

# Intelligentní rodinný dům IV

An Intelligent family house IV

Bc. Martin Hrbáček

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin HRBÁČEK**  
Osobní číslo: **A08452**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Inteligentní RD IV.**

### Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte studii energeticky úsporných budov zahrnující možné způsoby tvorby mikroklimatu včetně řídicích a komunikačních systémů.
2. Popište možnosti řízení, monitorování a komunikace systémů techniky budov.
3. Rodinný dům řízený sběrníkovým systémem.
4. Řešte systém vytápění pomocí teplovodního systému s tepelným čerpadlem a bivalentním zdrojem elektrokotlem s otopnými tělesy a podlahovým vytápěním a solárními kolektory pro ohřev teplé vody a fotovoltaickými panely.
5. Zpracujte řešení elektroinstalace.
6. Navrhněte systém EPS, EZS.
7. Navrhněte SCADA systém a komunikační brány s protokolem TCP/IP.
8. Zpracujte technicko ekonomické hodnocení projektu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. TYWONIAK, Jan: Nízkoenergetické domy. Grada, Praha 2005. 200 s. ISBN 80-1101-X.
2. HUMM, Othmar. Nízkoenergetické domy. Praha: Grada Publishing, 1999. 352 s. ISBN 80-7169-657-9.
3. DANIELS, Klaus. Technika budov. Bratislava: Jaga Group, 2003. 520 s. ISBN -88905-60-5.
4. HERMANN, Merz, HANSEMAN, Thomas, HUBNER, Christof. Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9
5. BASTIAN, Peter. Praktická elektrotechnika. 1. vyd. [s.l.] : Europa - Sobotáles cz. s.r.o., 2004. 296 s. ISBN 80-86706-07-9.
6. PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. 1. vyd. [s.l.] : Jaga, 2005. 246 s. ISBN 80-8076-020-9.
7. CHMÚRNY, Ivan. Tepelná ochrana budov. [s.l.] : Jaga, 2003. 216 s. ISBN 80-88905-27-3.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**8. června 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

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



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

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je návrh inteligentního rodinného domu a jeho systémů. Práce se skládá z několika částí. Teoretická část se zabývá energeticky úspornými budovami, jejich vnitřním prostředím, způsoby získávání energie z obnovitelných zdrojů, možnostmi řízení a komunikace systémů v budově včetně jejich monitorování. Praktická část obsahuje návrh konkrétních systémů rodinného domu, jejich řízení systémem Xcomfort a vzdálené ovládání domu prostřednictvím SCADA systému přes Internet a GSM.

Klíčová slova: inteligentní dům, tepelné parametry, tepelné čerpadlo, vytápění, elektroinstalace

## **ABSTRACT**

The aim of this diploma thesis is to design an intelligent family house and its systems. This document consists of a several parts. The theoretical part deals with energy-saving buildings, its indoor environment, ways of obtaining energy from renewable resources, facilities of management and communication systems in the building, including their monitoring. The practical part includes a deisgn of an individual family house systems, its management by system Xcomfort, and remote control of house through the SCADA system via Internet and GSM.

Keywords: intelligent building, thermal parameters, heat pump, heating, electrical-installation

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za vedení při práci. Dále děkuji rodičům a přátelům za jejich podporu při studiu.

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>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTELIGENTNÍ BUDOVA A JEJÍ VLASTNOSTI</b> .....	<b>12</b>
<b>2 HODNOCENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV</b> .....	<b>14</b>
2.1 NÍZKOENERGETICKÉ BUDOVY.....	14
2.2 PASIVNÍ BUDOVY.....	15
2.3 NULOVÉ A PLUSOVÉ BUDOVY .....	15
2.4 ENERGETICKÝ PRŮKAZ BUDOVY.....	15
<b>3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ V BUDOVĚ</b> .....	<b>18</b>
3.1 TEPLOTA VZDUCHU A OPERATIVNÍ TEPLOTA.....	18
3.1.1 Teplota vzduchu .....	18
3.1.2 Operativní teplota.....	19
3.2 INDEX PMV A PPD .....	20
3.3 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU .....	21
3.4 RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU.....	22
<b>4 ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>23</b>
4.1 TEPELNÁ ČERPADLA .....	23
4.1.1 Princip funkce tepelného čerpadla .....	24
4.1.2 Typy tepelných čerpadel.....	25
4.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY .....	30
4.3 FOTOVOLTAICKÉ PANELE .....	32
<b>5 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY</b> .....	<b>35</b>
5.1 KNX/EIB.....	35
5.1.1 Základní charakteristika .....	36
5.1.2 Struktura.....	36
5.1.3 Komunikace .....	37
5.1.4 Komunikační média .....	38
5.2 LONWORKS.....	39
5.2.1 Základní charakteristika .....	39
5.2.2 Struktura.....	40
5.2.3 Komunikace .....	41
5.2.4 Komunikační média .....	43
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>44</b>
<b>6 POPIS NAVRHOVANÉHO RODINNÉHO DOMU</b> .....	<b>45</b>

6.1	POPIS NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU.....	47
6.2	OKRAJOVÉ PODMÍNKY .....	48
<b>7</b>	<b>TEPELNÉ PARAMETRY .....</b>	<b>51</b>
7.1	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PODLE NORMY ČSN EN 12831 .....	51
7.2	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM .....	52
7.3	VÝPOČET ZÁTOPOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU .....	54
7.4	VÝPOČET TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM.....	55
7.5	CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA .....	58
7.6	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY.....	59
<b>8</b>	<b>NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU A OHŘEV TEPLÉ VODY .....</b>	<b>61</b>
8.1	TOPNÁ VĚŽ VITOCAL 343-G.....	63
8.1.1	Tepelné čerpadlo .....	66
8.1.2	Návrh zemního kolektoru.....	66
8.2	NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES .....	67
8.2.1	Výpočet výkonu otopných těles .....	68
8.3	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	70
8.4	NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU.....	74
<b>9</b>	<b>NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>77</b>
9.1	MNOŽSTVÍ VYROBENÉ ENERGIE PODLE PVGIS .....	78
<b>10</b>	<b>NÁVRH SILNOPROUDÉ ELEKTROINSTALACE.....</b>	<b>81</b>
10.1	NÁVRH ZÁSUVKOVÝCH OBVODŮ .....	81
10.2	NÁVRH SVĚTELNÝCH OKRUHŮ .....	86
<b>11</b>	<b>NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ BUDOVY .....</b>	<b>91</b>
11.1	POPIS SYSTÉMU XCOMFORT.....	91
11.2	NÁVRH KOMPONENT RF SYSTÉMU XCOMFORT.....	93
11.2.1	Řídící prvky .....	93
11.2.2	Návrh regulace osvětlení.....	95
11.2.3	Návrh systémů EZS a EPS .....	96
11.2.4	Návrh regulace podlahového vytápění .....	98
11.2.5	Komunikace a vizualizace.....	98
11.3	OVLÁDÁNÍ A MONITOROVÁNÍ TOPNÉ VĚŽE .....	100
<b>12</b>	<b>TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU .....</b>	<b>102</b>
12.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ.....	102
12.2	NÁKLADY NA FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM .....	103
12.3	POŘIZOVACÍ NÁKLADY SYSTÉMU XCOMFORT.....	104
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>106</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>107</b>



<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>108</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>111</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>112</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>114</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>115</b>

## ÚVOD

Donedávna byla technika inteligentních budov výsadou velkých administrativních budov, hotelů, obchodních center a jejich parkovišť, technického zázemí, osvětlení a zabezpečení venkovních i vnitřních prostor. V současnosti se však tato technika stává obvyklou součástí obytných budov, takže jako inteligentní budovy jsou často řešeny i rodinné a bytové domy. Inteligentní domy poskytují snížení energetické spotřeby a provozních nákladů, ale i větší komfort a bezpečnost uživatelů. Inteligentní dům především zajišťuje řízení vnitřních klimatických podmínek, vytápění, větrání, osvětlení a zabezpečení celého objektu.

Na současném rychlém rozvoji inteligentních budov má velký podíl rozvoj komunikačních technologií, díky kterým lze využívat síť Internet, mobilní síť GSM a bezdrátové sítě, které jsou kompatibilní s různými průmyslovými sběrnici. Velký význam mají i možnosti jednotlivých senzorů, aktorů, prvků inteligentní elektroinstalace a zabezpečovacích systémů. Důležité jsou také možnosti jejich sériové nebo bezdrátové komunikace a v případě potřeby možnost připojení k průmyslovým sběrnicím. Rozvíjí se i systémy pro řízení a monitorování jednotlivých systémů v domě, ale i mimo něj. Mimo dům může řídicí systém zajišťovat například řízení garáže, skleníku, bazénu, otevírání vrat, zavlažování trávníku, zabezpečení venkovních prostor apod.

Jednotlivé inteligentní domy se mohou vzájemně lišit, avšak základní parametry, jako je snaha o co nejnižší provozní náklady a maximální komfort obyvatel s využitím moderních technologií, jsou stejné pro všechny.

Cílem diplomové práce je praktická ukázka jednoho z možných řešení využití a propojení jednotlivých systémů, které lze použít na navrhovaném rodinném domě.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

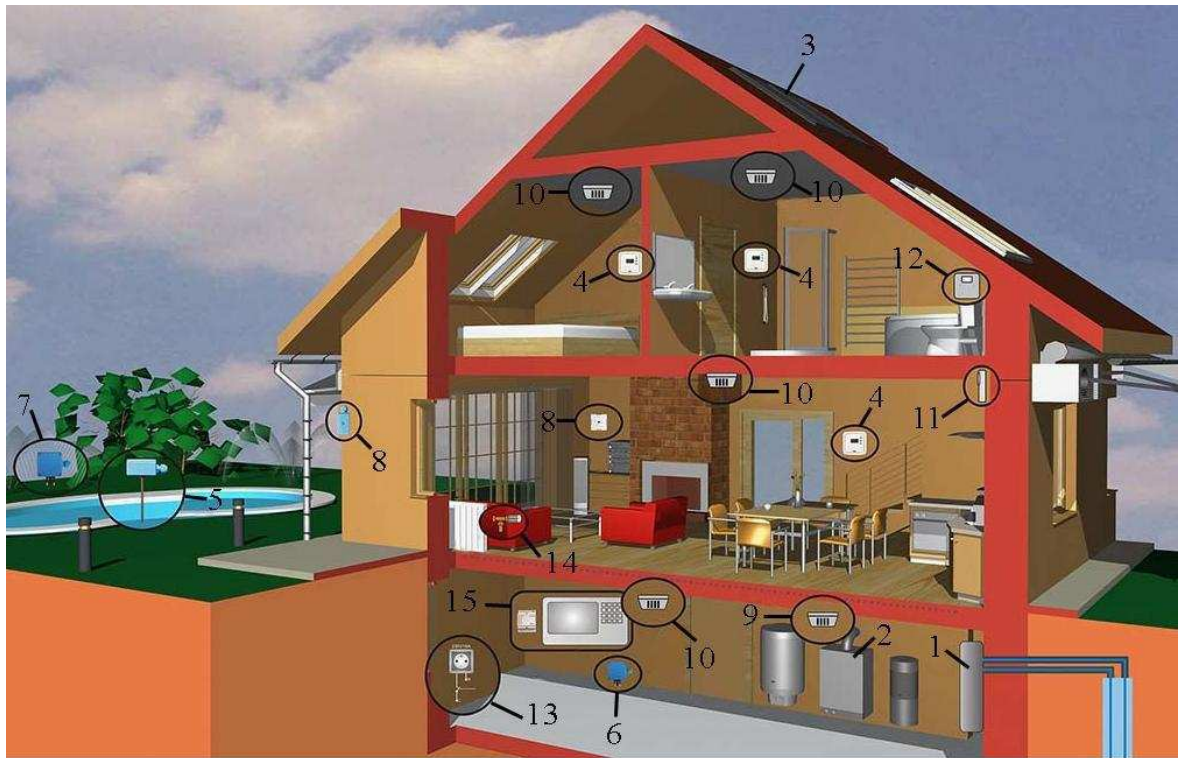
## 1 INTELIGENTNÍ BUDOVA A JEJÍ VLASTNOSTI

Pojem „inteligentní budova“ se poprvé objevil v USA na přelomu 80. a 90.let minulého století a vyjadřoval budovu s nadstandardním komfortem. Tím bylo myšleno především pohodlí uživatele budovy. V následujících letech se k pohodlí přidali další důležité rysy jako například bezpečnost, ekonomika a ekologie. Definice pojmu „inteligentní budova“ je mnoho a liší se podle toho, na co kladl jejich autor hlavní důraz.

Inteligentní budova je objekt s integrovaným managementem, tj. se sjednocenými systémy řízení (technika prostředí, komunikace, energetika), zabezpečení (kontrola přístupu, požární ochrana, bezpečnostní systém) a správy budovy (plánování, pronájem, leasing, inventář). Optimalizace těchto složek a vzájemné vazby mezi nimi zabezpečují produktivní a nákladově efektivní prostředí. Inteligentní budova pomáhá vlastníkově, správci i uživateli realizovat jejich vlastní cíle v oblasti nákladů, komfortu prostředí, bezpečnosti, dlouhodobé flexibility a prodejnosti. Může být jednoduše přizpůsobena jejich rostoucím nárokům v budoucnosti. [8]

Vlastnosti inteligentní budovy:

- Umožňuje propojení veškeré techniky v budově za účelem vzájemné komunikace, čímž poskytuje jednotné ovládání přizpůsobené pro konkrétní budovu. Systém lze ovládat počítačem a dálkově přes GSM či Internet.
- Co neoptimálnějším způsobem, pomocí inteligentních řídicích systémů, využívá alternativní zdroje energie pro vytápění či ohřev teplé vody.
- Pohodlí a komfort při řízení systémů budovy. Pro ovládání techniky v budově se využívá dálkové ovládání.
- Jednotlivé prostory v budově mohou mít nastaveny různé režimy vytápění. Režim je možné libovolně měnit a nastavovat podle potřeby uživatele.
- Zabezpečení budovy pomocí bezpečnostního systému, elektronické požární signalizace a kamerového systému.
- Budova zaznamenává v jednotlivých místnostech údaje o teplotě a získané energii. Tyto údaje lze zobrazit v grafu a tak získat přehled o celkové spotřebě.



- |                      |                      |                          |
|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 1 - TEPELNÉ ČERPADLO | 6 - SNÍMAČ ZATEPLENÍ | 11 - DETEKTOR POHYBU     |
| 2 - PLYNOVÝ KOTEL    | 7 - SNÍMAČ VLHKOSTI  | 12 - PRŮTOKOMĚR          |
| 3 - SOLÁRNÍ PANEL    | 8 - SNÍMAČ OSVĚTLENÍ | 13 - OVLADATELNÁ ZÁSUVKA |
| 4 - OVLADAČ          | 9 - DETEKTOR PLYNU   | 14 - ŘÍZENÁ HLAVICE      |
| 5 - SNÍMAČ TEPLoty   | 10 - DETEKTOR POŽÁRU | 15 - ŘÍDÍCÍ SYSTÉM       |

Obr. 1.1 Příklad inteligentního domu

## 2 HODNOCENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV

Energeticky úsporné budovy jsou hodnoceny podle měrné potřeby tepla na vytápění 1 m<sup>2</sup> určité podlahové plochy vytápěné části budovy za rok. Dle množství potřebné energie na vytápění 1 m<sup>2</sup> určité podlahové plochy vytápěné části budovy za rok se energeticky úsporné budovy dělí dle následující tabulky (Tab.1). [1]

Tab. 1. Rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění

Typ budovy	Potřeba tepla na vytápění kWh/(m <sup>2</sup> •rok)
starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více
obvyklá novostavba (podle aktuálních závazných požadavků)	80 - 140
nízkoenergetický dům	< = 50
pasivní dům	< = 15
nulový dům	< 5

### 2.1 Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetické budovy jsou, dle normy ČSN 73 0540 – 2 [9], budovy s roční měrnou spotřebou tepla na vytápění menší než 50 kWh/m<sup>2</sup>, pokud využívají velmi účinnou otopnou soustavu. Toto kritérium se používá bez ohledu na tvar budovy. Při výhodném kompaktním tvaru budovy bude snadněji splnitelné než při tvaru velmi členitém.

Klasická budova spotřebuje na vytápění téměř tři čtvrtiny celkové energie potřebné na svůj provoz. Nízkoenergetická budova dokáže ušetřit až 70 % energie potřebné na vytápění klasické budovy. Tím klesají náklady na provoz této budovy.

Při stavbě nízkoenergetických budov by mělo být dodrženo několik zásad. Patří mezi ně vhodné umístění stavby, architektonické a dispoziční řešení, orientace budovy na jižní

stranu, zónování, optimalizace obalových konstrukcí, řešení tepelných mostů, větrání a vytápění.

## 2.2 Pasivní budovy

Pasivní budovy mají, dle normy ČSN 73 0540 – 2 [9], roční měrnou spotřebou tepla na vytápění menší než 15 kWh/m<sup>2</sup>. Mimořádně nízkou energetickou spotřebu budovy lze krýt bez použití obvyklé otopné soustavy, pouze se systémem nuceného větrání, který obsahuje účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu a malé zařízení pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot. Jako zdroj pro vytápění používá i energii ve formě tepla vyzařovaného lidským tělem, solárních zisků a tepla produkovaného spotřebiči.

Dalším požadavkem je celková neprůvzdušnost budovy. Tato hodnota udává intenzitu výměny vzduchu v objektu při tlakovém rozdílu 50 Pa za jednu hodinu. Pasivní dům musí mít celkovou neprůvzdušnost maximálně  $n_{50} = 0,6$  1/h. Současně nesmí u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev teplé vody a elektrická energie pro spotřebiče a osvětlení) překračovat hodnotu 120 kWh/m<sup>2</sup> za rok. [1]

## 2.3 Nulové a plusové budovy

Jako nulová budova je označována budova s roční měrnou spotřebou tepla na vytápění menší než 5 kWh/m<sup>2</sup>. Takového řešení je možné dosáhnout jen při mimořádně vhodných podmínkách, a proto se takové domy objevují na rozdíl od pasivních domů zřídka.

Je možné navrhovat i budovy, které vyprodukují více energie, než samy spotřebují. Tyto budovy bývají označovány jako plusové budovy nebo jako domy s energetickým přebytkem apod. Zpravidla se jedná o pasivní budovy s velkoplošnou integrací fotovoltaických systémů pro výrobu elektrické energie. Té může být vyprodukováno více, než je celková roční spotřeba domu. Přebytečná elektrická energie je dodávána do rozvodné sítě. [1]

## 2.4 Energetický průkaz budovy

Energetický průkaz budovy slouží pro jednoduché a přehledné vyhodnocení budovy z hlediska spotřeby energie na vytápění, chlazení, větrání, přípravy teplé vody a osvětlení.

Od 1. 1. 2009 musí být zpracován energetický průkaz pro všechny nové budovy a také pro energeticky významné rekonstrukce budov s podlahovou plochou větší než 1000 m<sup>2</sup>.

Budova je zařazena do příslušné kategorie A až G, definující její energetickou náročnost, na základě spotřeby energie na metr čtvereční a také v závislosti na typu budovy. Výpočet se dosadí do tabulky, pro vypočtenou měrnou spotřebu energie v kWh/(m<sup>2</sup>·rok) (Tab.2), jež je součástí vyhlášky číslo 148/2007 Sb. Aby budova vyhovovala a dostala stavební povolení, bude se muset vejít do kategorie C. [10]

Tab. 2. Tabulka měrné spotřeby energie budovy v kWh/(m<sup>2</sup>·rok)

Druh budovy	Kategorie energetické náročnosti budov						
	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Vzdělávací zařízení	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní	< 67	67 - 121	122-183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha:			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			: XY	: XY
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			: XY	: XY
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu:				
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č.		

Obr. 2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy

Slovní vyjádření jednotlivých kategorií:

- A – Mimořádně úsporná
- B – Úsporná
- C – Vyhovující
- D – Nevyhovující
- E – Nehospodárná
- F – Velmi nehospodárná
- G – Mimořádně nehospodárná

### 3 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ V BUDOVĚ

Vnitřní prostředí v budovách má na člověka významný vliv. Ať se jedná o zdraví člověka nebo jeho pohodu. S kvalitou prostředí v budovách je spojován výskyt alergií a jiných obtíží dýchacích cest. Vnitřní prostředí v budovách vytváří množství složek, které mají požadované hodnoty (Tab.3). Mezi hlavní patří teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu.

Tab. 3. Parametry vnitřního prostředí v budově

Parametr vnitřního prostředí	Požadovaná hodnota
Teplota vzduchu, $\theta_a$	$22 \pm 2$ °C
Relativní vlhkost vzduchu, $\varphi$	30 - 70 %
Rychlost proudění vzduchu, $\nu$	0,1 - 0,2 m/s
Intenzita výměny vzduchu, $n$	0,3 - 0,6 /h
Intenzita osvětlení, $E$	100 - 150 lx
Hladina akustického tlaku, $A$	< 45 dB
Koncentrace chemických látek ve vzduchu	hodnoty závisí na konkrétní látce

#### 3.1 Teplota vzduchu a operativní teplota

##### 3.1.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu v místnosti má značný vliv na tepelnou pohodu člověka. Je to teplota vnitřního vzduchu bez vlivu sálání z okolních povrchů. Průměrná teplota vnitřního vzduchu se dá změřit teploměrem, který je odstíněný vůči sálání okolních ploch a vlivu oslunění. Doporučené teploty vnitřního vzduchu jsou uvedeny v tabulce (Tab.4).

Tab. 4. Doporučená teplota vzduchu v místnosti

Místnost	Doporučená teplota $\theta_a$ [°C]
Obytné místnosti	18 - 22
Kuchyň	15
Koupelna	24
WC	16
Chodba, schodiště	10 - 15

Teplota vzduchu  $\theta_a$  není v celé místnosti stejná. Z hlediska tepelné pohody se sleduje vertikální rozdíl teplot vzduchu. Ten způsobuje místní tepelný diskomfort člověka z důvodu nerovnoměrného ochlazování nebo oteplování jednotlivých částí těla. Vertikální rozdíl mezi teplotou vzduchu  $\theta_a$  v úrovni hlavy a v úrovni kotníků, by měl být pro stojícího člověka  $\Delta\theta_a = 2$  °C a pro sedícího člověka  $\Delta\theta_a = 1,5$  °C. [11]

### 3.1.2 Operativní teplota

Z fyzikálního hlediska je to veličina vyjadřující sálavou i konvekční složku sdílení tepla mezi člověkem a okolním prostředím. Operativní teplota se zavádí jako objektivní veličina pro hodnocení tepelné pohody člověka. Jako subjektivní ukazatele se pak používá index PMV a PPD.

Dle normy ČSN EN ISO 7730 [31] je operativní teplota vypočtená teplota, která je definována jako jednotná teplota uzavřeného prostoru (tj. prostoru o stejné teplotě vzduchu i stejné radiační teplotě), černého z hlediska radiace, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekci i sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném, teplotně nesourodém prostředí.

Pokud se operační teplota stanovuje ve skutečném prostředí měřením, je pro její určení třeba změřit výchozí fyzikální veličiny, kterými jsou teplota vzduchu, střední radiační teplota a rychlost proudění vzduchu. Výsledná operativní teplota se pak stanoví ze vztahu:

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

kde:

$\theta_o$  ... operativní teplota [°C]

$\theta_r$  ... střední radiační teplota [°C]

$\theta_a$  ... teplota vzduchu [°C]

$A$  ... koeficient závislý na rychlosti proudění vzduchu podle tabulky (Tab.5) [-]

Tab. 5. Závislost koeficientu  $A$  na rychlosti proudění vzduchu

<b>Rychlost proudění vzduchu, <math>v</math> [m/s]</b>	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00
<b>Koeficient, <math>A</math> [-]</b>	0,50	0,53	0,60	0,65	0,70	0,75

Při rychlostech proudění vzduchu menších než 0,2 m/s lze nahradit operativní teplotu výslednou teplotou kulového teploměru. [12]

### 3.2 Index PMV a PPD

Index PMV je ukazatel středního tepelného pocitu velké skupiny osob. Lze ho stanovit po odhadnutí energetického výdeje člověka, hodnoty tepelného odporu oděvu a změření faktorů prostředí. Výsledný střední tepelný pocit je hodnocen sedmistupňovou stupnicí s hodnotami od -3 do +3, kde hodnota -3 odpovídá pocitu zimy a hodnota +3 pocitu horka. Index PMV lze vypočítat ze vztahu:

$$PMV = (0,303 \cdot \exp^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot L \quad (2)$$

kde:

$M$  ... energetický výdej člověka [W]

$L$  ... rozdíl energetického výdaje a odvedeného tepla [W]

Vzhledem k faktu, že každý člověk vnímá teplotu jiným způsobem, není možné zajistit všem lidem v jedné místnosti stejný pocit tepelné pohody. Takže se mezi těmito lidmi vždy najde někdo méně spokojený s tepelnými podmínkami a právě počet těchto jedinců vyjadřuje index PPD. Ten udává procento nespokojených osob, které pociťují tepelnou nepohodu a vyhodnocuje se na základě středního tepelného pocitu PMV. Předpokládané

procento nespokojených osob v místnosti by mělo být menší než 10 %. PPD lze vypočítat ze vztahu:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp\left[-\left(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2\right)\right] [\%] \quad (3)$$

### 3.3 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. Relativní vlhkost vzduchu je udávána v procentech (%) a lze ji vyjádřit vztahem:

$$\varphi = \frac{m}{M} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

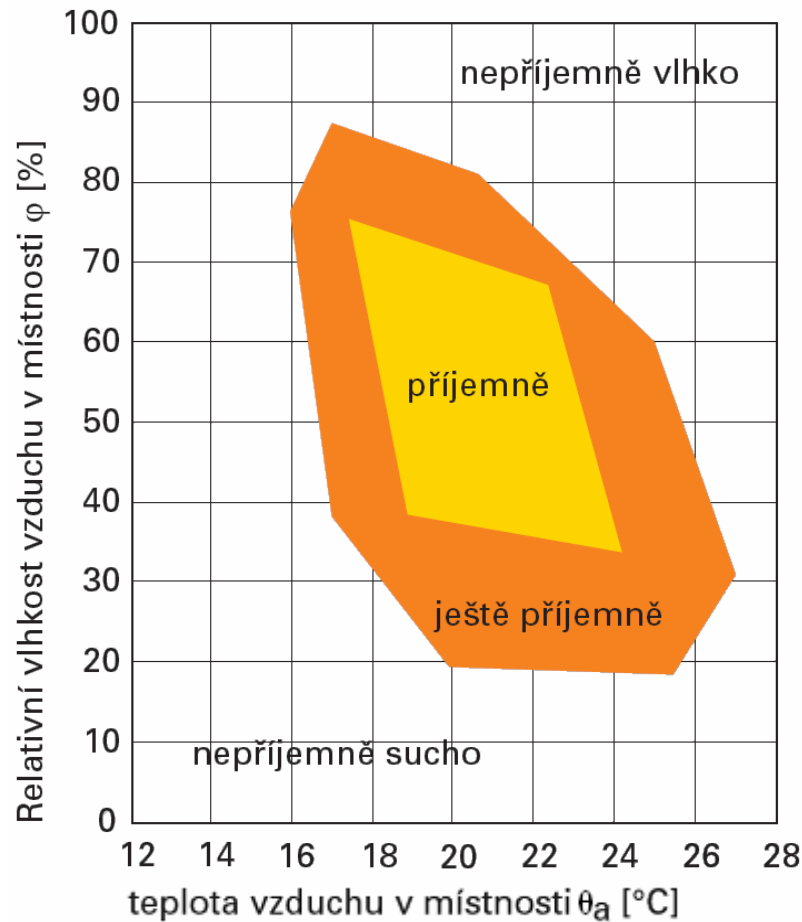
kde:

$m$  ... hmotnost skutečného obsahu vodních par obsažených ve vzduchu [g/m<sup>3</sup>]

$M$  ... hmotnost vodních par nasyceného vzduchu [g/m<sup>3</sup>]

Při relativní vlhkosti vzduchu vyšší jak 70 % dochází k tvorbě plísní a společně s vysokou teplotou vzduchu vyvolává nepříjemný pocit dusna. Nízká relativní vlhkost vzduchu, méně jak 20 %, je nevhodná pro lidský organismus a způsobuje vysychání sliznic, čímž jsou ohroženy dýchací cesty. Optimální relativní vlhkost se pohybuje okolo 50 %.

Na relativní vlhkosti a teplotě vzduchu v místnosti závisí tepelná pohoda člověka. Každý člověk pociťuje tepelnou pohodu při různých klimatických podmínkách. Následující obrázek (Obr.3.1) ukazuje oblasti tepelné pohody pro většinu lidí, při kombinaci relativní vlhkosti a teploty vzduchu. [13]



Obr. 3.1 Oblast tepelné pohody

### 3.4 Rychlost proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu je dána hygienickými požadavky a má vliv na pocit tepelné pohody. Rychlost proudění je udávána v m/s. Doporučená rychlost proudění vzduchu v místnosti je obecně 0,1 až 0,2 m/s. Vyšší rychlost proudění se projeví jako nepříjemný průvan. S rostoucí rychlostí proudění vzduchu se zmenšuje tepelný odpor oděvu a zvětšuje se pocit chladu, čímž může dojít ke zdravotním komplikacím. Oproti tomu nízká rychlost proudění vyvolá pocit stojícího vzduchu a může vést k přehřívání organismu.

## 4 ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Obnovitelným zdrojem energie může být sluneční záření, větrná energie, vodní energie, energie přílivu, geotermální energie, energie biomasy a další. Pro získání energie z obnovitelných zdrojů se u budov nejčastěji využívají tepelná čerpadla, kotle na biomasu a solární panely pro získání tepla. Případně fotovoltaické panely a malé větrné elektrárny pro získání elektrické energie. Dále jsou podrobněji popsány systémy, použité pro získání energie v navrhovaném rodinném domě. Konkrétně tepelná čerpadla, solární kolektory a fotovoltaické panely.

### 4.1 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie. Odebírají teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země) a umožňují ho účelně využít pro vytápění nebo ohřev teplé vody. Pořizovací cena tepelných čerpadel je vysoká, ale je vyvážena jejich nízkými provozními náklady.

Tepelná čerpadla se označují podle toho odkud teplo odebírají a jaké látce teplo předávají. První slovo označuje odkud tepelné čerpadlo bere energii (země, voda, vzduch) a druhé slovo označuje jak tepelné čerpadlo energii dodává do objektu (voda, vzduch). Nejobvyklejší kombinace jsou:

- Vzduch – vzduch
- Vzduch – voda
- Země – voda
- Voda – voda

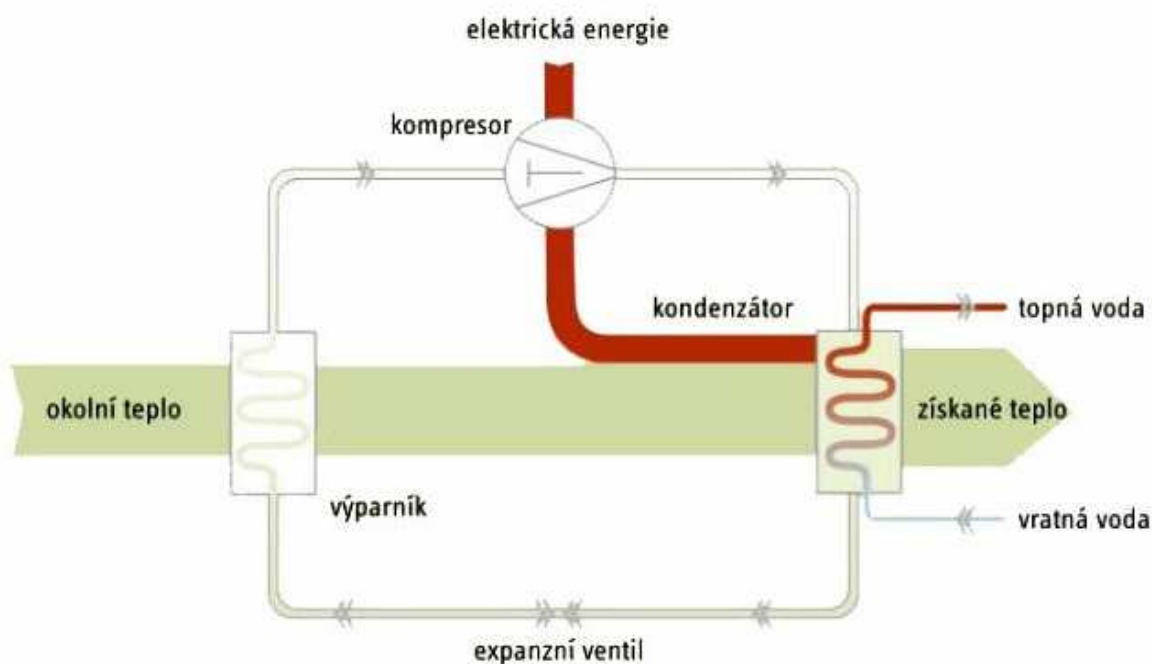
Tepelná čerpadla jsou nejvhodnější pro tzv. nízkoteplotní topnou soustavu. Omezením tepelného čerpadla je schopnost ohřívat topnou vodu většinou maximálně na 50 - 60 °C. Proto je vhodnější pro tepelné čerpadlo použití podlahového nebo stěnového vytápění, než použití klasických otopných těles. U podlahového nebo stěnového vytápění se standardně používají podstatně nižší teploty topné vody (většinou 35 - 45 °C) a čím nižší je teplota topné vody, tím vyšší je topný faktor a tedy úspornější provoz tepelného čerpadla. Pokud je potřeba dosáhnout větší teploty nebo vykrytí tepelných ztrát, tak se používá kombinace

tepelného čerpadla s druhým zdrojem. Toto zapojení se nazývá bivalentní a nejčastěji se jako druhý zdroj používá elektrokotel nebo plynový kotel. [14]

#### 4.1.1 Princip funkce tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo pracuje na principu uzavřeného chladicího okruhu, kde se teplo na jedné straně odebírá a na druhé předává. Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil.

Proces přenosu tepla probíhá tak, že teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává kapalnému chladivu při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření. Páry jsou nasáty do kompresoru, kde jsou následně stlačeny pro zvýšení tlaku a tím i teploty. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody za vyšší teploty než bylo teplo ve výparníku odebráno. Chladivo kondenzuje a vrací se do kapalného stavu. V expanzním ventilu se cyklus uzavírá a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku. [14], [15]



Obr. 4.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelný výkon tepelného čerpadla je dán součtem energie odebrané z okolního prostředí a elektrické energie dodané pro pohon kompresoru. Tato definice neplatí úplně přesně, protože při provozu dochází ke ztrátám určité části energie do okolního prostředí. Pro porovnání efektivity tepelných čerpadel slouží topný faktor. Matematicky udává topný



faktor poměr získané tepelné energie a spotřebované elektrické energie. Jeho okamžitá hodnota se neustále mění podle provozních podmínek, a proto se pro celkové hodnocení používá průměrný topný faktor za celou topnou sezónu. Topný faktor je bezrozměrné číslo a jeho hodnota se většinou pohybuje v rozsahu 2,5 – 5. Čím je hodnota topného faktoru větší, tím je provoz tepelného čerpadla efektivnější. Topný faktor  $\varepsilon_t$  se vypočítá podle vztahu:

$$\varepsilon_t = \frac{Q_{\tau c}}{P_{\tau c}} \quad [\text{W}] \quad (5)$$

kde:

$Q_{\tau c}$  ... topný výkon [W]

$P_{\tau c}$  ... elektrický příkon [W]

#### 4.1.2 Typy tepelných čerpadel

##### Tepelné čerpadlo typu vzduch – vzduch

U tohoto typu tepelného čerpadla je teplo odebíráno z venkovního vzduchu a je použito rovnou pro ohřev vzduchu v budově. Jedná se o nízopotenciální zdroj tepla. Tepelné čerpadlo dokáže pracovat až do teploty  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Výhodou je jeho použití bez omezení místními podmínkami a jeho instalace, která nevyžaduje zásahy do okolního prostředí. Další výhodou je pořizovací cena, která je dána i faktem, že nejsou vyžadovány další náklady jako jsou například výkopové práce.

Nevýhodou je mnohem výraznější pokles výkonu tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě, než u ostatních typů tepelných čerpadel. Nevýhodou může být i hluk venkovní jednotky s ventilátorem.

##### Tepelné čerpadlo typu vzduch – voda

Od předchozího typu se liší tím, že je odebraná energie z venkovního vzduchu použita pro ohřev vody v akumulační nádrži. Takto získané teplo lze použít pro podlahové vytápění, otopná tělesa nebo ohřev teplé vody.

Výhody a nevýhody jsou v podstatě stejné jako u předchozího typu tepelného čerpadla vzduch – vzduch. [14], [15]



*Obr. 4.2 Tepelné čerpadlo vzduch - voda*

### **Tepelné čerpadlo typu země – voda**

Tento typ tepelného čerpadla odebírá teplo ze země a předává ho vodě, která je použita pro vytápění nebo jako teplá voda. Ze země lze teplo získávat dvěma způsoby a to hloubkovými vrty nebo zemními kolektory.

#### **Hloubkové vrty**

V tomto případě využívá tepelné čerpadlo k odběru tepla hloubkové vrty. Vrt má hloubku od 50 do 150 m. Pokud je potřeba vrtů více, měly by mít odstup alespoň 10 m aby se neovlivňovali. S rostoucí hloubkou pod povrchem roste i teplota. V hloubce 100 m je teplota okolo 10 °C. Teplota stoupá zpravidla na každých 100 m o 2 až 3 °C. Do vrtů se uloží plastová trubka, ve které proudí nemrznoucí kapalina.

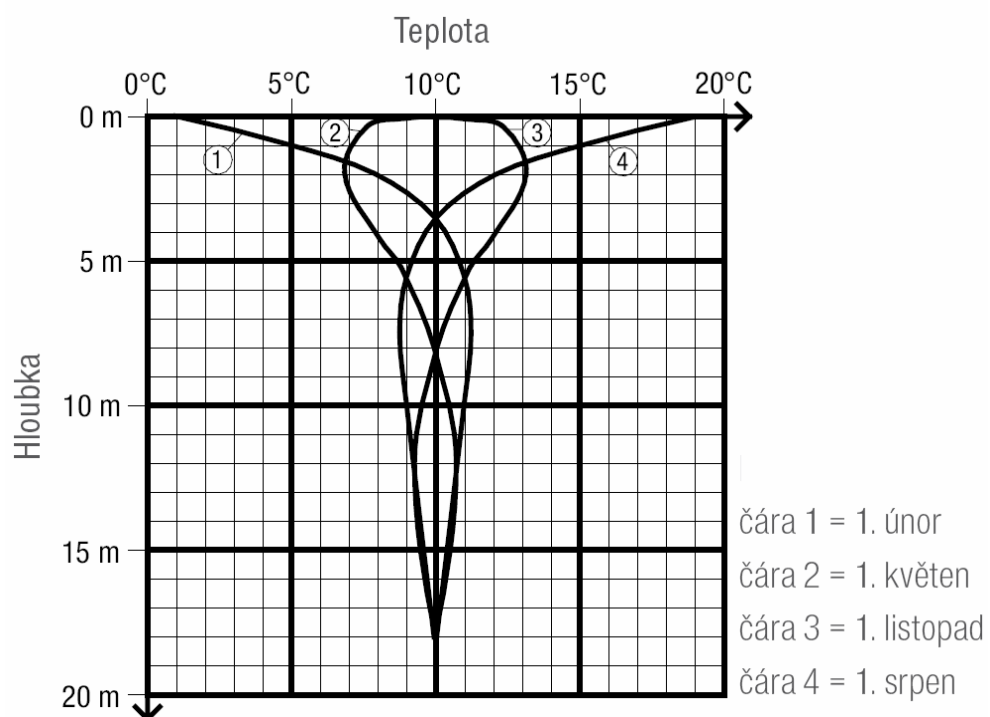
Tepelné čerpadlo s hloubkovými vrty má velmi dobrý topný faktor. To je dáno stabilní teplotou zdroje tepla z vrtu a tím provoz s nízkými náklady. Nevýhodou je pořizovací cena a náročné zemní práce.



Obr. 4.3 Tepelné čerpadlo země – voda s využitím hloubkového vrtu

### Zemní kolektory

Při použití zemních kolektorů je teplo odebíráno z plochy pozemku, například zahrady. Pod povrchem zahrady je umístěno polyetylenového potrubí naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Zemní kolektor se umísťuje v hloubce 1,2 až 1,5 m, dostatečně daleko od základů objektu, aby nedocházelo k jejich promrzání. Na kolektoru nelze stavět stavby, aby nedošlo k jejich promrzání. V hloubce 1,2 – 1,5 m panují v průběhu roku teploty mezi 7 až 13 °C.



Obr. 4.4 Úroveň ročních teplot do hloubky 20 m

Průměrný roční topný faktor je mírně horší než u hloubkových vrtů, což je dáno kolísáním teploty v zemině, vlivem venkovní teploty. Oproti hloubkovým vrtům má nižší pořizovací náklady. Není potřeba provádět nákladné vrty a lze provést výkopové práce i svépomocí. Nevýhodou je potřeba dostatečně velkého pozemku. [14], [15]



*Obr. 4.5 Tepelné čerpadlo země – voda s využitím zemního kolektoru*

### **Tepelné čerpadlo typu voda – voda**

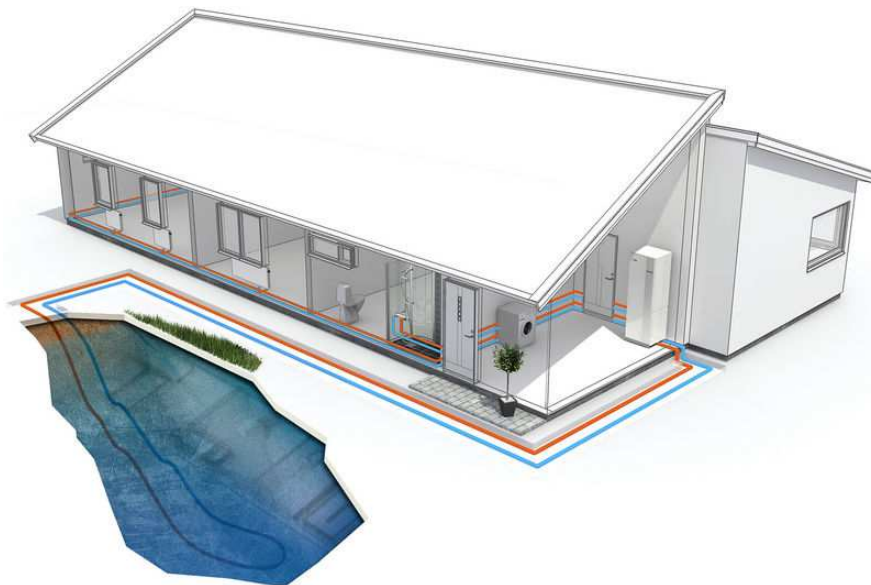
Tepelné čerpadlo tohoto typu odebírá teplo z podzemní, povrchové nebo geotermální vody. Zdrojem vody může být studna nebo řeka, či rybník. Výhodou tohoto tepelného čerpadla je nejvyšší průměrný roční topný faktor při nejnižších nákladech.

Při použití studny je voda obvykle čerpána ze studny do výměníku tepelného čerpadla a následně vrácena zpět do země. Teplota vody se v hloubkách větších jak 10 m pohybuje v rozmezí 8 až 10 °C. Nevýhodou je potřeba zdvojené studny a celoroční dostatečné množství vody. Venkovní část vyžaduje údržbu a je náchylnější na poruchy.



*Obr. 4.6 Tepelné čerpadlo voda – voda s využitím studny*

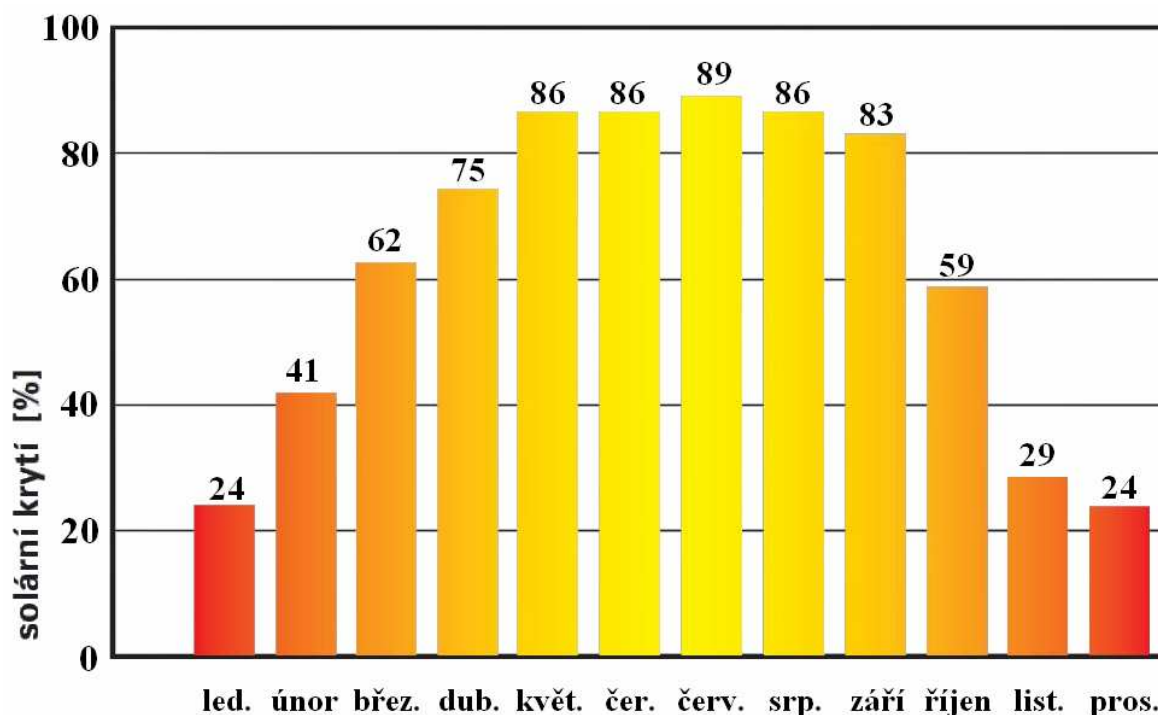
Při využití povrchové vody z rybníka nebo řeky se na dno pokládá polyetylenový kolektor, kterým proudí nemrznoucí teplotná látka. Povrchová voda se díky své nízké teplotě příliš nehodí. Nevýhodou je i omezení na lokalitu s dostatečným zdrojem vody. [14], [15]



*Obr. 4.7 Tepelné čerpadlo voda – voda s využitím povrchové vody*

## 4.2 Solární kolektory

Solární kolektory slouží k zachycení energie slunečního záření a její přeměně na teplo, které je odváděno nosným médiem do výměníku. Průměrná intenzita slunečního záření pro Českou republiku je zhruba  $620 \text{ W/m}^2$ . Tepelný výměník předá teplo vodě. Takto získané teplo se využívá většinou k vytápění objektu, na ohřev bazénu nebo pro ohřev teplé vody. Množství celoročně potřebné energie, kterou je možné pokrýt prostřednictvím solárního zařízení, je udáno solárním krytím v procentech. Solární krytí je pro rodinný dům v průměru 60 % za rok. Následující obrázek (Obr. 4.8) ukazuje množství solárního krytí v jednotlivých měsících.



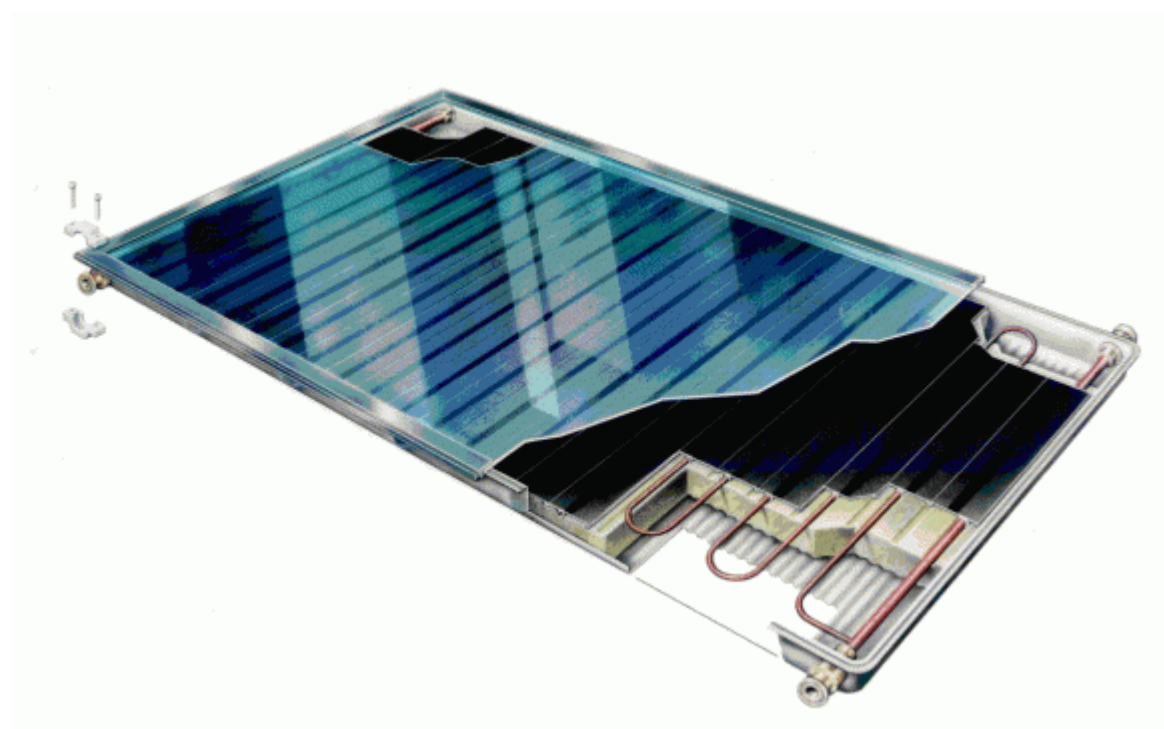
Obr. 4.8 Solární krytí pro ohřev vody rodinného domu

Instalace solárních kolektorů se nejčastěji provádí na střeších, stěnách budov nebo ve volném terénu. Konstrukce pro kolektor musí být odolná vůči vlivům okolního prostředí. Pro instalaci solárního kolektoru je optimální sklon  $45^\circ$  s orientací na jih až jihozápad. Kolektor lze umístit i na pohyblivou konstrukci, která bude otáčet kolektor za sluncem, čímž se zvýší jeho účinnost. Nesprávná instalace kolektoru nepříznivě ovlivní jeho účinnost. [3], [16]

Standardně se používá několik typů kolektorů, které se liší provedením, účinností a cenou. Z pohledu provedení jsou to ploché deskové kolektory a trubicové kolektory.

### Ploché deskové kolektory

Kolektor tvoří kovový rám, ve kterém je plošně umístěna měděná trubička procházející celou plochou kolektoru. Tepelná izolace je založená na minerálních vlnách nebo polyuretanu. Vrchní strana kolektoru je kryta sklem s vysokou světelnou propustností. Pod sklem je vrstva vysoce absorpční látky. Ta zaručuje maximální pohlcení sluneční energie a minimalizuje zpětné vyzařování. Díky tomu se tepelná energie koncentruje v kolektoru. Získané teplo se předá nosnému médiu, které je pomocí oběhového čerpadla vedeno do tepelného výměníku, přes který se ohřívá voda v akumulacím zásobníku.



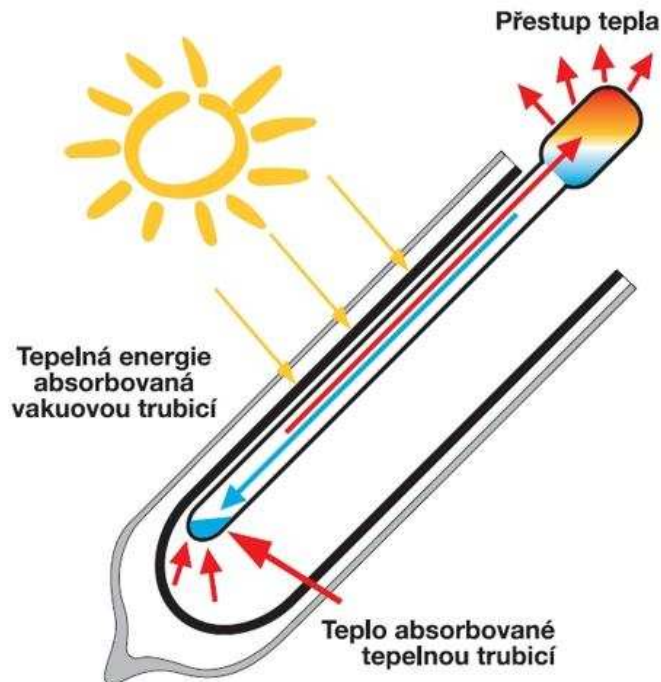
*Obr. 4.9 Řez plochým deskovým kolektorem*

### Vakuové trubicové kolektory

Trubicové kolektory tvoří řada skleněných trubic uspořádaných vedle sebe. V každé trubici je vedena měděná trubička. Tyto trubičky jsou jakoby uzavřeny v samostatných skleněných vakuovaných trubicích. Způsoby získání tepelné energie jsou dva. V prvním případě protéká měděnými trubičkami teplotonosná látka, která je přímo zahřívána. Druhý způsob získání tepla je založen na kondenzačním teple. To vzniká při přechodu plynné látky do kapalného stavu. Působením slunečního záření se začne těkavá kapalina v tepelné trubici vypařovat a jako pára přejde do kondenzátoru. Ten je umístěn podélně v horní části kolektoru a jsou na něj napojeny všechny trubičky kolektoru. V kondenzátoru je



tepelná energie přenášená na proudící teplotonosnou látku. Důsledkem toho pára kondenzuje a kondenzát proudí zpět do tepelné trubičky, kde se začne působením slunečního záření opět vypařovat. Tepelné ztráty trubicových kolektorů jsou díky vakuu velmi malé a mohou získávat teplo i při velmi slabém slunečním záření nebo při nízkých teplotách. Výhodou těchto kolektorů je větší energetický zisk než u deskových kolektorů. Nevýhodou je vyšší cena. [3], [16]



Obr. 4.10 Princip získání tepla kondenzací

### 4.3 Fotovoltaické panely

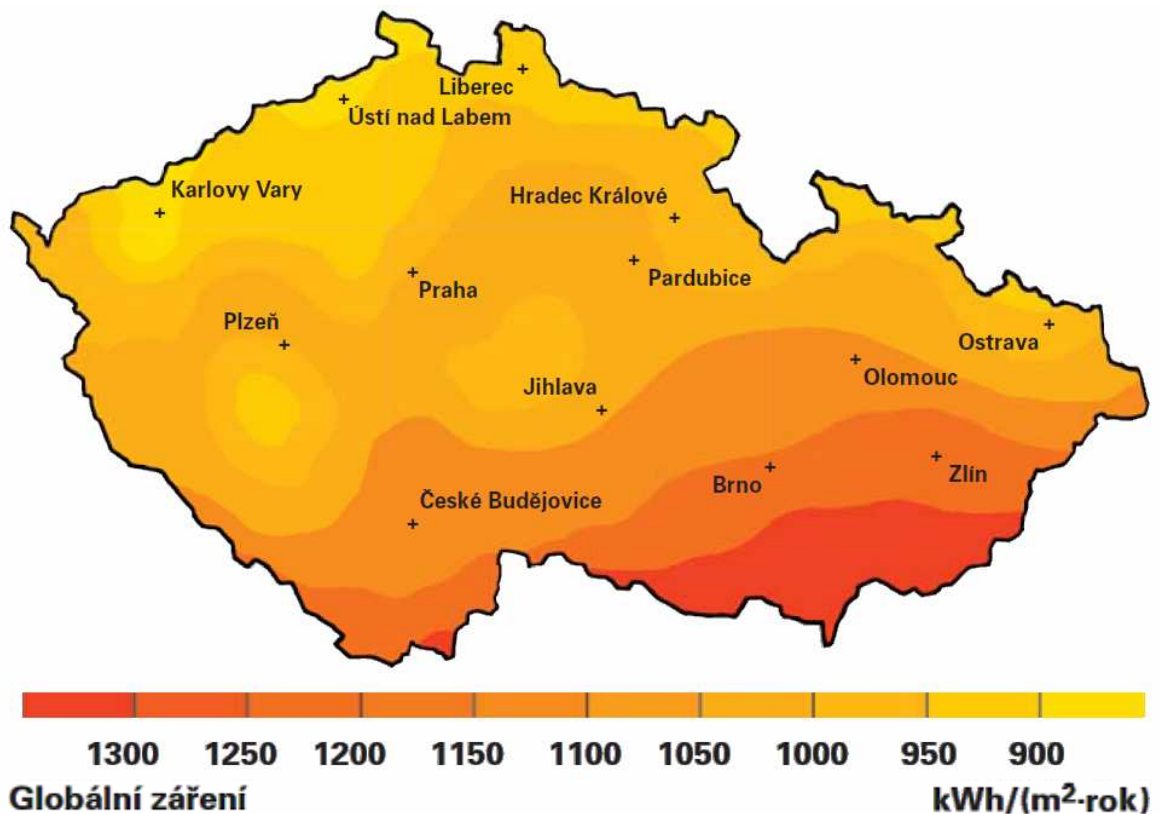
Fotovoltaické panely slouží pro přímou přeměnu energie slunečního záření na energii elektrickou. Jsou tvořeny sériově či paralelně zapojenými fotovoltaickými články, které využívají fotovoltaického jevu, při němž vzájemným působením slunečního záření a hmoty dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů. V polovodiči pak vznikají volné elektrické náboje, což je elektron a díra, které jsou následně odváděny ve formě elektrické energie. Fotovoltaický článek je vlastně velkoplošná dioda, jejíž základem je tenká, monokrystalická nebo polykrystalická, křemíková destička tvořená PN přechodem. Napětí jednoho fotovoltaického článku dosahuje 0,5 V.





Obr. 4.11 Fotovoltaický článek

Výkon fotovoltaického článku je udáván v jednotce Wp (watt peak). Ta udává maximální výkon, kterého je schopen konkrétní solární systém dosáhnout. 1 instalovaný kWp je schopen vyprodukovat přibližně 1000 kWh/rok a zabere 8 až 10 m<sup>2</sup> plochy. Na výkon má vliv intenzita záření, teplota článku, sklon a orientace panelu. Roční počet slunečných hodin se pohybuje v rozmezí 1330 – 1800. Životnost fotovoltaického článku je obvykle 20 let.



Obr. 4.12 Celoroční globální záření

Dle účelu využití získané elektrické energie lze fotovoltaické systémy rozdělit na systémy pro drobné aplikace, systémy bez využití distribuční sítě tzv. grid-off a systémy připojené do distribuční sítě tzv. grid-on .

#### Systémy pro drobné aplikace

Fotovoltaický panel je připojen přímo ke spotřebiči, který dokáže pracovat jen při dostatečné intenzitě osvětlení. Toho se využívá například v kalkulačkách nebo solárních nabíječkách akumulátorů.

#### Systémy bez využití distribuční sítě (grid-off)

Používají se tam, kde není k dispozici rozvodná síť. Systém tvoří fotovoltaický panel, regulátor a akumulátor. Vyrobená energie se ukládá v akumulátoru a využívá se v době kdy nesvítí slunce. Regulátor slouží k řízenému dobíjení a vybíjení akumulátoru.

#### Systémy připojené do distribuční sítě (grid-on)

Využívají se v oblastech s hustou sítí elektrických rozvodů. Při dostatečné intenzitě slunečního svitu jsou spotřebiče v budově napájeni vlastní elektrickou energií a případný přebytek je dodáván do veřejné distribuční sítě. Při nedostatku vlastní energie je elektrická energie odebírána z distribuční sítě. Fotovoltaický systém potřebuje střídač stejnosměrného napětí z fotovoltaického panelu na střídavé napětí. Střídavé napětí se dále transformuje na požadovanou výstupní hodnotu pomocí transformátorů. Možností je i prodej veškeré vyprodukované elektrické energie do distribuční sítě za tzv. výkupní tarify. Pro připojení systému do distribuční sítě je nutné uzavřít smlouvu s provozovatelem. [17], [18], [19]

## 5 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY

Provoz moderní budovy zajišťují inteligentní systémy. Jednotlivé systémy v budově mezi sebou musí komunikovat, aby bylo zajištěno jejich efektivní využití. Propojení systémů a přenos informací zajišťuje komunikační sběrnice. Systém může být centralizovaný nebo decentralizovaný.

Centralizovaný systém obsahuje pouze jednu řídicí jednotku, ke které jsou připojeny všechny senzory a akční členy. Nevýhodou je závislost celého systému na jedné řídicí jednotce a dlouhá reakční doba. Tento systém je vhodný pro malé objekty a systémy s menším počtem členů.

Decentralizovaný systém obsahuje řídicí prvky na každém senzoru nebo akčním členu. Výhodou je krátká reakční doba, ale nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady dané velkým počtem řídicích jednotek.

Komunikační sběrnice je tvořena vodiči, na které jsou připojeny senzory, aktory a systémové přístroje. Senzory jsou prvky, které reagují na události v systému a poskytují systému vstupní informace. Aktory zajišťují vykonání určité operace, jako důsledek změny v systému. Systémové přístroje vytvářejí infrastrukturu systému a zajišťují jeho základní funkce.

Nejčastěji používané technologie komunikačních systémů jsou KNX/EIB a LONWorks. Používají se i další komunikační systémy jako například Xcomfort, iNELS, ZigBee, Luxmate a další. [20], [21], [22]

### 5.1 KNX/EIB

KNX slouží pro komplexní řízení inteligentních budov a jejich systémů. Zajišťuje komunikaci mezi prvky různých výrobců. Kompatibilní zařízení, pro přímé zapojení, jsou označeny logem KNX nebo EIB.

Standard KNX zahrnuje tři již existující technologie sběrnic. Jedná se o evropskou instalační sběrnici EIB, francouzský standard pro komunikaci BatiBus a evropskou normovanou komunikaci pro domácí spotřebiče EHS. Standard KNX byl schválen evropskou normou EN 50090.

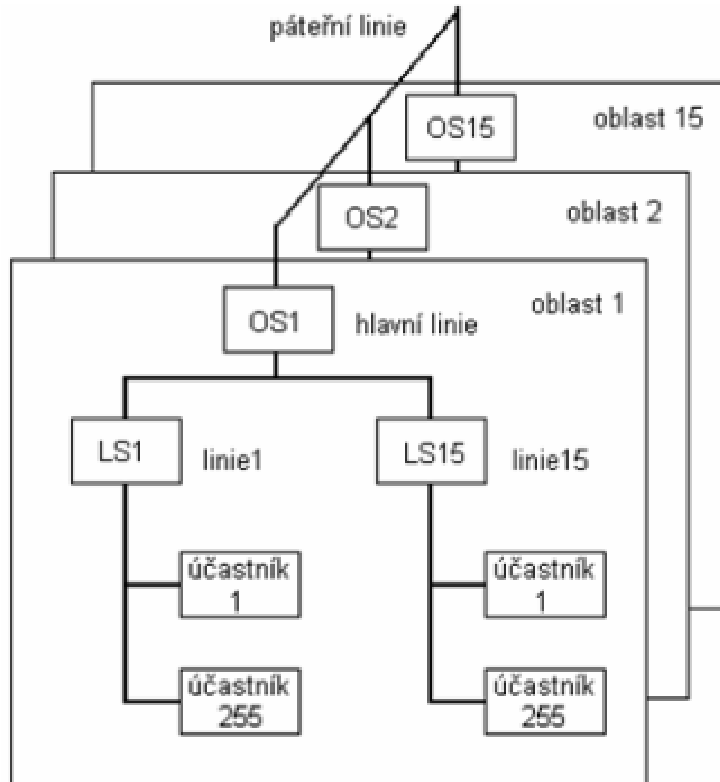
### 5.1.1 Základní charakteristika

- Komunikační rychlost, v závislosti na použitém médiu, až 32 kb/s
- Decentralizovaný systém
- Lze připojit 255 prvků na linii, v jedné oblasti 15 linií, 15 oblastí
- Maximální délka sběrnice 1000 m
- Maximální délka mezi prvky 700 m
- Možnost napájení prvků přes sběrnici
- Sběrníková topologie
- Využití různých přenosových standardů na fyzické a linkové vrstvě OSI modelu
- Komunikace peer-to-peer s režimy Multicast a Broadcast

### 5.1.2 Struktura

KNX je plně distribuovaný decentralizovaný systém skládající se ze tří úrovní. Tyto úrovně tvoří páteřní linie, hlavní linie a linie. Páteřní linie propojuje 15 hlavních linií. Na každou hlavní linii lze připojit 15 linií, z nichž každá může obsahovat až 255 prvků. Díky této struktuře lze vytvořit 15 zón. Což vyžaduje oddělovače zón a linií, bez kterých by byla síť omezena jen na jednu linii. Prvky jsou na linii připojeny přes sběrníkové spojky. Každý prvek v síti je jednoznačně identifikován individuální adresou.

KNX také zahrnuje vazební členy pro segmentaci sítě nebo na vzájemné propojení různých typů přenosových médií. Lze využít také opakovače, mosty, směrovače, paketové filtry či firewally. [4], [21], [23]



Obr. 5.1 Struktura sběrnice

### 5.1.3 Komunikace

KNX vychází při komunikaci z modelu ISO/OSI, z něhož používá fyzickou, linkovou, síťovou, transportní a aplikační vrstvu.

#### Fyzická vrstva

System KNX je nezávislý z hlediska volby fyzické vrstvy, což umožňuje kombinaci několika standardů v jedné síti.

#### Linková vrstva

Uspořádává data z fyzické vrstvy do rámců. Řídí přístup na komunikační médium a navazování vzájemných spojení. Provedení a funkce závisí na připojeném přenosovém médiu.

#### Síťová vrstva

Provádí segmentaci rámců a řídí jejich směrování v síti.

### Transportní vrstva

Vytváří komunikační propojení mezi jednotlivými komunikujícími uzly a řídí vysílání či příjem dat.

### Aplikační vrstva

Poskytuje množství služeb a aplikačních procesů, které se odlišují podle typu použité komunikace.

Pro přenos dat se využívají telegramy, které jsou datové nebo potvrzovací. Doba přenosu telegramu závisí na jeho délce a na vzdálenosti příjemce. Pro zabránění kolizím dat se odposlouchává činnost na sběrnici. Pokud je sběrnice volná, zahájí se přenos dat. Přenos dat je potvrzen jedním ze tří zpětných hlášení. Typy hlášení jsou:

- ACK – příjem dat je v pořádku
- NACK – příjem dat není v pořádku
- BUSY – příjemce je zaneprázdněn, takže data nepřijal

Pokud není příjem dat v pořádku nebo je příjemce zaneprázdněn, jsou data odeslána znovu. Data jsou odesílána zpravidla třikrát. [4], [21], [23]

## 5.1.4 Komunikační média

### Kroucená dvoulinka

Komunikace probíhá po metalickém vedení. KNX definuje dva standardy se společnými vlastnostmi napájení a přenosu dat. Standard TP-0 byl převzat ze standardu BatiBus. Má komunikační rychlost 4,8 kb/s. Standard TP-1 byl převzat ze standardu EIB. Jeho komunikační rychlost je 9,6 kb/s.

### Silové vedení

Komunikace využívá silové vedení 230V AC. KNX definuje dva standardy se společnými vlastnostmi kódování komunikace. Standard PL-110 byl převzat ze standardu EIB. Komunikační rychlost je 1,2 kb/s a nosná frekvence 110 kHz. Standard PL-132 byl převzat ze standardu EHS. Jeho komunikační rychlost je 2,4 kb/s a nosná frekvence 132 kHz.

## Rádiový přenos

Tento typ komunikace je vyvinut přímo v rámci standardu KNX. Komunikace probíhá bezdrátově na frekvenci 868 MHz a je kódována systémem FRK (Frequency shift keying). Umožňuje jednosměrný i obousměrný poloduplexní přenos dat při rychlosti 32 kb/s.

## IP komunikace

Do této komunikace patří Ethernet IEEE 802.2, Bluetooth, WiFi IEEE 802.11 a FireWire. Pro komunikaci se využívá tzv. ANubis mód (Advanced Network for unified building integration & services). [4], [21], [23]

## 5.2 LONWorks

LONWorks lze použít v libovolné aplikaci od oblasti supermarketů až výrobní továrny, od aut přes železniční dopravu až po letadla, od řízení spotřebičů bytů či malých domácností až po mrakodrapy.

Technologie LONWorks umožňuje univerzální komunikaci po libovolném přenosovém médiu. Je tedy vhodný jak pro řízení spotřebičů a automatizaci budov, tak i pro dálkové odečty měřičů energií nebo regulaci v průmyslu.

Technologie LONWorks byla uvedena na trh v roce 1992. Vyvinula ji společnost Echelon ve spolupráci s firmami Toshiba a Motorola. Technologie vychází z obecné definice místní datové sítě LON (Local Operating Networks). Síť je tvořena z inteligentních zařízení a uzlů, které jsou propojeny jedním či více komunikačními médii a komunikují spolu jedním komunikačním protokolem.

### 5.2.1 Základní charakteristika

- Přenos dat rychlostí až 1,25 Mb/s
- 2 až 32000 zařízení připojených v síti
- Délka sběrnice až 5000 m
- Použití libovolného typu topologie
- Komunikace master/slave
- Architektura peer-to-peer

- Využívá síťový protokol LONTalk
- Přenos dat po libovolném médiu
- Vysoká spolehlivost a zabezpečení sítě pomocí speciálního autentizačního algoritmu
- Kvalitní diagnostické možnosti díky inteligentním uzlům sítě
- Dobrá flexibilita a možnost využít stávající přenosová média

### 5.2.2 Struktura

Struktura celé distribuované sítě je prakticky neomezeně velká. Síť je složená z jednotlivých uzlů, které mezi sebou vzájemně komunikují. Jeden uzel sítě LONWorks se z pohledu hardwaru skládá z několika částí, a to z neuron chipu, napájecího zdroje a obvodů rozhraní.

Neuron chip je řídicí část uzlu, zajišťující komunikaci prostřednictvím protokolu LONTalk a případně i běh uživatelské aplikace jako například komunikace se senzory, ovládání akčních členů nebo spolupráce s jiným CPU či řídicími jednotkami. Základem každého neuron chipu je CPU a paměť. Obvykle se vyskytují tři nezávislé CPU vykonávající následující operace:

- Komunikační CPU - ovládá a řídí všechny sériové komunikační porty na úrovni linkové vrstvy komunikačního protokolu. Na výstupním portu je již paket, který je určený pro přenos do dalšího uzlu. CPU má na starosti i bufferování vstupů a výstupů, řízení vysílání paketů dle priority, detekci kolize na sběrnici, tvorbu rámců, opravný kód CRC apod.
- Síťové CPU - zpracovává veškeré informace a požadavky na služby síťové vrstvy komunikačního protokolu. Řídí časovací služby využívané v různých stavech zpracování signálů, adresování uzlů a správné směrování paketů apod.
- Aplikační CPU - provádí zpracování dané uživatelské aplikace napsané jazykem Neuron C. Přeložený a slinkovaný program se do neuron chipu může přenést po síti prostřednictvím komunikačního portu. Nebo může vykonávat jen funkci zprostředkovatele dat z I/O portů pro síťový CPU.



Uživatel může pomocí příkazů přímo ovládat jen aplikační CPU. Zbylá CPU již pracují samostatně automaticky dle vnitřního firmwaru. Pro uložení aplikačního programu a aktualizovatelné části firmwaru se využívá vnitřní Flash EEPROM paměť, nebo externí paměť. Vnitřní RAM slouží pro datové proměnné aplikačního programu a část také jako prostředek pro uchování dočasných dat komunikace. Vnitřní ROM obsahuje pevnou neměnnou část firmwaru neuron chipu. Externí softwarově ovládané I/O piny chipu mohou obvykle sloužit k libovolné komunikaci s okolím nebo pro monitorování firmwaru či čtení ID neuron chipu.

Obvody rozhraní zajišťují interface mezi neuron chipem a fyzickým médiem. Pro úspěšnou komunikaci po daném typu média či sítě je nutné na výstup komunikačního portu neuron chipu připojit transceiver nebo v některých případech oddělovací transformátor. Ten zajišťuje ochranu neuron chipu a přizpůsobení nebo modulaci signálů pro daný typ fyzického média.

Pro síť LONWorks jsou i zařízení pro komunikaci s jinými sítěmi. Například routery pro propojení s Internet, což umožňuje nejen komunikaci zařízení v rámci LONWorks sítě, ale i dálkové řízení nebo přenos dat prostřednictvím Internetu. [4], [21], [24], [25]

### 5.2.3 Komunikace

LONWorks používá při komunikaci síťový protokol LONTalk, který byl navržen podle modelu ISO/OSI. LONTalk je součástí každého uzlu a dovoluje tak přenos po libovolném médiu a topologii sítě. Řídí přístup ke sběrnici a přenos pomocí paketů po síti.

Jednotlivé vrstvy komunikačního protokolu jsou: fyzická, linková, síťová, transportní, relační, prezentační a aplikační vrstva.

#### Fyzická vrstva

Fyzická vrstva definuje propojení po fyzickém komunikačním médiu. Výhodou protokolu LONTalk je možnost přenosu po libovolném médiu, pro které existuje transceiver. V současné době se k přenosu dat používá kroucená dvoulinka, silové vedení, koaxiální kabel, optický kabel, radiový přenos a infračervený přenos. V rámci jedné sítě je možné použít více druhů komunikačních médií.

#### Linková vrstva

Linková vrstva ovládá a řídí přístup na médium a provádí kódování dat s využitím cyklického kódu CRC. Pro přístup na médium se využívá metoda CSMA/CA pro přenášení paketů. Při této metodě všechny uzly sledují přenos dat po síti a čekají na stav nečinnosti, kdy nikdo nevysílá. Vysílání předchozího uzlu je ukončeno synchronizačním bitem, který ukončuje přenášený rámec. Následně každý uzel odpočítává čas. Určité uzly nebo zprávy mohou mít vyšší prioritu, takže se dostanou na sběrnici dříve odpočítáváním kratšího času.

#### Síťová vrstva

Síťová vrstva se stará o správné doručení paketu cílovému uzlu nebo více uzlům. Využívá tříúrovňové adresace k identifikování daného uzlu.

První úroveň je doména s identifikátorem o velikosti 0, 1, 3 nebo 6 bajtů. Každý uzel může být členem maximálně dvou domén. K propojení domén slouží brány. Druhá úroveň je podsít'. Každá doména může mít až 255 podsítí. Podsít' tvoří logická skupina uzlů z různých kanálů. K propojení podsítí slouží routery. Třetí úroveň je nejnižší a tvoří ji samotný uzel. Ten je adresován 48-bitovým identifikačním číslem. V každé podsíti může být až 127 uzlů. Protože každý uzel může být zároveň členem dvou domén, může sloužit jako mezidoménová brána a posílat data z jednoho senzoru do dvou domén najednou.

#### Transportní vrstva

Transportní vrstva zajišťuje spolehlivost doručení paketů, tak že provádí kontrolu správného přenosu paketů mezi uzly, zajišťuje potvrzování přijetí paketu, ničí duplikátně vyslané pakety a další služby. Základní služby zajišťované transportní vrstvou jsou: služba potvrzování došlé zprávy nebo paketu, služba žádost/odpověď, služba zasílání zpráv typu broadcast a služba nepotvrzeného zasílání zpráv.

#### Relační vrstva

Relační vrstva definuje standardní kódy zpráv pro síťový management a diagnostiku. Síťový management usnadňuje instalaci a řízení sítě. Příkazy umožňují měnit nastavení a konfiguraci neuron chipů. Síťová diagnostika zajišťuje diagnostiku sítě a případné opravy.

Tato vrstva také definuje ověřovací protokol pro ověřování zpráv. Ten umožňuje příjemci zjistit oprávněný odesílatele. Ověřením odesílatele se zabrání neoprávněnému přístupu na uzel a do aplikace. Každý uzel má 48-bitový ověřovací klíč, který musí odpovídat klíči odesílatele.

### Prezentační vrstva

Prezentační vrstva provádí vyměňování zpráv mezi aplikacemi. Každý došlý paket zprávy interpretuje jako síťovou proměnnou, explicitní zprávu nebo cizí rámec.

Aplikační data se obvykle vyměňují prostřednictvím síťových proměnných, které tvoří třídu zpráv. V této třídě zpráv jsou data označena jako Neuron C. Tyto proměnné zjednodušují vývoj a instalování systému, tím že definují a přiřadí data do určité skupiny dle jejich významu. Přenášená data mají definovány hodnoty a zacházení pro vzdálené aplikace. Explicitní zprávy jsou určeny pro prezentaci dat nehodících se do některého typu síťových proměnných. Jsou složena z kódu, který definuje interpretaci dat, a ze samotného obsahu dat. Cizí rámce jsou rámce dat, které nesouvisí s touto vrstvou a mají být přeneseny do cílové aplikace bez bližší specifikace.

### Aplikační vrstva

V aplikační vrstvě běží aplikační program, který deklaruje typy síťových proměnných, kódy zpráv a podobně. Pro stejnou interpretaci dat se využívají standardní síťové proměnné. Společným aplikacím lze definovat nové proměnné. [4], [21], [24], [25]

#### 5.2.4 Komunikační média

LonWorks umožňuje použití libovolného komunikačního média. Rychlosti jednotlivých přenosových médií jsou uvedeny v tabulce (Tab.6).

*Tab. 6. Přenosová média a jejich rychlost*

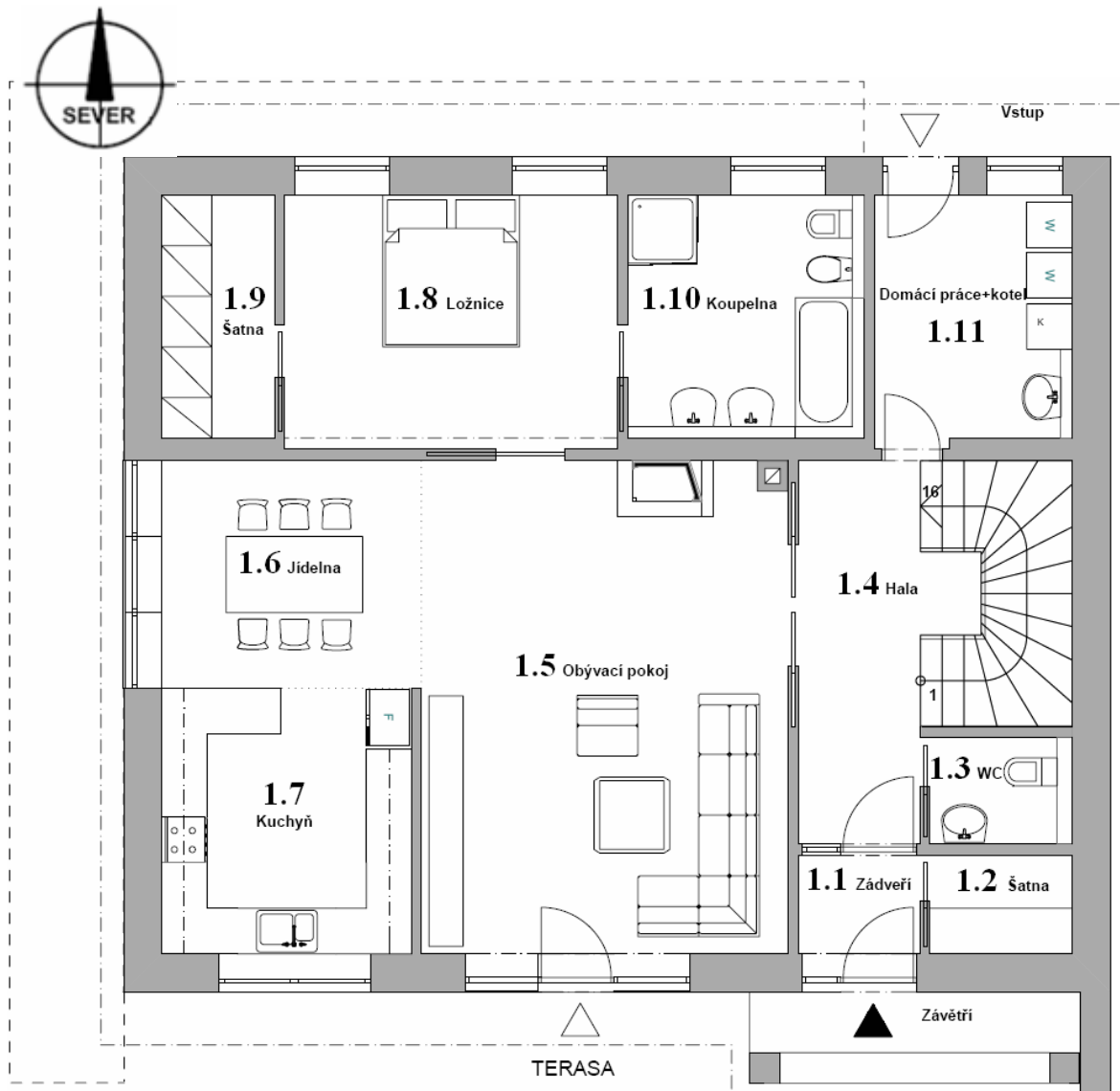
<b>Přenosové médium</b>	<b>Přenosová rychlost</b>
Kroucená dvoulinka	78 kb/s, 1,25 Mb/s
Silové vedení	9,6 kb/s
Optický kabel	1,25 Mb/s
Koaxiální kabel	1,25 Mb/s
Radiový přenos	1,2 - 9,6 kb/s
Infračervený přenos	78 kb/s

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

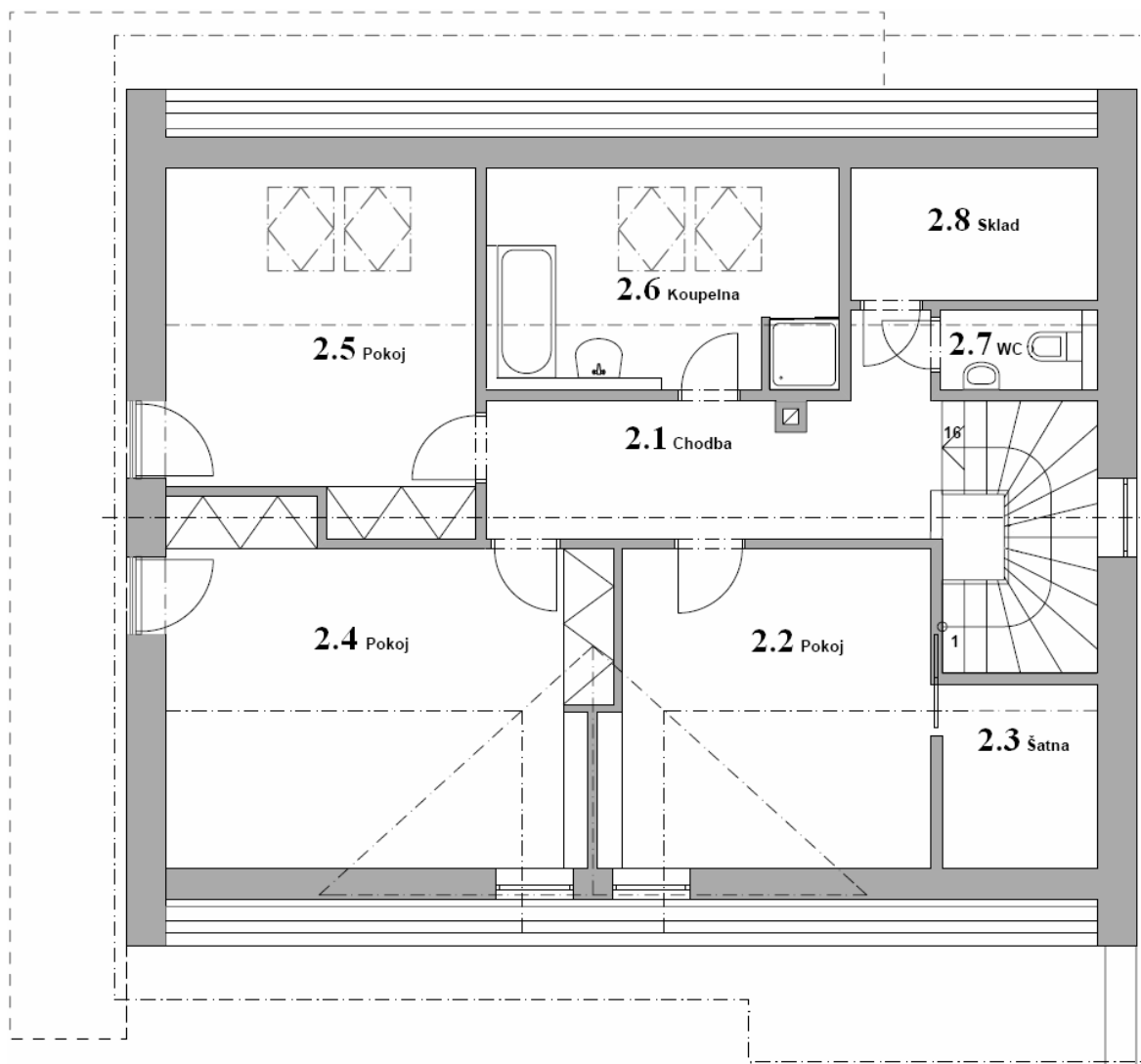
## 6 POPIS NAVRHOVANÉHO RODINNÉHO DOMU

Rodinný dům je situován v lokalitě Přerov VI – Újezdec. Je určen k celoročnímu užívání čtyř člennou rodinou. Dům je řešený jako nepodsklepený jednopodlažní s obytným podkrovím. Vchod do rodinného domu a hlavní místnosti jsou situovány na jih. Přirozené osvětlení zajistí svislá a střešní okna, venkovní dveře, popřípadě sklobetonová konstrukce v oblasti schodiště.

Základní půdorysné rozměry rodinného domu jsou 13 x 11 m a výška střechy v hřebeni je cca 8,25 m. Střechy rodinného domu mají sklon 40°. Světlá výška v 1.NP je 2,75 m a v podkroví 2,6 m. Na severní a jižní straně na rodinný dům navazují dlážděné terasy. Jižně od domu je ve vzdálenosti 11 m umístěna samostatně stojící garáž o rozměrech 9 x 4,8 m a výškou střechy v hřebeni cca 6 m. Samostatně stojící garáž je nevytápěná, takže není zahrnuta v následujících výpočtech.



Obr. 6.1 Půdorys 1.NP



Obr. 6.2 Půdorys podkroví

## 6.1 Popis navrhovaného systému

Návrh inteligentního rodinného domu zahrnuje několik systémů, vylepšujících pohodlí a komfort bydlení. Systém vytápění a ohřevu teplé vody bude využívat energii z obnovitelných zdrojů. Systém vytápění bude řešen pomocí teplovodního podlahového vytápění s otopnými tělesy. Jako zdroj energie je zvoleno tepelné čerpadlo typu země – voda využívající k odběru tepla ze země půdní kolektory. Tepelné čerpadlo obsahuje elektrický dohřev vody jako bivalentní zdroj energie. Pro ohřev teplé vody budou využity solární kolektory. Dále pak fotovoltaický systém, jehož získaná elektřina bude dodávána do rozvodné sítě za účelem prodeje jejímu provozovateli. Zpracováno bude i řešení elektroinstalace a návržení systému EPS a EZS.

Jednotlivé systémy a jejich prvky budou ovládány systémem Xcomfort, využívající radiofrekvenční komunikaci. Systém bude ovládán pomocí centrálního řídicího panelu v domě. Dalším způsobem ovládání je ovládání přes SCADA systém prostřednictvím Internetu.

Návrh rovněž zahrnuje technicko ekonomické hodnocení projektu.

## 6.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky ovlivňují celý projekt rodinného domu a je tedy nutné zohlednit jejich parametry při návrhu a výpočtech jednotlivých parametrů.

Mezi okrajové podmínky patří umístění rodinného domu do terénu a teplotní parametry vnějšího okolí, které jsou popsány v normě ČSN EN 12831 [27].

Tab. 7. Okrajové parametry podle normy ČSN EN 12831

Výška nad mořem, $h$ [m]	212
Výpočtová venkovní teplota, $\theta_e$ [°C]	-12
Průměrná roční venkovní teplota, $\theta_{m,e}$ [°C]	3,5
Počet otopných dnů otopného období, $d$	218

Projekt ze kterého vychází tato práce je v současné době ve fázi existujícího návrhu rodinného domu, ze kterého je využita pouze část architektonického návrhu stavby.

Místnosti v rodinném domě, které jsou vytápěné, jsou uvedeny v následujících dvou tabulkách (Tab.8, Tab.9). Tyto místnosti jsou brány v úvahu při výpočtu tepelných ztrát budovy. Samostatně stojící garáž není vytápěna a neovlivňuje tepelné ztráty rodinného domu.

Tab. 8. Vytápěné místnosti v 1.NP

Kód místnosti	Název místnosti	Plocha místnosti $A$ [m <sup>2</sup> ]
1.1	Zádveří	2,554
1.2	Šatna	2,438



1.3	WC	2,345
1.4	Hala	15,074
1.5	Obývací pokoj	30,564
1.6	Jídelna	10,275
1.7	Kuchyň	11,550
1.8	Ložnice	14,656
1.9	Šatna	4,800
1.10	Koupelna	8,998
1.11	Domácí práce + kotel	8,291

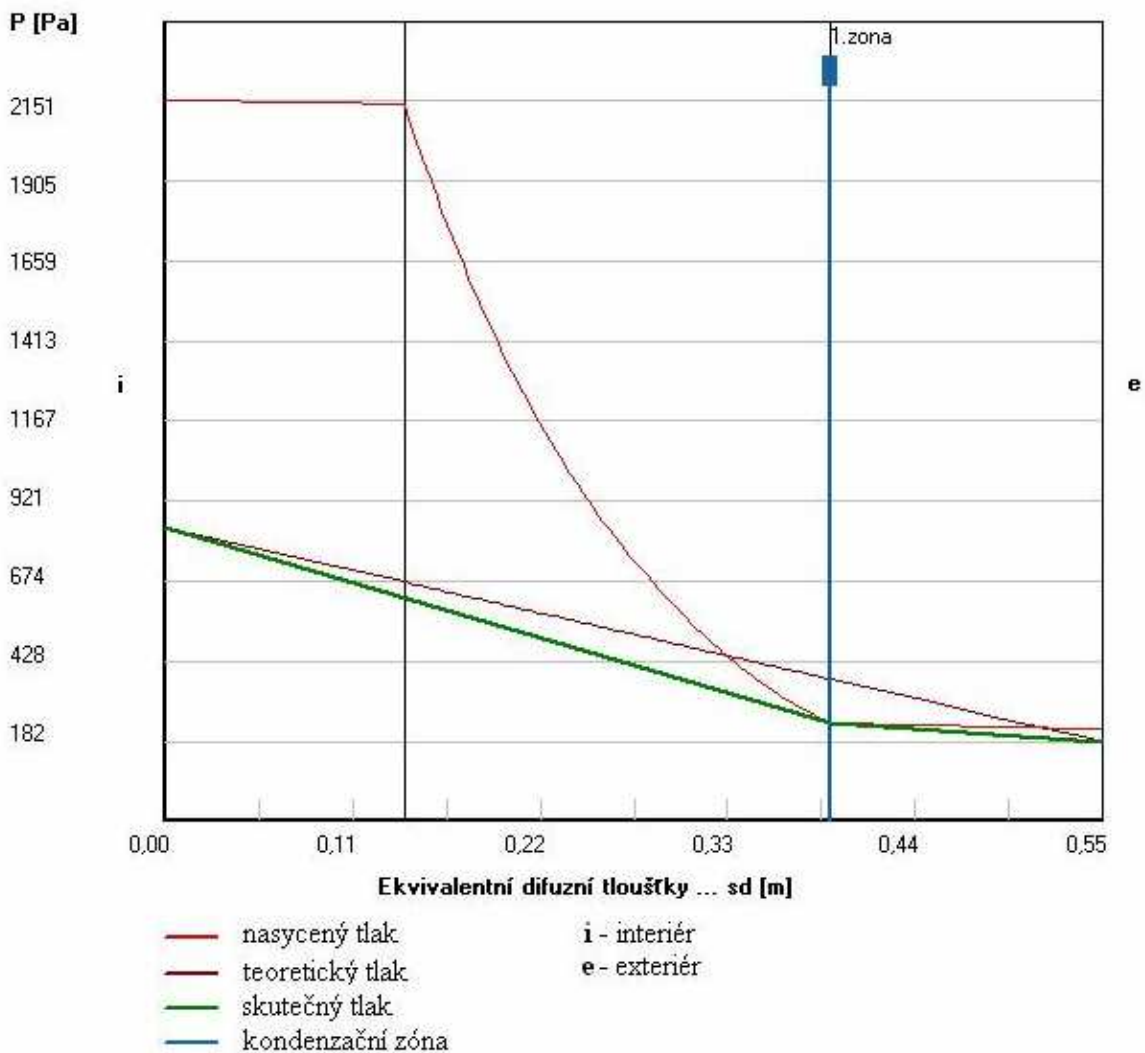
Tab. 9. Vytápěné místnosti v podkroví

Kód místnosti	Název místnosti	Plocha místnosti A [m <sup>2</sup> ]
2.1	Chodba	9,575
2.2	Pokoj	17,412
2.3	Šatna	4,300
2.4	Pokoj	23,952
2.5	Pokoj	16,983
2.6	Koupelna	11,234
2.7	WC	1,871

Vlivem okrajových podmínek může docházet v konstrukci budovy ke kondenzaci vodních par. Dle normy ČSN 730540 musí být roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce.

Pro zjištění zda dochází ke kondenzaci vodních par ve zdivu navrhovaného rodinného domu jsem použil program Teplo 2009. V programu byly zadány okrajové podmínky a složení obvodových zdí. Program vychází při výpočtech z několika norem, a to ČSN EN

ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540. Z výsledků vyplývá, že v obvodových zdech dochází ke kondenzaci vodních par při venkovní teplotě nižší než 0 °C v prosinci, lednu a únoru. Celkové množství zkondenzované vodní páry je 0,528 kg/m<sup>2</sup> za rok, přičemž množství vypařené vodní páry je 18,874 kg/m<sup>2</sup> za rok. Takže veškerá vlhkost se vypaří a je tak splněna podmínka daná normou ČSN 730540. Ke kondenzaci dochází na venkovní straně obvodové zdi, jak ukazuje následující graf (Obr.6.3) z programu Teplo 2009.



Obr. 6.3 Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540

## 7 TEPELNÉ PARAMETRY

### 7.1 Výpočet tepelných ztrát podle normy ČSN EN 12831

Tepelné ztráty budovy jsou počítány podle normy ČSN EN 12831 [27], která stanovuje postupy pro výpočet množství tepla nutného k dosažení výpočtové vnitřní teploty jednotlivých místností nebo celé budovy.

Normou určené postupy pro výpočet tepelné ztráty a tepelného výkonu platí při standardních návrhových podmínkách. Mezi standardní podmínky patří omezená výška místnosti nepřesahující 5 m a metoda vytápění do ustáleného stavu.

Důležitými parametry při výpočtu tepelných ztrát jsou dvě základní teploty. Jde o výpočtovou venkovní teplotu  $\theta_e$  a výpočtovou vnitřní teplotu  $\theta_i$ . Výpočtová venkovní teplota  $\theta_e$  se určí z tabulky podle lokality stavby. Pro oblast Přerova je venkovní výpočtová teplota  $\theta_e = -12$  °C. Výpočtová vnitřní teplota je  $\theta_i = 20$  °C s výjimkou koupelny kde je teplota  $\theta_i = 24$  °C. Pro výpočty se používá rozdíl obou teplot, který je  $\theta_e - \theta_i = 32$  °C a pro koupelnu  $\theta_e - \theta_i = 36$  °C.

Tab. 10. Parametry pro výpočet tepelných ztrát

Kód místnosti	Název místnosti	Plocha místnosti $A$ [m <sup>2</sup> ]	Výpočtová teplota $\theta_i$ [°C]	Objem místnosti $V_i$ [m <sup>3</sup> ]
1.1	Zádveří	2,554	20	7,02
1.2	Šatna	2,438	20	6,70
1.3	WC	2,345	20	6,45
1.4	Hala	15,074	20	41,45
1.5	Obývací pokoj	30,564	20	84,05
1.6	Jídelna	10,275	20	28,26
1.7	Kuchyň	11,550	20	31,76
1.8	Ložnice	14,656	20	40,30
1.9	Šatna	4,800	20	13,20

1.10	Koupelna	8,998	24	24,74
1.11	Domácí práce	8,291	15	22,80
2.1	Chodba	9,575	20	24,90
2.2	Pokoj	17,412	20	42,19
2.3	Šatna	4,300	20	8,45
2.4	Pokoj	23,952	20	52,11
2.5	Pokoj	16,983	20	39,62
2.6	Koupelna	11,234	24	26,48
2.7	WC	1,871	20	4,86

## 7.2 Výpočet tepelných ztrát větráním

Minimální intenzita výměny vzduchu za hodinu  $n_{min}$  [1/h] je stanovena pro obytné místnosti v normě ČSN EN 12831 na hodnotu 0,5 1/h a pro kuchyň nebo koupelnu na hodnotu 1,5 1/h. Hodnota udává množství vzduchu, které je třeba vyměnit za jednu hodinu v dané místnosti. Kvalitní konstrukce budov zajišťují poměrně vysokou neprůvzdušnost vnější konstrukce, což snižuje tepelné ztráty, ale z části zabraňuje pravidelné výměně čerstvého vzduchu.

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{v,i}$  pro vytápěný prostor (i) se vypočte ze vztahu:

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (6)$$

kde:

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

$\theta_i$  ... výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

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

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním  $H_{v,i}$  vytápěného prostoru (i) se vypočte ze vztahu:

$$H_{v,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{\min} \text{ [W/K]} \quad (7)$$

kde:

$V_i$  ... objem místnosti vypočtený z vnitřních rozměrů [m<sup>3</sup>]

$n_{\min}$  ... minimální intenzita výměny vzduchu [1/h]

Tab. 11. Tepelné ztráty větráním

Kód místnosti	Název místnosti	Minimální intenzita výměny vzduchu $n_{\min}$ [1/h]	Objem místnosti $V_i$ [m <sup>3</sup> ]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ [W]
1.1	Zádveří	0,5	7,02	38,19
1.2	Šatna	0,5	6,70	36,45
1.3	WC	0,5	6,45	35,09
1.4	Hala	0,5	41,45	225,49
1.5	Obývací pokoj	0,5	84,05	457,23
1.6	Jídelna	0,5	28,26	153,73
1.7	Kuchyň	1,5	31,76	518,32
1.8	Ložnice	0,5	40,30	219,23
1.9	Šatna	0,5	13,20	71,81
1.10	Koupelna	1,5	24,74	454,23
1.11	Domácí práce	0,5	22,80	104,65
2.1	Chodba	0,5	24,90	135,46
2.2	Pokoj	0,5	42,19	229,51
2.3	Šatna	0,5	8,45	45,97
2.4	Pokoj	0,5	52,11	283,48
2.5	Pokoj	0,5	39,62	215,53

2.6	Koupelna	1,5	26,48	486,17
2.7	WC	0,5	4,86	26,44
<b>Celková tepelná ztráta větráním</b>				3736,98

### 7.3 Výpočet zátopového tepelného výkonu

Zátopový tepelný výkon požadovaný pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění  $\Phi_{RH,i}$  ve vytápěném prostoru (i) se vypočte ze vztahu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (8)$$

kde:

$A_i$  ... podlahová plocha vytápěného prostoru [ $m^2$ ]

$f_{RH}$  ... korekční činitel závislý na zátopové době a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době [ $W/m^2$ ]

Základní hodnoty pro zátopový korekční činitel jsou uvedeny v normě ČSN EN 12831 [27]. Tabulka použitá pro určení zátopového korekčního činitele je v příloze P I. Hodnoty vycházejí z vnitřních rozměrů podlahové plochy a mohou se užít pro místnosti s průměrnou výškou nižší než 3,5 m.

Pro navrhovanou budovu je z tabulek vybrán korekční zátopový činitel  $f_{RH} = 9 \text{ W/m}^2$ . To odpovídá předpokládanému poklesu vnitřní teploty o 2 K a zátopovému času 3 hodiny, při nočním teplotním útlumu budovy do 8 h.

Tab. 12. Tepelné ztráty větráním

Kód místnosti	Název místnosti	Plocha místnosti $A \text{ [m}^2\text{]}$	Zátopový činitel $f_{RH} \text{ [W/m}^2\text{]}$	Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i} \text{ [W]}$
1.1	Zádveří	2,554	9	22,99
1.2	Šatna	2,438	9	21,94

1.3	WC	2,345	9	21,11
1.4	Hala	15,074	9	135,67
1.5	Obývací pokoj	30,564	9	275,08
1.6	Jídelna	10,275	9	92,48
1.7	Kuchyň	11,550	9	103,95
1.8	Ložnice	14,656	9	131,90
1.9	Šatna	4,800	9	43,20
1.10	Koupelna	8,998	9	80,98
1.11	Domácí práce	8,291	9	74,62
2.1	Chodba	9,575	9	86,18
2.2	Pokoj	17,412	9	156,71
2.3	Šatna	4,300	9	38,70
2.4	Pokoj	23,952	9	215,57
2.5	Pokoj	16,983	9	152,85
2.6	Koupelna	11,234	9	101,11
2.7	WC	1,871	9	16,84
<b>Celkový zátopový tepelný výkon</b>				<b>1771,85</b>

#### 7.4 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelná ztráta prostupem udává tepelnou ztrátu způsobenou vedením tepla do vnějšího prostředí, nebo do místností s odlišnou teplotou. Tepelná ztráta prostupem závisí hlavně na tepelné izolaci budovy a rozdílem mezi venkovní výpočtovou teplotou a vnitřní výpočtovou teplotou.

Tepelná ztráta prostupem  $\Phi_{T,i}$  pro vytápěný prostor (i) se vypočte podle vztahu:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (9)$$

kde:

$f_k$  ... teplotní korekční činitel pro stavební část (k) při uvažování rozdílu teploty uvažovaného případu a výpočtové venkovní teploty

$A_k$  ... plocha stavební části (k) [ $\text{m}^2$ ]

$U_k$  ... součinitel prostupu tepla stavební části (k) [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ]

Hodnoty pro teplotní korekční činitel  $f_k$  jsou uvedeny v normě ČSN EN 12831. Tabulka s hodnotami pro teplotní korekční činitel je v příloze P II.

Hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_k$  jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny v příloze P III. Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  udává norma ČSN 730540-2 [9]. Jednotlivé konstrukce splňují požadavky této normy. Tabulka s hodnotami, které udává norma, je uvedena v příloze P IV.

Většina výrobců udává součinitel prostupu tepla stavebních materiálů, popřípadě jej lze vyhledat na internetových stránkách. Pokud výrobce hodnotu součinitele prostupu tepla neuvádí, tak ji lze vypočítat ze vztahu:

$$U_k = \frac{1}{(R_1 + R_2 + \dots + R_n)} \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}] \quad (10)$$

kde:

$R$  ... tepelný odpor stavebního materiálu [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ]

Pokud výrobce neuvádí tepelný odpor materiálu, lze jej vypočítat ze vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (11)$$

kde:

$d$  ... tloušťka vrstvy [m]

$\lambda$  ... součinitel tepelné vodivosti materiálu [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ]



Tepelné ztráty se počítají pro každou konstrukci zvlášť. Dále se tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí sečtou. Součet tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí dá tepelnou ztrátu prostupem místnosti. Celková tepelná ztráta prostupem budovy se získá součtem tepelných ztrát prostupem jednotlivých místností.

Tab. 13. Tepelné ztráty prostupem

Kód místnosti	Název místnosti	Výpočtová teplota [°C]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
1.1	Zádveří	20	138,20
1.2	Šatna	20	76,41
1.3	WC	20	30,85
1.4	Hala	20	133,85
1.5	Obývací pokoj	20	267,95
1.6	Jídelna	20	146,60
1.7	Kuchyň	20	196,62
1.8	Ložnice	20	164,03
1.9	Šatna	20	96,36
1.10	Koupelna	24	289,13
1.11	Domácí práce	15	192,21
2.1	Chodba	20	316,12
2.2	Pokoj	20	173,74
2.3	Šatna	20	66,94
2.4	Pokoj	20	367,34
2.5	Pokoj	20	351,15
2.6	Koupelna	24	417,26

2.7	WC	20	200,70
<b>Celkem</b>			3625,46

## 7.5 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta budovy je dána součtem tepelné ztráty větráním, hodnotou zátopového tepelného výkonu a tepelné ztráty prostupem.

Tab. 14. Celková tepelná ztráta budovy

Kód místnosti	Název místnosti	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ [W]	Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ [W]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
1.1	Zádveří	38,19	22,99	138,20
1.2	Šatna	36,45	21,94	76,41
1.3	WC	35,09	21,11	30,85
1.4	Hala	225,49	135,67	133,85
1.5	Obývací pokoj	457,23	275,08	267,95
1.6	Jídelna	153,73	92,48	146,60
1.7	Kuchyň	518,32	103,95	196,62
1.8	Ložnice	219,23	131,90	164,03
1.9	Šatna	71,81	43,20	96,36
1.10	Koupelna	454,23	80,98	289,13
1.11	Domácí práce	104,65	74,62	192,21
2.1	Chodba	135,46	86,18	316,12
2.2	Pokoj	229,51	156,71	173,74
2.3	Šatna	45,97	38,70	66,94

2.4	Pokoj	283,48	215,57	367,34
2.5	Pokoj	215,53	152,85	351,15
2.6	Koupelna	486,17	101,11	417,26
2.7	WC	26,44	16,84	200,70
<b>Celkem</b>		3736,98	1771,85	3625,46
<b>Celková tepelná ztráta budovy 9,13 kW</b>				

Celková tepelná ztráta budovy je 9,13 kW. Na tuto hodnotu je třeba navrhnout vytápěcí systém.

## 7.6 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy klasifikuje stavební řešení budovy do sedmi kategorií od A do G. A to od velmi úsporných v kategorii A až k mimořádně neohospodárným v kategorii G. Z grafické části lze vyčíst údaje o tom, jak dobře budovu izolují stěny a další konstrukce. Novostavba by neměla mít horší hodnocení než C. Nízkoenergetické budovy mívají díky důkladnější izolaci kategorii B.

Při klasifikaci budovy se hodnotí průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$ , který se dále srovnává s požadovaným průměrným součinitelem prostupu tepla daným normou. Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  se vypočítá podle normy ČSN 73 0540-2 [9] ze vztahu:

$$U_{um} = \frac{H_T}{A} \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]} \quad (12)$$

kde:

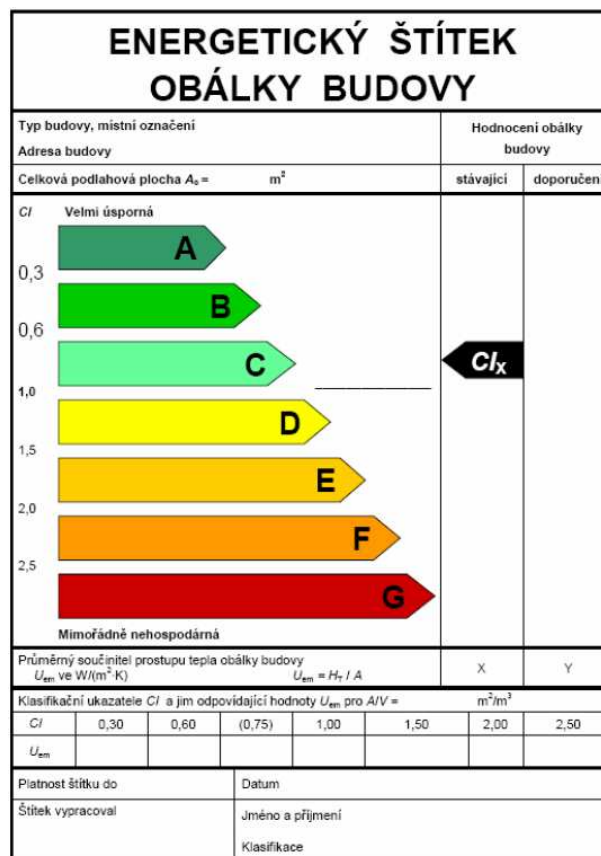
$H_T$  ... je měrná ztráta prostupem tepla [W/K], stanovené ze součinitelů prostupu tepla  $U_j$  všech teplosměnných konstrukcí tvořících obálku budovy, jejich ploch  $A_j$  a odpovídajících teplotních redukčních činitelů  $b_j$ , lineárních činitelů prostupu tepla  $\Psi_j$  a bodových činitelů prostupu tepla  $\chi_j$  včetně jejich počtu podle ČSN 73 0540-4

$A$  ... plocha obálky budovy stanovená součtem ploch  $A_j$  [m<sup>2</sup>]

Tab. 15. Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy

Klasifikační třídy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	velmi úsporná
B	úsporná
C	vyhovující
D	nevyhovující
E	nehospodárná
F	velmi nehospodárná
G	mimořádně nehospodárná

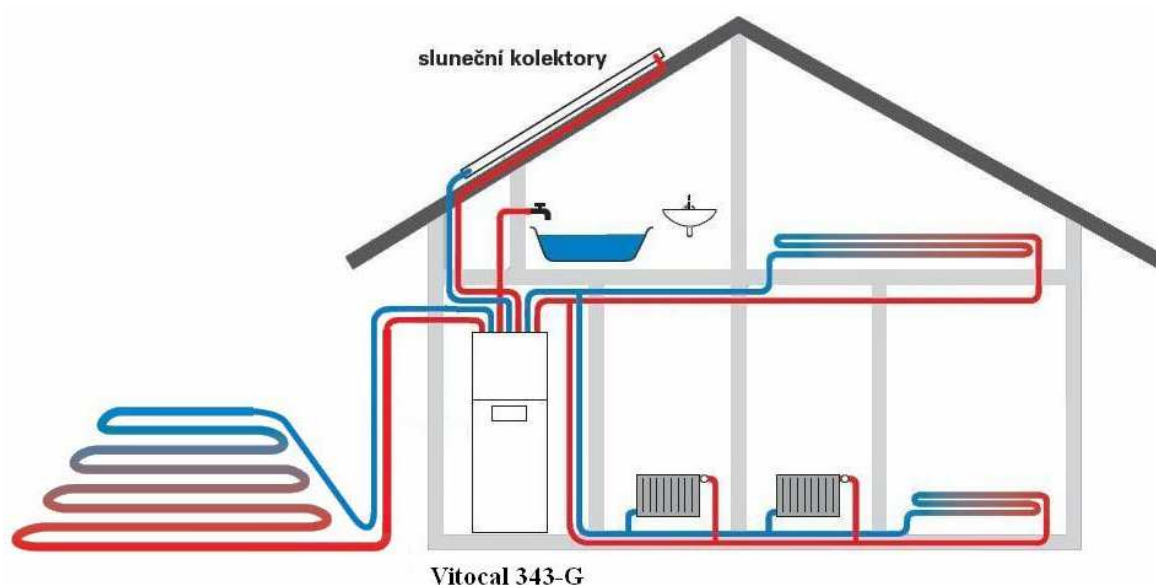
Průměrný součinitel prostupu tepla je pro navrhovaný rodinný dům  $U_{em} = 0,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Dle postupu podle normy ČSN 73 0540-2, spadá dům do kategorie C1 a je tedy vyhovující.



Obr. 7.1 Energetický štítek obálky budovy

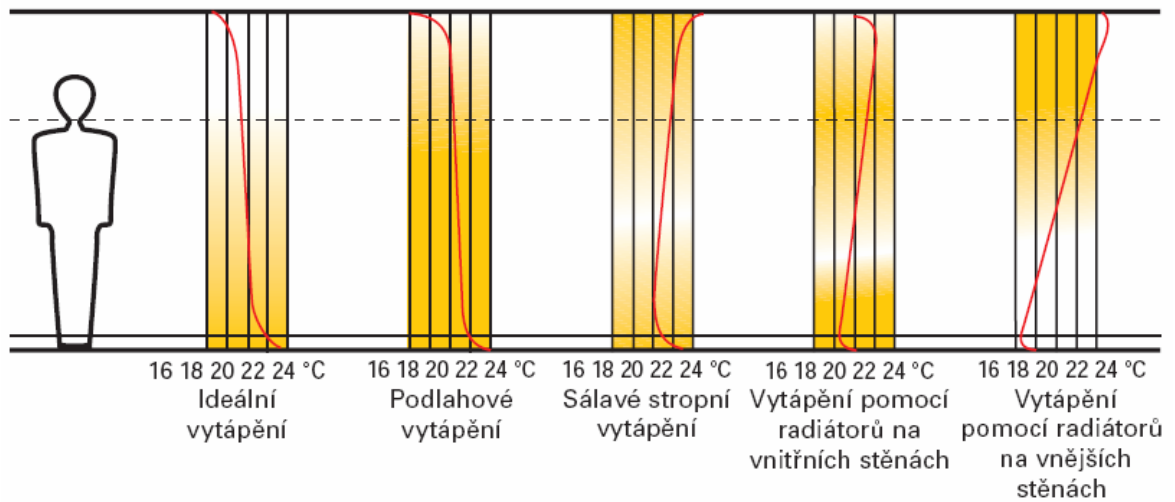
## 8 NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU A OHŘEV TEPLÉ VODY

Pro systém vytápění a ohřev teplé vody jsem vybral topnou věž Viessmann Vitocal 343-G, která obsahuje tepelné čerpadlo typu země – voda včetně vestavěného zásobníku pro ohřev teplé vody s integrovaným elektrickým dohřevem a také všechny komponenty pro solární integraci. Topná věž se solárními kolektory tedy zajišťuje teplo, jak pro podlahové vytápění a otopná tělesa, tak pro ohřev teplé vody.



Obr. 8.1 Schéma vytápěcího systému a ohřevu teplé vody

Tepelné čerpadlo se používá v tzv. nízkoteplotní topné soustavě, takže je vhodné pro systém podlahového vytápění. Podstatou systémů podlahového vytápění je rovnoměrné rozdělení teploty po celé ploše vytápěné místnosti a zajištění tepelného komfortu. Téměř ideální teplotní profil zajišťuje stálé a rovnoměrné pokojové klima. Teplotní profily pro několik způsobů vytápění jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr.8.2).



*Obr. 8.2 Teplotní profily*

Otopná soustava pracuje s nuceným oběhem topné vody. Teplotní spád jsem pro vytápěcí systém zvolil 50/40 °C, takže teplota topné vody vstupující do otopné soustavy je 50 °C a teplota topné vody vystupující z otopné soustavy je 40 °C. Otopná soustava je tvořena otopnými tělesy od společnosti Korado a podlahovým vytápěním gabotherm 1.2.3<sup>®</sup>. Pro otopnou soustavu jsem zvolil rozdělovací stanici GTF-FWRS 1", aby mohla soustava pracovat pouze s jednou teplotní úrovní.

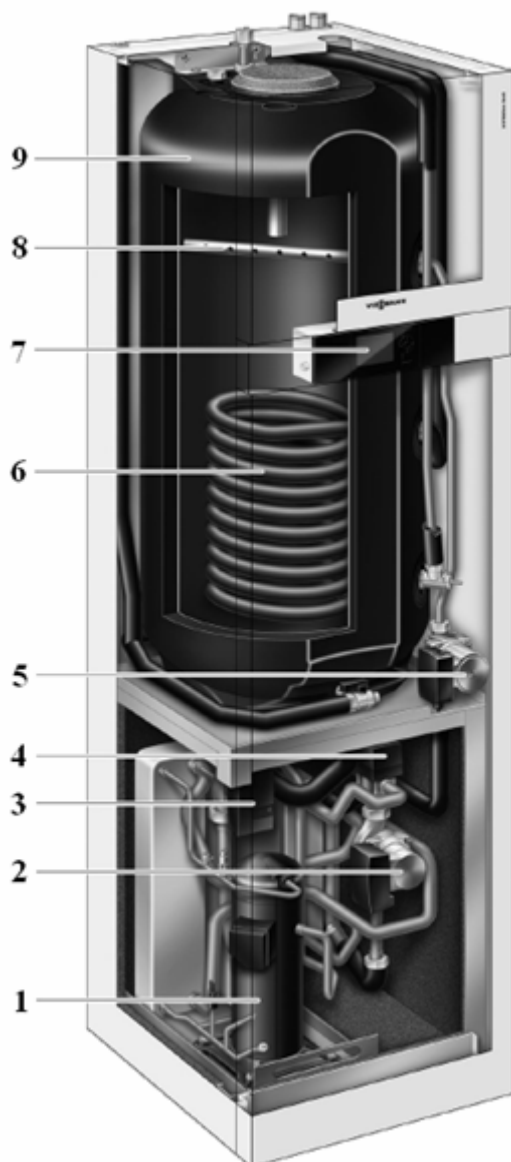
## 8.1 Topná věž Vitocal 343-G

Viessmann Vitocal 343-G BWT 110 je kompaktní topná věž s tepelným čerpadlem s připojením solárního systému. Díky integrovanému elektrickému ohřevu je zaručena dostatečná teplota v systému i při nepříznivých podmínkách pro získání energie z obnovitelných zdrojů. Topná věž je plnohodnotným zdrojem energie, který komfortně a spolehlivě zajišťuje vytápění a přípravu teplé vody. Jejimi výhodami jsou:

- Kompaktní topná věž s tepelným čerpadlem země/voda s topným výkonem 10,3 kW
- Topný faktor je podle EN 14511 (solanka 0 °C / voda 35 °C) 4,7
- Komfort teplé vody díky integrovanému zásobníku teplé vody s objemem 220 litrů
- Maximální výstupní teplota do 60 °C pitné vody
- Energeticky úsporné efektivní stejnosměrné čerpadlo uvnitř (energetický stupeň A)
- Nehlučný díky tlumení zvuku s hladinou akustického výkonu 46 dB
- Regulace Vitotronic s displejem s nekódovaným textem, kterou lze velmi jednoduše obsluhovat
- Možnost rozšíření o komfortní komunikační techniku

Tab. 16. Základní údaje

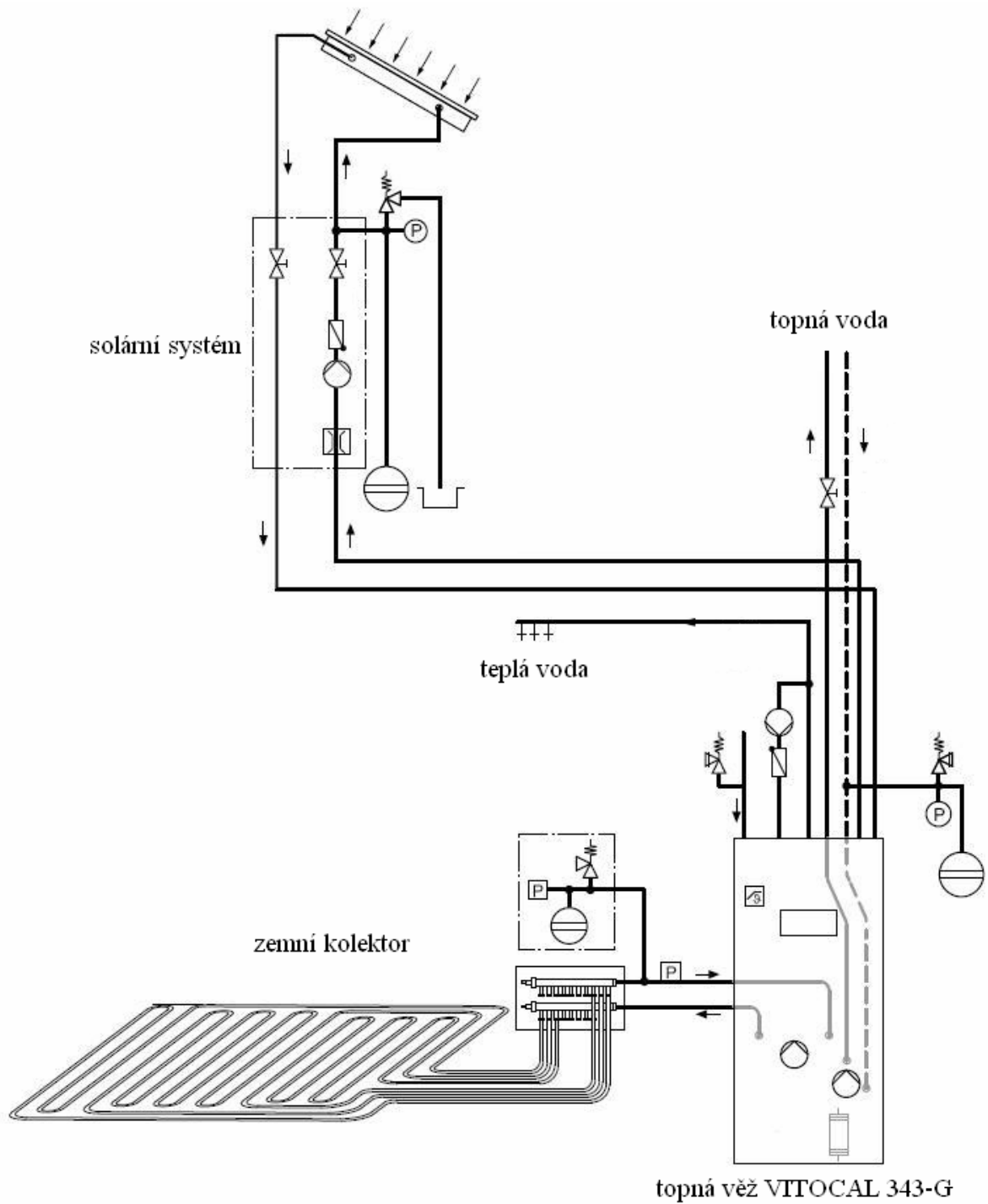
Jmenovitý tepelný výkon	10,3 kW
Chladicí výkon	8,3 kW
Elektrický příkon	2,19 kW
Topný faktor	4,7
Tepelný výkon elektrického ohříváče	9 kW
Objem zásobníku teplé vody	220 l



1. Plně hermetický kompresor Compliant Scroll
2. Sekundární čerpadlo (topná voda). Energetická třída A.
3. Primární čerpadlo (solanka). Energetická třída A.
4. Třícestný přepínací ventil „vytápění / ohřev vody“
5. Nabíjecí čerpadlo zásobníku s ovládním PWM
6. Solární výměník tepla
7. Ekvitermně řízená digitální regulace tepelného čerpadla Viotronic 200, typ WO1A
8. Nabíjecí tryska pro ohřev zásobníku
9. Zásobníkový ohřívač vody o objemu 220 l

Obr. 8.3 Topná věž Vitocal 343-G





Obr. 8.4 Schéma zapojení topné věže Vitocal 343-G

### 8.1.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je součástí topné věže Vitocal 343-G. Konkrétně se jedná o typ BWT 110 jehož jmenovitý tepelný výkon je 10,3 kW a topný faktor 4,7. Tepelné čerpadlo je typu země – voda. Teplo je ze země odebíráno pomocí zemního kolektoru a předáváno do otopné soustavy. Tepelné čerpadlo lze použít i pro chlazení budovy během horkých letních dnů pomocí funkce "natural cooling". K tomu je potřeba speciální příslušenství Viessmann NC-Box. Parametry tepelného čerpadla jsou v příloze P V.

### 8.1.2 Návrh zemního kolektoru

Množství tepla, které je možné zemním kolektorem ze země získat, závisí na několika faktorech. Podle dosavadních znalostí je vhodným zdrojem tepla hlinitá půda s vysokým obsahem vody. Ze zkušenosti lze počítat s výkonem odebraného tepla (chladicí výkon)  $q_E = 10$  až  $35 \text{ W/m}^2$  půdní plochy jako střední roční hodnotou pro celoroční provoz. K regeneraci ochlazeného území dochází v druhé polovině topné sezóny díky přibývajícimu slunečnímu záření a většímu množství srážek, takže je půda opět k dispozici pro nadcházející topnou sezónu.

Tab. 17. Typy půdy

Typ půdy	Odběrný výkon $q_E$ [ $\text{W/m}^2$ ]
Suchá písčité	10 – 15
Vlhká písčité	15 – 20
Suchá jílovité	20 – 25
Vlhká jílovité	25 – 30
Půda vedoucí spodní vody	30 – 35

Plocha pro zemní kolektor se určí pomocí tepelné potřeby budovy a typu půdy. Nejprve se určí chladicí výkon  $Q_K$  tepelného čerpadla ze vztahu:

$$Q_K = Q_{WP} - P_{WP} \text{ [W]} \quad (13)$$

kde:

$Q_{WP}$  ... výkon tepelného čerpadla [W]

$P_{WP}$  ... příkon tepelného čerpadla [W]

Tepelné čerpadlo BWT 110 při teplotním rozpětí 5 K (podle EN 14511, B0/W35 °C) má tepelný výkon 10,3 kW a příkon 2,19 kW.

$$Q_K = Q_{WP} - P_{WP} = 10,3 - 2,19 = 8,11 \text{ kW}$$

Potřebná plocha  $F_E$  se stanoví pomocí chladicího výkonu tepelného čerpadla a odběrného výkonu půdy ze vztahu:

$$F_E = \frac{Q_K}{q_E} \text{ [m}^2\text{]} \quad (14)$$

Po dosazení hodnoty chladicího výkonu a odběrného výkonu pro vlhkou jílovitou půdu:

$$F_E = \frac{Q_K}{q_E} = \frac{8110}{30} \approx 270 \text{ m}^2$$

V závislosti na ploše  $F_E$  a typu použitých trubek se určí počet 100 m okruhů. Pro zvolený typ trubek PE 32 × 3,0 (29) je výpočet počtu 100 m okruhů  $X$  následující:

$$X = F_E \cdot \frac{1,5}{100} = 4$$

Jsou tedy potřebné 4 trubkové okruhy o délce 100 m při použití trubek PE 32 × 3,0 (29). Potrubí zemního kolektoru se pokládá do hloubky 1,2 až 1,5 m a vzájemné vzdálenosti 0,75 m. K propojení primárního okruhu s jednotlivými větvemi zemního kolektoru se použije rozdělovač a sběrač. Teplonosné médium je směs Viessmann Tyfocor do -15 °C, která obsahuje 28,6 % etylénglykolu.

## 8.2 Návrh otopných těles

Otopná tělesa jsem navrhl do tří místností, a to do místnosti pro domácí práce a obou koupelen. V místnosti pro domácí práce je navrženo deskové otopné těleso Korado RADIK VK a pro koupelny otopná tělesa Korado KORALUX LINEAR, tak aby byly společně s podlahovým vytápěním pokryty tepelné ztráty místnosti.

Model RADIK VK, pro místnost pro domácí práce, je deskové otopné těleso v provedení VENTIL KOMPAKT. Umožňuje pravé spodní připojení na otopnou soustavu s nuceným oběhem.

Trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR, pro koupelny, je vyrobeno z uzavřených ocelových profilů se čtvercovým a kruhovým průřezem. Konstrukční řešení umožňuje sušení textilií. Rozteč připojení na otopnou soustavu je odvozena z délky otopného tělesa.

### 8.2.1 Výpočet výkonu otopných těles

Příklad výpočtu výkonu otopného tělesa RADIK 22 VK pro místnost 1.11 Domácí práce:

Parametry od výrobce otopného tělesa:

- Teplotní exponent  $n = 1,33$
- Přestupní plocha  $A = 3,7 \text{ m}^2$
- Tepelný výkon otopného tělesa pro teplotní spád 55/45 °C a teplotu v místnosti 15 °C:  $P_n = 601 \text{ W}$

Z těchto parametrů se nejprve vypočítá normální střední teplota topné vody  $\Delta\theta_n$  pro teplotní spád 55/45 °C pomocí vztahu:

$$\Delta\theta_n = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} \text{ [K]} \quad (15)$$

kde:

$\theta_V$  ... přívodní teplota topné vody [°C]

$\theta_R$  ... vratná teplota topné vody [°C]

$\theta_i$  ... vnitřní výpočtová teplota [°C]

Konkrétně tedy:

$$\Delta\theta_n = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} = \frac{55 - 45}{\ln \frac{55 - 15}{45 - 15}} = 34,76 \text{ K}$$

Dále se vypočítá součinitel prostupu tepla  $U_n$  při původním teplotním spádu ze vztahu:

$$U_n = \frac{P_n}{A \cdot \Delta\theta_n} \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]} \quad (16)$$

Po dosazení:

$$U_n = \frac{P_n}{A \cdot \Delta\theta_n} = \frac{601}{3,7 \cdot 34,76} = 4,67 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Poté je vypočtena účinná střední teplota topné vody  $\Delta\theta_s$  pro navržený teplotní spád 50/40 °C ze vztahu:

$$\Delta\theta_s = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} \text{ [K]} \quad (17)$$

Po dosazení:

$$\Delta\theta_s = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} = \frac{50 - 40}{\ln \frac{50 - 15}{40 - 15}} = 29,72 \text{ K}$$

Následně se vypočítá součinitel prostupu tepla  $U$  pro navržený teplotní spád ze vztahu:

$$U = U_n \left( \frac{\Delta\theta_s}{\Delta\theta_n} \right)^{(n-1)} \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]} \quad (18)$$

Po dosazení:

$$U = U_n \left( \frac{\Delta\theta_s}{\Delta\theta_n} \right)^{(n-1)} = 4,67 \cdot \left( \frac{29,72}{34,76} \right)^{(1,33-1)} = 4,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Výsledný topný faktor otopného tělesa  $P_{OT}$  se pro navržený teplotní spád vypočítá ze vztahu:

$$P_{OT} = U \cdot A \cdot \Delta\theta_s \text{ [W]} \quad (19)$$

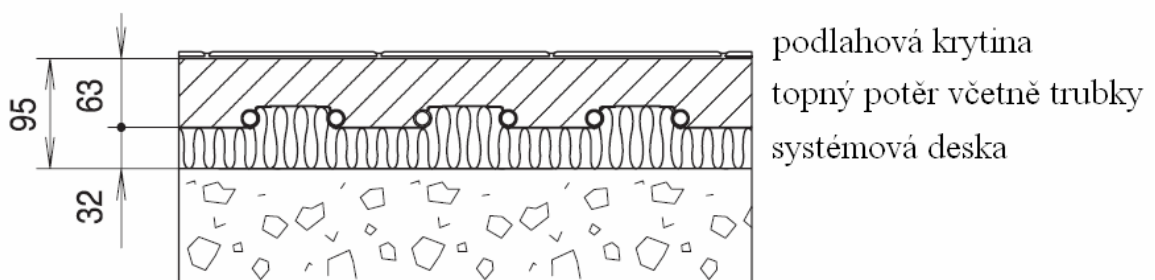
Po dosazení je topný faktor otopného tělesa:

$$P_{OT} = U \cdot A \cdot \Delta\theta_s = 4,43 \cdot 3,7 \cdot 29,72 = 487,14 \text{ W}$$

Stejným postupem se vypočítá topný faktor pro obě koupelny při teplotním spádu 50/40 °C a vnitřní teplotou 24 °C. Topný faktor tělesa KORALUX LINEAR pro místnost 1.10 Koupelna je  $P_{ot} = 384,11$  W a pro místnost 2.6 Koupelna je  $P_{ot} = 384,11$  W.

### 8.3 Návrh podlahového vytápění

Jako podlahové vytápění jsem zvolil systém podlahového vytápění gabotherm 1.2.3<sup>®</sup>. Tento systém se skládá ze tří prvků: polybutenové topné trubky gabomax<sup>®</sup>, systémové desky z tvarovaného polystyrenu a rozdělovací stanice s násuvnými spojkami.



Obr. 8.5 Skladba podlahového vytápění

Tepelný výkon podlahového vytápění jsem volil pro vytápění celého prostoru, případně v kombinaci s otopnými tělesy. Některé místnosti mají společný otopný okruh.

Jako příklad postupu dimenzování podlahového vytápění uvedu otopný okruh jehož podlahovou krytinou jsou dlaždice. Tento otopný okruh je společný pro místnost 1.1 Zádveří a 1.2 Šatna. Tento okruh má největší hustotou tepelného toku. Při výpočtu okruhů podlahového vytápění je třeba určit jejich plochu a požadovaný tepelný výkon. Z těchto hodnot se vypočítá hustota tepelného toku  $q_i$  [W/m<sup>2</sup>] s použitím vztahu:

$$q_i = \frac{P_P}{A_F} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (20)$$

kde:

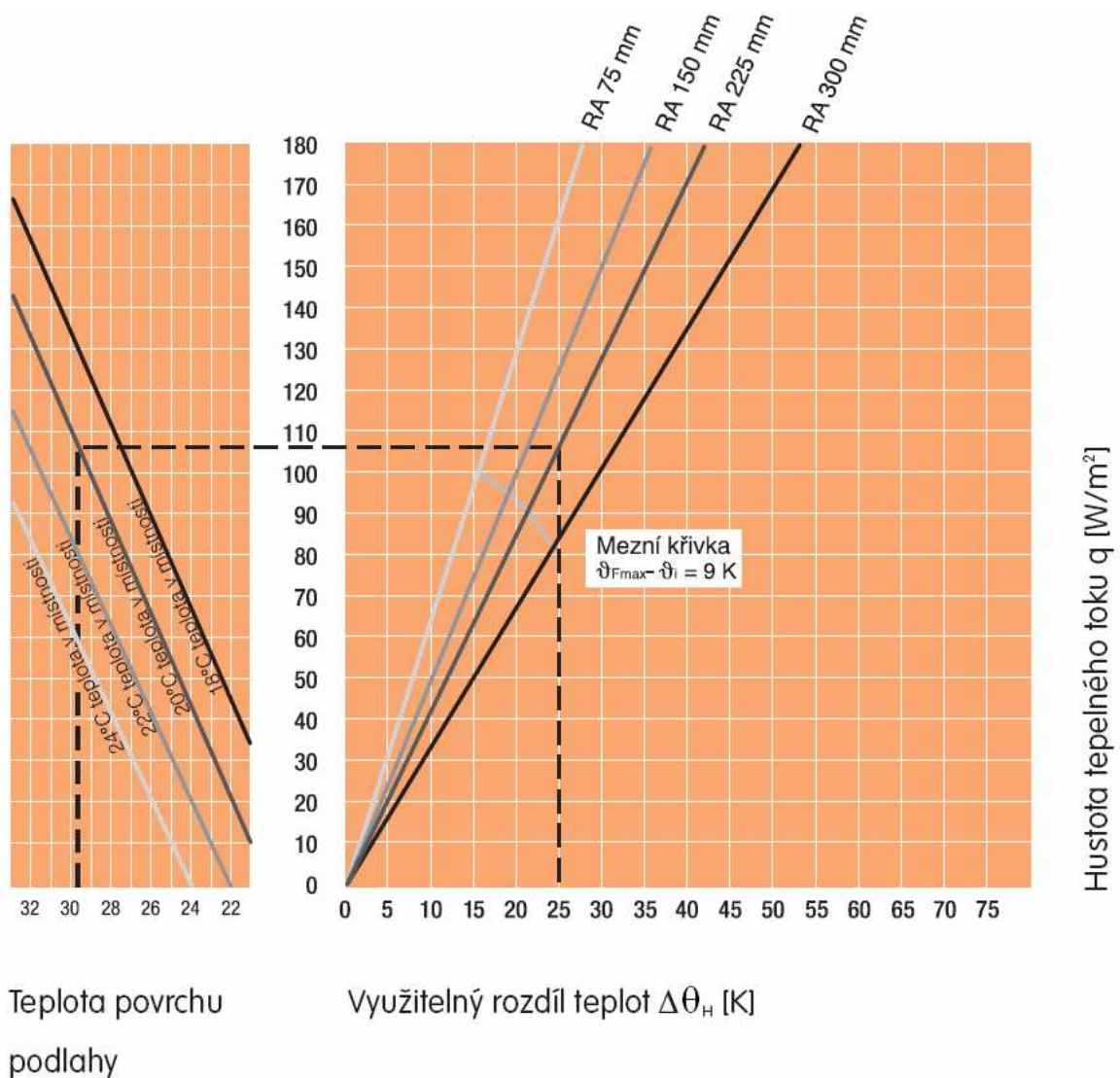
$A_F$  ... vytápěná plocha [m<sup>2</sup>]

$P_P$  ... požadovaný tepelný výkon [W]

Po dosazení:

$$q_i = \frac{P_p}{A_F} = \frac{335}{3,8} = 88,16 \text{ W} / \text{m}^2$$

Dále se z charakteristických křivek, udávaných výrobcem systému podlahového vytápění, určí vhodné rozestupy trubek  $RA$  [mm], využitelný rozdíl teplot  $\Delta\theta_H$  [K] a teplota povrchu podlahy. Konkrétně jsem tedy zvolil pro daný okruh rozstup trubek  $RA = 150$  mm. Využitelný rozdíl teplot je  $\Delta\theta_H = 17,5$  K. Při teplotě v místnosti  $\theta_i = 20$  °C bude teplota povrchu podlahy 28 °C.



Obr. 8.6 Charakteristická křivka podlahového vytápění s podlahovou krytinou: dlaždice

Tento otopný okruh má největší hustotu tepelného toku, takže projektový rozdíl teplot teplotonosné látky bude  $\Delta\theta_{H,des} = 17,5$  K. Rozdíl teplot přívodní a vratné vody v této

místnosti je navržen 5 K. Projektový rozdíl teplot v přívodu  $\Delta\theta_{V,des}$  se pak vypočte podle vztahu:

$$\theta_{V,des} = \theta_{H,des} + \frac{\sigma}{2} \text{ [K]} \quad (21)$$

kde:

$\sigma$  ... rozdíl teplot teplotnosné látky [K]

Po dosazení je tedy projektový rozdíl teplot v přívodu:

$$\theta_{V,des} = \theta_{H,des} + \frac{\sigma}{2} = 17,5 + \frac{5}{2} = 20 \text{ K}$$

Teplotu přívodní topné vody v jednotlivých otopných okruzích jsem navrhl 40 °C. Rozdíl teplot teplotnosné látky pro další otopné okruhy se vypočítá ze vztahu:

$$\sigma_i = 2 \cdot (\theta_{V,des} - \theta_{H,i}) \text{ [K]} \quad (22)$$

Na závěr se pro jednotlivé otopné okruhy vypočítá hmotnostní průtok  $M_{H,i}$ . Součinitel, odpovídající 10-ti % prostupu tepla směrem dolů, má hodnotu 1,1. Hmotnostní průtok se vypočítá ze vztahu:

$$M_{H,i} = 1,1 \cdot \frac{P_P}{c \cdot \sigma_i} \cdot 3600 \text{ [kg/h]} \quad (23)$$

kde:

$\sigma_i$  ... rozdíl teplot teplotnosné látky [K]

$P_P$  ... požadovaný tepelný výkon [W]

$c$  ... měrná tepelná kapacita vody [J/kg·K]

Pro daný otopný okruh je tedy hmotnostní průtok:

$$M_{H,i} = 1,1 \cdot \frac{P_P}{c \cdot \sigma_i} \cdot 3600 = 1,1 \cdot \frac{335}{4180 \cdot 5} \cdot 3600 = 63,47 \text{ kg/h}$$

Hodnoty všech otopných okruhů jsou uvedeny v následující tabulce (Tab.18).



Tab. 18. Hodnoty podlahového vytápění

Kód místnosti	Vytápěná plocha $A_F$ [m <sup>2</sup> ]	Požadovaný tepelný výkon $P_P$ [W]	Hustota tepelného toku $q_i$ [W/ m <sup>2</sup> ]	Rozestup trubek $RA$ [mm]	Využitelný rozdíl teplot $\Delta\theta_{H,i}$ [K]	Hmotnostní průtok $M_{H,i}$ [kg/h]
1.1 1.2	3,80	335,00	88,16	150,00	17,50	63,47
1.3 1.4	17,00	585,00	34,41	150,00	9,00	25,19
1.5	28,50	1001,00	35,12	150,00	9,00	43,11
1.6 1.7	16,15	1215,00	75,23	75,00	16,00	143,88
1.8 1.9	16,80	730,00	43,45	75,00	10,00	34,58
1.10	5,60	445,00	79,46	75,00	12,50	28,11
2.1 2.7	10,98	785,00	71,49	75,00	16,00	92,96
2.2 2.3	20,40	715,00	35,05	150,00	9,00	30,79
2.4	20,90	870,00	41,63	150,00	10,50	43,38
2.5	15,50	720,00	46,45	150,00	12,00	42,63
2.6	8,43	625,00	74,14	75,00	11,50	34,83

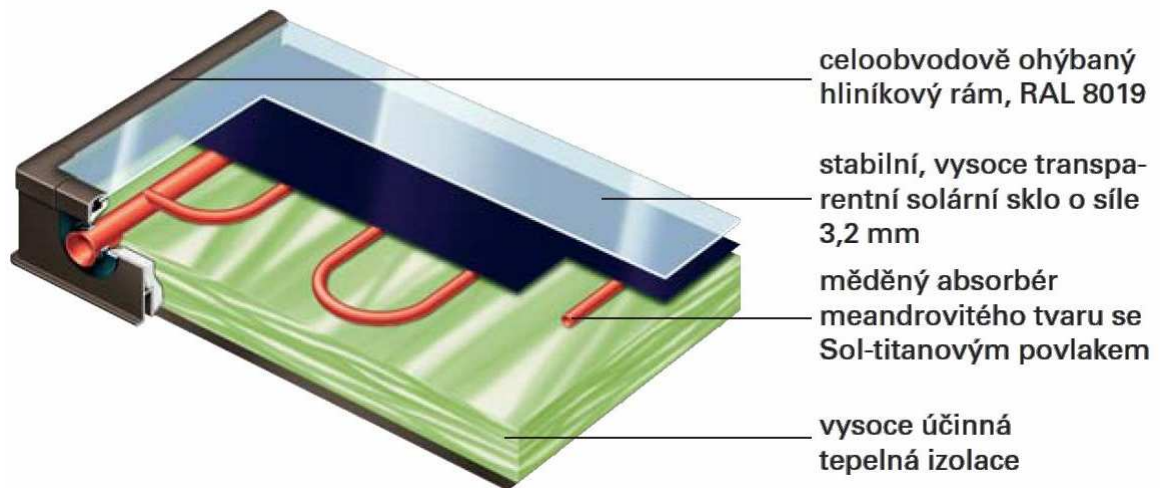
## 8.4 Návrh solárního systému

Solární systém je určen pro ohřev teplé vody. Spotřebu teplé vody lze odhadnout z tabulky (Tab. 19). Zásobník pro ohřev teplé vody o objemu 220 l je integrován v topné věži Viessmann Vitocal 343-G, ke které se solární kolektory připojí. Součástí zásobníku pro ohřev teplé vody je i elektrický dohřev pro případ nedostatečného výkonu solárního systému při nepříznivém počasí. Elektrický dohřev lze nastavit pomocí ovládacího panelu topné věže tak, aby se v pravidelných intervalech ohřála voda v zásobníku nad teplotu 70 °C jako preventivní opatření proti bakteriím legionely. Z hodnot uvedených v tabulce usuzuji, že pro čtyřčlennou rodinu bude zásobník teplé vody v topné věži postačující.

Tab. 19. Spotřeba teplé vody podle VDI 2067

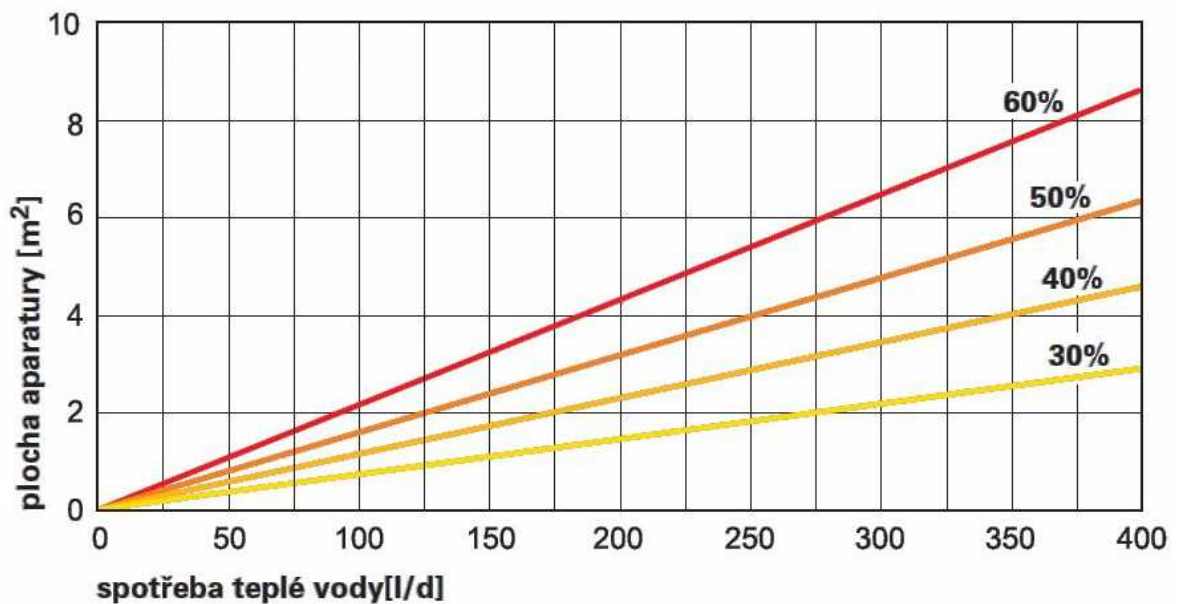
Nároky	Potřeba teplé vody $V_p$ [litr/osoba-den]
Vysoké	50 – 80
Střední	30 – 50
Jednoduché	15 – 30

Z důvodu zajištění kompatibility s topnou věží Vitocal 343-G jsem navrhl ploché solární kolektory Viessmann Vitosol 200-F. Tyto kolektory navrhuji použít dva s celkovou plochou 5 m<sup>2</sup> při umístění na jižní stranu střechy se sklonem 40°. Ploché kolektory Vitosol 200-F (Obr. 8.7) jsou z absorberu se sol-titanovou vrstvou. Ta zaručuje vysokou účinnost kolektorů. Teplonosné médium proudí přes meandrovitě tvarovanou měděnou trubku, která je spojena s absorberem. Teplonosné médium přebírá z absorberu teplo prostřednictvím měděné trubky. Absorbér je obklopen tepelně vysoce izolovaným kolektorovým obalem, který minimalizuje tepelné ztráty kolektoru. Kryt kolektoru je z tabule solárního skla s nízkým obsahem železa snižující ztráty způsobené odrazem. Solární sklo má tloušťku 3,2 mm, a proto je mimořádně odolné vůči povětrnostním vlivům. Parametry solárního panelu Vitosol 200-F jsou uvedeny v příloze P VI.



Obr. 8.7 Skladba solárního kolektoru Vitosol 200-F

Následující obrázek (Obr. 8.8) ukazuje dosažitelné solární krytí kolektoru Vitosol 200-F v závislosti na ploše kolektorů a spotřebě teplé vody v litrech za den. Vyplývá z něj, že pro ohřev zásobníku teplé vody bude dosaženo solární krytí 60 % při ploše kolektorů 5 m<sup>2</sup>. Tyto hodnoty jsou udávány při orientaci střechy na jih a sklonu střechy 45°.



Obr. 8.8 Solární krytí kolektoru Vitosol 200-F

Výpočet expanzní nádoby

Jmenovitý objem expanzní nádoby  $V_N$  se vypočítá pomocí vztahu:

$$V_N = \frac{(V_v + V_2 + z \cdot V_k) \cdot (p_e + 1)}{p_e - p_{st}} \quad [1] \quad (24)$$

kde:

$V_v$  ... bezpečnostní množství vody (minimálně 3) [l]

$V_2$  ... zvětšení objemu při ohřevu zařízení,  $V_2 = V_A \cdot \beta$  kde:

$V_A$  ... objem kapaliny celého zařízení [l]

$\beta$  ... koeficient roztažnosti, pro teplotnosné médium Viessman  $\beta = 0,13$

$z$  ... počet kolektorů

$V_k$  ... objem kolektorů [l]

$p_e$  ... přípustný konečný přetlak [bar],  $p_e = p_{si} - 0,1 \cdot p_{si}$  kde:

$p_{si}$  ... odřukový tlak pojistného přetlakového ventilu

$p_{st}$  ... přetlak dusíku expanzní nádoby [bar],  $p_{st} = 1 + 0,1 \cdot h$  kde:

$h$  ... statická výška zařízení [m]

Po dosazení pro zvolený systém vychází jmenovitý objem expanzní nádoby následovně:

$$V_N = \frac{(V_v + V_2 + z \cdot V_k) \cdot (p_e + 1)}{p_e - p_{st}} = \frac{(3 + 1,9 + 2 \cdot 1,83) \cdot (3,6 + 1)}{3,6 - 1,45} = 18,31l$$

Z důvodu možné tvorby páry v potrubí solárního okruhu se doporučuje vypočtenou hodnotu  $V_N$  vynásobit bezpečnostním faktorem 1,5. Po tomto výpočtu vyjde objem expanzní nádoby 27,5 l. Expanzní nádoby jsou vyráběny v určitých objemových řadách, takže je třeba vybrat nádobu s nejbližším vyšším objemem. Zvolil jsem tedy membránovou expanzní nádobu Great GS 35 s objemem 35 l.

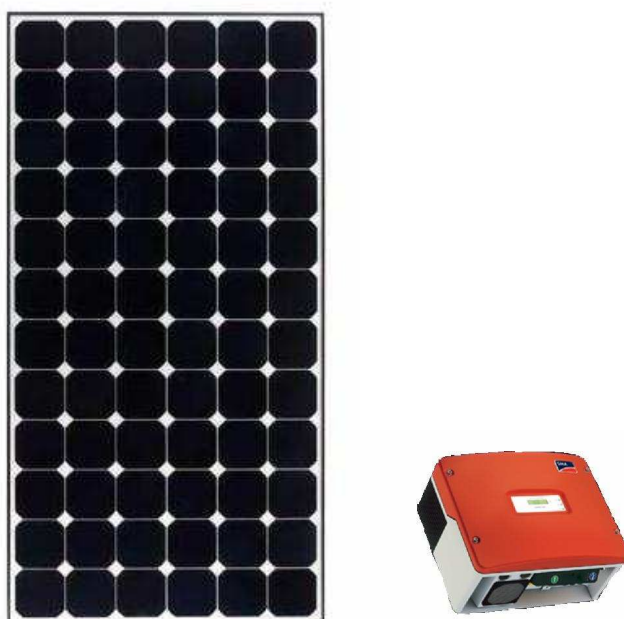
## 9 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

Fotovoltaický systém je navržen pro připojení typu grid-on, nebo-li připojení do distribuční sítě. Stejnsměrný proud z fotovoltaických panelů se konvertuje pomocí střídače napětí na střídavý proud a získaná elektrická energie je dodávána do distribuční sítě. Fotovoltaické panely jsou navrženy pro umístění na střechu rodinného domu, která je orientovaná na jih se sklonem 40°.



*Obr. 9.1 Příklad systému grid-on*

Zvolil jsme fotovoltaické monokrystalické panely SunPower SPR 225 WHT a jednofázový střídač SMA Sunny Boy 3800 (Obr. 9.2). Tyto panely dosahují účinnosti až 18,1 % při jmenovitém výkonu 225 Wp. SunPower dává, oproti většině jiných společností, záruku 25 let na výkon panelů nad 90 % a záruku 10 let na materiál. Na střechu se umístí 17 panelů, které pokryjí 21,15 m<sup>2</sup> plochy střechy. Každý panel se skládá ze 72 křemíkových článků. Celkový jmenovitý výkon těchto panelů je 3,825 kWp. Parametry fotovoltaického panelu SunPower SPR 225 WHT a střídače SMA Sunny Boy 3800 jsou v příloze P VII.



*Obr. 9.2 Fotovoltaický panel SunPower SPR 225  
WHT a jednofázový střídač SMA Sunny Boy 3800*

## 9.1 Množství vyrobené energie podle PVGIS

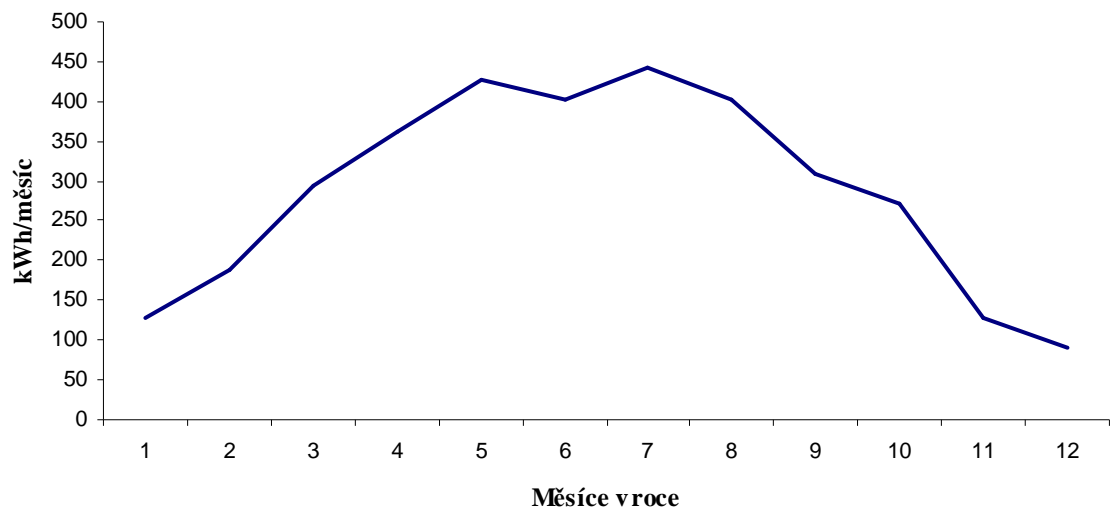
PVGIS je zkratka pro PhotoVoltaic Geographical Information System, což v překladu znamená fotovoltaický geografický informační systém. Tento systém je publikován Evropskou komisí a znázorňuje množství elektrické energie, kterou lze získat v různých částech Evropy pomocí fotovoltaických systémů. PVGIS umožňuje odhadnout intenzitu slunečního záření kdekoliv v Evropě.

K výpočtu množství vyrobené energie navrženým fotovoltaickým systémem jsem použil internetový portál se systémem PVGIS. Po zadání požadovaných údajů jsem dostal následující údaje:

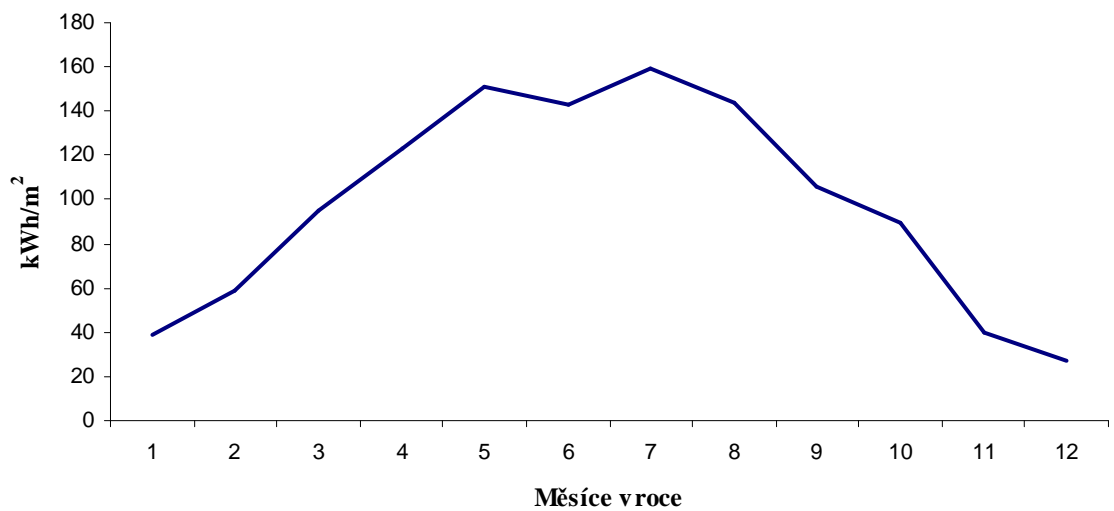
- Odhadované ztráty způsobené teplotou: 12,1 %
- Odhadované ztráty způsobené odrazem: 2,9 %
- Další ztráty (kabeli, střídač, atd.): 10 %
- Celkové ztráty systému: 23,2 %

Tab. 20. Množství získané energie v jednotlivých měsících

Měsíc	Průměrná denní produkce elektřiny $E_d$ [kWh]	Průměrná měsíční produkce elektřiny $E_m$ [kWh]	Průměrné denní množství intenzity slunečního záření $H_d$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Průměrné měsíční množství intenzity slunečního záření $H_m$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Leden	4,12	128	1,25	38,7
Únor	6,74	189	2,11	59,2
Březen	9,46	293	3,08	95,4
Duben	12,00	361	4,11	123
Květen	13,80	428	4,86	151
Červen	13,40	402	4,77	143
Červenec	14,30	443	5,13	159
Srpen	13,00	403	4,65	144
Září	10,30	309	3,55	106
Říjen	8,73	271	2,89	89,5
Listopad	4,24	127	1,33	40
Prosinec	2,89	89,7	0,88	27,4
<b>Celkem za rok</b>	3440		1180	



Obr. 9.3 Graf průměrné měsíční produkce elektrické energie po měsících



Obr. 9.4 Graf průměrného měsíčního množství intenzity slunečního záření na m<sup>2</sup>



## 10 NÁVRH SILNOPROUDÉ ELEKTROINSTALACE

Navrhovaná silnoproudá elektroinstalace v budově obsahuje zásuvkové obvody sloužící k napájení elektrických spotřebičů a světelné obvody.

K rozvodové síti nízkého napětí je rodinný dům připojen pomocí připojovacího vedení v zemi. To je přivedeno do hlavní domovní skříně, kde je umístěn elektroměr. Spodní okraj hlavní domovní skříně má být podle normy 0,6 m nad upraveným terénem. Skříň lze umístit i výše s ohledem na místní podmínky, maximálně však do výšky 1,5 m. Před přípojkovou skříní musí být volný prostor o šíři alespoň 0,8 m pro bezpečné provádění obsluhy a prací.

Z hlavní domovní skříně vede přes pojistky hlavní domovní vedení do dvou bytových rozvodnic. Jedna je umístěna v garáži a druhá v šatně rodinného domu. Bytová rozvodnice obsahuje hlavní vypínač, jističové moduly, moduly proudového chrániče, moduly přepěťové ochrany, dále se zde dělí obvody na zásuvkové a světelné.

### 10.1 Návrh zásuvkových obvodů

Zapojení zásuvkových okruhů a připojení elektrických spotřebičů podléhá normě ČSN 33 2180 [30]. Ta definuje základní požadavky na zásuvky, elektrické spotřebiče, jejich umístění, provoz, zapojení atd.

Navrhují připojit každou místnost na vlastní okruh s jističem. Dále pak zvlášť podle požadavků normy okruhy pro spotřebiče s výkonem nad 2 kW, například pračku, myčku nádobí, sporák a další. Bez ohledu na použitý jistič může být na jeden okruh připojeno maximálně 10 zásuvek, přičemž je vícenásobná zásuvka považována za jeden zásuvkový vývod. Celkový instalovaný příkon nesmí překročit 2300 VA pro jistič 10 A, a 3680 VA pro jistič 16 A. Elektrické rozvody jsou provedeny v rozvodné síti typu TN-S, kde jsou v celé síti vedeny ochranný a střední vodič jako dva samostatné vodiče.

Doporučené minimální počty zásuvek v jednotlivých místnostech udává norma ČSN 33 2130. Tyto počty zásuvek se výrazně liší od evropského standardu. V každé místnosti by měl být takový počet zásuvek, aby postačovaly pro připojení všech předpokládaných spotřebičů. Doporučené počty zásuvek a mnou navržené počty zásuvek jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab.21, Tab.22).

Tab. 21. Doporučené minimální počty zásuvek v místnostech

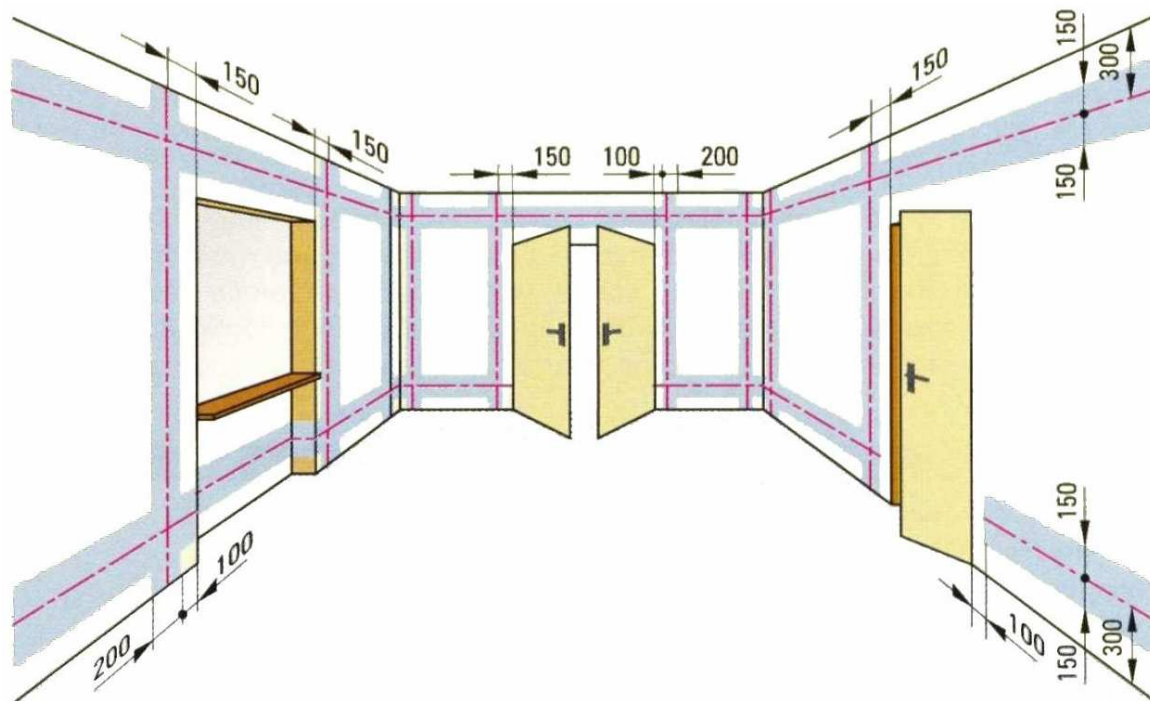
Místnost	ČSN 33 2130	Evropský standard	Vyšší evropský standard
Obývací pokoj do 20 m <sup>2</sup>	4	7	9
Obývací pokoj nad 20 m <sup>2</sup>	5	9	11
Ložnice do 12 m <sup>2</sup>	3	5	7
Ložnice do 20 m <sup>2</sup>	4	7	9
Ložnice nad 20 m <sup>2</sup>	5	9	11
Kuchyně	3	7	8
Koupelna	2	4	9
WC	1	2	2
Domácí dílna, pracovna	3	5	7
Chodba	1	2	3
Místnost pro domácí práce	3	7	9
Sklípek, komora	0	2	2
Terasa	1	1	3
Obytná lodžie, atrium	1	1	3

Tab. 22. Navržené počty zásuvek v místnostech

Kód místnosti	Místnost	Počet zásuvek	Kód místnosti	Místnost	Počet zásuvek
1.1	Zádveří	1	1.12	Garáž	4
1.2	Šatna	1	2.1	Chodba	2
1.3	WC	1	2.2	Pokoj	4

1.4	Hala	2	2.3	Šatna	1
1.5	Obývací pokoj	7	2.4	Pokoj	4
1.6	Jídelna	2	2.5	Pokoj	4
1.7	Kuchyň	7	2.6	Koupelna	2
1.8	Ložnice	4	2.7	WC	1
1.9	Šatna	1	2.8	Sklad	1
1.10	Koupelna	2		terasa	2
1.11	Domácí práce	5			

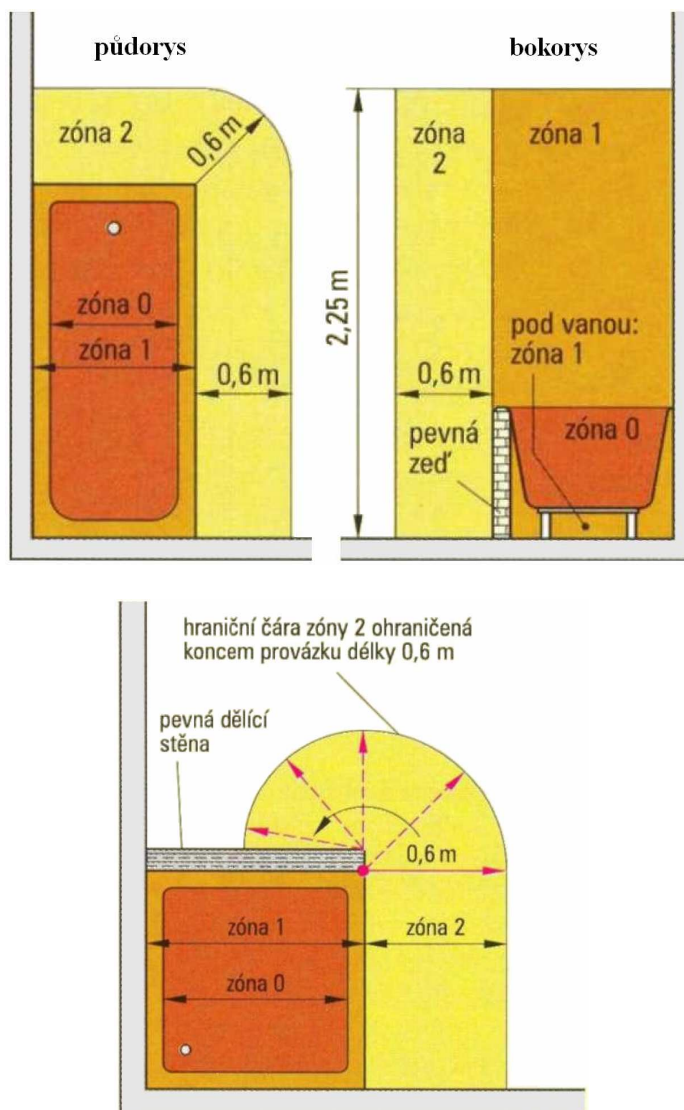
Zásuvkové okruhy jsou vedeny pod omítkou a instalují se většinou ve výšce 30 cm nad podlahou. Z důvodu bezpečnosti a lepšího vyhledání vedení by měly být dodrženy elektroinstalační zóny (Obr.10.1). V bytových prostorách se vedou vodorovné vodiče 30 cm pod stropem nebo 30 cm nad podlahou. Svislé vodiče se instalují ve vzdálenosti 15 cm od hran stavby nebo od rohů místnosti. Svislé instalační zóny jdoucí od podlahy ke stropu mají šířku 20 cm. 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 pak rovnoběžně s šikmými stěnami. Vodiče vedené v podlaze nebo ve stropě, mohou spojovat kontaktní místa nejkratší cestou. Zobrazení elektroinstalačních zón v obytném pokoji je vyobrazena na následujícím obrázku (Obr.10.1).



Obr. 10.1 Elektroinstalační zóny v obytných prostorách

Pro elektroinstalaci v kuchyni je nutný plán zařízení kuchyně, aby byly zásuvky umístěny ve správné poloze a výšce. U pracovní plochy v kuchyni se zásuvky umísťují v zóně v rozmezí od 0,9 do 1,2 m nad podlahou. Malé kuchyňské přístroje se zapojují do zásuvek, které jsou umístěny v oblasti pracovní plochy. Zásuvky pro vestavěné spotřebiče, například pro odsávač par, myčku nádobí, mikrovlnou troubu, a další, mohou být instalovány v oblasti spotřebičů nebo přímo nad závěsnými skříňkami. Uspořádání zásuvek nad skříňkami má tu výhodu, že přístroje lze v zabudovaném stavu odpojit od sítě.

Koupelnové rozvody a rozmístění zásuvek musí být v souladu s normou ČSN 33 2000–7–701. Tato norma rozděluje koupelnu, v části kde se nachází vana nebo sprchový kout, z důvodů bezpečnosti na několik zón (Obr.10.2).



Obr. 10.2 Rozdělení zón v koupelně s vanou a sprchovým koutem

*Zóna 0* – zahrnuje vnitřní prostor van nebo sprchových koutů. V této zóně může být použito malé napětí SELV do střídavého napětí 12 V, jehož bezpečnostní zdroj musí být instalován mimo zóny 0 a 1. V této zóně je nejvyšší stupeň ohrožení.

*Zóna 1* – je omezena svislými plochami okolo vany nebo sprchového koutu do výšky 2,25 m. Patří sem i prostor pod vanou nebo sprchovým koutem. Mohou zde být umístěny pouze elektrické rozvody nezbytné pro napájení pevných elektrických zařízení umístěných v zónách 0 a 1. Nesmí se zde instalovat žádný spínač a zásuvky s výjimkou spínačů obvodů SELV napájených střídavým napětím do 12 V, jehož bezpečnostní zdroj musí být instalován mimo zóny 0 a 1. Obvody musí být chráněny jističem s citlivostí 30 mA.

*Zóna 2* – je prostor na vnější straně zóny 1 a rovnoběžnou svislou plochou vzdálenou 0,6 m od zóny 1, sahající do výšky 2,25 m nad podlahu. V zóně 2 musí být elektrické rozvody omezeny na ty, které jsou nezbytné pro napájení pevných elektrických zařízení umístěných v zónách 0, 1 a 2. Nesmí se zde instalovat žádné spínače a zásuvky, s výjimkou spínačů a zásuvek obvodů SELV v případě, že je zdroj bezpečného napětí instalován mimo zóny 0, 1 a 2, a obvody jsou jistěny proudovým chráničem s citlivostí do 30 mA. Výjimkou jsou i jednotky napájející holicí strojky.

Ve všech zónách musí být zajištěna ochrana před dotykem živých částí pomocí přepážek nebo krytů se stupněm ochrany alespoň IPX2. Pro větší ochranu je použit proudový chránič s jmenovitým vybavovacím rozdílový proudem 30 mA. Proudový chránič zajišťuje včasné odpojení spotřebiče, pokud dojde k situaci vzniku nebezpečného dotykového napětí na neživé, případně na živé části. Vypínací čas proudového chrániče se pohybuje v řádech jednotek až desítek milisekund.

## 10.2 Návrh světelných okruhů

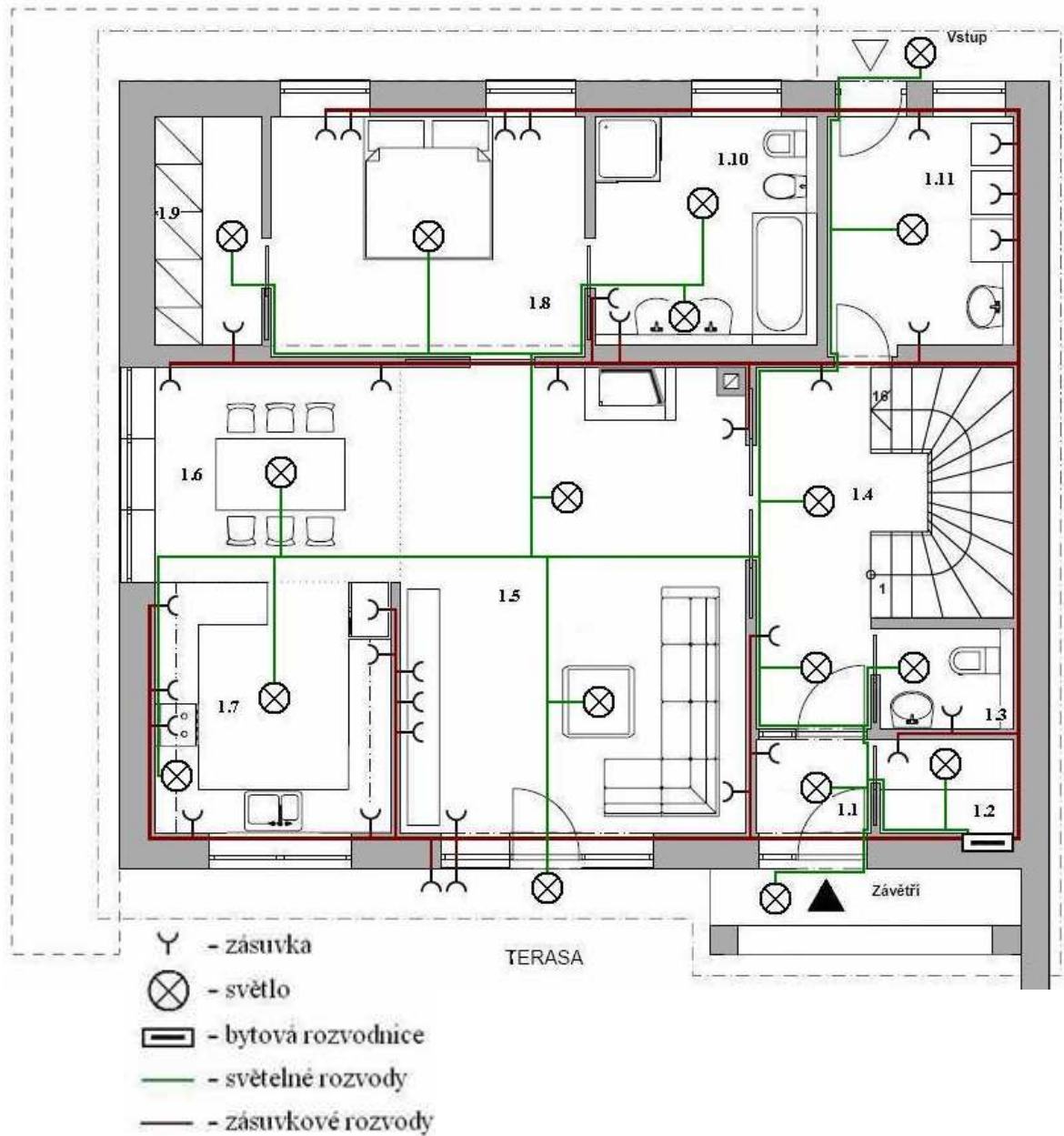
Všechna svítidla v domě jsou připojena na světelné okruhy. Na jeden světelný okruh lze připojit takové množství svítidel, aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jističího přístroje okruhu, přičemž se jmenovitý proud svítidel stanoví z maximálního příkonu. Světelné okruhy navrhuji tři. Jeden okruh je určen pro 1.NP, další pro podkroví a třetí pro garáž. Každý okruh je jistěný pomocí jističe s hodnotou 10 A.

Světelný vývod se zpravidla zřizuje uprostřed místnosti a je ovládaný spínačem od vchodu do místnosti. Dotykové spínače se umisťují do výšky 1,2 m od podlahy, případně lépe dostupné místo.

V domě budou použita úsporná zářivková svítidla. Starší typy úsporných zářivek nebyly vhodné pro časté rozsvěcování a zhasínání, což snižovalo jejich životnost. Nové typy tento problém nemají a lze je použít i pro místnosti, ve kterých je často rozsvěcováno a zhasínáno. Počet svítidel v jednotlivých místnostech je uveden v následující tabulce.

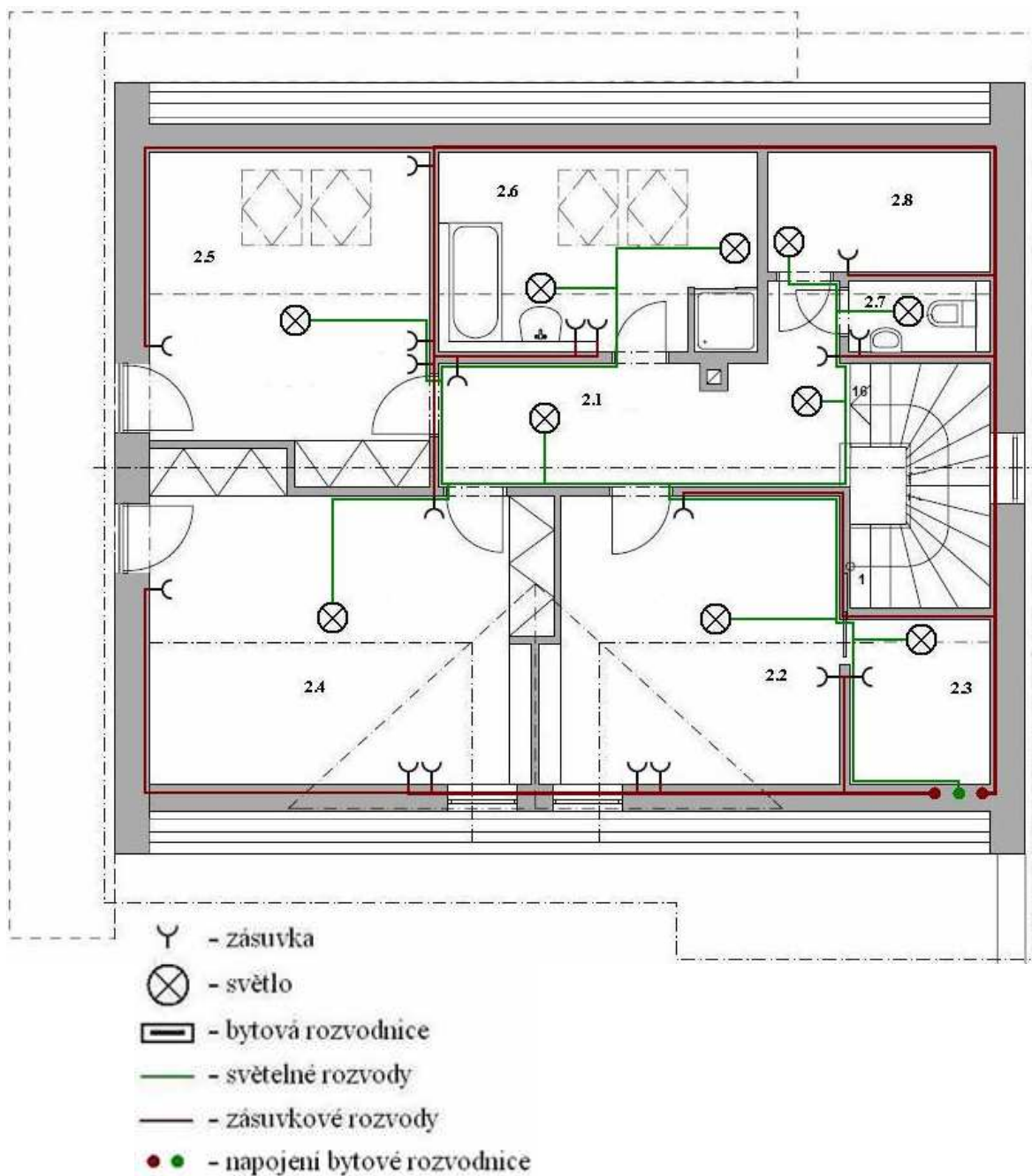
Tab. 23. Navržené počty svítidel

Kód místnosti	Místnost	Počet svítidel	Kód místnosti	Místnost	Počet svítidel
1.1	Zádveří	1	1.12	Garáž	3
1.2	Šatna	1	2.1	Chodba	2
1.3	WC	1	2.2	Pokoj	1
1.4	Hala	2	2.3	Šatna	1
1.5	Obývací pokoj	2	2.4	Pokoj	1
1.6	Jídelna	1	2.5	Pokoj	1
1.7	Kuchyň	2	2.6	Koupelna	2
1.8	Ložnice	1	2.7	WC	1
1.9	Šatna	1	2.8	Sklad	1
1.10	Koupelna	2		terasa	1
1.11	Domácí práce	2		zavětrí	1

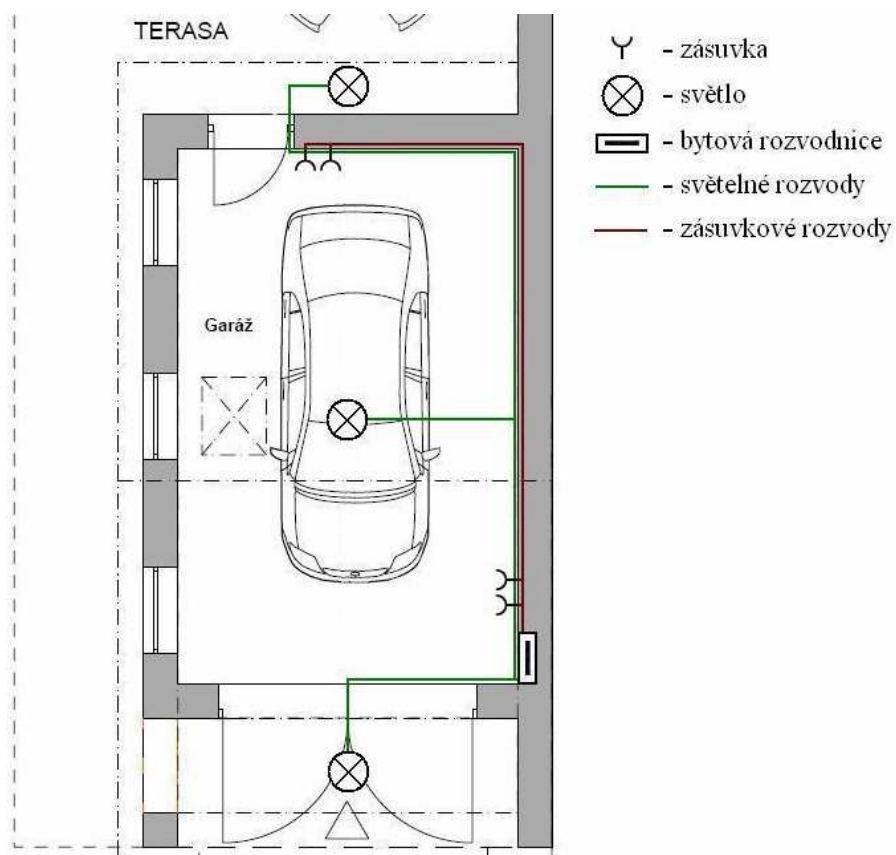


Obr. 10.3 Návrh světelných a zásuvkových rozvodů pro 1.NP





Obr. 10.4 Návrh světelných a zásuvkových rozvodů pro podkroví



Obr. 10.5 Návrh světelných a zásuvkových rozvodů pro garáž

## 11 NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ BUDOVY

Pro řízení a monitorování rodinného domu jsem zvolil radiofrekvenční systém Xcomfort od společnosti Moeller, která se stala součástí společnosti Eaton. Tento komfortní a pohodlný systém je primárně určen pro obytné budovy.

### 11.1 Popis systému Xcomfort

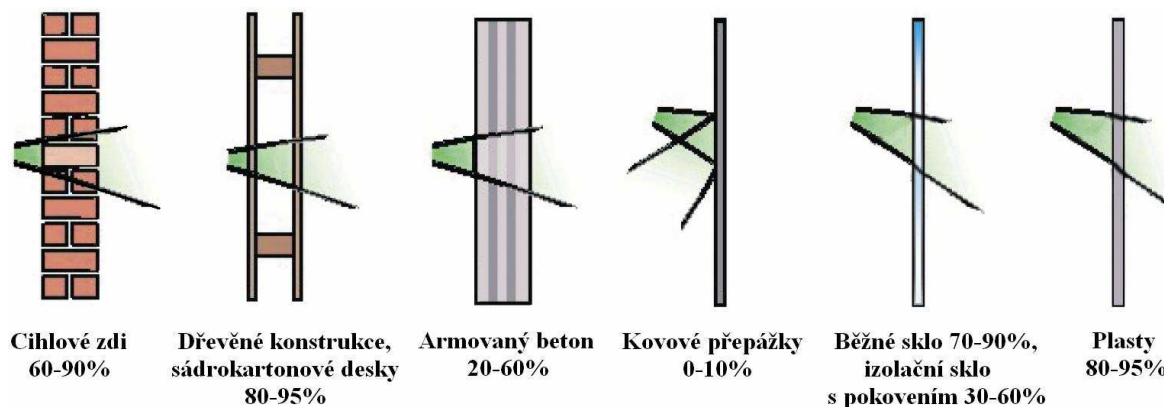
Radiofrekvenční (RF) systém Xcomfort umožňuje ovládání a regulaci elektrických spotřebičů a zařízení v novostavbách i rekonstruovaných budovách. Je vhodný pro bezdrátové spínání nebo stmívání osvětlení, řízení žaluzií, regulaci vytápění, klimatizace, solárních systémů s přípravou teplé vody atd. RF systém je otevřený a lze jej propojit s dalšími systémy v budově pomocí komunikačního rozhraní RS-232. Systém je určen pouze pro montáž ve vnitřních prostorech a není určen do vlhkých nebo venkovních prostor. V jednom projektu lze použít maximálně 250 RF komponent.

Nastavení systému je možné dvěma způsoby. Pokud uživatel nevyžaduje například časové funkce, světelné scény, regulaci vytápění apod., stačí systém jednoduše nastavit pouze malým šroubovákem v tzv. základním režimu. Pro detailní nastavení systému slouží tzv. komfortní režim, při jehož nastavení je potřeba použít interface RF/RS323 a software Moeller RF v české verzi.

Ovládání je možné prostřednictvím nástěnných tlačítek, dálkovými ovládači či jinými RF senzory, dále přes PC nebo vzdáleně mobilním telefonem či přes Internet. Dále umožňuje centrální řízení a ovládání pomocí jednotky Home Manager nebo lokálními zobrazovacími jednotkami Room Manager včetně zobrazení provozních stavů a aktuálních měřených hodnot na displeji. Vizualizaci a ovládání na PC, dotykovém panelu nebo TV umožňuje komunikační interface. Ovládání jednotlivých prvků systému lze libovolně změnit pouhým přeprogramováním dle požadavků uživatele. Nainstalovaný systém je možné kdykoliv rozšířit o další komponenty.

Přenos zpráv mezi přístroji probíhá na frekvenci 868,3 MHz a je obousměrný se vzájemným potvrzením dat, čímž zabezpečuje vysokou spolehlivost RF systému. Jednotlivé RF komponenty jsou adresovány, takže mají každý své číslo, které je součástí přenosového protokolu. Tím je zabráněno jejich vzájemnému ovlivňování.

Dosah signálu v budově závisí na provedení budovy, na použitých stavebních materiálech, na správném umístění RF přístrojů. V budově s otevřenou architekturou je dosah 30 až 50 m, což zhruba představuje prostup RF signálu přes 2 zdi nebo 1 strop. Na volném prostranství může být dosah až 100 m.



*Obr. 11.1 Prostup RF signálu různými materiály*

System umožňuje směrování signálu, tzv. routing. Takže v případě, že je dosah signálu mezi aktorem a senzorem problematický, je předání signálu do příslušného aktoru umožněno nejbližšími aktory, případně routery. Informace tak může být přenášena na téměř libovolnou vzdálenost. Při každém dalším směrování signálu dochází ke zpoždění 100 ms.

Aktory se montují do hluboké instalační krabice KPR 68 (hl. 68 mm), případně krabice KU 68 (hl. 42 mm). Mohou být montovány také do plastových rozvodnic nebo na DIN lištu. Nelze je však montovat do ocelových rozvodnic nebo plastových rozvodnic s kovovými dveřmi z důvodu rušení RF signálu. Aktory lze umístit i přímo do spotřebiče pokud to dovoluje jeho konstrukční řešení. Aktory jsou napájeny ze sítě nízkého napětí 230 V s předřadným jističem do 16 A. Senzory jsou napájeny baterií a lze je umístit na jakýkoliv povrch za pomoci lepících proužků. Životnost baterií v senzorech je 5 - 7 let, a u nástěnných tlačítek až 10 let v závislosti na četnosti používání. Stav baterií lze zobrazit na řídicí jednotce.

## 11.2 Návrh komponent RF systému Xcomfort

### 11.2.1 Řídící prvky

Ovládání funkcí systému je možné několika způsoby, a to prostřednictvím vizualizační a řídicí jednotky Home Manager, s využitím ručního dálkového ovládače z domu a jeho okolí nebo místně nástěnnými tlačítkovými spínači.

Centrální vizualizační a řídicí jednotka CHMU-00/02 RF Home Manager je umístěna v obývacím pokoji. Jednotka umožňuje zautomatizovat provoz domu v závislosti na vnitřní a venkovní teplotě, denní době, dnu v týdnu, apod., za účelem minimalizace nákladů. Nabízí velký výběr komfortních, časových a logických funkcí pro ovládání osvětlení a rolet, dále teplotní funkce pro regulaci vytápění, přípravu teplé vody a další.

Jednotka sbírá centrálně data ze všech RF komponent a v závislosti na nastavení zajišťuje ovládání vytápění, osvětlení, rolet a dálkovou komunikaci přes GSM-SMS modem CKOZ-00/02. Prostřednictvím mobilního telefonu tak lze na dálku zkontrolovat stav jednotlivých zařízení nebo je řídit. Pro dosažení větší bezpečnosti domu lze podle zvoleného programu simulovat přítomnost osob pro vybraná světla. Jednotka Home Manager se programuje prostřednictvím programu Moeller Manager RF a je napájena ze sítě nízkého napětí 230 V.



*Obr. 11.2 Centrální jednotka  
Home Manager*

Ruční dálkové ovládače umožňují pohodlné ovládání osvětlení, spínání spotřebičů, řízení rolet a dalších RF komponent. Dálkový ovládač se naprogramuje ke zvolenému aktoru. Pro ovládání se využívají dva body ručního ovládače pro zapnutí – vypnutí, rozjasnění – stmívání, pohyb rolet nahoru – dolů. Při programování v komfortním režimu

lze rozlišovat i krátký a dlouhý stisk tlačítka. Ovladače jsou vybaveny LED diodou pro signalizaci příjmu potvrzovacího telegramu a aktivaci cílového aktoru. Při volbě dálkového ovladače je možné volit ze tří variant, a to dvou 12ti kanálových a jednoho 4 kanálového.



Obr. 11.3 Typy RF dálkových ovládačů

Nástěnná RF tlačítka jsou 2, 4 nebo 8 bodová. Nejčastěji se používají pro bezdrátové řízení osvětlení, spínání elektrických spotřebičů, řízení rolet a dalších RF komponent. Funkce každého tlačítka je určena až výběrem konkrétního aktoru. Tlačítka mohou plnit funkci hlavního vypínače, kdy se například po stisknutí tlačítka před odchodem z domu vypnou všechna světla. Nástěnná tlačítka lze umístit díky bezdrátovému provedení kamkoliv na libovolný povrch pomocí lepících proužků. Uživatel tedy není omezen například rozmístěním nábytku a v případě potřeby není problém změnit umístění tlačítka.

V základním režimu se tlačítko k aktoru naprogramuje pouze stisknutím a pro ovládání se vždy využívají dva body tlačítka. Při programování v komfortním režimu lze rozlišit krátký a dlouhý stisk tlačítka. Tlačítka mohou být vybavena LED diodou pro signalizaci správného stisku tlačítka a doručení potvrzovacího telegramu od cílového aktoru.

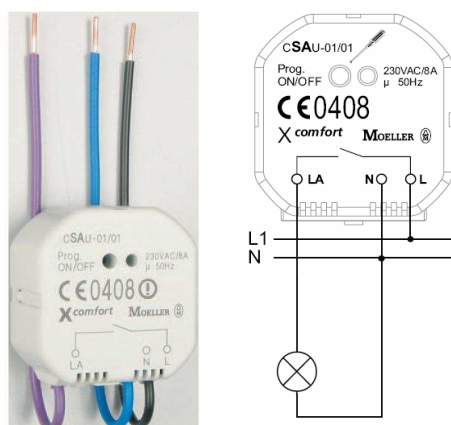


Obr. 11.4 Složení 2 bodového RF tlačítka

### 11.2.2 Návrh regulace osvětlení

Pro spínání a regulaci osvětlení jsou použity spínací a stmívací RF aktory reagující na příslušný senzor.

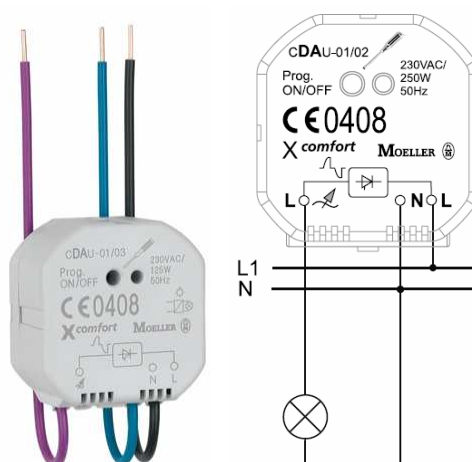
Světlo v garáži a venkovní světlo směřované na terasu k domu je spínáno prostřednictvím RF spínacího aktoru CSAU-01/01 (Obr.11.5). Ovládací senzory jsou umístěny u vchodů do garáže. Venkovní světlo před garáží ovládá 2-kanálový RF PIR detektor pohybu CBMA-02/01, přičemž jeden kanál je spínací a druhý bezpečnostní. Spínací kanál slouží pro spínání osvětlení při detekci pohybu do vzdálenosti 8 m v detekčním úhlu 110°. Bezpečnostní kanál je aktivní po nastaveném počtu impulzů vyvolaných pohybem a komunikuje s centrální jednotkou Home Manager.



Obr. 11.5 Spínací aktor CSAU-01/01

V 1.NP je rozmístění aktorů a senzorů následující. V místnosti 1.1 zádveří a 1.3 WC je spínání osvětlení řízeno detektorem pohybu CBMA-02/01. Místnosti 1.2 šatna, 1.4 hala, 1.9 šatna a 1.11 domácí práce je pro spínání osvětlení použit spínací aktor CSAU-01/01. Světla v ostatních místnostech jsou regulována RF stmívacím aktorem CDAU-01/02. Ten umožňuje plynulou regulaci v rozsahu 0 – 100 % a nastavení libovolné intenzity světelného zdroje například pro pohodlné sledování TV. Lze také pomoci něj nastavit plynulé rozjasňování osvětlení při zapnutí, blikáč, časové funkce zpožděného zapnutí - vypnutí a další funkce. Ovládací tlačítka jsou umístěna vždy u vstupních dveří do místnosti a v případě potřeby mohou být instalována další. Některá tlačítka mají naprogramované světelné scény. Například tlačítko v ložnici u postele rozsvítí světlo v ložnici a koupelně s WC na příjemnou intenzitu světla, tak aby neoslňovalo, když půjde uživatel v noci na WC. Jednotlivé aktory a světelné scény lze ovládat i pomocí dálkového ovládače nebo

centrální jednotky Home Manager. Venkovní osvětlení je spínáno prostřednictvím aktoru CSAU-01/01.



Obr. 11.6 Stmívací aktor CDAU-01/02

Osvětlení v podkroví zajišťují převážně stmívací aktory CDAU-01/02, které jsou použity ve většině místnostech s výjimkou místnosti 2.1 chodba, 2.3 šatna, 2.7 WC a 2.8 sklad. V těchto místnostech je použit spínací aktor CSAU-01/01. Stejně jako u jiných místností v domě, jsou u vstupu do místností v podkroví umístěna nástěnná ovládací tlačítka. Aktory lze ovládat i prostřednictvím dálkového ovládače nebo centrální jednotky Home Manager. Pro zvýšení dosahu ovládacího signálu z 1.NP do podkroví je v oblasti schodiště umístěn RF router CROU-00/01.

### 11.2.3 Návrh systémů EZS a EPS

Elektronické zabezpečovací systémy EZS a elektronické požární systémy EPS slouží ke zvýšení bezpečnosti obyvatel a majetku v domě. EZS se zaměřují na ochranu objektu proti cizímu vniknutí. K tomuto účelu používají prvky plášťové a prostorové ochrany. EPS jsou primárně určeny k detekci kouře.

Pro systém EZS jsou použity dveřní a okenní magnetické kontakty CSEZ-01/07 a detektory rozbití skla GBS-210 jako plášťová ochrana domu. Prostorovou ochranu tvoří detektory pohybu umístěné na garáži a v domě v místnosti 1.1 zádveří. Dveřní magnetické kontakty jsou umístěny do rámu vstupních dveří do domu a do garáže. Garážová vrata jsou navíc připojena na spínací aktor CSAU-01/01 pro možnost jejich dálkového ovládní. Okenní kontakty jsou namontovány do rámu všech oken v 1.NP domu. Taktéž detektory rozbití skla jsou umístěny pouze v 1.NP domu. Detektor rozbití skla GBS-210 slouží ke



střežení prosklených ploch a detekuje jejich rozbití. Jeho citlivost lze nastavit podle vzdálenosti a rozměrů chráněných oken. Detektor má vysokou odolnost proti vysokofrekvenčnímu rušení a jiným falešným signálům. Magnetické kontakty i detektory rozbití skla jsou začleněny do RF systému prostřednictvím RF dvojitých binárních vstupů CBEU-02/02, takže případný poplach vyšlou do centrální jednotky Home Manager. Jejímž prostřednictvím je umožněna komunikace přes rozhraní GSM s pultem centrální ochrany.



*Obr. 11.7 Magnetický kontakt CSEZ-01/07, detektor rozbití skla GBS-210, dvojitě binární vstupy CBEU-02/02*

V systému EPS jsou použity detektory kouře CSEZ-01/19, které jsou napájeny baterií a vybaveny akustickým alarmem s hlasitostí 85 dB. Do detektorů kouře je vložen tranzistorový modul CSEZ-01/20. Ten umožňuje hlášení požáru do nadřazeného systému Xcomfort prostřednictvím binárního vstupu CBEU-02/02, takže detektory komunikují s centrální jednotkou Home Manager prostřednictvím RF signálu. Detektor kouře je umístěn v garáži, dále v místnosti 1.7 kuchyň a 1.11 domácí práce.



*Obr. 11.8 Detektor kouře CSEZ-01/19 a tranzistorový modul CSEZ-01/20*

### 11.2.4 Návrh regulace podlahového vytápění

Nastavení požadované teploty je řízeno prostřednictvím centrální jednotky Home Manager. Lze nastavit teplotu pro konkrétní místnost nebo zvolit příslušný režim, například režim noc, a teplota v místnostech se nastaví podle něj.

V místnostech jsou umístěny teplotní senzory CSEZ-01/01, které jsou prostřednictvím RF teplotních vstupů, začleněny do RF systému. Na základě naměřených teplot jsou regulovány termoelektrické ventily CHVZ-01/01, které jsou umístěny na rozvaděči podlahového vytápění a mění průtok topné vody jednotlivými topnými okruhy. Termostatické ventily komunikují s centrální řídicí jednotkou prostřednictvím spínacích aktorů CSAU-01/01.



Obr. 11.9 Termoelektrický ventil CHVZ-01/01

### 11.2.5 Komunikace a vizualizace

Komunikace s RF systémem Xcomfort je realizována prostřednictvím sítě GSM a Internetu. GSM komunikaci zajišťuje GSM-SMS modem CKOZ-00/02. Komunikaci s počítačem umožňuje komunikační a vizualizační interface CKOZ-00/03.

GSM-SMS modem propojuje Home Manager se sítí GSM a umožňuje tak servisní firmě dálkovou konfiguraci jednotky Home Manager přes mobilní telefon. Uživatelům nabízí dálkové ovládání až 10 skupin spotřebičů v budově odesláním SMS z mobilního telefonu. Také umožňuje získání aktuálních informací o stavech a teplotách z jednotky Home Manager. Modem je propojen s centrální jednotkou přes komunikační rozhraní RS-232.

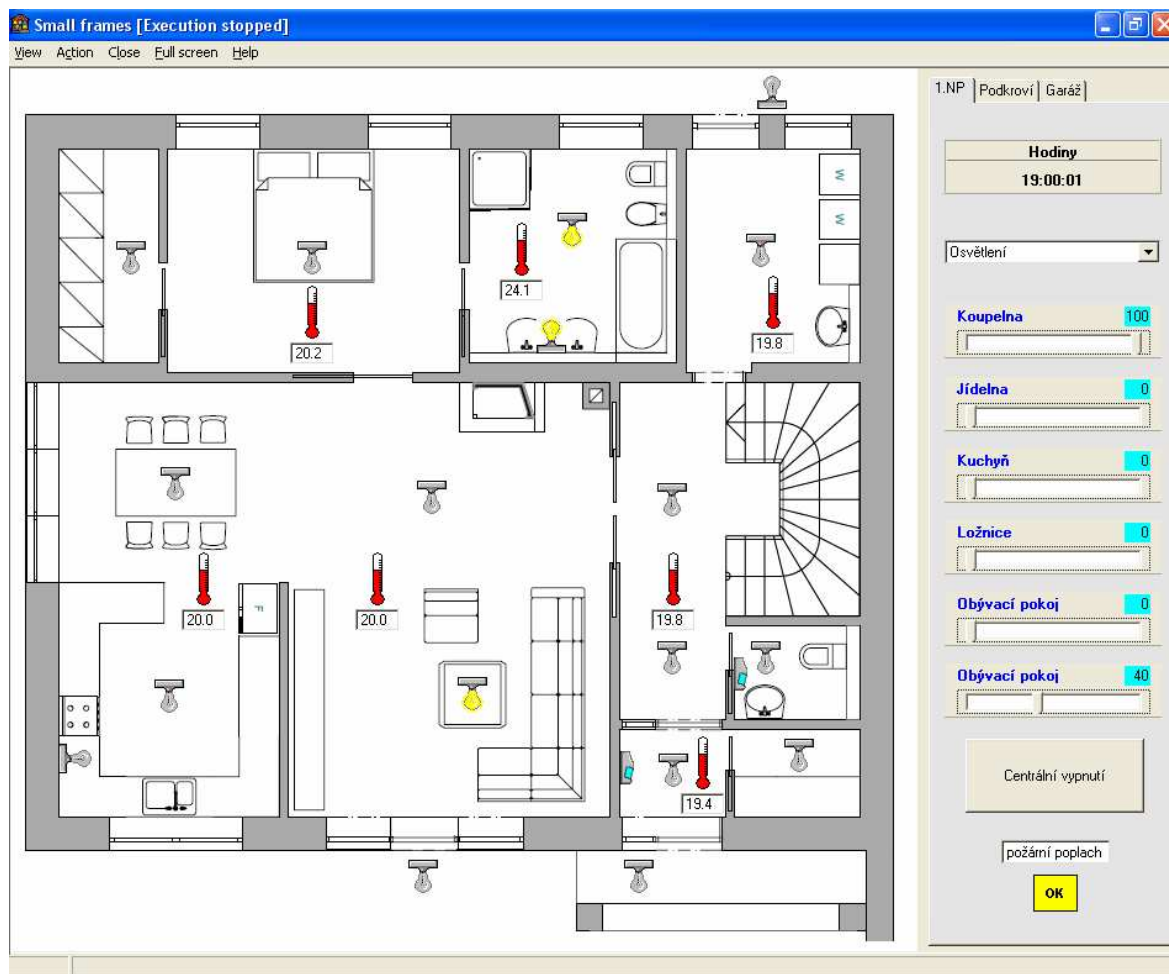
Komunikační interface je určen pro ovládání a vizualizaci RF komponent systému Xcomfort na počítači, nebo například na Touch screenu s využitím SCADA systému Moeller Homeputer, případně Control Web a dalších. Umožňuje propojení i s jinými systémy v budově na základě komunikačního protokolu RS-232. Komunikační interface může ovládat prostřednictvím routingu také aktory, které jsou umístěny mimo jeho dosah a může zobrazovat stavy a hodnoty senzorů. K počítači ho lze připojit přes USB nebo RS-232. Propojení RF komponent s komunikačním interface se provede softwarem MRF (Moeller RF systém).



*Obr. 11.10 GSM modem CKOZ-00/02, komunikační a vizualizační interface CKOZ-00/03*

Pro vizualizaci a vzdálenou komunikaci jsem zvolil SCADA systém Moeller Homeputer. Ten je určený uživateli pro vizualizaci a ovládání RF komponent na počítači komunikačního interface CKOZ-00/03. Vzdálenou komunikaci přes Internet zajišťuje program Moeller WEB-Server.

Vizualizace stavů jednotlivých prvků systému a jejich nastavení prostřednictvím SCADA systému Homeputer jsem volil tak, aby bylo ovládání intuitivní a přehledné. Převážná část plochy monitoru zobrazuje půdorys zvolené části domu s indikací teploty a stavu osvětlení. Jednotlivá světla lze vypnout a zaplout pouhým kliknutím na ikonu daného světla. V pravé části se nachází menu, ve kterém lze zobrazit ovládání a stav stmívacích aktorů osvětlení, nastavovat teplotu v jednotlivých místnostech nebo nastavovat provozní režimy. To lze pro každou část domu. Konkrétně pro 1.NP, podkroví a garáž výběrem požadované části domu v záložkovém menu, které se nachází v pravé horní části. Na obrázku (Obr.11.11) je náhled monitorování 1.NP se zobrazeným menu pro ovládání stmívacích aktorů osvětlení. Dále se zde nachází tlačítko pro centrální vypnutí všech světel v dané části domu a indikátor požáru.



Obr. 11.11 Vizualizační program Homeputer

### 11.3 Ovládání a monitorování topné věže

Topná věž Vitocal 343-G je vybavena regulační jednotkou Vitotronic 200. Regulační jednotka zpracovává hodnoty z teplotních čidel a upravuje výkon tepelného čerpadla. V jednotce je integrovaná i regulace solárního systému. Pohodlné ovládání zaručuje velký grafický display a intuitivní ovládání s možností nápovědy.

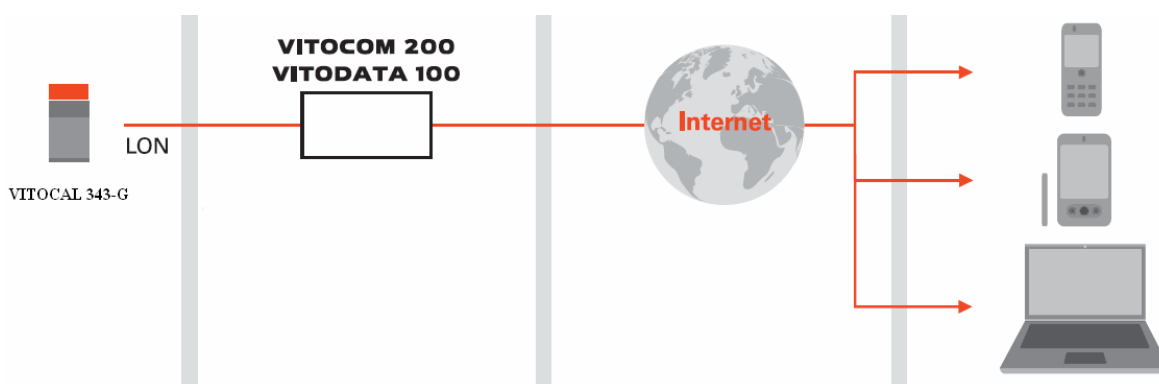
Regulační jednotka umožňuje monitorování a nastavení několika topných okruhů i zobrazení topné charakteristiky. Dále nastavení doby přípravy teplé vody, monitorování získané solární energie a kompletní informace o stavu komponentů topné věže. Obslužný díl regulace Vitotronic lze vyjmout a pomocí pětimetrového připojovacího kabelu namontovat do nástrčného rámečku do libovolného prostoru.



Obr. 11.12 Obslužná jednotka Vitotronic 200

Regulaci Vitotronic lze vybavit komunikační jednotkou pro dálkovou obsluhu a kontrolu topné věže. Konkrétně navrhuji komunikační jednotku Vitocom 200. Jednotka Vitocom se k topné věži připojuje prostřednictvím komunikačního rozhraní LON v topné věži.

Jednotka Vitocom 200 umožňuje řízení a monitorování topné věže pomocí mobilního telefonu, PDA i počítače. Mobilní telefon může komunikovat s jednotkou prostřednictvím SMS i Internetu. Posláním jedné SMS lze aktivovat topný systém nebo změnit jeho režim. Funkčnost topného zařízení je neustále kontrolována a případné poruchy jsou ihned hlášeny prostřednictvím SMS. Snadné sledování informací a obsluhu přes Internet zajišťuje také webserver Vitodata 100, takže není potřeba žádný speciální software. Monitorovací a ovládací systém je proti neoprávněnému přístupu chráněn firewallem.



Obr. 11.13 Způsob komunikace s topnou věží

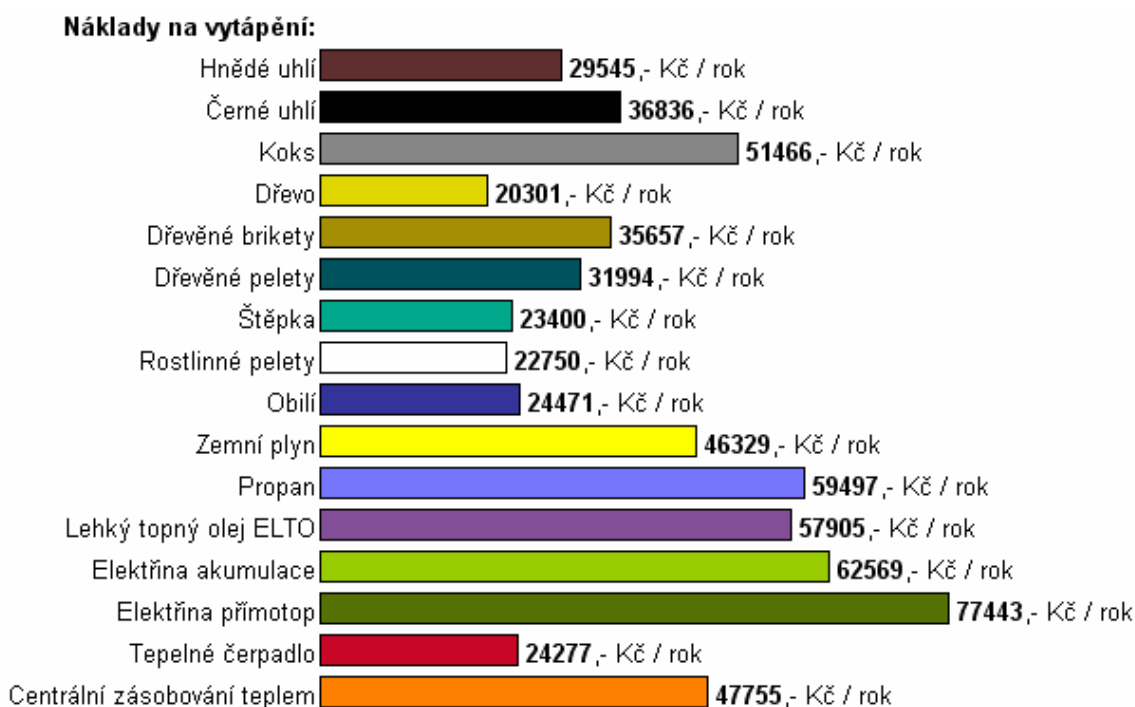
## 12 TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU

Při technicko ekonomickém hodnocení navržených systémů jsou porovnány náklady na vybudování a provoz jednotlivých systémů a jejich přínosů.

### 12.1 Náklady na vytápění

Na výpočet nákladů na vytápění je třeba počítat s ročním množstvím potřebné energie na vytápění i na ohřev teplé vody. Výpočet jsem provedl pomocí aplikace: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, která se nachází na internetovém portálu tzb-info.cz. Pro navrženou budovu vychází roční potřeba energie na vytápění  $Q_{VYT,r} = 24,1$  MWh a roční potřeba energie na ohřev teplé vody  $Q_{TUV,r} = 8,3$  MWh. Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody je tedy 32,5 MWh.

K přepočtu potřebné energie na vytápění a ohřev teplé vody za rok na náklady v korunách za rok jsem využil výpočtovou pomůcku z portálu tzb-info.cz. Výsledné zobrazení finanční náročnosti jednotlivých druhů energií je na následujícím obrázku.



Obr. 12.1 Náklady na vytápění jednotlivými druhy energií

Z výsledků vyplývá, že nejnižší náklady na vytápění jsou při použití dřeva jako zdroje energie. S tím jsou však spojeny komplikace v podobě uskladnění a udržování dřeva v suchu. Zvolené tepelné čerpadlo je také výhodným zdrojem energie. Pro srovnání použijí

například plynový kotel. I když cena celého systému pro vytápění a ohřev teplé vody, prostřednictvím tepelného čerpadla a sním spojených solárních panelů, je zhruba o 200 000 korun vyšší než při použití systému s plynovým kotlem, tak se vzhledem k rozdílu ročních nákladů vyplatí. Roční náklady na vytápění prostřednictvím tepelného čerpadla jsou o 22 052 korun nižší než při topení zemním plynem. Ekonomické parametry navrženého systému jsem vypočítal pomocí finančního kalkulátoru pro hodnocení ekonomické efektivity investic na portálu tzb-info.cz s nastaveným tří procentním diskontem. Výsledné ekonomické parametry navrženého systému jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 24. Ekonomické parametry navrženého systému pro vytápění a ohřev teplé vody

Investiční náklady	337 000 Kč
Roční provozní náklady	24 277 Kč
Doba hodnocení	25 let
Doba návratnosti	14 let
Diskont	3 %
Diskontovaná doba návratnosti	17 let
NPV - čistá současná hodnota projektu	182 296 Kč

Při koupi tepelného čerpadla země – voda a solárních kolektorů na ohřev teplé vody, lze dle portálu zelenausporam.cz získat dotace od státu z programu Zelená úsporám ve výši až 145 000 Kč.

## 12.2 Náklady na fotovoltaický systém

Fotovoltaický systém tvoří 17 panelů, které pokryjí 21,15 m<sup>2</sup> střechy. Celkový výkon panelů je 3,825 kWp. Systém je navržen k prodeji získané elektrické energie do rozvodné sítě za stanovené výkupní ceny. Podle cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č.5/2009 je cena 12,25 Kč/kWh pro zdroj uvedený do provozu do konce roku 2010. Ceník pro další roky zatím není znám, proto budu návratnost systému počítat z cen pro rok 2010.

Celková cena na pořízení navrženého fotovoltaického systému je 526 500 Kč. Pro výpočet doby návratnosti investic je třeba vypočítat hodnotu výkonu fotovoltaického systému za rok, což se vypočítá podle vztahu:

$$\text{Roční zisk energie} \cdot \text{Výkupní cena} = 3440 \cdot 12,25 = 42140 \text{ kWh/rok} \quad (25)$$

Doba návratnosti se vypočítá jako podíl celkové ceny fotovoltaického systému a hodnoty výkonu systému za rok.

$$\frac{526500}{42140} = 12,5 \text{ let} \quad (26)$$

Při současné výkupní ceně elektrické energie a instalování fotovoltaického systému do konce roku 2010 je návratnost investic 12,5 let. Výkupní ceny elektrické energie získané prostřednictvím fotovoltaických panelů budou nejspíše klesat, takže doba návratnosti bude delší.

### 12.3 Pořizovací náklady systému Xcomfort

Jednotlivé systémy v budově obsahují prvky sběrnového RF systému Xcomfort. Ten je v případě systému EZS doplněn o detektory rozbití skla od společnosti Jablotron. Ceny zařízení použitých v jednotlivých systémech jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 25. Ceny zařízení jednotlivých systémů

Systém	Cena [Kč]
Ovládání a vizualizace	69 544
Osvětlení	47 030
Regulace teploty	36 182
EZS a EPS	40 307
Software	9 003
Celkem	202 066



Celková pořizovací cena všech komponent tedy činí 202 066 Kč. Z hlediska finančních nákladů je hodnocení tohoto systému obtížné. Celý systém v sobě integruje několik technologií, ať už jde o ovládání osvětlení, zabezpečení domu, řízení vytápění, atd.

System je zaměřen především pro zajištění co největšího komfortu a pohodlí pro jeho uživatele. K tomu také přispívá možnost dálkové vizualizace a řízení jednotlivých systémů v budově prostřednictvím mobilního telefonu a počítače. Regulací vytápění lze udržovat příjemné prostředí a volbou vhodných režimů vytápění šetřit náklady. Systémy EZS a EPS zabezpečují budovu proti neoprávněnému vniknutí a požáru. Lze říci, že po prvním úspěchu systémů EZS a EPS se finanční náklady na pořízení celého systému vrátí.

## ZÁVĚR

Cílem této práce byl návrh inteligentního rodinného domu společně se systémy vnitřního prostředí, které jsou řízeny sběrníkovým systémem s možností dálkového monitorování a ovládání. Dále zpracování elektroinstalace a návrh systému EZS a EPS. Celá práce se skládá z několika částí.

V teoretická části je popsáno hodnocení energeticky úsporných budov, vnitřní prostředí v budovách, získávání energie z obnovitelných zdrojů a komunikační sběrníkové systémy.

Praktická část obsahuje návrh konkrétních systémů rodinného domu. Jako první jsou, na základě navržených stavebních konstrukcí, vypočteny tepelné ztráty větráním, zátopem a prostupem. Pro pokrytí tepelných ztrát bylo zvoleno tepelné čerpadlo typu země – voda se zemním kolektorem. K ohřevu teplé vody slouží dvojice solárních panelů. Teplou vodu v nádrži je možné dohřát pomocí vestavěného elektrokotle. Ten lze využít k zahřátí vody nad teplotu 70 °C jako preventivní opatření proti bakteriím legionely. Navržená otopná soustava je řešena podlahovým vytápěním a otopnými tělesy.

V návrhu je řešen také fotovoltaický systém, který je navržen pro připojení do rozvodné sítě a následný prodej získané elektrické energie.

Dalším úkolem byl návrh silnoproudé a inteligentní elektroinstalace. V silnoproudé elektroinstalaci byly navrženy zásuvkové a světelné obvody. Každá místnost má vlastní zásuvkový okruh s jističem a některé velké spotřebiče mají vlastní okruh. Rozmístění svítidel je takové, aby zaručovalo dostatečné osvětlení každé místnosti. Pro komunikaci a ovládání systémů v domě byl zvolen sběrníkový RF systém Xcomfort. Ten zajišťuje ovládání a monitorování osvětlení, vytápění, zabezpečení proti vniknutí i proti požáru a vzdálenou komunikaci s uživatelem prostřednictvím sítě Internet a GPS. Systém Xcomfort je zaměřen k zajištění komfortu a úspore energie pro jeho uživatele. Dále byl pro vzdálené monitorování a ovládání systémů v rodinném domě navržen SCADA systém.

Práci uzavírá technicko ekonomické hodnocení celého projektu. Vytápění a ohřev teplé vody prostřednictvím tepelného čerpadla a solárních kolektorů je výhodnější než vytápění a ohřev teplé vody plynem. Pořizovací náklady jsou sice vyšší, ale lze žádat o dotace z programu Zelená úsporám.

## CONCLUSION

The aim of this thesis was the design of a smart family house, together with the systems of indoor environment, which are controlled by a fieldbus system with remote control and monitoring. This document also deals with processing of electrical-installation, and the design of systems EZS and EPS. The whole thesis is composed of a several parts.

The theoretical part describes the evaluation of energy-efficient buildings, indoor environment in buildings, energy production from the renewable sources, and communication fieldbus systems.

The practical part includes a design of individual family house systems. First are calculated ventilation of heat losses, flood and transmittance, based on the proposed building construction. To cover the heat losses a heat pump type of land – water with a land collector was chosen. A pair of solar panels serve to warm the hot water. It is possible to warm up the hot water in the tank with built an electric chafe. It can be used to heat water above 70 ° C as a preventive measure against Legionella bacteria. The proposed heating system is sorted by a floor heating and radiators.

In the proposal the photovoltaic system is also addressed, which is designed to connect to the grid and subsequently sell the obtained electrical energy.

The next task was to design a high-voltage intelligent electrical-installation. In the high-voltage electrical-installations, drawers and lighting circuits were designed. Each room has its own socket circuit with a breaker, and some large appliances have they own circuit. Lighting layout is to provide sufficient lighting for every room. For communication and control of the systems in a house a fieldbus RF Xcomfort system was chosen. It provides control and monitoring of lighting, heating, security against intrusion and fire, and remote communication with the user via the Internet and GPS. Xcomfort system is designed to provide comfort and energy savings for its users. In addition, for the remote monitoring and control systems in a family house the SCADA system was designed.

This project is finished with a technical and economical evaluation of the entire project. Heating and warming up of hot water via heat pump and solar collectors are more favourable than heating and warming up hot water by gas. The acquisitions cost more, but you can apply for grants from the program Zelená úsporám.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy*. Praha : Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-1101-X.
- [2] HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Praha : Grada Publishing, 1999. 352 s. ISBN 80-7169-657-9.
- [3] DANIELS, Klaus. *Technika budov*. Bratislava : Jaga Group, 2003. 520 s. ISBN 80-88905-63-X.
- [4] HERMANN, Merz; HANSEMAN, Thomas; HUBNER, Christof. *Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. Praha : Grada Publishing, 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [5] BASTIAN, Peter. *Praktická elektrotechnika*. 1. [s.l.] : Europa-Sobotáles.cz, 2004. 296 s. ISBN 80-86706-07-9.
- [6] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. [s.l.] : Jaga, 2005. 246 s. ISBN 80-8076-020-9.
- [7] CHMÚRNÝ, Ivan. *Tepelná ochrana budov*. [s.l.] : Jaga, 2003. 216 s. ISBN 80-88905-27-3.
- [8] *Inteligentní budova - TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1143>>.
- [9] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov : Část 2: Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2007. 44 s.
- [10] *Nazeleno.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Energetický průkaz budov – povinná součást novostaveb. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/vytapeni-1/energeticky-prukaz-budov-povinna-soucast-novostaveb.aspx>>.
- [11] *Šetrnébudovy.cz* [online]. [cit. 2010-05-22]. Vliv teploty vzduchu a povrchové teploty na tepelnou pohodu člověka. Dostupné z WWW: <<http://www.setrnebudovy.cz/component/content/article/10>>.
- [12] *Tzb-info.cz* [online]. 2004 [cit. 2010-05-22]. Modelování operativní teploty. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1422>>.

- [13] *Tzb-info.cz* [online]. 2005 [cit. 2010-05-22]. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2650>>.
- [14] *Tepelná čerpadla pro každého - TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2010-05-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=953>>.
- [15] SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan. *Tepelná čerpadla*. 1. Brno : ERA group, 2005. 68 s. ISBN 80-7366-031-8.
- [16] *Energetický poradce PRE* [online]. 2008 [cit. 2010-05-22]. Solární kolektory. Dostupné z WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/solarni-kolektory.html>>.
- [17] *Tzb-info.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Elektrárna na střeše? Může být Vaše...aneb fotovoltaika v ČR!. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5453>>.
- [18] *Fotovoltaika* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Fotovoltaický panel. Dostupné z WWW: <<http://fotovoltaika.falconis.cz/fotovoltaika/fotovoltaicky-panel.php>>.
- [19] *Nazeleno.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Domácí solární elektrárna. Kolik stojí? Vyplatí se?. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika-1/domaci-solarni-elektrarna-kolik-stoji-vyplati-se.aspx>>.
- [20] *Tzb-info.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Řízení systémů tvorby prostředí - součást integrovaných řídicích systémů budov (II). Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4483>>.
- [21] *Tzb-info.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Decentralizované sběrníkové systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4213>>.
- [22] *Kpelektro.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Inteligentní elektroinstalace budov. Dostupné z WWW: <[http://www.kpelektro.cz/cinnost/elektro/automatizace\\_budov/aut\\_budov\\_text.htm](http://www.kpelektro.cz/cinnost/elektro/automatizace_budov/aut_budov_text.htm)>.
- [23] *The KNX (UK) Association* [online]. 2007 [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.knxuk.org/downloads.asp>>.

- [24] *Sběrnice LonWorks* [online]. 2005 [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>>.
- [25] *Automatizace.cz* [online]. 2004 [cit. 2010-05-23]. Komunikační sběrnice používané v automatizaci budov. Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=384>>.
- [26] Česko. Vyhláška ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2007, 148/2007.
- [27] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách : Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Český normalizační institut, 2005. 76 s.
- [28] *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)* [online]. 2008 [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>>.
- [29] *XPartner* [online]. [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.xcomfort.cz/techinfo/index.php>>.
- [30] ČSN 33 2180. *Elektrotechnické předpisy ČSN. Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů*. Praha : Federální úřad pro normalizaci a měření, 1980. 24 s.
- [31] ČSN EN ISO 7730. *Mírné tepelné prostředí. Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody*. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [32] *Viessmann* [online]. [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.viessmann.cz/cs/>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CPU	Central Procesor Unit
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
EHS	European Home Systems Protocol
EIB	European Installation Bus
EPS	Elektronický požární systém
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
I/O	Input / Output
ISO/OSI	International Standardization Organization / Open Systems Interconnection
LON	Local Operating Network
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
PVGIS	PhotoVoltaic Geographical Information System
RF	Radio Frequency
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SELV	Secured Extra-Low Voltage

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.1 Příklad inteligentního domu</i> .....	13
<i>Obr. 2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy</i> .....	17
<i>Obr. 3.1 Oblast tepelné pohody</i> .....	22
<i>Obr. 4.1 Princip tepelného čerpadla</i> .....	24
<i>Obr. 4.2 Tepelné čerpadlo vzduch - voda</i> .....	26
<i>Obr. 4.3 Tepelné čerpadlo země – voda s využitím hloubkového vrtu</i> .....	27
<i>Obr. 4.4 Úroveň ročních teplot do hloubky 20 m</i> .....	27
<i>Obr. 4.5 Tepelné čerpadlo země – voda s využitím zemního kolektoru</i> .....	28
<i>Obr. 4.6 Tepelné čerpadlo voda – voda s využitím studny</i> .....	29
<i>Obr. 4.7 Tepelné čerpadlo voda – voda s využitím povrchové vody</i> .....	29
<i>Obr. 4.8 Solární krytí pro ohřev vody rodinného domu</i> .....	30
<i>Obr. 4.9 Řez plochým deskovým kolektorem</i> .....	31
<i>Obr. 4.10 Princip získání tepla kondenzací</i> .....	32
<i>Obr. 4.11 Fotovoltaický článek</i> .....	33
<i>Obr. 4.12 Celoroční globální záření</i> .....	33
<i>Obr. 5.1 Struktura sběrnice</i> .....	37
<i>Obr. 6.1 Půdorys 1.NP</i> .....	46
<i>Obr. 6.2 Půdorys podkroví</i> .....	47
<i>Obr. 6.3 Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540</i> .....	50
<i>Obr. 7.1 Energetický štítek obálky budovy</i> .....	60
<i>Obr. 8.1 Schéma vytápěcího systému a ohřevu teplé vody</i> .....	61
<i>Obr. 8.2 Teplotní profily</i> .....	62
<i>Obr. 8.3 Topná věž Vitocal 343-G</i> .....	64
<i>Obr. 8.4 Schéma zapojení topné věže Vitocal 343-G</i> .....	65
<i>Obr. 8.5 Skladba podlahového vytápění</i> .....	70
<i>Obr. 8.6 Charakteristická křivka podlahového vytápění s podlahovou krytinou: dlaždice</i> .....	71
<i>Obr. 8.7 Skladba solárního kolektoru Vitosol 200-F</i> .....	75
<i>Obr. 8.8 Solární krytí kolektoru Vitosol 200-F</i> .....	75
<i>Obr. 9.1 Příklad systému grid-on</i> .....	77



<i>Obr. 9.2 Fotovoltaický panel SunPower SPR 225 WHT a jednofázový střídač SMA Sunny Boy 3800 .....</i>	78
<i>Obr. 9.3 Graf průměrné měsíční produkce elektrické energie po měsících .....</i>	80
<i>Obr. 9.4 Graf průměrného měsíčního množství intenzity slunečního záření na m<sup>2</sup> .....</i>	80
<i>Obr. 10.1 Elektroinstalační zóny v obytných prostorách .....</i>	84
<i>Obr. 10.2 Rozdělení zón v koupelně s vanou a sprchovým koutem .....</i>	85
<i>Obr. 10.3 Návrh světelných a zásuvkových rozvodů pro 1.NP .....</i>	88
<i>Obr. 10.4 Návrh světelných a zásuvkových rozvodů pro podkroví.....</i>	89
<i>Obr. 10.5 Návrh světelných a zásuvkových rozvodů pro garáž.....</i>	90
<i>Obr. 11.1 Prostup RF signálu různými materiály .....</i>	92
<i>Obr. 11.2 Centrální jednotka Home Manager.....</i>	93
<i>Obr. 11.3 Typy RF dálkových ovládačů.....</i>	94
<i>Obr. 11.4 Složení 2 bodového RF tlačítka .....</i>	94
<i>Obr. 11.5 Spínací aktor CSAU-01/01 .....</i>	95
<i>Obr. 11.6 Stmívací aktor CDAU-01/02 .....</i>	96
<i>Obr. 11.7 Magnetický kontakt CSEZ-01/07, detektor rozbití skla GBS-210, dvojité binární vstupy CBEU-02/02 .....</i>	97
<i>Obr. 11.8 Detektor kouře CSEZ-01/19 a tranzistorový modul CSEZ-01/20 .....</i>	97
<i>Obr. 11.9 Termoelektrický ventil CHVZ-01/01.....</i>	98
<i>Obr. 11.10 GSM modem CKOZ-00/02, komunikační a vizualizační interface CKOZ-00/03 .....</i>	99
<i>Obr. 11.11 Vizualizační program Homeputer .....</i>	100
<i>Obr. 11.12 Obslužná jednotka Vitotronic 200.....</i>	101
<i>Obr. 11.13 Způsob komunikace s topnou věží .....</i>	101
<i>Obr. 12.1 Náklady na vytápění jednotlivými druhy energií.....</i>	102

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění .....</i>	14
<i>Tab. 2. Tabulka měrné spotřeby energie budovy v kWh/(m<sup>2</sup>·rok).....</i>	16
<i>Tab. 3. Parametry vnitřního prostředí v budově .....</i>	18
<i>Tab. 4. Doporučená teplota vzduchu v místnosti.....</i>	19
<i>Tab. 5. Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu .....</i>	20
<i>Tab. 6. Přenosová média a jejich rychlost.....</i>	43
<i>Tab. 7. Okrajové parametry podle normy ČSN EN 12831 .....</i>	48
<i>Tab. 8. Vytápěné místnosti v 1.NP .....</i>	48
<i>Tab. 9. Vytápěné místnosti v podkroví .....</i>	49
<i>Tab. 10. Parametry pro výpočet tepelných ztrát.....</i>	51
<i>Tab. 11. Tepelné ztráty větráním .....</i>	53
<i>Tab. 12. Tepelné ztráty větráním .....</i>	54
<i>Tab. 13. Tepelné ztráty prostupem.....</i>	57
<i>Tab. 14. Celková tepelná ztráta budovy .....</i>	58
<i>Tab. 15. Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy.....</i>	60
<i>Tab. 16. Základní údaje .....</i>	63
<i>Tab. 17. Typy půdy.....</i>	66
<i>Tab. 18. Hodnoty podlahového vytápění .....</i>	73
<i>Tab. 19. Spotřeba teplé vody podle VDI 2067 .....</i>	74
<i>Tab. 20. Množství získané energie v jednotlivých měsících.....</i>	79
<i>Tab. 21. Doporučené minimální počty zásuvek v místnostech.....</i>	82
<i>Tab. 22. Navržené počty zásuvek v místnostech .....</i>	82
<i>Tab. 23. Navržené počty svítidel .....</i>	87
<i>Tab. 24. Ekonomické parametry navrženého systému pro vytápění a ohřev teplé vody....</i>	103
<i>Tab. 25. Ceny zařízení jednotlivých systémů .....</i>	104

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha P I Zátopový činitel  $f_{RH}$  pro obytné budovy
- Příloha P II Teplotní korekční činitel  $f_k$
- Příloha P III Skladba a prostupy tepla konstrukce budovy
- Příloha P IV Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla
- Příloha P V Parametry tepelného čerpadla
- Příloha P VI Parametry panelu Vitosol 200-f a Zásobníkového ohříváče vody
- Příloha P VII Parametry fotovoltaického panelu a střídače
- Příloha P VIII Prvky systému Xcomfort

## PŘÍLOHA P I: ZÁTOPOVÝ ČINITEL $f_{RH}$ PRO OBYTNÉ BUDOVY

<b>Zátopový čas v hodinách</b>	$f_{RH}$ [W/m <sup>2</sup> ]		
	<b>Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu</b>		
	<b>1 K</b>	<b>2 K</b>	<b>3 K</b>
	<b>Hmotnost budovy vysoká</b>	<b>Hmotnost budovy vysoká</b>	<b>Hmotnost budovy vysoká</b>
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

## PŘÍLOHA P II: TEPLOTNÍ KOREKČNÍ ČINITEL $F_K$

Tepelná ztráta:	$f_k$	Poznámky
přímo do venkovního prostředí	1,00	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	1,40	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
	1,00	pro okna, dveře
nevytápěným prostorem	0,80	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	1,12	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
zemí	0,30	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	0,42	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
podkrovím	0,90	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	1,26	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
zvýšenou podlahou	0,90	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	1,26	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
do sousední budovy	0,50	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	0,70	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
do sousední funkční části budovy	0,30	když tepelné mosty jsou tepelně izolované
	0,42	když tepelné mosty nejsou tepelně izolované

## PŘÍLOHA P III: SKLADBA A PROSTUPY TEPLA KONSTRUKCE BUDOVY

### Základová deska

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka <math>d</math> [mm]</b>	<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Tepelný odpor <math>R</math> [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
Beton	50,00	1,36	0,04
Polystyrén	200,00	0,04	5,71
Hydroizolace	1,20	0,16	0,01
Armovaný beton	150,00	1,74	0,09
Štěrka	150,00	0,65	0,23
Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/m <sup>2</sup> ·K]		0,16	

### Obvodová stěna

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka <math>d</math> [mm]</b>	<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Tepelný odpor <math>R</math> [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
Vápenná omítka	10,00	0,80	0,01
Zdivo Porotherm 50 Hi CB	500,00	0,09	5,81
Tepelně izolační omítka Porotherm TO	20,00	0,13	0,15
Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/m <sup>2</sup> ·K]		0,17	

**Vnitřní stěna nosná**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka <math>d</math> [mm]</b>	<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Tepelný odpor <math>R</math> [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
Vápenná omítka	15,00	0,80	0,02
Zdivo Porotherm 25 AKU P+D	250	0,35	0,71
Vápenná omítka	15,00	0,80	0,02
Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,33	

**Vnitřní stěna**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka <math>d</math> [mm]</b>	<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Tepelný odpor <math>R</math> [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
Tepelně izolační omítka Porotherm TO	15,00	0,13	0,12
Zdivo Porotherm Profi DRYFIX 14	140,00	0,26	0,53
Tepelně izolační omítka Porotherm TO	15,00	0,13	0,12
Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/m <sup>2</sup> ·K]		1,31	

**Strop 1.NP**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka <math>d</math> [mm]</b>	<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Tepelný odpor <math>R</math> [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
Hydroizolace	1,20	0,16	0,01
Kročejová izolace Steprock ND	20,00	0,04	0,54
Železobeton	200,00	1,58	0,13
Pěnový polystyren EPS 100S	20,00	0,04	0,54
Vápenná omítka	5,00	0,90	0,01
Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/m <sup>2</sup> ·K]		0,82	

**Strop podkroví**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka <math>d</math> [mm]</b>	<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math> [W/(m·K)]</b>	<b>Tepelný odpor <math>R</math> [m<sup>2</sup>·K/W]</b>
Hydroizolace	2,00	0,16	0,01
Tepelně izolační deska Airrock LD	160,00	0,04	4,32
Parozábrana	0,50	0,03	0,02
Tepelně izolační deska Airrock LD	60,00	0,04	1,62
Sádkarton	15,00	0,22	0,07
Součinitel prostupu tepla $U_k$ [W/m <sup>2</sup> ·K]		0,17	



### Otvorové výplně

<b>Konstrukce</b>	<b>Součinitel prostupu tepla <math>U_k</math> [W/m<sup>2</sup>·K]</b>
dveře vstupní	1,10
dveře vnitřní	1,37
okno Sulko Profi line	0,70
střešní okno	0,84
dveře balkonové	1,20

**PŘÍLOHA P IV: POŽADOVANÉ A DOPORUČENÉ HODNOTY  
SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA**

Popis konstrukce	Typ konstrukce	Požadova né hodnoty $U_N$	Doporuče né hodnoty $U_N$
		W/(m <sup>2</sup> .K)	W/(m <sup>2</sup> .K)
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně Podlaha nad venkovním prostorem	lehká	0,24	0,16
	těžká	0,30	0,20
Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace Podlaha a stěna s vytápěním			
Stěna venkovní	lehká	0,30	0,20
Střecha strmá se sklonem nad 45°	těžká	0,38	0,25
Podlaha a stěna přilehlá k zemině Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		0,75	0,50
Stěna mezi sousedními budovami Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,05	0,70
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,30	0,90
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,2	1,45
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,7	1,80
Okno a jiná výplň otvoru, z vytápěného prostoru (včetně rámu, který má nejvýše 2,0 W/(m <sup>2</sup> .K))	nová	1,80	1,20
	úprava	2,0	1,35
Dveře, vrata a jiná výplň otvoru, z částečně vytápěného nebo nevytápěného prostoru vytápěné budovy (včetně rámu)		3,5	2,3

## PŘÍLOHA P V: PARAMETRY TEPELNÉHO ČERPADLA

Vitocal 343-G, 400 V-přístroje	Typ	BWT 110
<b>Výkonové údaje topení při teplotním rozpětí 5 K</b> (podle EN 14511, B0/W35 °C)		
Jmenovitý tepelný výkon	kW	10,3
Chladicí výkon	kW	8,3
Elektrický příkon	kW	2,19
Koeficient výkonu $\epsilon$ (COP)		4,7
<b>Výkonové údaje topení při teplotním rozpětí 10 K</b> (B0/W35 °C)		
Jmenovitý tepelný výkon	kW	10,5
Chladicí výkon	kW	8,5
Elektrický příkon	kW	2,12
Koeficient výkonu $\epsilon$ (COP) topení		4,9
<b>Primární okruh</b> (solanka)		
Objem	l	4,6
Min. objemový tok při teplotním rozdílu 5 K (bezpodmínečně dodržte)	l/hod	1520
Max. externí tlaková ztráta (RFH) při min. objemovém toku	mbar	580
Max. vstupní teplota	°C	25
Min. vstupní teplota	°C	-5
<b>Sekundární okruh</b> (topná voda)		
Objem, tepelné čerpadlo	l	4,2
Objem celkem	l	7,1
Min. objemový tok při teplotním rozdílu 10 K (bezpodmínečně dodržte)	l/hod	920
Max. externí tlaková ztráta (RFH) při min. objemovém toku	mbar	610
Max. výstupní teplota	°C	60
<b>Elektrické parametry tepelného čerpadla</b>		
Jmenovité napětí kompresoru		3/PE 400 V/50 Hz
Jmenovitý proud kompresoru	A	8,0
Náběhový proud kompresoru	A	20,0
Náběhový proud kompresoru (s blokováním rotorem)	A	48,0
Jištění kompresoru	A	1 x Z 16A -3-pólový
Jmenovité napětí regulace/elektronika		1/N/PE 230 V/50 Hz
Jištění regulace/elektroniky (interní)		T 6,3 A / 250 V
<b>Elektrický příkon</b>		
- Primární čerpadlo (vysoce efektivní)	W	10-70
- Sekundární čerpadlo (vysoce efektivní)	W	3-70
- Nabíjecí čerpadlo zásobníku (PWM)	W	31-88
Max. příkon regulace	W	1000
Jmenovitý výkon regulace/elektroniky	W	5
<b>Druh krytí</b>		IP 20
<b>Chladicí okruh</b>		
Pracovní médium		R410A
Plnicí množství	kg	2,7
Kompresor	typ	Plně hermetický Scroll
Přípust. provozní tlak chladicího okruhu, vysoký tlak	bar	43
Přípust. provozní tlak chladicího okruhu, nízký tlak	bar	28
<b>Rozměry</b>		
- Celková délka	mm	680
- Celková šířka	mm	600
- Celková výška	mm	2075
<b>Celková hmotnost</b>	kg	266
<b>Přípust. provozní tlak</b>		
Primární okruh (solanka)	bar	3,0
Sekundární okruh (topná voda)	bar	3,0

## PŘÍLOHA P VI: PARAMETRY PANELU VITOSOL 200-F A ZÁSOBNÍKOVÉHO OHŘÍVAČE VODY

Typ		SV2A/SV2B
<b>Celková plocha</b> (potřebná pro podání žádosti o dotace)	m <sup>2</sup>	2,51
<b>Plocha absorberu</b>	m <sup>2</sup>	2,32
<b>Plocha kolektoru</b>	m <sup>2</sup>	2,33
<b>Vzdálenost mezi kolektory</b>	mm	21
<b>Rozměry</b>		
Šířka	mm	1056
Výška	mm	2380
Hloubka	mm	90
Následující hodnoty se vztahují na plochu absorberu:		
– <b>Optická účinnost</b>	%	79,3
– <b>Koeficient ztráty tepla k<sub>1</sub></b>	W/(m <sup>2</sup> · K)	3,95
– <b>Koeficient ztráty tepla k<sub>2</sub></b>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,0122
<b>Tepelná kapacita</b>	kJ/(m <sup>2</sup> · K)	5,4
<b>Hmotnost</b>	kg	51
<b>Objem kapaliny (teplonosné médium)</b>	Litrů	1,83
<b>Přípust. provozní tlak</b> (viz kapitola „Solární expanzní nádoba“)	bar	6
<b>Max. klidová teplota</b>	°C	202
<b>Výkon výroby páry</b>		
– Vhodná montážní poloha	W/m <sup>2</sup>	60
– Nevhodná montážní poloha	W/m <sup>2</sup>	100
<b>Připojení</b>	Ø mm	22

Zásobníkový ohřivač vody		BWT 110
Objem	l	220
Trvalý výkon teplé vody při ohřevu pitné vody z 10 na 60 °C (B2/W55 °C)	l/hod	309
Koeficient výkonu teplé vody N <sub>L</sub> podle DIN 4708		1,5
Max. odběrné množství při uvedeném výkonovém čísle teplé vody N <sub>L</sub> a ohřevu pitné vody z 10 na 45 °C	l/min	17,3
Max. kolektorová plocha při směřování na jih:	m <sup>2</sup>	5 / 3
Plochy kolektor/trubkový kolektor		
Povolená teplota teplé vody v zásobníkovém ohřivači vody	°C	95

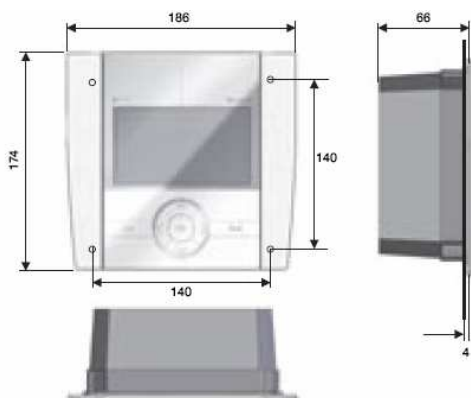
## PŘÍLOHA P VII: PARAMETRY FOTOVOLTAICKÉHO PANELU A STRÍDAČE

<b>Fotovoltaický panel SunPower SPR 225 WHT</b>	
<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>
Účinnost panelu	18,1 %
Počet solárních článků	72
Rozměry (D x Š x V)	1559 x 798 x 46 mm
Hmotnost	15 kg
Jmenovitý výkon	225 W
Jmenovitý napětí	41 V
Jmenovitý proud	5,49 A
Napětí na prázdko	48,5 V
Zkratový proud	5,87 A
Max. tolerance provozního napětí	±5 %
Max. napětí systému	1000 V
Max. počet panelů v sérii	20
Teplotní koeficient provozního napětí	-0,136 mV/K
Teplotní koeficient napětí na prázdko	-0,136 mV/K
Teplotní koeficient zkratového proudu	+3,5 mA/K
Provozní teplota	-40 až +45 °C
Rozsah teploty okolí	-40 až +85 °C

<b>Jednofázový střídač SMA Sunny Boy 3800</b>	
<b>Vstupní stejnosměrná strana</b>	<b>Hodnota</b>
Rozsah vstupního napětí	200 - 400 V
Maximální napětí	500 V
Maximální připojený stejnosměrný výkon panelů	4040 W
Maximální vstupní proud	20 A
<b>Výstupní střídavé veličiny</b>	<b>Hodnota</b>
Jmenovitý výkon	3800 W
Maximální výkon	3800 W
Síťové napětí	220 - 240 V
Maximální efektivita	95,6 %
Frekvence	50 - 60 Hz
Maximální proud	18 A

## PŘÍLOHA P VIII: PRVKY SYSTÉMU XCOMFORT

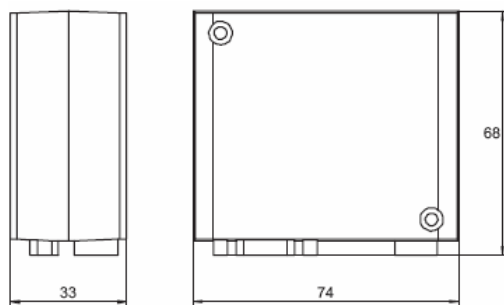
Home Manager, CHMU-00/02



### Technické údaje

Napájecí napětí	230 VAC, 50 Hz
Příkon v provozním režimu (vypnuté podsvícení LCD)	3 VA
Příkon v provozním režimu (zapnuté podsvícení LCD)	6 VA
Přístrojová pojistka	T 63 mA
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Stupeň ochrany krytem	IP20
Stupeň znečištění	2
Provozní teplota	+5 až +45 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	174 x 186 x 66 mm
Zálohová baterie	3 V, typ CR 2032

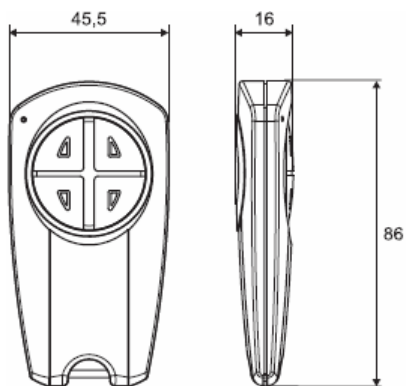
GSM-SMS Modem, CKOZ-00/02



### Technické údaje

Napájecí napětí	230 VAC, 50 Hz
Přívody a vývody	konektor FME pro externí anténu, zásuvka pro SIM, RS-232, zásuvka SubD
Frekvence	GSM 900/1800 MHz, duální pásmo
Způsob přenosu	GPRS Class 8
Signalizace	stavová LED
Stupeň ochrany krytem	IP20
Přípustný stupeň znečištění	2
Provozní teplota	-20 až +55 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	68 x 74 x 33 mm

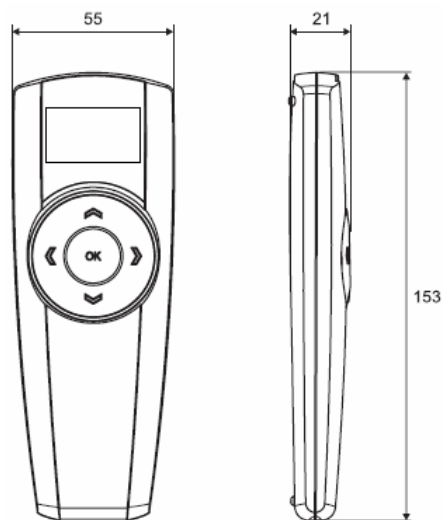
RF dálkový ovládač 4-kanálový MINI, CHSZ-02/02



**Technické údaje**

Napájecí napětí	3 V baterie CR2430
Kanály	2
Signalizace	indikační LED
Ovládání	2 operační tlačítka (každé má 2 funkce)
Frekvence	868,3 MHz
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Stupeň ochrany krytem	IP20
Stupeň znečištění	2
Provozní teplota	+5 až +45 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	86 x 45,5 x 16 mm

RF dálkový ovládač s LCD displejem 12-kanálový, CHSZ-12/04

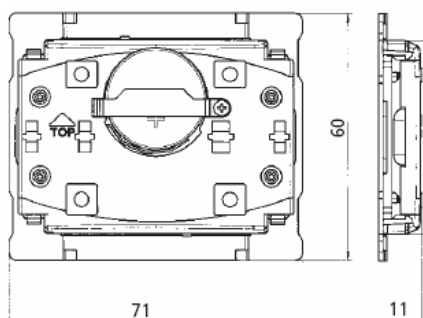


**Technické údaje**

Napájecí napětí	3 V baterie LR03 (AAA)
Kanály	12
Displej	LCD, modré podsvícení
Ovládání	4 navigační tlačítka, 1 potvrzovací
Frekvence	868,3 MHz
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Stupeň ochrany krytem	IP20
Stupeň znečištění	2
Provozní teplota	+5 až +45 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	153 x 55 x 21 mm



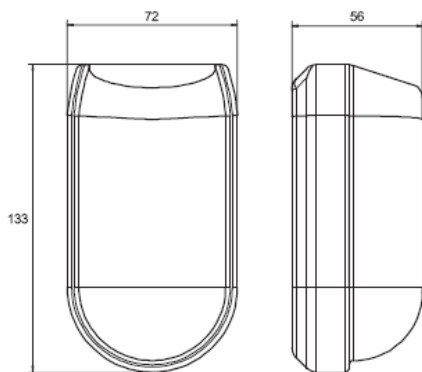
RF nástěnná tlačítka bez signalizace, CTAA-01/03 a CTAA-02/03



**Technické údaje**

Napájecí napětí	3 V, baterie typ CR 2430
Ovládací kryty	jednoduché nebo dvojitý
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Životnost baterie	asi 10 let, dle četnosti používání
Stupeň ochrany krytem	IP20
Stupeň znečištění	2
Provozní teplota	+5 až +40 °C
Rozměry přístroje (š x v x h)	60 x 47 x 11 mm
Rozměry plast. základny (š x v x h)	71 x 60 x 9 mm

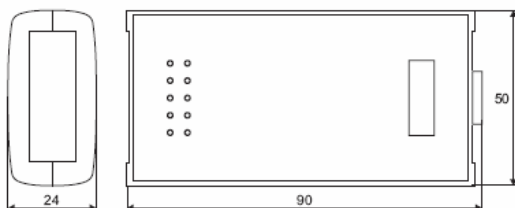
PIR-detektor pohybu, CBMA-02/01



**Technické údaje**

Napájecí napětí	3 V baterie 2x LR03 (AAA)
Detekce pohybu	PIR-sensor
Rozsah vyhodnocení	110°, dosah max. 12 m při montážní výšce 2,2 m
Nastavení časů pro kanál A	30 s, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30 min
Nastavení jasu pro kanál A	noc / soumrak / den a noc
Nastavení počtu impulzů	1, 3, 5, 7 (počet detekcí pro aktivaci výstupu A+B)
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Životnost baterie	přibližně 2 až 3 roky
Stupeň ochrany krytem	IP20
Provozní teplota	-5 až +40 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	72 x 133 x 56 mm

## Komunikační a vizualizační interface, CKOZ-00/03



### Technické údaje

#### USB

Napájecí napětí	z PC -USB interface, 250 mW USB kabel (A, B-konektor)
-----------------	---

#### RS-232

Napájecí napětí	sada RS-232/USB (A-jack), (5 VDC jack, 50 mA)
-----------------	--

Napájení kabelu	USB kabel
-----------------	-----------

Datový kabel	kabel (RJ12-konektor, 9-pole SubD-jack)
--------------	---

Frekvence	868,3 MHz
-----------	-----------

Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
------------------------	----------------------------------

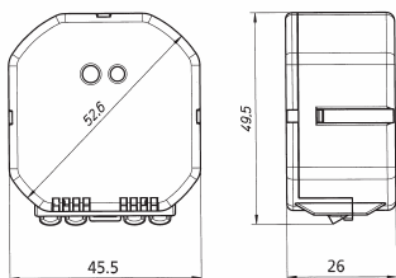
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
------------------------	------------

Stupeň ochrany krytem	IP20
-----------------------	------

Provozní teplota	+5 až +40 °C
------------------	--------------

Rozměry (š x v x h)	90 x 50 x 24 mm
---------------------	-----------------

## RF router, CROU-00/01



### Technické údaje

Napájecí napětí	230 VAC, 50 Hz
-----------------	----------------

Přívody	plný vodič, délka 150 mm, připojovací průřez 1,5 mm <sup>2</sup>
---------	---

Frekvence	868,3 MHz
-----------	-----------

Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
------------------------	----------------------------------

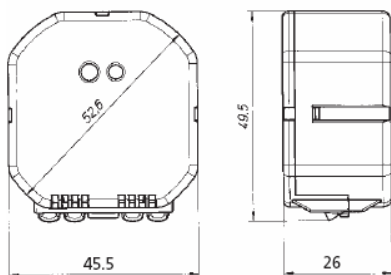
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
------------------------	------------

Stupeň ochrany krytem	IP20
-----------------------	------

Provozní teplota	-5 až +45 °C
------------------	--------------

Rozměry krytu (š x v x h)	48,6 x 45,3 x 26,2 mm
---------------------------	-----------------------

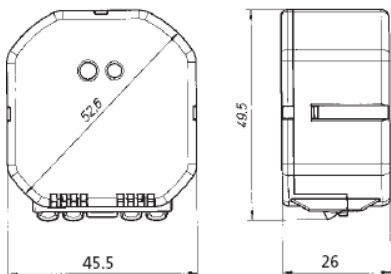
## Spínací aktor, CSAU-01/01



### Technické údaje

Napájecí napětí	230 VAC, 50 Hz
Přívody	plný vodič, délka 150 mm, přípojovací průřez 1,5 mm <sup>2</sup>
Zátěž	230 VAC, 50 Hz, 8 A odporová zátěž, aktor spíná fázi L přes kontakt LA
Jištění	jistič 16 A, charakteristika B vnitřní ochrana při tepelném přetížení
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Zvýšený dosah signálu	integrováný routing
Stupeň ochrany krytem	IP20
Provozní teplota	-5 až +45 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	45,5 x 49,5 x 26 mm

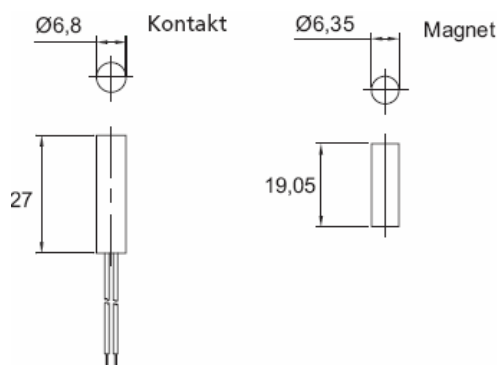
## Stmívací aktor, CDAU-01/02



### Technické údaje

Napájecí napětí	230 VAC, 50 Hz
Přívody	plný vodič, délka 150 mm, přípojovací průřez 1,5 mm <sup>2</sup>
Zátěž	230 VAC, 50 Hz, 40-250 W žárovky nebo elektron, transformátor, fázové řízení
Jištění	jistič 16 A, charakteristika B vnitřní ochrana při tepelném přetížení
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Zvýšený dosah signálu	integrováný routing
Stupeň ochrany krytem	IP20
Provozní teplota	-5 až +45 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	45,5 x 49,5 x 26 mm

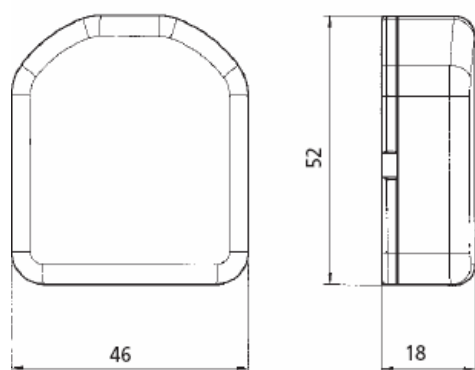
Okenní kontakt pro zapuštěnou montáž, CSEZ-01/07



**Technické údaje**

Napájecí napětí	z binárního vstupu CBEU-02/02
Přívod kontakt	2 vodičový kabel, bílý
Druh kontaktu	zapínací
Max. proud. zatížení kontaktu	100 VDC, 0,5 A
Max. vzdálenost	20 mm (kontakt / magnet)
Stupeň ochrany krytem	IP20
Provozní teplota	-5 až +45 °C
Rozměry kontakt	d=6,8 mm, L=27 mm
Rozměry magnet	d=6,35 mm, L=19 mm
Délka přívodu	2x 0,32 mm <sup>2</sup> , cca 1 m

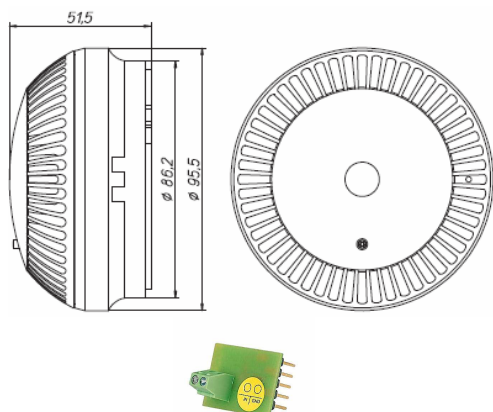
Dvojité binární vstupy bateriové, CBEU-02/02



**Technické údaje**

Napájecí napětí	3 V, baterie typ CR 2477 N
Přívody	4 svorky pro 2 bezpotencionální kontakty
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Životnost baterie	5 až 7 let
Stupeň ochrany krytem	IP20
Provozní teplota	+5 až +40 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	46 x 52 x 18 mm

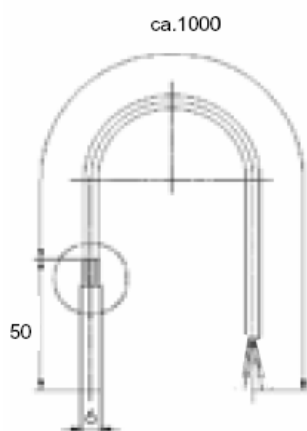
## Detektor kouře CSEZ-01/19 a tranzistorový modul CZES-01/20



### Technické údaje

Napájecí napětí	9 V baterie, typ 6 LR61
Akustický alarm	85 dB
Provozní teplota	-10 až +60 °C
Komunikace	přes binární vstup CBEU-02/02 prostřednictvím tranzistorového modulu CSEZ-01/20
Stupeň ochrany krytem	IP43
Rozměry	průměr 95,5 mm výška 51,5 mm

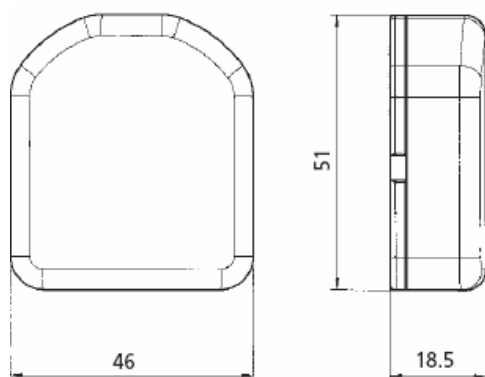
## Teplotní senzor, CZES-01/01



### Technické údaje

Napájecí napětí	z teplotních vstupů CTEU-02/01
Přívodní kabel	silikonový, 2 x 0,25 mm <sup>2</sup> , délka 1 m
Pouzdro teplotního senzoru	nerezová ocel, průměr 6 mm, délka 50 mm
Měřicí rozsah	-50 až +180 °C
Přesnost měření	±1 °K v celém rozsahu měření
Teplotní senzor	Pt 1000

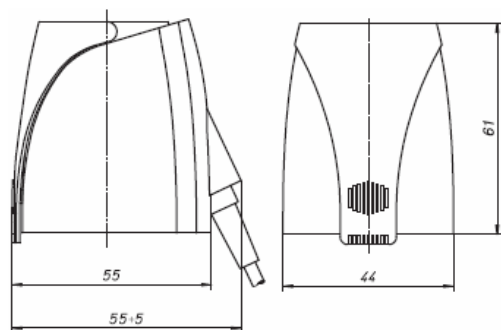
### Dvojité teplotní vstupy, CTEU-02/01



#### Technické údaje

Napájecí napětí	3 V, baterie typ CR 2477 N
Přívody	4 svorky pro 2 teplotní senzory CSEZ-01/01
Frekvence	868,3 MHz
Způsob přenosu signálu	obousměrný, adresovaná zpráva
Dosah signálu v budově	30 až 50 m
Životnost baterie	5 až 7 let
Stupeň ochrany krytem	IP20
Provozní teplota	+5 až +40 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	46 x 51 x 18,5 mm

### Termoelektrický ventil, CHVZ-01/01



#### Technické údaje

Napájecí napětí	230 VAC, 50 Hz
Přívody	vodič 2x0,75 mm <sup>2</sup> , délka 1 m
Ovládání	aktorem CSAU nebo CDAU-01/03
Typ	bez napění je ventil uzavřen
Stupeň ochrany krytem	IP54
Provozní teplota	0 až 100 °C
Rozměry krytu (š x v x h)	61 x 44 x 55+5 mm