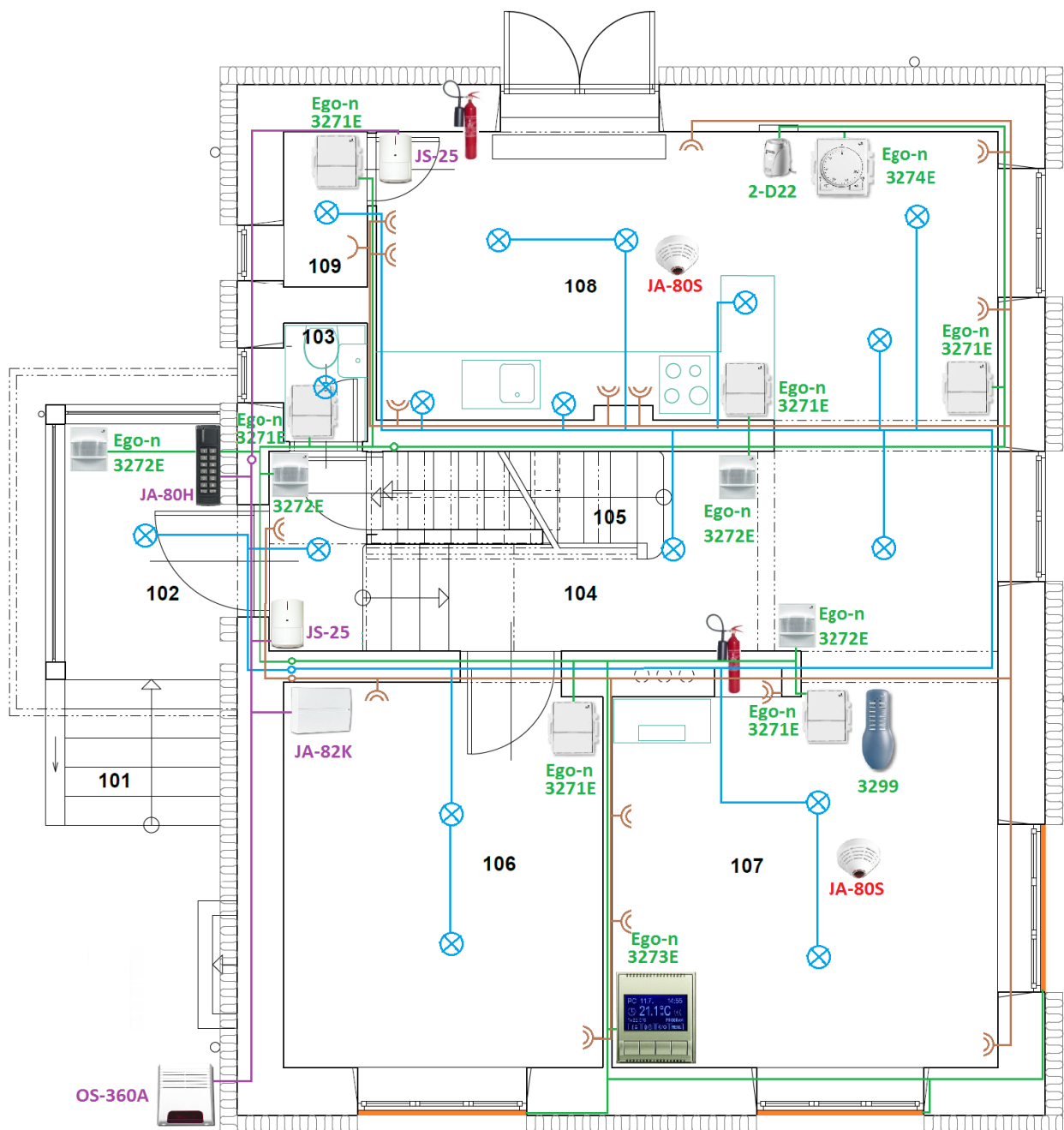
Pro detekci požáru je pro dům navržen bezdrátový detektor kouře JA-80S. Tento detektor je tvořen kombinací dvou detektorů - optického detektoru kouře a teplotního detektoru. Zpracování signálu z obou detektorů je digitální, což slouží k lepšímu rozlišení reálných a falešných poplachů. Optický detektor kouře pracuje na principu rozptýleného světla a je velmi citlivý na větší částice, které jsou v hustých dýmech, méně citlivý je na malé částice v čistě hořících požárech. Optický detektor pochopitelně nemůže detekovat produkty čistě hořících kapalin (jako je alkohol). Uvedený nedostatek odstraňuje vestavěný detektor teplot, který má sice pomalejší reakci, ale na požár, který vyvíjí rychle teplo s malým množstvím kouře, tento detektor teplot reaguje podstatně lépe. Má navíc zabudovanou sirénu pro lokální varování. Proto je vhodné jeho použití.

Tento detektor je umístěn v kuchyni, obývacím pokoji a na centrálním schodišti v nejvyšším bodě – v úrovni podkrovní. Taktéž je použit ve sklepě v technické místnosti označené jako dílna, kde se nalézá plynový kotel. Z důvodu plynového kotle je zde navíc připojen detektor JA-80G. Bezdrátový detektor JA-80G je detektor hořlavých plynů, který slouží k indikaci úniku hořlavých plynů (zemní plyn, svítiplyn, propan, butan, acetylén, vodík...) a jejich výparů. Detektor je napájen přímo ze sítě, signalizuje únik plynu opticky (integrovanými diodami), akusticky (integrovanou sirénou) a má možnost vysílat informaci radiovým protokolem OASiS – tato funkce není využita. Schematické znázornění je na obrázku 56, 57 a 59, přesnější zakreslení je v technické dokumentaci.

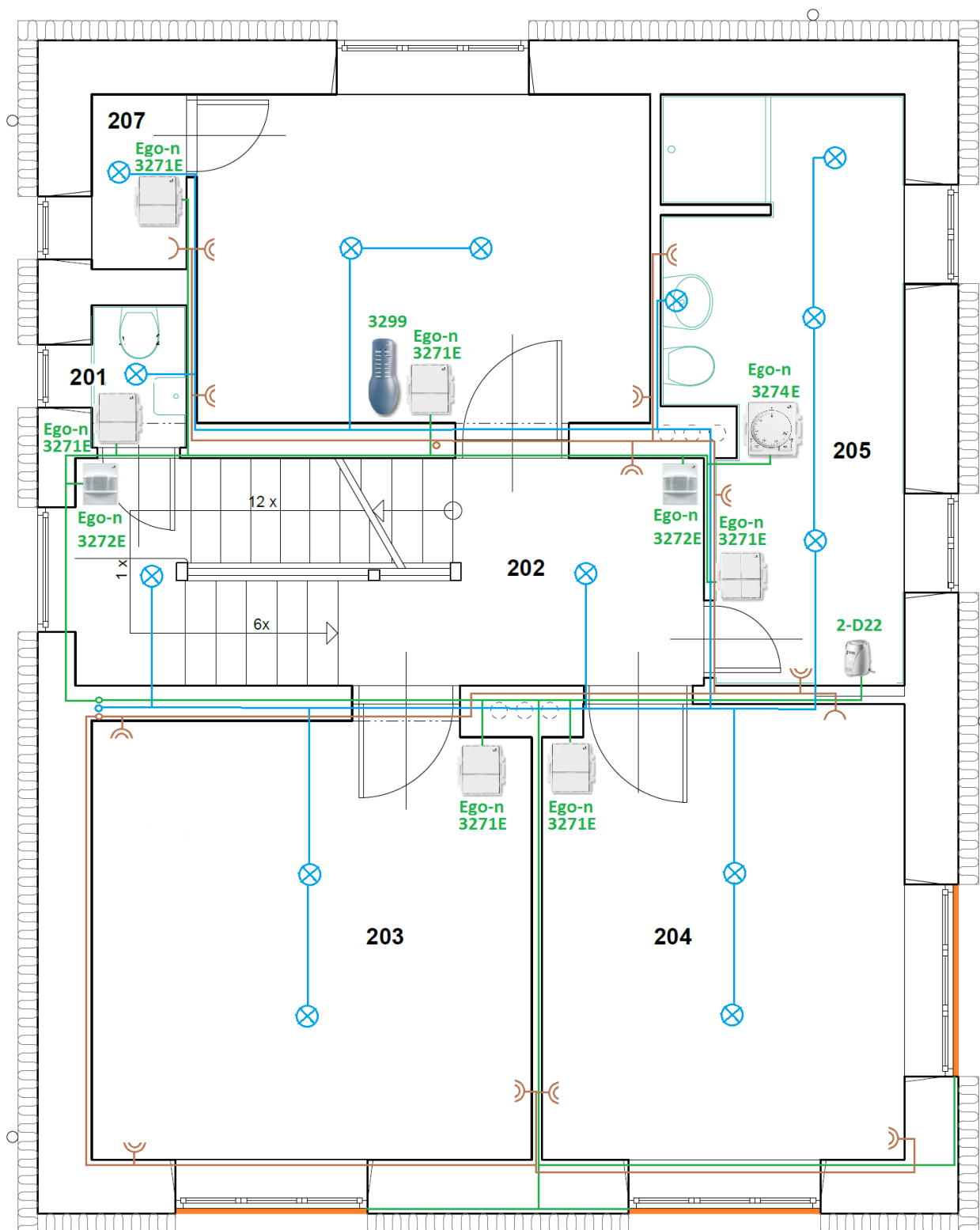


Obrázek 56 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), inteligentních (zelená) a prvků: protipožárních (červená) a zabezpečovacích (fialová) pro sklep rodinného domu.

Použitý hasicí přístroj je typu S5 če-89B – sněhový – a je umístěn v obývacím pokoji a v kuchyni (viz schematické zobrazení na obrázku 57, či přesněji viz technický výkres v příloze PIII).

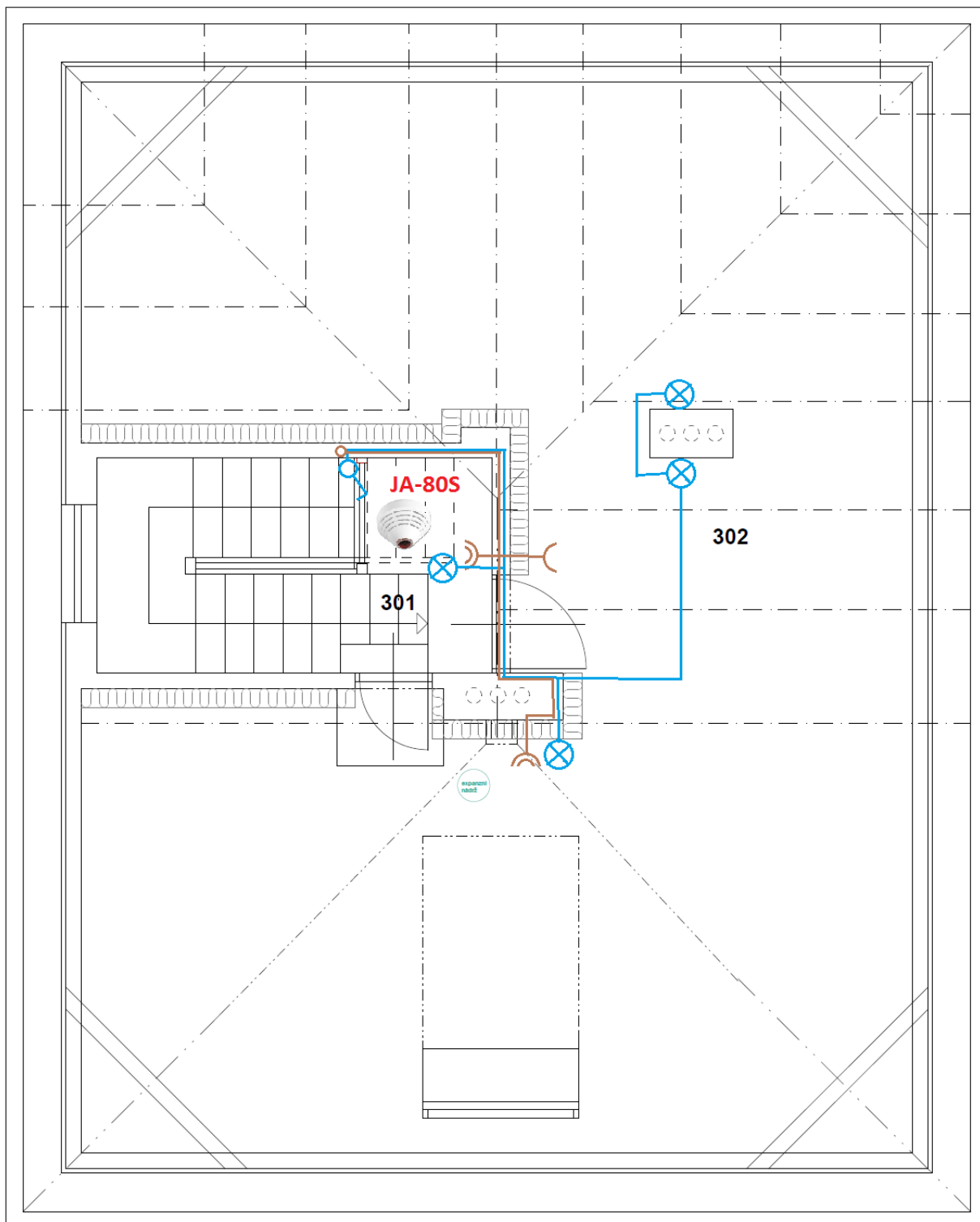


Obrázek 57 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), inteligentních (zelená) a prvků: protipožárních (červená) a zabezpečovacích (fialová) pro první patro rodinného domu.



Obrázek 58 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), inteligentních (zelená) pro druhé patro rodinného domu.





Obrázek 59 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), a protipožárního prvku (červená) pro podkroví rodinného domu.

## 9 FOTOVOLTAICKÉ PANELE

Uvažované umístění fotovoltaických panelů je na sedlové jižní, východní a západní části střechy. Zvoleny byly vysoce účinné monokrystalické solární články s účinností 16 – 17 % SOLARWATT M220 60 GET AK - 235 Wp. Panel s rozměry 1680 mm x 990 mm má na ploše 1,6632 m<sup>2</sup> 60 solárních článků. Celkový počet panelů umístěných na střechu je 14 a zabere celkem plochu 25 m<sup>2</sup>. Výrobce uvádí předpokládaný energetický zisk 3,29 kWp za rok.

[41] uvádí, že dne 11. ledna 2012 se uvolnila kapacita sítě cca 65 MWp pro obnovitelné zdroje energie, je stále šance na povolení k připojení fotovoltaické elektrárny – panelů k síti. Podstatnou podmínkou pro připojení je zjištění stavu, zda ve vybrané lokalitě není takzvaný stop stav. Pro uvedený dům v lokalitě Zábřeh platí:



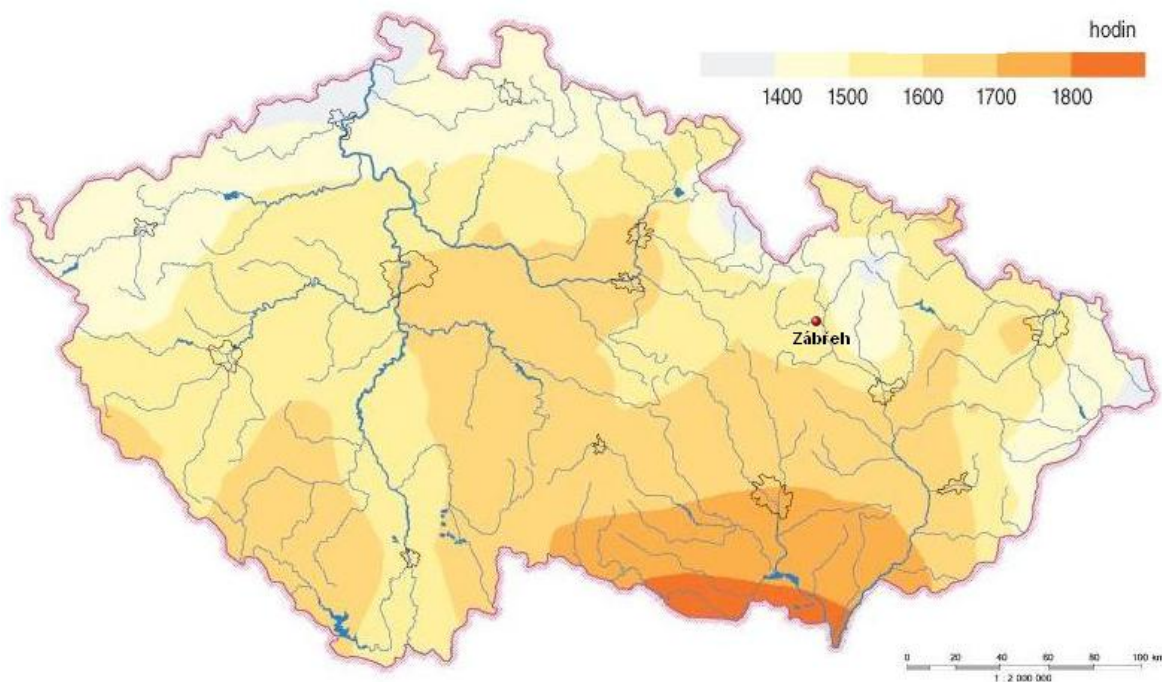
Obrázek 60 – možnosti připojování nových výroben elektrické energie [42]

„Legenda - podbarvení oblastí:

Zelená – oblasti otevřené z pohledu přetoků do přenosové soustavy. Přijaté žádosti budou dále posuzovány z pohledu Vyhlášky č. 51/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a pravidel provozování distribuční soustavy (PPDS).

Červená – oblasti uzavřené z pohledu nadlimitních přetoků do přenosové soustavy nebo nedostatku distribuční kapacity. Přijaté žádosti o připojení budou zamítnuty dle Vyhlášky č. 51/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a PPDS.“ [42]

Výroba elektrické energie pro spotřebu domu by nebyla příliš ekonomická, proto je uvažovaná volba dodávky vyrobené energie do sítě ČEZ. Aktuální platné cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2011 ze dne 23. listopadu 2011 stanovuje podporu pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Výkupní cena elektřiny je 6.160 Kč/MWh a zelený bonus 5.080 Kč/MWh, což je v přepočtu 6,16 Kč/kWh (přímá dodávka) a 5,08 Kč/kWh (zelený bonus). Stanovená výkupní cena a zelený bonus pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření je pouze pro instalované výkony do 30 kW včetně, nutností je uvedení do provozu od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012.



Obrázek 61 – průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu v ČR [43]

## 9.1 Kalkulace výroby elektrické energie

[44] je internetovou stránkou zprostředkující přístup k modelu vytvořeného výzkumným centrem Evropské komise. Tento model je zaměřený na využití pro fotovoltaické aplikace. Umožňuje kalkulaci výroby elektřiny v konkrétním místě Evropy. Vzhledem k tomu, že je jako jeden z mála zdarma a on-line, byl použit pro odhad výroby solární energie v lokaci RD.

Na základě [45] lze definovat: Zábřeh – poloha: 46° 52' 49'' severní šířky, 16° 52' 49'' východní délky, nadmořská výška 284 m.n.m. Sluneční záření používá databázi PVGIS-classic. Jmenovitý výkon fotovoltaického systému: 3,29 kW (krystalický křemík). Odhadované ztráty v důsledku teploty: 7,4 % (s použitím místní teploty). Odhadované ztráty v důsledku úhelní odrazivosti účinky: 3,0 %. Další ztráty (kabely, měnič atd.): 14,0 %. Kombinovaná fotovoltaická ztráta systému: 22,8 %.

Systém bude pevně umístěný se sklonem 34° a orientací -2°. Jde o optimálně určenou hodnotu zmiňovaným modelem.

<b>Pevně uchycený fotovoltaický systém: sklon = 34 °, orientace = -2 ° (optimální)</b>				
<b>Měsíc</b>	<b><math>E_d</math> [kWh]</b>	<b><math>E_m</math> [kWh]</b>	<b><math>H_d</math> [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b><math>H_m</math> [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
Leden	3,20	99,30	1,14	35,30
Únor	5,59	156,00	2,04	57,10
Březen	8,03	249,00	3,00	93,10
Duben	10,60	317,00	4,14	124,00
Květen	12,30	382,00	4,98	155,00
Červen	11,80	354,00	4,84	145,00
Červenec	12,50	386,00	5,15	160,00
Srpen	11,40	354,00	4,70	146,00
Září	8,55	256,00	3,38	101,00
Říjen	7,29	226,00	2,79	86,50
Listopad	3,33	100,00	1,23	36,80
Prosinec	2,35	72,90	0,85	26,20
<b>Roční průměr</b>	<b>8,09</b>	<b>256,00</b>	<b>3,19</b>	<b>97,10</b>
<b>Celkem za rok</b>		<b>2950</b>		<b>1170</b>

Tabulka 52 – průměrné množství získané energie v jednotlivých měsících

$E_d$  – průměrná denní výroba elektřiny z daného systému [kWh];

$E_m$  – průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému [kWh];

$H_d$  – průměrná denní suma globálního záření na metr čtvereční, která byla obdržena z modulů daného systému [kWh/m<sup>2</sup>];

$H_m$  – průměrná měsíční suma globálního záření na metr čtvereční, která byla obdržena z modulů daného systému [kWh/m<sup>2</sup>].

Spočtená průměrná roční výroba elektřiny uvažovaného fotovoltaického systému je 2950 kWh.

## 9.2 Ekonomické zhodnocení

Pořizovací náklady kompletního fotovoltaického systému jsou zahrnuty do komplexního balíčku, který firma VR OZE systems s.r.o. nabízí. Firma garantuje maximální cenu

237.500 Kč včetně 14 % DPH, které je dáno druhem instalace – na RD. Cena pojímá 14 uvedených fotovoltaických panelů, střídač Solarmax S3000, rozvaděč RD1, stejnosměrnou kabeláž, kabeláž pro připojení k 3fázovému rozvodu elektrické energie, kompletní přípravu konstrukce, montáž celého systému, zprovoznění dodávky, revizi elektrického zařízení, pomoc při vyplnění potřebných dokumentů a elektronický přístup pro vyplnění faktur a statistických výkazů ON-LINE.

Pro výpočet hodnocení ekonomické efektivity investic je třeba definovat:

$t$  - doba životnosti projektu: 20 let;

$IN$  - celková investice do zařízení: 237.500 Kč;

$CF$  - průměrný roční výnos z provozovaného zařízení: 33.158 Kč;

$r$  – diskont: 5 %;

$\alpha$  – inflace: 4 % (dána černějším scénářem prognózy ČNB z května 2012).

Prostá doba návratnosti,  $T$ :

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{237500}{33158} \cong 7,163 \text{ let}$$

Diskontovaná doba návratnosti,  $T_d$ :

$$T_d = \frac{\ln \left[ 1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r) \right]}{\ln \frac{1 + \alpha}{1 + r}} = \frac{\ln \left[ 1 + \frac{237500}{33158} \cdot (0,04 - 0,05) \right]}{\ln \frac{1 + 0,04}{1 + 0,05}} \cong 7,767 \text{ let}$$

Čistá současná hodnota, NPV:

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

$$NPV = 33158 \cdot \frac{(1 + 0,05 - 0,04)^{20} - 1}{(0,05 - 0,04) \cdot (1 + 0,05 - 0,04)^{20}} - 237500 \cong 360.854 \text{ Kč}$$

Vnitřní výnosové procento, IRR:

$$CF \cdot \frac{(1 + IRR)^t - 1}{(IRR) \cdot (1 + IRR)^t} - IN = 0$$

$$IRR \cong 12,679 \%$$

Výpočet výnosového procenta IRR byl určen v programu Microsoft Excel pomocí řešitele.

## 10 FINANČNÍ NÁKLADY PROJEKTU

Na závěr projektu je důležitý rozpočet jednotlivých částí či sumář celkových nákladů na realizaci. Ceny jsou odvozeny z aktuálních cen materiálů, použitých prvků na trhu a cenami prací řemesel. V případě uvedení práce v hodnotě 0 Kč jde o cenu práce, která je již započtena v ceně materiálu (žaluzie), celé zakázky (fotovoltaický systém, výměna oken a dveří) a v práci spojené s danými řemesly (čerpadla a technická zařízení).

Druh výdaje	Cena materiálu	Cena práce	Cena celkem
Zateplení obálky budovy	285 544 Kč	68 934 Kč	354 478 Kč
Výměna oken	105 880 Kč	0 Kč	105 880 Kč
Výměna dveří	28 000 Kč	0 Kč	28 000 Kč
Otopná tělesa	79 118 Kč	2 000 Kč	81 118 Kč
Rozvody vodo-topo	14 755 Kč	16 874 Kč	31 629 Kč
Žaluzie	56 440 Kč	0 Kč	56 440 Kč
Rozvody elektro+elektromateriál	56 289 Kč	28 800 Kč	85 089 Kč
Čerpadla	138 376 Kč	0 Kč	138 376 Kč
Technická zařízení	101 463 Kč	0 Kč	101 463 Kč
Elektronický zabezpečovací systém	6 911 Kč	2 700 Kč	9 611 Kč
Elektronický protipožární systém	10 992 Kč	1 200 Kč	12 192 Kč
Inteligentní elektroinstalace Ego-n	132 169 Kč	3 240 Kč	135 409 Kč
Fotovoltaický systém	237 500 Kč	0 Kč	237 500 Kč
<b>celkem</b>			<b>1 377 186 Kč</b>

Tabulka 53 – celkový sumář finančních nákladů na navrhovaný projekt

Z tabulky 53 vyplývají celkové náklady na rekonstrukci v objemu 1.377.186 Kč.

## ZÁVĚR

Cílem práce byl návrh integrovaného systému do rekonstruovaného rodinného domu. Integrovaný systém obsahuje systémy pro tvorbu vnitřního prostředí. Tyto systémy jsou řízeny sběrnicevým systémem KNX přes uživatelsky příjemnou vizualizaci SCADA. Výrobky Ego-n komunikující po sběrnici KNX jsou použity od firmy ABB.

Díličními částmi byly návrhy nové elektroinstalace a návrhy systémů řešící zabezpečení objektu po stránce protipožární ochrany a ochrany proti vloupání.

Celá práce je rozdělena na několik částí. Hlavní dvě tvoří teoretický základ a praktické řešení pro konkrétní rodinný dům.

V teoretické části je zpracována stručná studie energeticky úsporných rodinných domů, na které je v moderní době dáván stále vyšší požadavek ať již ze strany investora, tak i normotvorných orgánů. V této souvislosti byly zpracovány možné úsporné zdroje energie pro rodinné domy, kde je kladen důraz na obnovitelné zdroje, které nezatěžují životní prostředí a vymaňují se plné závislosti na dodávce energií.

Teoretická část končí kapitolou zaměřující se na komunikaci inteligentní elektroinstalace a možnosti jejího nasazení v rodinném domě.

Praktická část identifikuje rodinný dům a veškeré výpočetní podmínky. Obsahuje návrh rekonstrukce zahrnující zateplení obálky budovy a s tím související snížení ztrát na téměř jednu čtvrtinu. Demonstruje výpočty a prezentuje energetický štítek budovy s teplotní stabilitou kritických místností. Návrhový stav budovy dosáhl úrovně nízkoenergetického domu.

Rekonstrukce obsahuje v následující kapitole návrh tepelné soustavy rodinného domu. Vhodné hydraulické schéma, jednotlivé návrhy otopných těles v souvislosti se ztrátami místností. Detailně popisuje princip okruhů zdrojů tepla domu, výkony zadaných zdrojů a k nim vypočtené návrhy pojistných zařízení. Kapitulu uzavírá soupis roční potřeby tepla domu.

Elektroinstalace byla navržena takovým způsobem, aby přinesla vysoký komfort a byla zároveň úsporná. Spojuje silnoproudou s inteligentní elektroinstalací. Elektroinstalace obsahuje jak světelné okruhy pro dům, tak i zásuvkové okruhy.

Pro komunikaci inteligentní elektroinstalace je navržen řídicí a monitorovací systém s vizualizačním prostředím SCADA. Dalšími navrhovanými systémy je elektronický

protipožární a elektronický zabezpečovací. Ty jsou vždy striktně galvanicky i logicky odděleny.

Pro možnou investici majitele do fotovoltaických panelů byl proveden celkový návrh fotovoltaické domovní elektrárny včetně její kalkulace návratnosti.

Praktická část je zakončena celkovými finančními náklady celého uvedeného projektu.

Všechny v práci uvedené a i mnoho dalších neuvedených výpočtů, hodnot a tabulek, které byly řešeny souběžně s diplomovou prací v programu Microsoft Excel, jsou přiloženy na CD v souboru Výpočty\_diplomka.xlsx.



## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of the work was integrated into the design of the reconstructed family house. Integrated system includes systems for creating an internal environment. Employing these systems is controlled via the KNX bus system user-friendly SCADA visualization. Ego-products of n communicating via KNX are used by ABB.

Partial parts were suggestions and proposals for new electrical systems to address security facility in terms of fire protection and burglary protection. The thesis is divided into several parts. The two main forms the theoretical basis and practical solution for a specific house.

The theoretical part deals with the brief study of energy-efficient houses, which in modern times, given increasing demand either by the investor, and regulatory bodies. In this context, can be incorporated cost-effective source of energy for houses, where the emphasis is on renewable, environmentally-friendly and extricating the full dependence on the supply of energy.

The theoretical part ends chapter focusing on intelligent communication wiring and its possible use in a family house.

The practical section identifies the house and all computer conditions. It contains a proposal involving the reconstruction of the building envelope insulation and the associated reduction in the loss of almost one quarter. Demonstrates calculations and presents label buildings with thermal stability of critical rooms. The design condition of the building reached a level of low-energy house.

Reconstruction in the following chapter contains design house heating system. Suitable hydraulic diagram, single radiator designs for the loss of rooms. In detail describes the principle areas of the house from heat sources, power sources, and given them the calculated insurance proposals equipment. Chapter concludes with an inventory of the annual heating requirement of the house.

Wiring has been designed in such a way to bring comfort and was also efficient. It combines high-voltage electrical installations with intelligent. Electrical lighting circuits contain both the House and socket circuits.

For communication wiring is designed intelligent control and monitoring system with SCADA visualization environment. Other proposed systems are the electronic fire and electronic security. They are always strictly separated electrically and logically.

Owners for possible investment in photovoltaic panels were carried out overall design of photovoltaic power house including its calculation of return.

The practical part ends with the total financial cost of the project.

All the work and also many others not mentioned calculations, and tables of values, which were resolved in parallel with a thesis in Microsoft Excel, are included on the CD at Výpočty\_diplomka.xlsx.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KABELE, Karel a Zuzana VEVERKOVÁ. Modelování operativní teploty. *TZB-info* [online]. © 2001-2012, 15.11.2004 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>
- [2] Pospíšilová, V.: Vliv umístění otopných těles ve vytápěném prostoru na teplotní a proudové pole. Praha, ČVUT v Praze, 2008. DP - 64 s.
- [3] Kvalita vnitřního prostředí. *Pasivní domy* [online]. © 2006-2010 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/kvalita-vnitriho-prostredi.html?chapter=hodnoceni-kvality-vnitriho-prostredi>
- [4] Co je pasivní dům?. *Pasivní domy* [online]. Brno: Centrum pasivního domu, © 2006-2010 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=definice-rozdeleni-podle-energeticke-narocnosti>
- [5] BERANOVSKÝ, Jiří, Lenka HUDCOVÁ, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. Zásady výstavby nízkoenergetických domů. *EkoWATT* [online]. © EkoWATT, 2007, 2010 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergeticky-domu>
- [6] Plastová okna SCHÜCO - Požadavky pro nízkoenergetické domy - Plastová okna Plastokno. *Plastokno - specialista na plastová okna* [online]. © 2007-2010 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.plastova-okna-plastokno.cz/plastova-okna-schuco-pozadavky-nizkoenergeticke-domy>
- [7] HOLUŠA, Petr. Výstavba pasivních domů: Základní principy. *Intoza - Stavíme s radostí* [online]. INTOZA s. r. o., © 2010 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.intoza.cz/vystavba-pasivnich-domu/zakladni-principy.html>
- [8] Energeticky pasivní dům. VISTAMEDIA. *Komorní Dvůr* [online]. KOP KD s.r.o., 2012 © [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.komornidvur.cz/cs/energeticky-pasivni-dum.php>
- [9] STERN, Michael. Pasivní, nízkoenergetické a nulové domy – co je co?. *Nazeleno.cz* [online]. 03. 07. 2008 [cit. 2012-04-11]. ISSN 1803-4160. DOI: ISSN 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy-co-je-co.aspx>
- [10] TYWONIAK, Jan. Pasivní a nulové budovy na společné cestě. *TZB-info* [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2012, 14.11.2011 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/8029-pasivni-a-nulove-budovy-na-spolecne-ceste>

- [11] Tywoniak, J. a kolektiv: Nová generace energeticky úsporných budov. Studie zpracovaná v rámci projektu 122 142 0506 MPO Efekt na ČVUT v Praze, 2011
- [12] BERANOVSKÝ, Jiří, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. Zásady výstavby nízkoenergetických domů. *I-EKIS: Internetové energetické konzultační a informační středisko* [online]. Topinfo s.r.o., © 2001-2008 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.i-ekis.cz/?page=nizkoenergeticke>
- [13] Okna Nedbal. *Zasklení* [online]. © Okna Nedbal, © 2012 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://www.oknanedbal.cz/>
- [14] VACEK, Petr. Termovize. *TZB-info* [online]. Topinfo s.r.o., 22.7.2010 [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/6660-termovize>
- [15] CIHLÁŘ, Jiří a Juraj HAZUCHA. *Pasivní domy: Úsporné zdroje energie*. Brno: Centrum pasivního domu, © 2007. Dostupné z: [http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/08\\_usporne\\_zdroje\\_energie.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/08_usporne_zdroje_energie.pdf)
- [16] Tezamo. *Kotle na biomasu* [online]. © 2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.tezamo.cz/cz/kotle-na-biomasu/>
- [17] VALENTA, Vladimír. *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2012-04-17]. Kondenzační kotel pro každého (I). Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/868-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-i>>.
- [18] VALENTA, Vladimír. *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2012-04-17]. Kondenzační kotel pro každého (II). Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/878-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-ii>>.
- [19] VALENTA, Vladimír. *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2012-04-17]. Kondenzační kotel pro každého (III). Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/884-kondenzacni-kotel-pro-kazdeho-iii>>.
- [20] HOŘEJŠÍ, Miroslav. Tepelná čerpadla pro každého. *Tzb-info* [online]. 16.4.2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
- [21] *Studijní texty a cvičení: vyhodnocení multivalentního zdroje energie* [online]. 2010 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://solab.fs.cvut.cz/Herbertov/text3.html>
- [22] Tepelná čerpadla vzduch/vzduch. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [23] Tepelná čerpadla vzduch/voda. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>
- [24] Tepelná čerpadla voda/voda. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda>

- [25] Tepelná čerpadla země/voda - plocha. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-plocha>
- [26] Tepelná čerpadla země/voda - vrt. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>
- [27] Tepelná čerpadla země/voda - větrací vzduch. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vetraci-vzduch>
- [28] Tepelná čerpadla země/voda - vodní plocha. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. © 2003-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vodni-plocha>
- [29] SÝKORA, Pavel. Invertní rekuperace. *JakBydlet.cz* [online]. © 2009 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: [http://www.jakbydlet.cz/clanek/512\\_invertni-rekuperace-.aspx](http://www.jakbydlet.cz/clanek/512_invertni-rekuperace-.aspx)
- [30] SÝKORA, Pavel. Jak na plíseň a vlhkost v domě. *JakBydlet.cz* [online]. © 2009 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: [http://www.jakbydlet.cz/clanek/449\\_jak-na-plisen-a-vlhkost-v-dome.aspx](http://www.jakbydlet.cz/clanek/449_jak-na-plisen-a-vlhkost-v-dome.aspx)
- [31] Inteligentní rekuperace INTREK ECO. O výrobku *Inteligentní rekuperace INTREK ECO* [online]. 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.inteligentni-rekuperace.cz/kategorie/o-vyrobu.aspx>
- [32] BERANOVSKÝ, Jiří, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. *EkoWATT: Energie slunce - výroba elektřiny* [online]. EkoWATT, © 2007 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>
- [33] Úsporné zdroje energie. *Pasivní domy* [online]. Brno: Centrum pasivního domu, © 2006-2010 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/usporne-zdroje-energie.html?chapter=vhodne-kombinace-zdroju>
- [34] BERANOVSKÝ, Jiří, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. *EkoWATT: Energie slunce - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu* [online]. EkoWATT, © 2007 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>
- [35] Inteligentní budova. JOHNSON CONTROLS INTERNATIONAL, spol. s r.o. *TZB-info* [online]. © 2001-2012, 4.10.2010 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1143-inteligentni-budova-i>
- [36] MATZ, Václav. Systémy používané v "inteligentních" budovách - přehled komunikačních protokolů. *TZB-info* [online]. 25.10.2010 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb->

info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-inteligentnich-budovach-prehled-komunikacnich-protokolu

- [37] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice KNX pro řízení budov - 2.část - kabely, propojení a EIB. *Automatizace.HW.cz* [online]. 27.srpen 2006 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006082701>
- [38] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks - 2.část - LonTalk protokol.*Automatizace.HW.cz* [online]. 11.duben 2005 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005041101>
- [39] Denní světlo a přirozená ventilace jsou základem nové řady domů společnosti VELUX - CarbonLight Homes. *TZB-info* [online]. © Copyright 2001-2012, 11.11.2011 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/stresni-okna/8026-denni-svetlo-a-prirozena-ventilace-jsou-zakladem-nove-rady-domu-spolecnosti-velux-carbonlight-homes>
- [40] *Viega: Technické příručky* [online]. 2007 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://www.viega.cz/xchg/cs-cz/hs.xsl/technick%C3%A9\\_p%C4%99irucky\\_1327.htm](http://www.viega.cz/xchg/cs-cz/hs.xsl/technick%C3%A9_p%C4%99irucky_1327.htm)
- [41] RŮŽIČKA, Vladimír. Poptávkový formulář FVE. *Fotovoltaika - hit současnosti*. [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/solarni-elektrarny-poptavkovy-formular.php>
- [42] ČEZ distribuce. *Možnosti připojování nových výroben* [online]. Copyright 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/technicke-informace/moznosti-prip-novych-vyroben.html>
- [43] RŮŽIČKA, Vladimír. Návratnost fotovoltaické elektrárny. *Fotovoltaika - hit současnosti*. [online]. © 2009-2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.nemakej.cz/navratnost-fotovoltaicke-elektrarny.php>
- [44] Ekowatt. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)* [online]. © 2008 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://fotovoltaika.ekowatt.cz/pvgis.php>
- [45] PV potential estimation utility. *Photovoltaic Geographical Information System* [online]. © 2001-2010 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning
BACnet	Building Automation and Control Network
CCTV	Closed-Circuit Television
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČSN EN	Česká státní norma Anglická norma
EIB	European Installation Bus
EN	Expanzní nádrž
EPBD	Evropské směrnice o energetické náročnosti budov
EPS	Elektronický protipožární systém
ETS	EIB Tool Software
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
FSK	Frequency Shift Keying
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
KNX	Konnex Bus
LAN	Local Area Network
LON	Local Operating Network
M-Bus	Meter Bus
MR	Manometrická rovina
NO	Oxid dusný

---

NO <sub>2</sub>	Oxid dusičitý
OB1	Obytné budovy
OČ	Oběhové čerpadlo
OSI	Open Systems Interconnection
OT	Otopné těleso
PC	Počítač
PIR	Passive InfraRed Sensor
PK	Plynový kotel
PL	Power Line
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied
RD	Rodinný dům
REG	Regulátor
RF	Radio Frequency
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SK	Solární kolektor
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý
TČ	Tepelné čerpadlo
TP	Twisted pair
TUV	Teplá užitková voda
TV	Teplá voda
TZB	Technická zařízení budov
VOC	Organické těkavé sloučeniny
WC	Toaleta
WiFi	Wireless LAN



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – rychlostní pole místnosti [2].....	25
Obrázek 2 – vliv teploty a relativní vlhkosti na komfort [3] .....	26
Obrázek 3 – PPD jako funkce PMV [ČSN EN ISO 77 30].....	28
Obrázek 4 – ukázka průkazu energetické náročnosti budovy a energetického štítku obálky budovy [5] .....	34
Obrázek 5 – grafické znázornění energetické náročnosti budov [8] .....	36
Obrázek 6 – schematické znázornění energetických zisků pasivního domu [9] .....	37
Obrázek 7 – princip aktivního domu s využitím maximální sluneční energie .....	38
Obrázek 8 – ukázka jižního a západního zasklení [5] .....	41
Obrázek 9 – příklady stěn nízkoenergetických domů se součinitelem prostupu tepla $U < 0,2\text{W/m}^2\text{K}$ [5].....	43
Obrázek 10 – příklad izolačního trojskla a dvojskla se součinitelem prostupu tepla [13] .....	44
Obrázek 11 – příklad tepelné vazby a tepelného mostu [14].....	45
Obrázek 12 – blower-door test.....	45
Obrázek 13 – zapojení kamen/TČ a solárních kolektorů do systému nuceného větrání s rekuperací a teplovzdušným vytápěním .....	48
Obrázek 14 – kotel na biomasu [16].....	49
Obrázek 15 – tok tepla [17] .....	51
Obrázek 16 – řez kondenzačním kotlem [19] .....	52
Obrázek 17 – princip funkce tepelného čerpadla [20] .....	53
Obrázek 18 – princip invertní rekuperace [29] .....	59
Obrázek 19 – inteligentní rekuperátor [31].....	60
Obrázek 20 – schéma zapojení systému dodávající energii do sítě a umístění panelů [30] .....	63
Obrázek 21 – solární systém.....	64
Obrázek 22 – blokové schéma zapojení systému EIB [34] .....	67
Obrázek 23 – sběrnice LON [37].....	69
Obrázek 24 – zjednodušený půdorys sklepa.....	73
Obrázek 25 – zjednodušený půdorys 1. patra .....	74
Obrázek 26 – zjednodušený půdorys 2. patra .....	75
Obrázek 27 – zjednodušený půdorys podkroví.....	76

Obrázek 28 – šíření vlhkosti v obvodovém zdivu před rekonstrukcí .....	79
Obrázek 29 – zjednodušený půdorys 1. patra po rekonstrukci .....	80
Obrázek 30 – zjednodušený půdorys 2. patra po rekonstrukci .....	81
Obrázek 31 – zjednodušený půdorys podkroví po rekonstrukci.....	82
Obrázek 32 – důkaz o nemožnosti srážení vodní páry v obvodovém zdivu po rekonstrukci .....	84
Obrázek 33 – důkaz o nemožnosti srážení vodní páry v obvodovém zdivu po rekonstrukci .....	84
Obrázek 34 – energetický štítek pro rekonstruovanou budovu .....	99
Obrázek 35 – princip přirozené cirkulace [39] .....	102
Obrázek 36 – hydraulické schéma teplé vody a teplé užitkové vody v domě .....	103
Obrázek 37 – hydraulické zapojení solárních kolektorů .....	105
Obrázek 38 – hydraulické zapojení tepelného čerpadla .....	106
Obrázek 39 – hydraulické zapojení plynového kotle.....	107
Obrázek 40 – hydraulické zapojení v zimním období .....	108
Obrázek 41 – hydraulické zapojení v letním období pro získání akumulované/akumulaci energie .....	109
Obrázek 42 – hydraulické zapojení v letním období .....	110
Obrázek 43 – montážní situace dle DIN EN 1264-4 [40].....	112
Obrázek 44 – schematické znázornění podlahového vytápění a radiátorového vytápění v prvním patře.....	114
Obrázek 45 – schematické znázornění podlahového vytápění a radiátorového vytápění ve druhém patře .....	115
Obrázek 46 – energie získaná 5 kolektory RSK II 21 .....	127
Obrázek 47 – schéma zapojení inteligentní elektroinstalace Ego-n .....	139
Obrázek 48 – zónové rozdělení koupelnových rozvodů.....	143
Obrázek 49 – elektroinstalační zóny v obytných prostorách .....	144
Obrázek 50 – rozvaděč pro rodinný dům.....	146
Obrázek 51 – hlavní menu .....	149
Obrázek 52 – výběr patra domu.....	149
Obrázek 53 – nastavení teplot.....	150
Obrázek 54 – nastavení osvětlení .....	150
Obrázek 55 – natočení žaluzií.....	151

Obrázek 56 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), inteligentních (zelená) a prvků: protipožárních (červená) a zabezpečovacích (fialová) pro sklep rodinného domu. ....	154
Obrázek 57 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), inteligentních (zelená) a prvků: protipožárních (červená) a zabezpečovacích (fialová) pro první patro rodinného domu. ....	155
Obrázek 58 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), inteligentních (zelená) pro druhé patro rodinného domu. ....	156
Obrázek 59 – schematické znázornění rozvodů: světelných (modrá), zásuvkových (hnědá), a protipožárního prvku (červená) pro podkroví rodinného domu. ....	157
Obrázek 60 – možnosti připojování nových výroben elektrické energie [42]. ....	158
Obrázek 61 – průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu v ČR [43] .....	159

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 – závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu $v_{ar}$ .....	24
Tabulka 2 – doporučené hodnoty pro obytné budovy [3].....	27
Tabulka 3 – vyjádření stupňů nepohodlí PMV.....	27
Tabulka 4 – požadavky na umělé osvětlení vybraných prostor.....	31
Tabulka 5 – vybrané hodnoty poměrné hladiny akustického tlaku v rodinném domě.....	32
Tabulka 6 – dělení budov podle energetické náročnosti [4].....	33
Tabulka 7 – klasifikace budov dle normy ČSN 73 0540-2.....	34
Tabulka 8 – zástupci nové generace energeticky úsporných budov (klasifikace) v porovnání s referenční (pasivní) budovou [10].....	39
Tabulka 9 – okrajové podmínky.....	72
Tabulka 10 – legenda místností sklepa před a po rekonstrukci.....	73
Tabulka 11 – vybrané návrhové hodnoty parametrů vnitřního prostředí [ČSN 73 0540-3].....	74
Tabulka 12 - legenda místností 1. patra před rekonstrukcí.....	75
Tabulka 13 – legenda místností 2. patra před rekonstrukcí.....	76
Tabulka 14 – legenda místností podkroví před rekonstrukcí.....	77
Tabulka 15 – příklad skladby konstrukce obvodového zdiva.....	77
Tabulka 16 – seznam konstrukcí s tloušťkou a celkovým součinitelem prostupu tepla.....	78
Tabulka 17 – legenda místností 1. patra po rekonstrukci.....	79
Tabulka 18 – legenda místností 2. patra po rekonstrukci.....	80
Tabulka 19 – legenda místností podkroví po rekonstrukci.....	81
Tabulka 20 – příklad skladby konstrukce obvodového zdiva po rekonstrukci.....	83
Tabulka 21 – seznam konstrukcí s tloušťkou a celkovým součinitelem prostupu tepla po rekonstrukci.....	83
Tabulka 22 – korekční součinitelé $\Delta U_{tb}$ pro otvorové výplně a stavební části [ČSN 12831].....	88
Tabulka 23 – přírážka na vyrovnávací rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch [ČSN 12831].....	89
Tabulka 24 – hodnota podzemního podlaží pro podlahovou desku na zemině v závislosti na součiniteli prostupu tepla podlahou a B' hodnotě [ČSN EN 12831].....	90

Tabulka 25 – zátopový součinitel $fRH$ pro obytné budovy s nočním teplotním útlumem nejvýše 8 h [ČSN EN 12831].....	91
Tabulka 26 – sumář ztrát celkových tepelných výkonů po místnostech budovy před provedenou rekonstrukcí .....	93
Tabulka 27 – sumář celkových tepelných výkonů po místnostech budovy po rekonstrukci .....	95
Tabulka 28 – vybrané návrhové hodnoty činitele teplotní redukce b [ČSN 73 0540-3] .....	95
Tabulka 29 – výčet ploch a jejich součinitelů prostupu tepla (před rekonstrukcí) .....	96
Tabulka 30 – ukazatel CI s hodnotami pro referenční budovu (před rekonstrukcí) .....	97
Tabulka 31 – výčet ploch a jejich součinitelů prostupu tepla (po rekonstrukci) .....	97
Tabulka 32 – ukazatel CI s hodnotami pro referenční budovu (po rekonstrukci) .....	98
Tabulka 33 – kategorie podlah z hlediska poklesu dotykové teploty podlahy [ČSN 73 0540-2] .....	100
Tabulka 34 – kategorie podlah – požadované a doporučené hodnoty [ČSN 73 0520-2].....	100
Tabulka 35 – nejvyšší denní teplota v letním období [ČSN 73 0540-2] .....	101
Tabulka 36 – stabilita jižně orientovaných místností v letním období.....	101
Tabulka 37 – navrhovaná otopná tělesa pro místnosti pro teplotní spád 70 – 55°C.....	111
Tabulka 38 – navrhovaná podlahová topení s definováním teplotních spádů.....	113
Tabulka 39 – tabulka pro výpočet střední teploty topné vody [40] .....	113
Tabulka 40 – tloušťka izolace a prostup tepla pro izolační třídu 5 a 6 [ČSN EN 12828].....	116
Tabulka 41 – tlakové ztráty a objemy jednotlivých otopných těles .....	118
Tabulka 42 – soupis parametrů otopné soustavy .....	119
Tabulka 43 – potřeba TV o teplotě 55°C [ČSN 06 0320] .....	122
Tabulka 44 – výpočtové údaje .....	122
Tabulka 45 – potřeba TUV na osobu na den .....	123
Tabulka 46 – reprezentace odběru TUV v periodě 24 hodin uvažovaného RD.....	125
Tabulka 47 – změna objemu vody $e$ v % pro různé návrhové expanzní teploty [ČSN EN 12828] .....	130
Tabulka 48 – doporučené počty zásuvek jednotlivých prostor.....	141
Tabulka 49 – navrhovaný počet zásuvek pro místnosti v rekonstruovaném RD.....	142
Tabulka 50 – rozpis okruhů rozvaděče pro navrhovaný rodinný dům .....	145

Tabulka 51 – tabulka použitých prvků KNX.....	147
Tabulka 52 – průměrné množství získané energie v jednotlivých měsících .....	160
Tabulka 53 – celkový sumář finančních nákladů na navrhovaný projekt .....	162

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 – vývoj požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla (ČSN 73 0540).....	42
Graf 2 – „porovnání domů s různými standardy a technickou výbavou. Solárními kolektory a úspornými spotřebiči lze ušetřit až 50 % nákladů mimo vytápění a další úspory poskytuje fotovoltaika, zdroje na biomasu nebo tepelné čerpadla.“ [15] .....	47
Graf 3 – stanovená křivka odběru, dodávky, rezervy a ztráty TUV .....	125
Graf 4 – tlaková ztráta kolektoru Reflex RSK II 21 .....	128
Graf 5 – náklady na vytápění a ohřev vody v navrhovaném domě pro jednotlivá paliva .....	137

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI – technické výkresy domu před rekonstrukcí

PŘÍLOHA PII – skladby konstrukcí před rekonstrukcí rodinného domu

PŘÍLOHA PIII – technické výkresy domu po rekonstrukci

PŘÍLOHA PIV – skladby konstrukcí po rekonstrukci rodinného domu

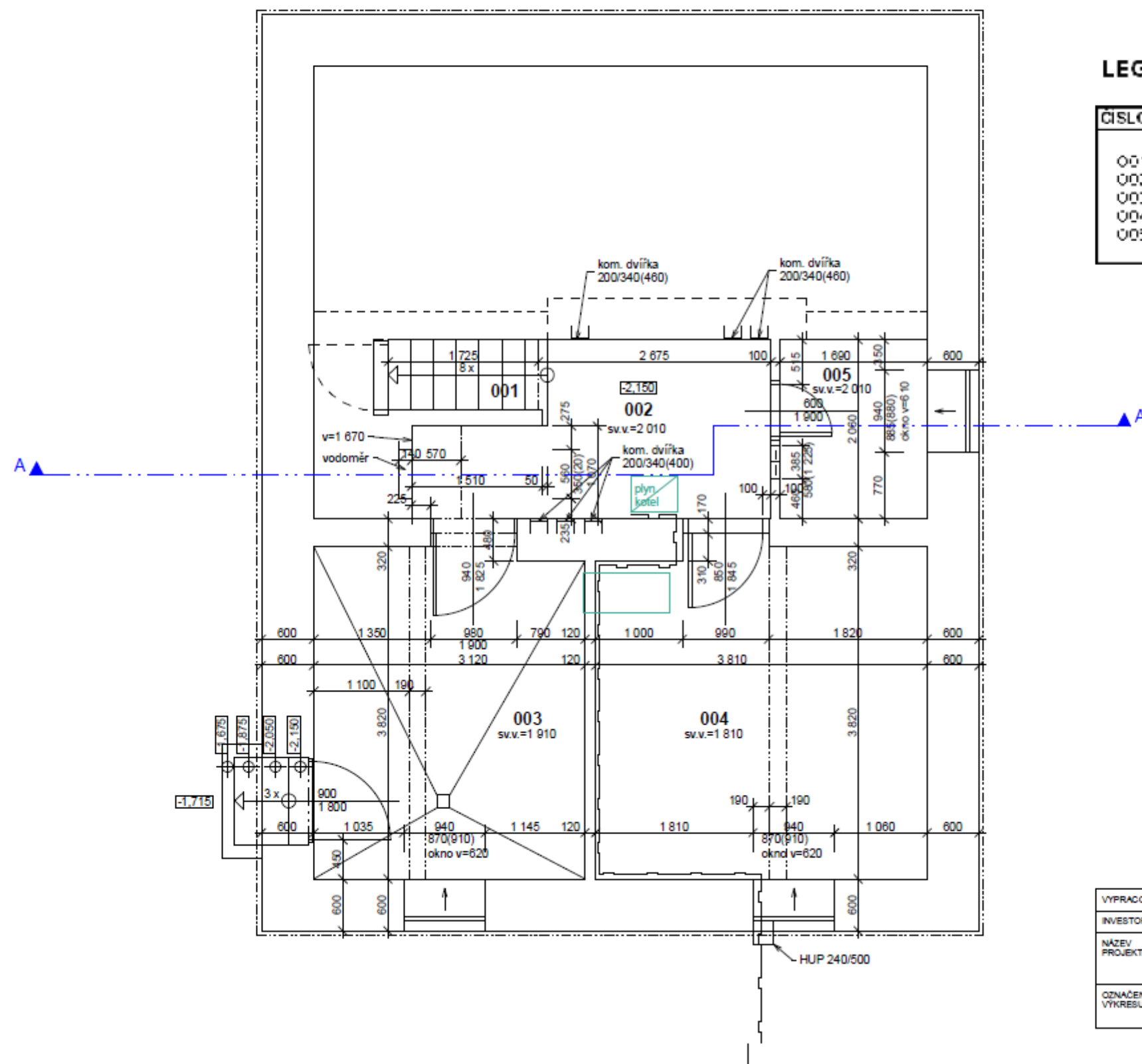
PŘÍLOHA PV – technický výkres hydraulického zapojení

PŘÍLOHA PVI – schéma zapojení inteligentní elektroinstalace Ego-n

PŘÍLOHA PVII – schéma zapojení rozvaděče



## PŮDORYS SKLEPA

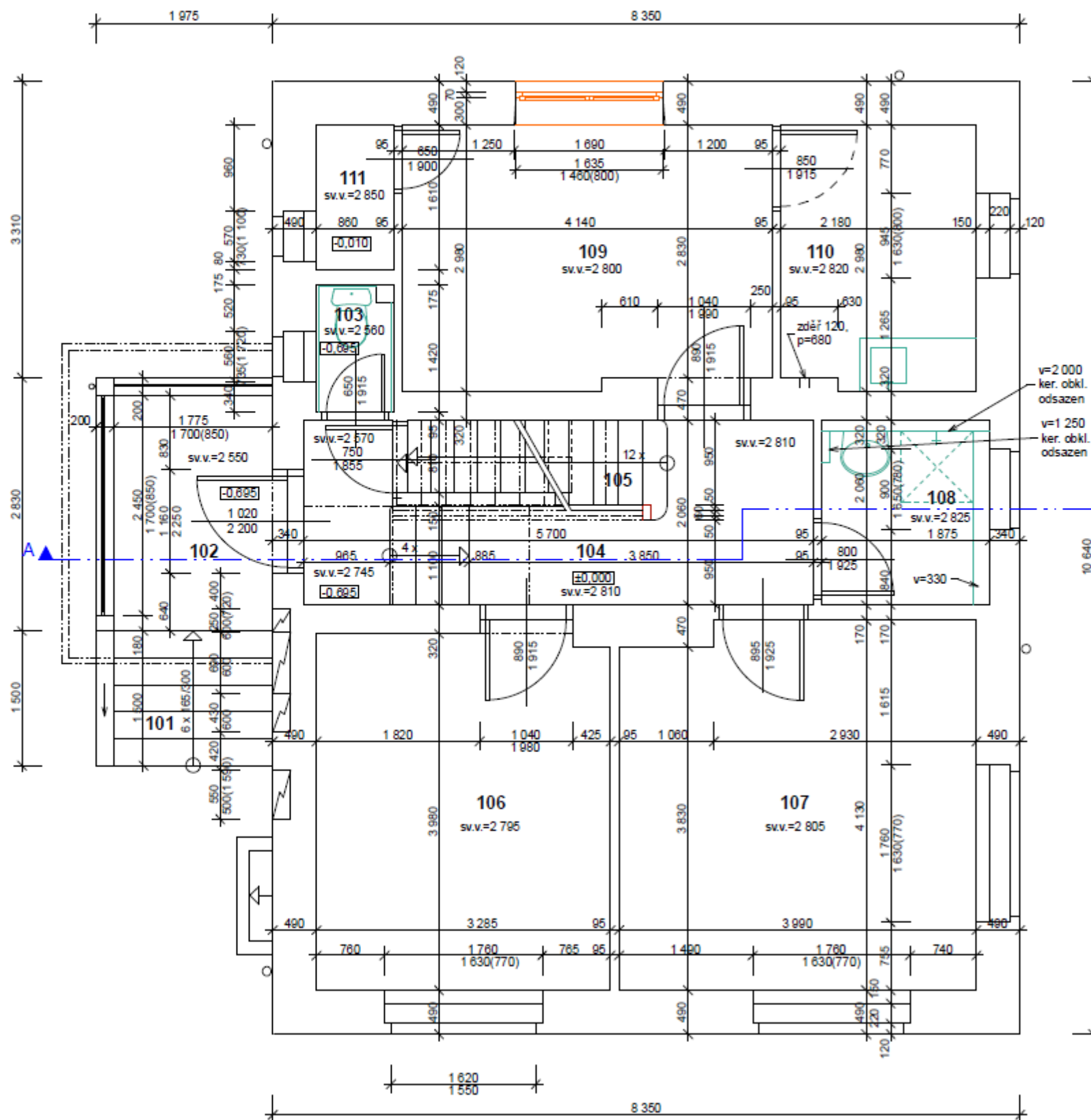


### LEGENDA MÍSTNOSTÍ SKLEPA

ČÍSLO	NÁZEV	M2 PODLAHA
001	SC OD ŠTĚ	1,5 CEM. FOTĚR
002	CI ODCA	6,9 CEM. FOTĚR
003	KU_LA KOČÁRY	11,0 CEM. FOTĚR
004	SKLEP	14,5 CEM. FOTĚR
005	KU VĚRA	3,5 CEM. FOTĚR
		SC,3

VYPRACOVAL:	RADKAMKEŠOVÁ, NOVÝ MALÍN 379	DATUM:	10 / 2010
INVESTOR:	DANIELA JOHNOVÁ, MALODOVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	STAV/STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM MALODOVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘITKO:	<b>1 : 50</b>
OZNACENÍ VÝKRESU:	ZAMĚŘENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU PŮDORYS SKLEPA	ČÍSLO PÁRE	ČÍSLO VÝKR. <b>3</b>

# PŮDORYS 1.PODLAŽÍ

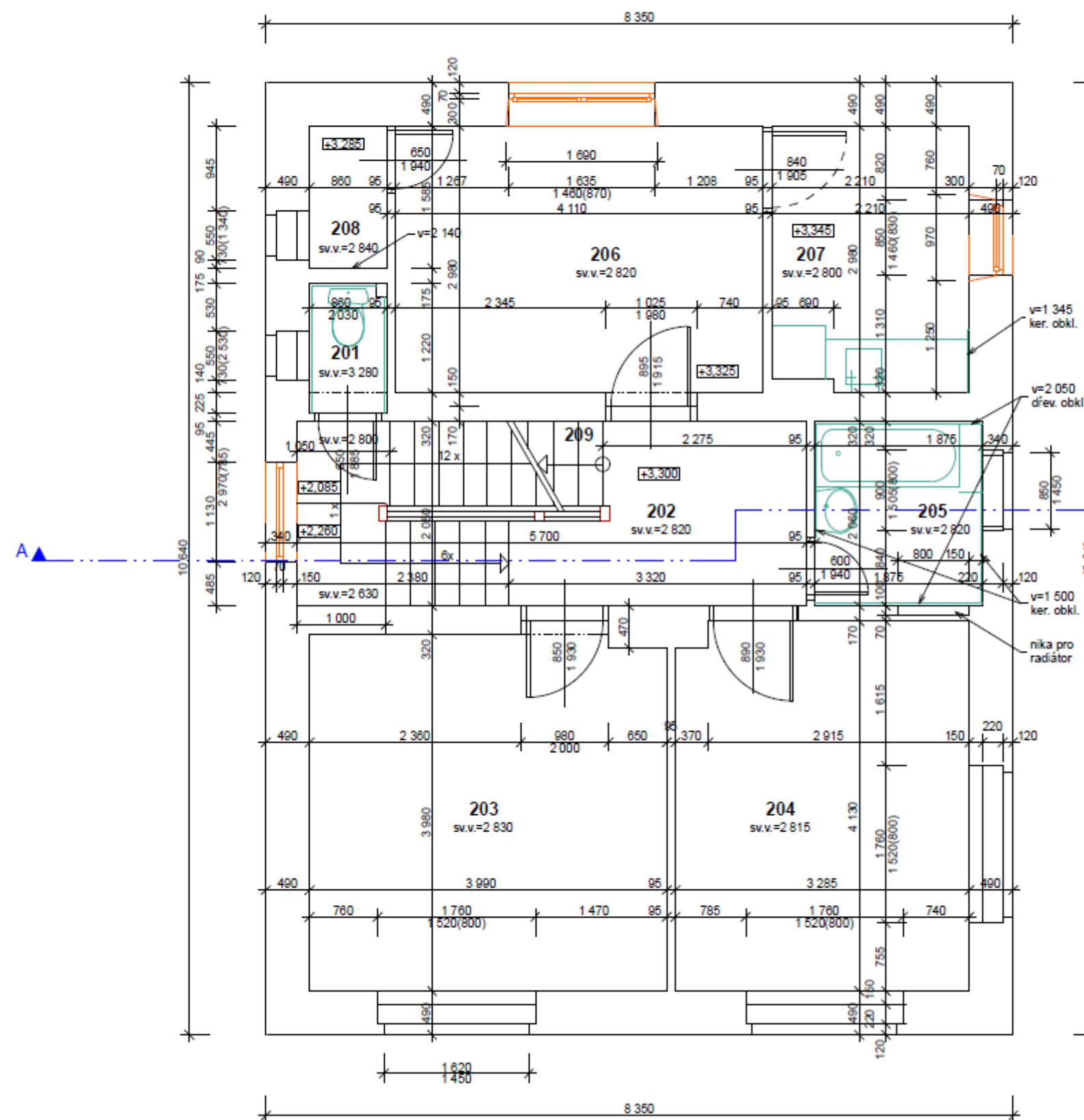


## LEGENDA MÍSTNOSTÍ 1. PODLAŽÍ

ČÍSLO	NÁZEV	M2 PODLAHA	UPRAVY STĚN
1	VĚŠNÍKOVÁ ŠKOLNÍ	27	REFINOV.
2	ZOBYDRA	47	REFINOV. JELKOV. KLADIV=145J
3	WC	12	REF. PODLAHA REF. PODLAHA V=140
4	CHODBA	58	REFINOV.
5	CHODBA	47	REFINOV.
6	CHODBA	59	REF. PODLAHA REF. PODLAHA V=140
7	CHODBA	32	REFINOV. KLOUBEK
8	CHODBA	58	REF. PODLAHA REF. PODLAHA V=140
9	JÍDLONA	24	REF. PODLAHA REF. PODLAHA V=140
10	KUCH. N.	24	REF. PODLAHA REF. PODLAHA V=140
11	WC	11	REFINOV.
		733	

VYPRACOVAL:	RADKAMIKĚŠOVÁ, NOVÝ MALÍN 379	DATUM:	10 / 2010
INVESTOR:	DANIELA JOHNOVÁ, MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	STAV. STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNACENÍ VÝKRESU:	ZAMĚŘENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU PŮDORYS 1.PODLAŽÍ	ČÍSLO PARE:	ČÍSLO VÝKR. <b>4</b>

# PŮDORYS 2.PODLAŽÍ

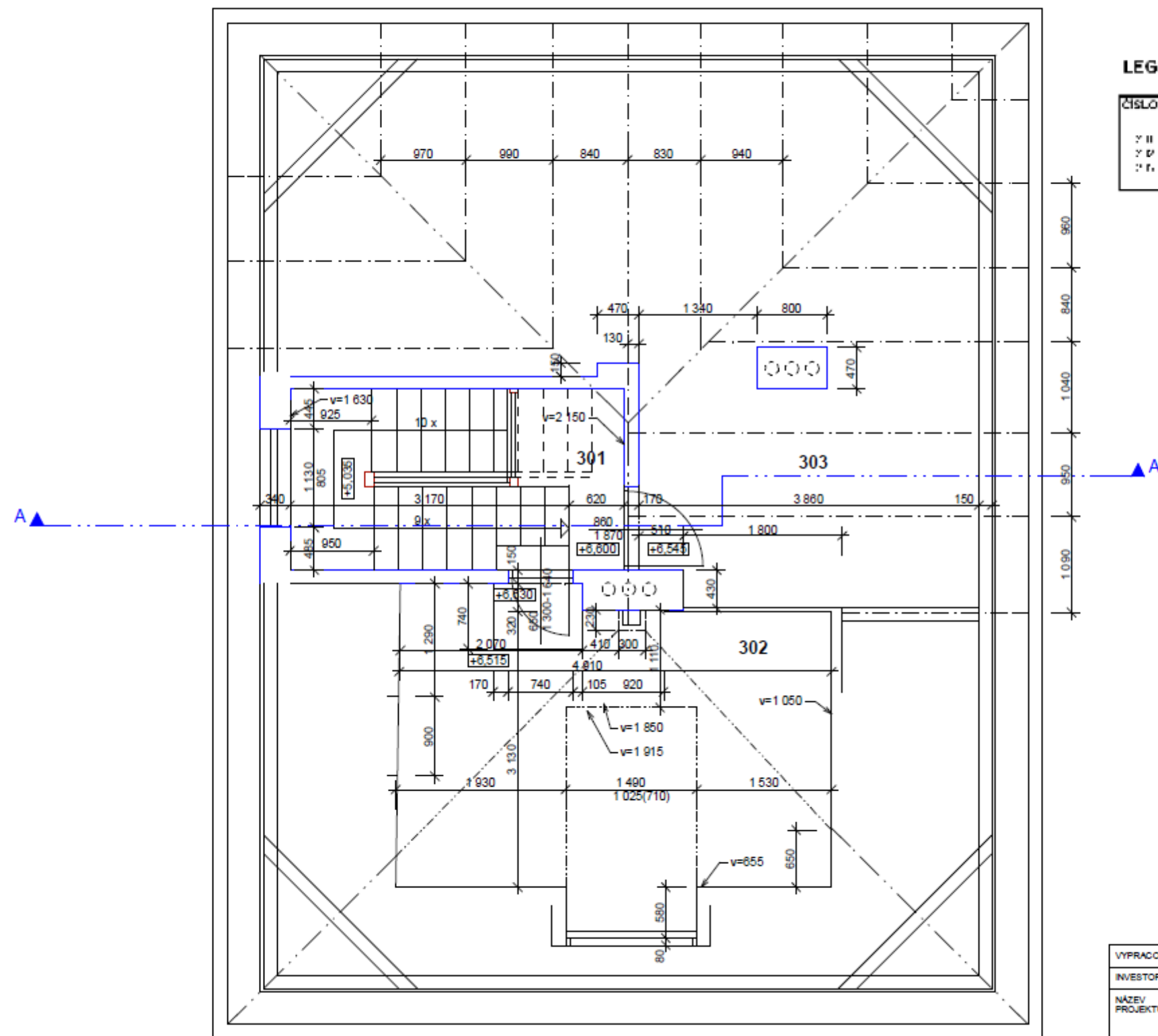


## LEGENDA MÍSTNOSTÍ 2. PODLAŽÍ

ČÍSLO	NÁZEV	M2 PODLAHA	UPRAVY STĚN
01	WC	1,7	REF. STĚNA
02	TOILET	5,7	REF. STĚNA
03	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
04	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
05	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
06	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
07	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
08	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
09	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
10	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
11	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
12	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
13	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
14	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
15	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
16	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
17	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
18	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
19	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
20	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
21	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
22	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
23	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
24	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
25	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
26	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
27	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
28	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
29	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
30	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
31	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
32	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
33	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
34	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
35	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
36	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
37	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
38	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
39	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
40	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
41	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
42	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
43	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
44	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
45	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
46	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
47	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
48	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
49	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
50	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
51	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
52	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
53	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
54	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
55	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
56	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
57	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
58	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
59	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
60	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
61	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
62	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
63	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
64	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
65	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
66	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
67	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
68	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
69	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
70	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
71	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
72	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
73	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
74	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
75	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
76	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
77	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
78	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
79	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
80	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
81	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
82	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
83	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
84	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
85	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
86	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
87	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
88	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
89	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
90	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
91	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
92	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
93	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
94	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
95	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
96	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
97	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
98	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
99	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA
100	KUCHYŇ	15,0	REF. STĚNA

VYPRACOVAL:	RADKAMIKĚŠOVÁ, NOVÝ MALÍN 379	DATUM:	10 / 2010
INVESTOR:	DANIELA JOHNOVÁ, MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	STAV. STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	ZAMĚŘENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU PŮDORYS 2.PODLAŽÍ	ČÍSLO PÁRE:	ČÍSLO VÝKR. <b>5</b>

# PŮDORYS PODKROVÍ

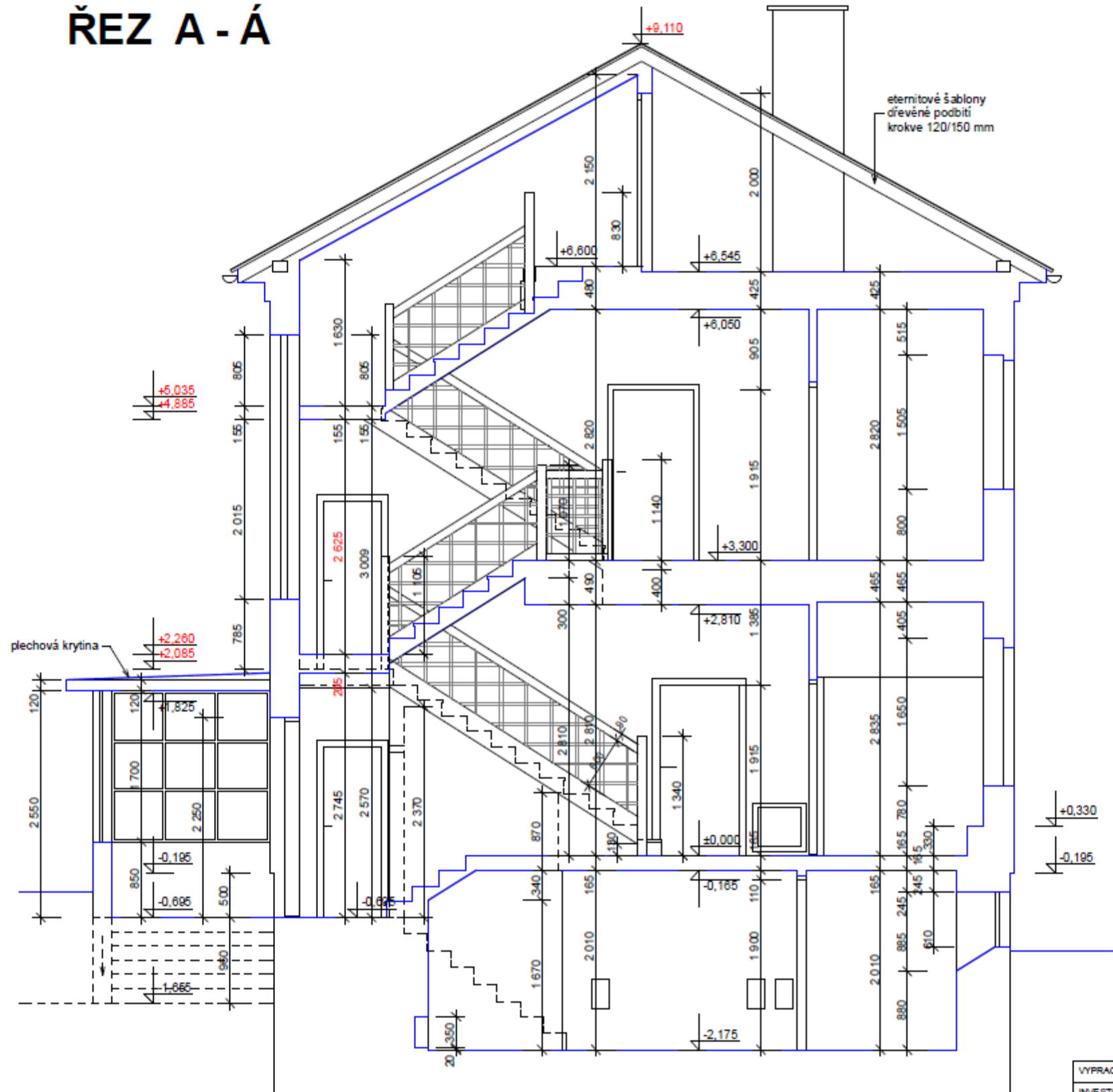


## LEGENDA MÍSTNOSTÍ PODKROVÍ

ČÍSLO	NÁZEV	PODLAHA
301	LOUŽIČKA	1.1
302	LOUŽIČKA	1.1
303	LOUŽIČKA	1.1

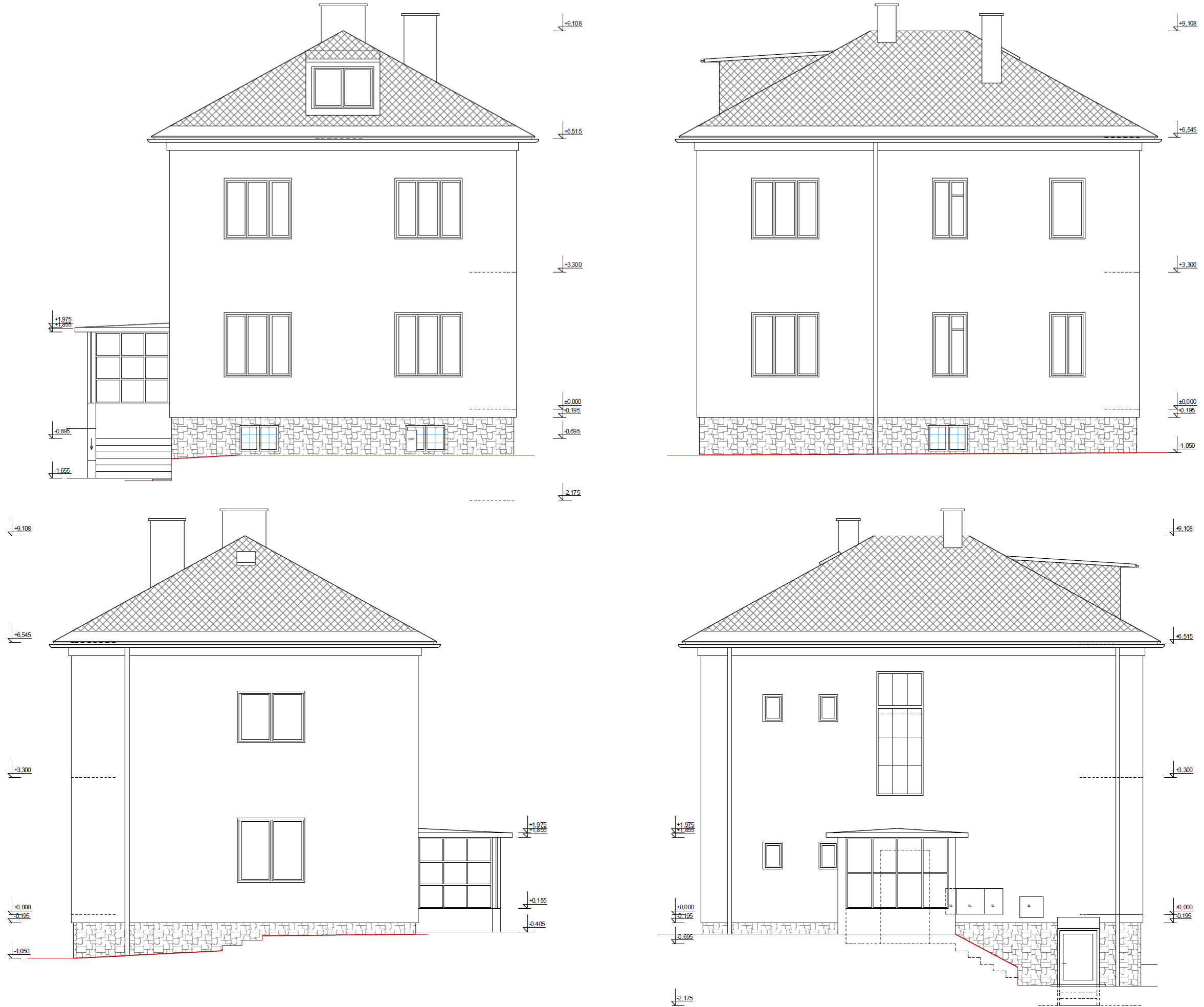
VYPRACOVAL:	RADKAMKEŠOVÁ, NOVÝ MALÍN 379	DATUM:	10 / 2010
INVESTOR:	DANIELA JOHNOVÁ, MALODOVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	STAV/STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM MALODOVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘITKO:	<b>1 : 50</b>
OZNACENÍ VÝKRESU:	ZAMĚŘENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU PŮDORYS PODKROVÍ	ČÍSLO PÁRE:	ČÍSLO VÝKR. <b>6</b>

# ŘEZ A - Á



VYPRACOVAL:	RADKA MIKEŠOVÁ, NOVÝ MALÍN 379	DATUM:	10 / 2010
INVESTOR:	DANIELA JOHNOVÁ, MALODOVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	STAV. STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM MALODOVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	ZAMĚŘENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU ŘEZ A - Á	ČÍSLO PARÉ	ČÍSLO VÝKR. 7

PŘÍLOHA P I/6 – TECHNICKÝ VÝKRES STÁVAJÍCÍHO STAVU RODINNÉHO DOMU – POHLEDY





## PŘÍLOHA P II: SKLADBY KONSTRUKCÍ PŘED REKONSTRUKCÍ RD

<b>Obvodové zdivo patra - 490mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,87	<b>1,388</b>
Zdivo plná cihla	440	0,8	
Břízolit	30	0,9	

<b>Obvodové zdivo sklep - 625mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,87	<b>1,519</b>
Beton	600	1,36	
lpa	5	0,051	

<b>Nosné zdivo patra - 330mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	15	0,87	<b>1,826</b>
Zdivo plná cihla	300	0,8	
Omítka vápenná	15	0,87	

<b>Nosné zdivo sklep - 340mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,87	<b>1,792</b>
Zdivo plná cihla	300	0,8	
Omítka vápenná	20	0,87	

<b>Příčka - 95mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	15	0,87	<b>3,6</b>
Zdivo plná cihla	65	0,8	
Omítka vápenná	15	0,87	

<b>Podlaha sklep - 354mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Cementový potěr	3	1,16	<b>1,747</b>
Beton	50	1,23	
Asfaltový nátěr	1	0,21	
Beton	100	1,23	
Štěrka	200	0,65	

<b>Podlaha 1. patro - 330mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	28	0,18	<b>1,806</b>
Cementový potěr	2	1,16	
Železobeton	280	1,43	
Omítka vápenná	20	0,87	

## PŘÍLOHA P II: SKLADBY KONSTRUKCÍ PŘED REKONTRUKCÍ RD

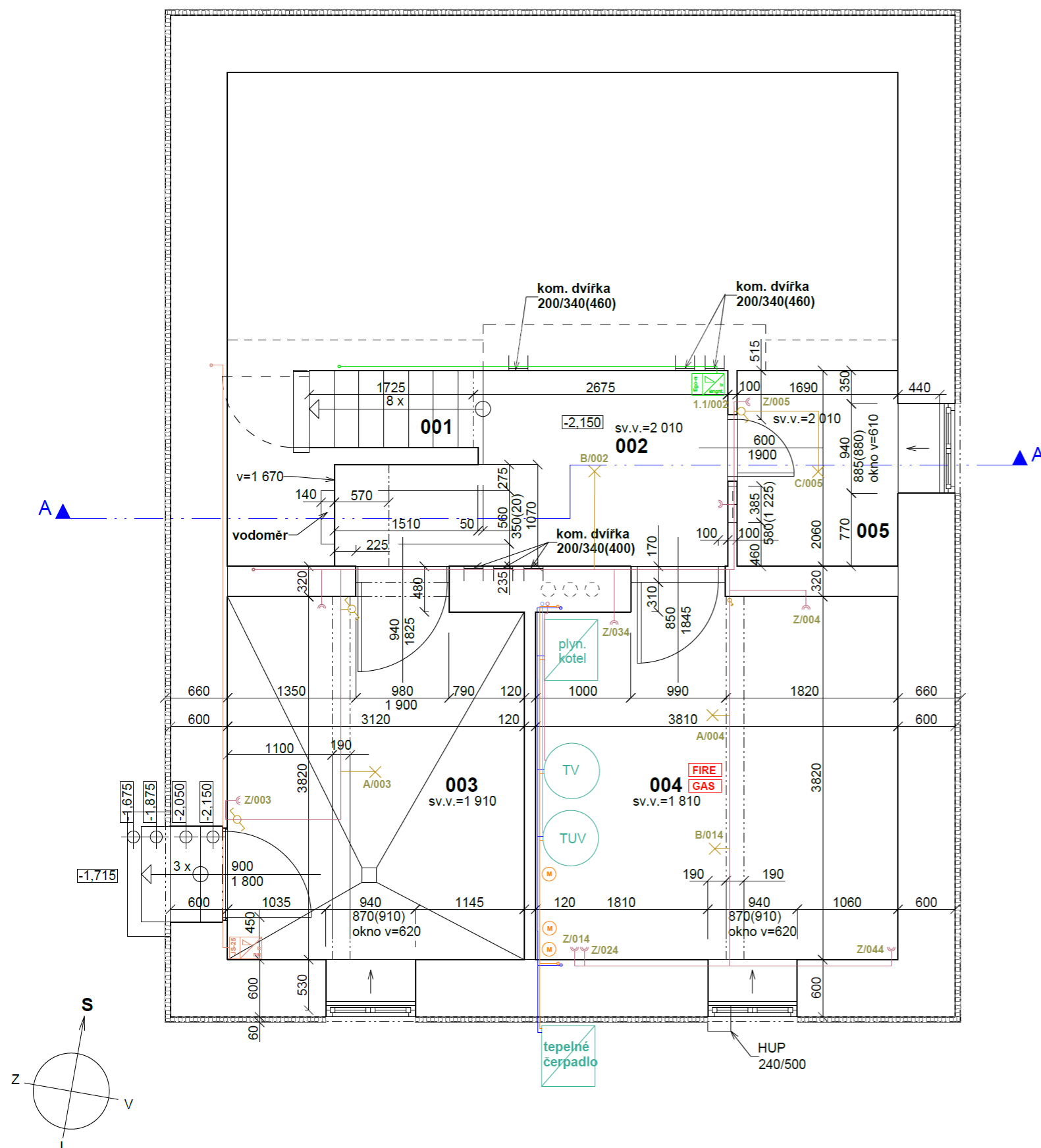
<b>Podlaha 2. patro - 470mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	50	0,18	<b>0,92</b>
Hlína	330	0,7	
Dřevo	50	0,18	
Omítka vápenná	20	0,87	

<b>Podlaha podkroví - 400mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	50	0,18	<b>0,971</b>
Hlína	280	0,7	
Dřevo	50	0,18	
Omítka vápenná	20	0,87	

<b>Střešní konstrukce - 35mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	30	0,87	<b>3,122</b>
Ipa	5	0,21	



# PŮDORYS SKLEPA



označení	popis	krytí IPXY
A	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 100W	IP20
B	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 80W	IP20
C	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 60W	IP20
Z	zásuvka	IP44

číslo místnosti	popis místnosti	světla výška [m]	plocha [m <sup>2</sup> ]
001	schodiště	1,810	1,389
002	chodba	2,010	7,050
003	sklep	1,910	11,792
004	dílna	1,810	14,394
005	sklad	2,010	3,481

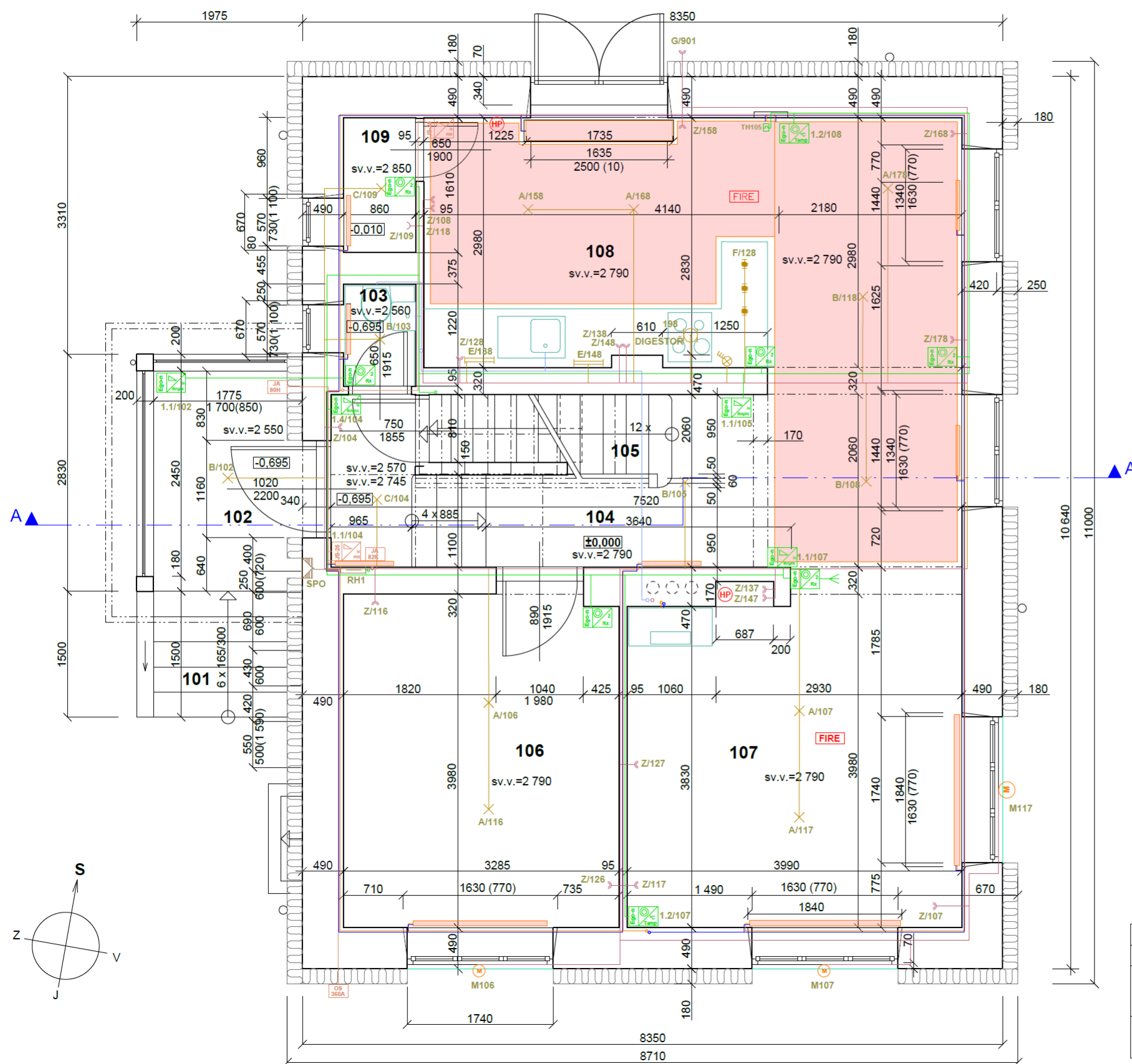
značka	typ	název, popis	napětí	proud
M	dle výrobce	pohon, čerpadlo	230 V	-
X	dle výrobce	žárovkové osvětlení	-	-
FIRE	JA-80S	bezdrátový požární detektor	3,6 V	-
	5518A-A234S	jednásobná zásuvka TANGO IP20	250 V	10 / 16 A
	5512A-2600	dvojnásobná zásuvka TANGO IP20	250 / 400 V	10 / 16 A
	3272E-A18100 01	snímač pohybu Ego-n Element	24 V	0,013 A
	dle výrobce	dvojspínač	-	-
	dle výrobce	jednoduchý spínač	-	-
	dle výrobce	schodišťový přepínač	-	-
	J5-25	detektor pohybu a rozbití skla J5-25 COMBO	12 V	0,010 A
GAS	JA-80G	bezdrátový detektor hořlavých plynů	3,6 V	-

## POZNÁMKY:

Okruhy světelné elektroinstalace budou provedeny kabely CYKY 3Cx1,5.  
 Okruhy zásuvkové elektroinstalace 230V budou provedeny kabely CYKY 3Cx2,5.  
 Okruhy inteligentní elektroinstalace budou vedeny kabely sběrníkovými KSE224 (YCYM 2x2x0,8).  
 Uložení kabelů bude provedeno pod omítkou.  
 Zásuvkové instalace jsou označeny písmenem Z a číslem zásuvky (Z/005).  
 Svítidla budou použita žárovková.  
 Svítidla jsou označena písmenem A a číslem svítidla (C/005).  
 Snímače jsou použity od ABB systému EGO-N. Zásuvky budou použity ABB řady TANGO.  
 Osazení snímače bude pod stropem ve výšce 1,90m, zásuvky 230V ve výšce 0,30m až 0,40m v obvodových a nosných zdech.  
 V nosné stěně za plynovým kotlem jsou nachystány přípojky na křovou vložku.

VYPRACOVAL:	Ing. FRANTIŠEK FRIEDL, Zábřeh	DATUM:	5 / 2012
INVESTOR:	MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	BUD.STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM - diplomová práce MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	<b>ZAMĚŘENÍ PO REKONSTRUKCI PŮDORYS SKLEPA</b>	ČÍSLO PARE	ČÍSLO VÝKR. <b>1</b>

# PŮDORYS 1.PODLAŽÍ



číslo místnosti	popis místnosti	světla výška [m]	plocha [m2]
101	venkovní schodiště	-	2,693
102	zábřeží	2,550	4,667
103	WC	2,560	1,221
104	chodba	2,810	6,077
105	schodiště	2,745	3,001
106	pokoj 1	2,810	13,011
107	obývací pokoj	2,810	16,242
108	kuchyně + jídelna	2,810	24,535
109	spíž	2,850	1,385

značka	typ	název, popis	napětí	proud
M	dle výrobce	pohon, čerpadlo	230 V	-
3271E-A48800 02	tláčkový snímač Ego-n Element dvojnásobný s RF přijímačem		24 V	0,013 A
FIRE	JA-80S	bezdrátový požární detektor	3,6 V	-
3271E-A28900 01	tláčkový snímač Ego-n Element jednonásobný		24 V	0,018 A
2-D42-00-101	termoelektrická hlavice radiátoru		24 V	0,07 A
3272E-A18100 01	snímač pohybu Ego-n Element		24 V	0,013 A
PIR detektor	detektor pohybu a rozbití skla JS-25 COMBO		12 V	0,010 A
dle výrobce	zářivkové osvětlení		-	-
39563-23	sporáková přípojka pro zapuštěnou montáž se signalizací		400 V	16 A
dle výrobce	digestoř - odsavač par		-	-
dle výrobce	diodové osvětlení (bodové)		-	-
dle výrobce	žárovkové osvětlení		-	-
dle výrobce	domovní rozváděč		-	-
SPP0, 1.1/A	přípojková skříň, plastová		3x380 V	3x63 A
5518A-A2349	jednónásobná zásuvka TANGO IP20		250 V	10 / 16 A
5512A-2600	dvojnásobná zásuvka TANGO IP20		250 V	10 / 16 A
3273E-A88900 03	tláčkový snímač Ego-n Element (ve 107 s LCD)		24 V	0,026 A
HP	S5ce-49B	hasicí přístroj sněhový	-	-
OS 360A	OS-360A	venkovní sířna	12 V	0,8 A
JA-B2K	JA-82K	úšředna zabezpečovacího systému	12 V	0,8 A
JA-B8H	JA-80H	venkovní klávesnice	12 V	0,96 A

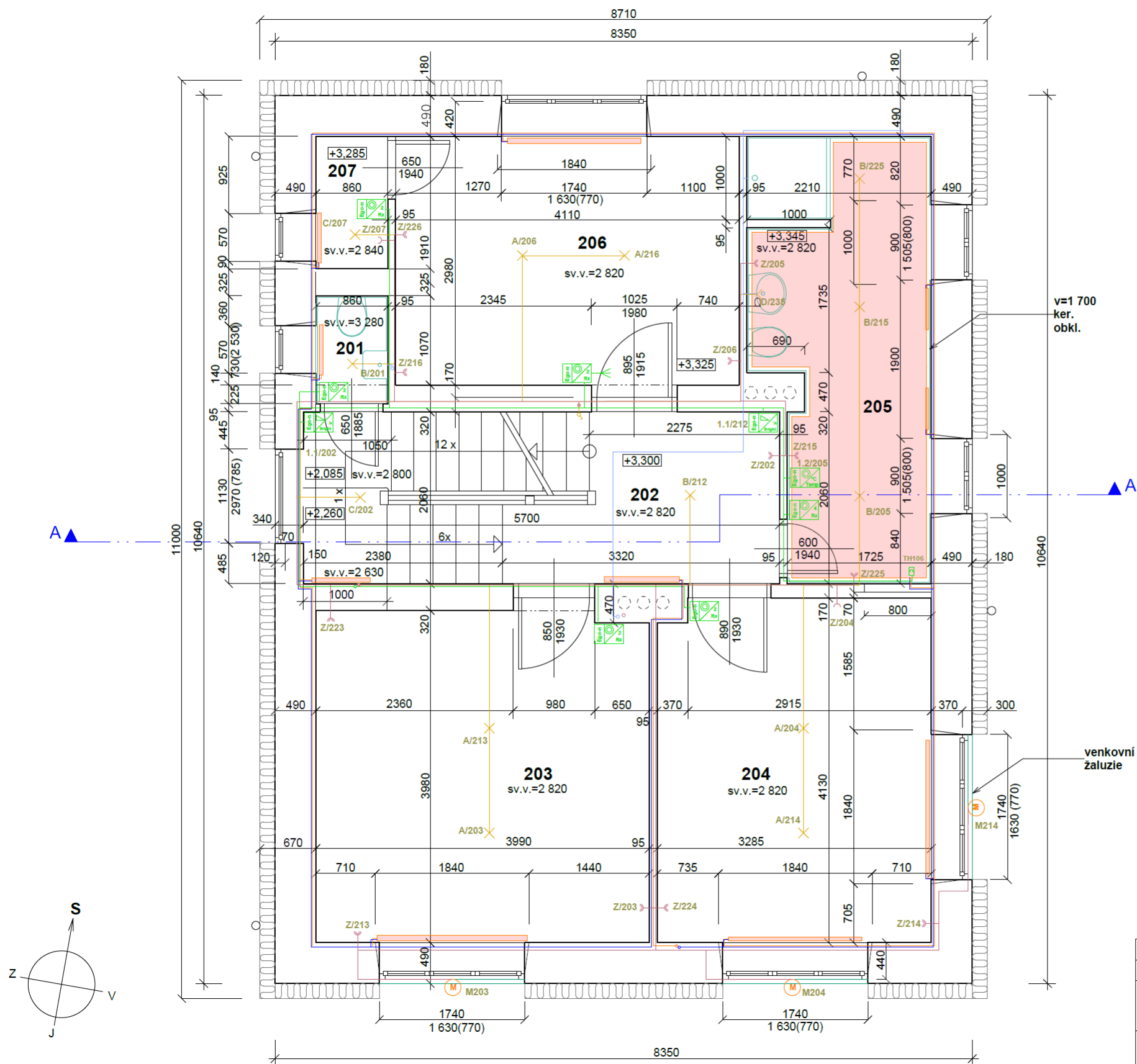
označení	popis	krytí IPXY
A	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 100W	IP20
B	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 80W	IP20
C	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 60W	IP20
E	zářivkové nástěnné interiérové osvětlení - 30W	IP43
F	diodové interiérové osvětlení - 3x10W	IP43
G	žárovkové nástěnné exteriérové osvětlení - 100W	IP43
M	pohon žaluzií	IP44
Z	zásuvka	IP44

## POZNÁMKY:

Okruhy světelné elektroinstalace budou provedeny kabely CYKY 3Cx1,5.  
 Okruhy zásuvkové elektroinstalace 230V budou provedeny kabely CYKY 3Cx2,5.  
 Okruhy zásuvkové elektroinstalace 400V budou vedeny kabely CYKY 5Cx2,5.  
 Okruhy inteligentní elektroinstalace budou vedeny kabely sběrníkovými KSE224 (YCYM 2x2x0,8).  
 Uložení kabelů bude provedeno pod omítkou. Otopné rozvody taktéž pod omítkou. Rozvod teplé užitkové vody je veden tělesy podlah.  
 Zásuvkové instalace jsou označeny písmenem Z a číslem zásuvky (Z/005).  
 Svítidla budou použita žárovková s místnostech a chodbách, v kuchyni naví diodová a zářivková.  
 Svítidla jsou označena písmenem a číslem svítidla (C/005).  
 Snímače jsou použity od ABB systému EGO-N. Zásuvky budou použity ABB řady TANGO. Osazení snímače bude pod stropem ve výšce 1,90m, zásuvky 230V ve výšce 0,30m až 0,40m ve stěnách. Nad kuchyňskou linkou ve výšce 0,15m.  
 Protipožární systém je napájen bateriemi.

VYPRACOVAL:	Ing. FRANTIŠEK FRIEDL, ZÁBŘEH	DATUM:	5 / 2012
INVESTOR:	MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPĚŇ:	BUD.STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM - diplomová práce MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH 78901</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	<b>ZAMĚŘENÍ PO REKONSTRUKCI PŮDORYS 1.PODLAŽÍ</b>	ČÍSLO PÁRE	ČÍSLO VÝKR. <b>2</b>

# PŮDORYS 2.PODLAŽÍ



číslo místnosti:	popis místnosti	světla výška [m]	plocha [m2]
201	WC 2	3,280	1,225
202	chodba 2	2,820	5,656
203	pokoj 2	2,820	15,783
204	pokoj 3	2,820	13,455
205	koupelna	2,820	10,427
206	ložnice	2,820	12,278
207	spíž 2	2,840	1,363

značka	typ	název, popis	napětí	proud
M	dle výrobce	pohon, čerpadlo	230 V	-
3271E-A48800 02	tláčkový snímač Ego-n Element dvojnásobný s RF přijímačem		24 V	0,013 A
3272-A18100 01	snímač pohybu Ego-n Element		24 V	0,013 A
3271E-A28900 01	tláčkový snímač Ego-n Element jednonásobný		24 V	0,018 A
5518A-A2349	jednodílná zásuvka TANGO IP20		250 V	10 / 16 A
5512A-2600	dvojdílná zásuvka TANGO IP20		250 V	10 / 16 A
X	dle výrobce	žárovkové osvětlení	-	-
Y	dle výrobce	zářivkové osvětlení	-	-
T	dle výrobce	termoelektrická hlavice radiátoru	-	-
3273E-A98900 03	tláčkový snímač Ego-n Element (ve 107 s LCD)		24 V	0,020 A

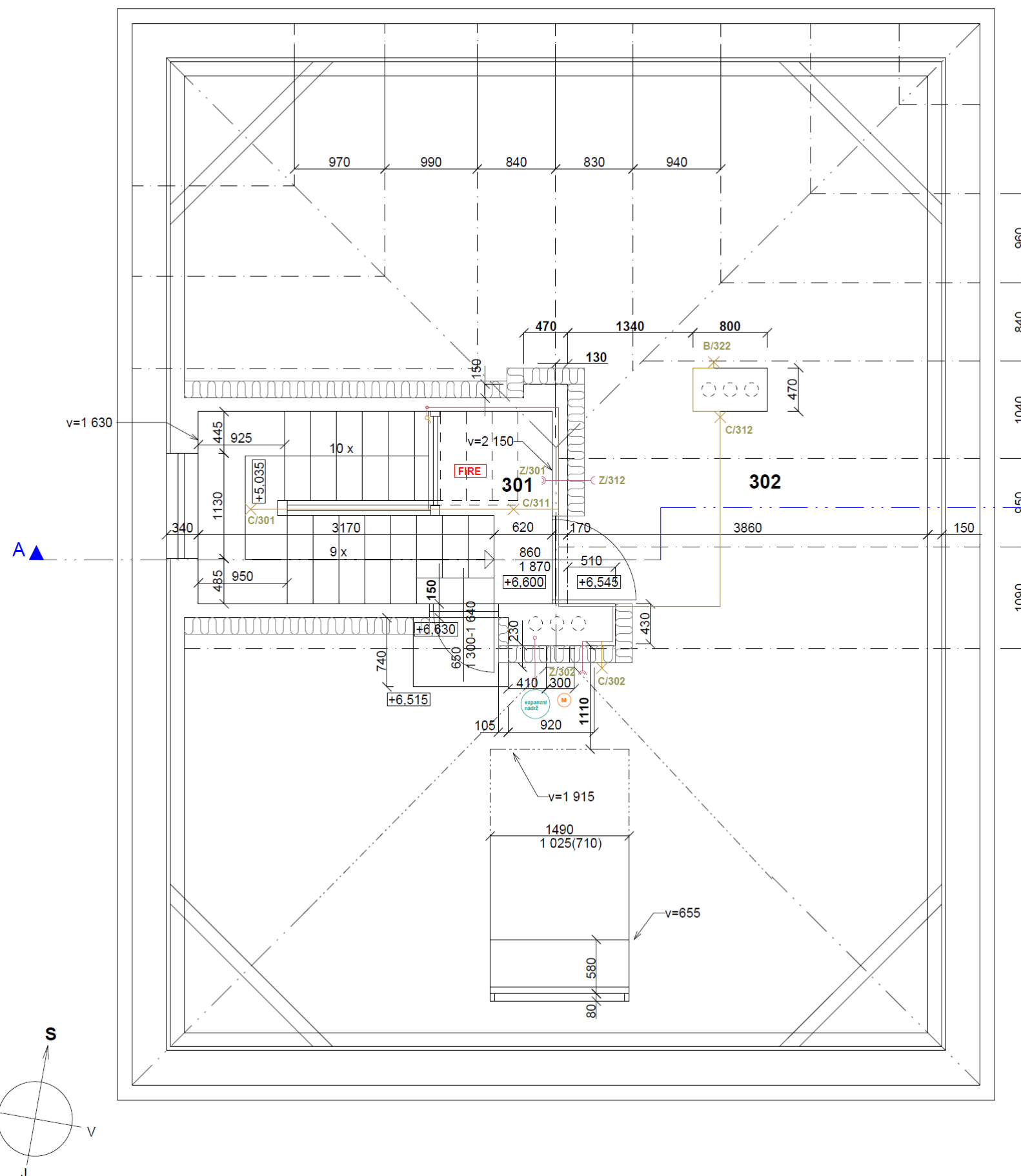
označení	popis	krytí IPXY
A	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 100W	IP20
B	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 80W	IP20
C	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 60W	IP20
D	zářivkové nástěnné interiérové osvětlení - 80W	IP44
M	pohon žaluzií	IP44
Z	zásuvka	IP44

## POZNÁMKY:

Okruhy světelné elektroinstalace budou provedeny kabely CYKY 3Cx1,5.  
 Okruhy zásuvkové elektroinstalace 230V budou provedeny kabely CYKY 3Cx2,5.  
 Okruhy zásuvkové elektroinstalace 400V budou vedeny kabely CYKY 5Cx2,5.  
 Okruhy inteligentní elektroinstalace budou vedeny kabely sběricovými KSE224 (YCYM 2x2x0,8).  
 Uložení kabelů bude provedeno pod omítkou. Otopné rozvody taktéž pod omítkou. Rozvod teplé užitkové vody je veden tělesy podlah.  
 Zásuvkové instalace jsou označeny písmenem Z a číslem zásuvky (Z/005).  
 Svítidla budou použita žárovková s místnostech a chodbách, v kuchyni naví diodová a zářivková.  
 Svítidla jsou označena písmenem a číslem svítidla (C/005).  
 Snímače jsou použity od ABB systému EGO-N. Zásuvky budou použity ABB řady TANGO.  
 Osazení snímače bude pod stropem ve výšce 1,90m, zásuvky 230V ve výšce 0,30m až 0,40m ve stěnách. Nad kuchyňskou linkou ve výšce 0,15m.  
 Protipožární systém je napájen bateriemi.

VYPRACOVAL:	Ing FRANTIŠEK FRIEDL, Zábřeh	DATUM:	5 / 2012
INVESTOR:	MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	BUD.STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM - diplomová práce MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	<b>ZAMĚŘENÍ PO REKONSTRUKCI PŮDORYS 2.PODLAŽÍ</b>	ČÍSLO PÁRE	ČÍSLO VÝKR. <b>3</b>

# PŮDORYS PODKROVÍ



číslo místnosti:	popis místnosti	světla výška [m]	plocha [m2]
301	půdní prostor	1,900	79,529
302	schodiště 3	1,630	7,807

označení	popis	krytí IPXY
B	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 80W	IP20
C	žárovkové stropní interiérové osvětlení - 60W	IP20
Z	zásuvka	IP44

značka	typ	název, popis	napětí	proud
Ⓜ	dle výrobce	pohon, čerpadlo	230 V	-
⊗	dle výrobce	žárovkové osvětlení	-	-
FIRE	JA-80S	bezdrátový požární detektor	3,6 V	-
—	5518A-A2349	jednodušná zásuvka TANGO IP20	250 V	10 / 16 A
—	5512A-2600	dvojnásobná zásuvka TANGO IP20	250 V	10 / 16 A

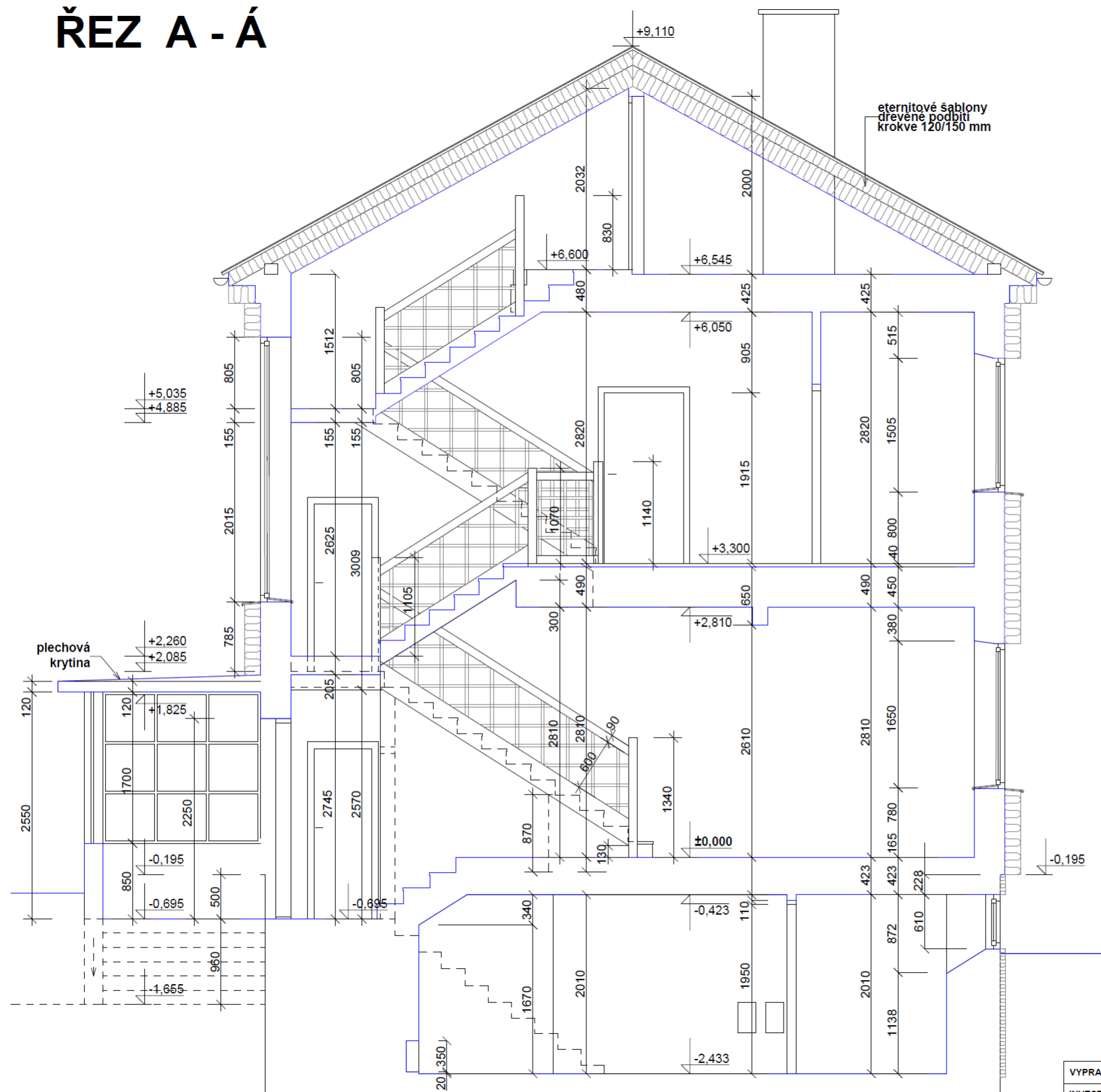
## POZNÁMKY:

Okruhy světelné elektroinstalace budou provedeny kabely CYKY 3Cx1,5.  
 Okruhy zásuvkové elektroinstalace 230V budou provedeny kabely CYKY 3Cx2,5.  
 Uložení kabelů bude v přívodu po schodišti provedeno pod omítkou. V případě podkrovní bude tažena izolovaně po střešní konstrukci.  
 Zásuvkové instalace jsou označeny písmenem Z a číslem zásuvky (Z/302).  
 Svítidla budou použita žárovková.  
 Svítidla jsou označeny písmenem a číslem svítidla (C/312).  
 Zásuvky 230V budou umístěny ve výšce 0,30m na zateplené přičce a zatepleném komínu.

VYPRACOVAL:	Ing. FRANTIŠEK FRIEDL, Zábřeh	DATUM:	5 / 2012
INVESTOR:	MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	BUD.STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM - diplomová práce MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	<b>ZAMĚŘENÍ PO REKONSTRUKCI PŮDORYS PODKROVÍ</b>	ČÍSLO PARE	ČÍSLO VÝKR. <b>4</b>



# ŘEZ A - Á



VYPRACOVAL:	Ing. FRANTIŠEK FRIEDL, Zábřeh	DATUM:	5 / 2012
INVESTOR:	MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	BUD.STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM - diplomová práce MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	<b>1 : 50</b>
OZNAČENÍ VÝKRESU:	ZAMĚŘENÍ PO REKONSTRUKCI ŘEZ A - Á	ČÍSLO PÁŘE	ČÍSLO VÝKR. <b>5</b>

## PŘÍLOHA P IV: SKLADBY KONSTRUKCÍ PO REKONSTRUKCI RD

<b>Obvodové zdivo patra - 690mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,870	<b>0,248</b>
Zdivo plná cihla	440	0,800	
Břízolit	30	0,900	
Weber tmel 700	3	0,100	
Isover EPS grey	180	0,031	
Weber tmel 700	2	0,100	
Omítka perlitová	15	0,090	

<b>Obvodové zdivo nad zemí sklep - 710mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,870	<b>0,471</b>
Beton	600	1,360	
Weber tmel 700	10	0,100	
Isover sokl	60	0,034	
Weber tmel 700	10	0,100	
Omítka perlitová	10	0,090	

<b>Obvodové zdivo pod zemí sklep - 625mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,870	<b>1,519</b>
Beton	600	1,360	
lpa	5	0,051	

<b>Nosné zdivo patra - 330mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	15	0,870	<b>1,826</b>
Zdivo plná cihla	300	0,800	
Omítka vápenná	15	0,870	

<b>Nosné zdivo sklep - 340mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	20	0,870	<b>1,792</b>
Zdivo plná cihla	300	0,800	
Omítka vápenná	20	0,870	

<b>Příčka - 95mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Omítka vápenná	7,5	0,870	<b>0,986</b>
Zdivo plná cihla	80	0,012	
Omítka vápenná	7,5	0,870	

<b>Podlaha sklep - 354mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Cementový potěr	3	1,160	<b>1,747</b>
Beton	50	1,230	
Asfaltový nátěr	1	0,210	
Beton	100	1,230	
Štěrka	200	0,650	

## PŘÍLOHA P IV: SKLADBY KONSTRUKCÍ PO REKONSTRUKCI RD

<b>Podlaha 1. patro na zemině - 1011mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Beton	50	1,230	<b>0,292</b>
Folie PVC	0,5	0,160	
Isover EPS	60	0,031	
Folie PVC	0,5	0,160	
Beton	100	1,230	
Škvára	800	0,270	

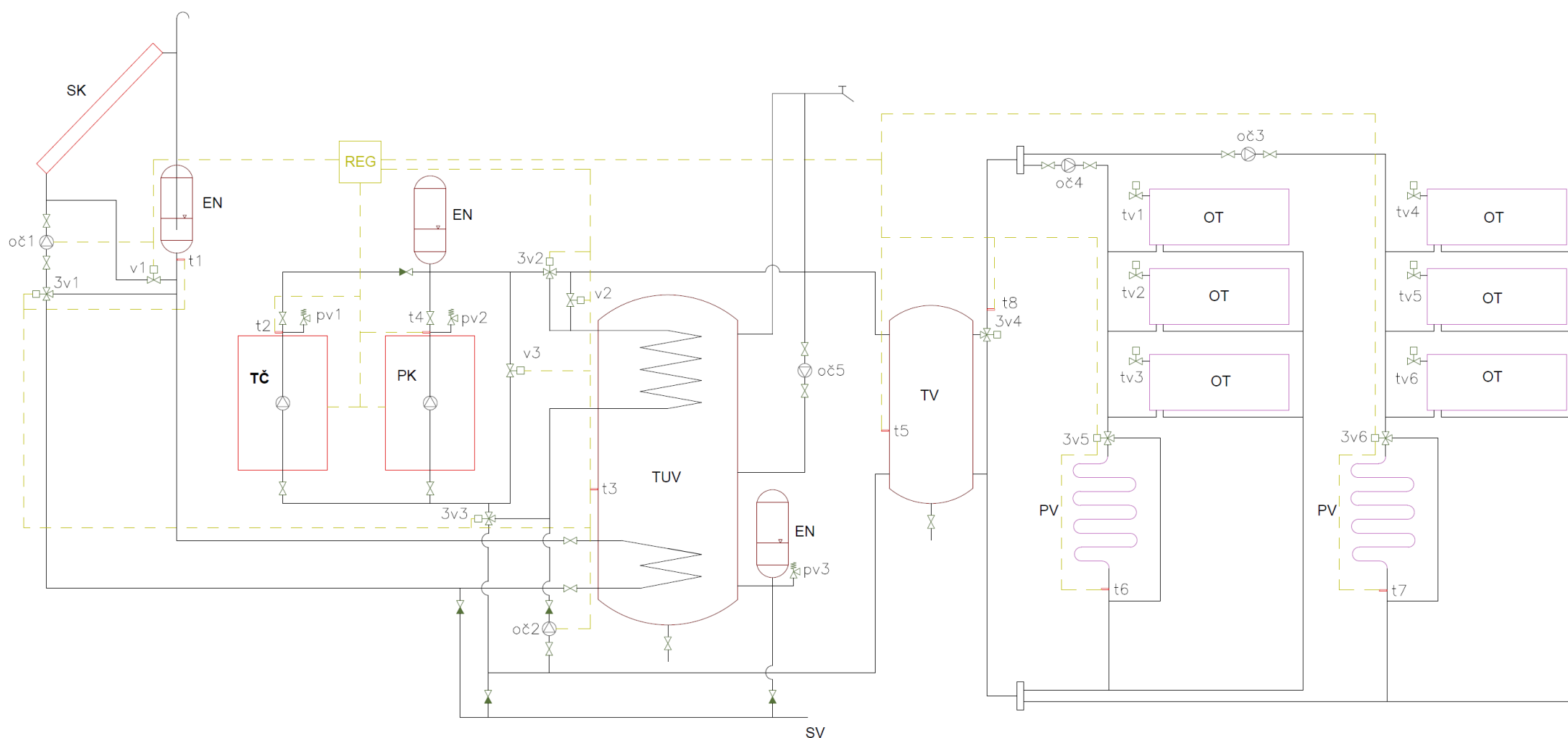
<b>Podlaha 2. patro - 450mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	40	0,180	<b>0,489</b>
Škvára	350	0,270	
Dřevo	60	0,180	
Omítka vápenná	20	0,870	

<b>Podlaha podkroví - 330mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	50	0,180	<b>0,273</b>
Skelná vata	10	0,046	
Folie PVC	0,5	0,160	
Škvára	200	0,270	
Dřevo	50	0,180	
Omítka vápenná	20	0,870	

<b>Střešní konstrukce - 395mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Isover Vario	0,1	0,050	<b>0,190</b>
Isover Unirol profi	360	0,033	
Isover Vario	0,1	0,050	
Dřevo	30	0,180	
Ipa	5	0,210	

<b>Podlaha 1. patro nad sklepem - 423mm</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/(m.K)]</b>	<b><math>U_k</math> [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>
Dřevo	10	0,180	<b>0,505</b>
Beton	50	1,230	
Folie PVC	0,5	0,160	
Isover EPS	60	0,031	
Folie PVC	0,5	0,160	
Cementový potěr	2	1,160	
Železobeton	280	1,430	
Omítka vápenná	20	0,870	

# Schéma TV a TUV



značka	název, popis
	ventil / vypouštěcí ventil
	uzavíratelný / termostatický ventil
	trojcestný ventil
	rozdělovač / sběrač
	měřicí čidla - teploměr / tlakoměr
	pojistný ventil
	čerpadlo
	ventil se zpětnou klapkou
TUV	zásobník na teplou užitkovou vodu - pro mytí
TV	zásobník na teplou vodu - do otopných těles
TČ	tepelné čerpadlo
PK	plynový kotel
SV	studená voda - domovní přípojka
	výústky teplé užitkové vody
	přívod vzduchu do otevřené expanzní nádrže
PV	podlahové vytápění
OT	otopné těleso
EN	expanzní nádrž
SK	solární kolektory

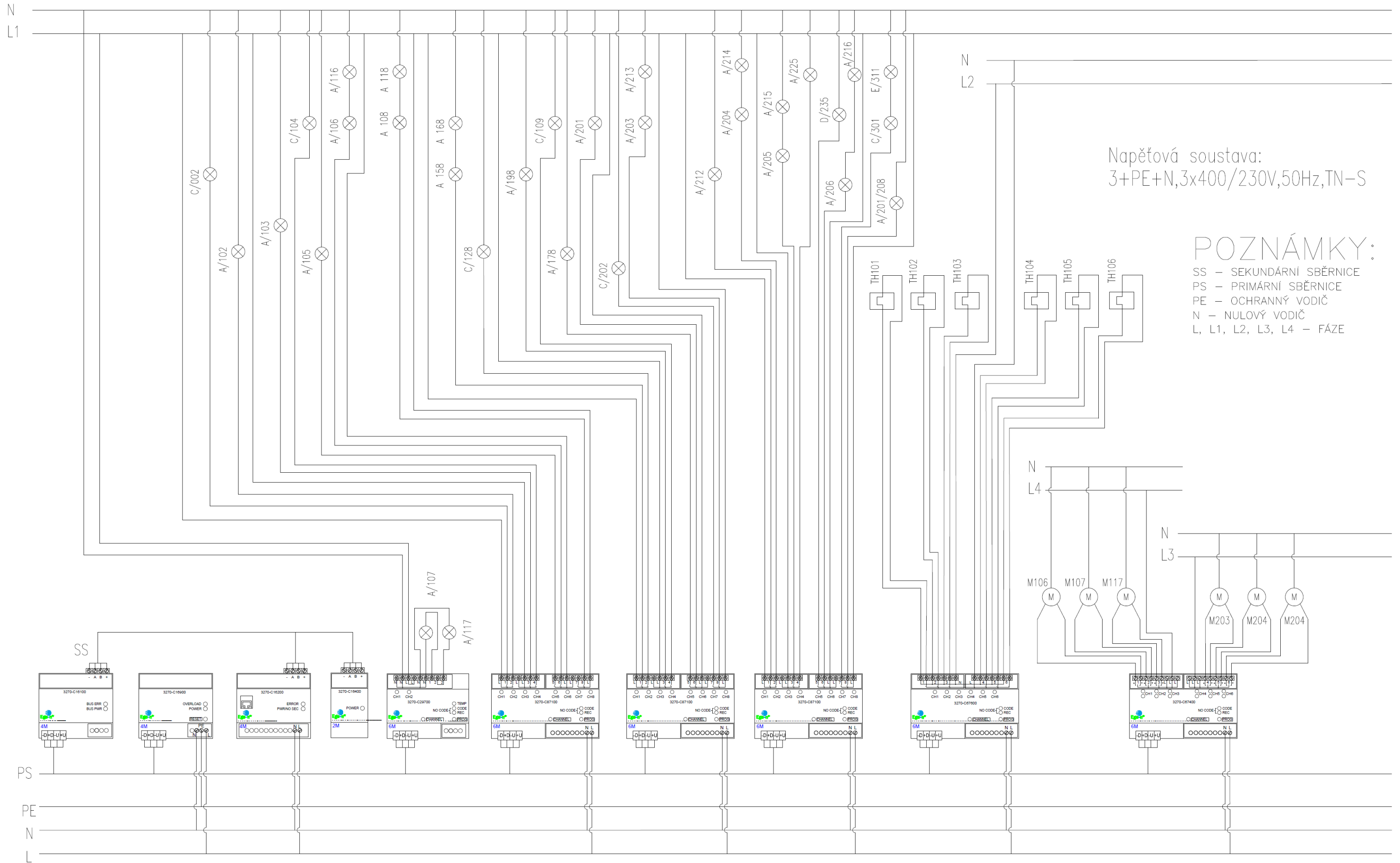
## POZNÁMKY:

Pojistné ventily jsou značeny pv (pv1)  
 Trojcestné ventily jsou značeny 3v (3v1)  
 Regulované ventily jsou značeny v (v1)  
 Termostatické ventily otopných těles jsou značeny tv (tv1)  
 Teploměry jsou značeny t (t1)

VYPRACOVAL:	Ing. FRANTIŠEK FRIEDL, Zábřeh	DATUM:	5 / 2012
INVESTOR:	MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH	STUPEŇ:	BUD.STAV.
NÁZEV PROJEKTU:	<b>RODINNÝ DŮM - diplomová práce MALODVORSKÁ 8, ZÁBŘEH</b>	MĚŘÍTKO:	není
OZNAČENÍ VÝKRESU:	Hydraulické schéma teplé a užitkové vody Návrhové řešení	ČÍSLO PARÉ	ČÍSLO VÝKR. <b>6</b>



# PŘÍLOHA P VI – SCHÉMA ZAPOJENÍ INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE EGO-N



Napěťová soustava:  
3+PE+N, 3x400/230V, 50Hz, TN-S

**POZNÁMKY:**  
 SS – SEKUNDÁRNÍ SBĚRNICE  
 PS – PRIMÁRNÍ SBĚRNICE  
 PE – OCHRANNÝ VODIČ  
 N – NULOVÝ VODIČ  
 L, L1, L2, L3, L4 – FÁZE

# PŘÍLOHA P VII – SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZVADĚČE

3N+PE, AC 230/400 V, 50 Hz TN-S

