

# **Návrh inteligentního rodinného domu řízeného pomocí KNX**

Design of intelligent house controlled by KNX bus

Bc. Jana Ricková

---

Diplomová práce  
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana RICKOVÁ**

Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Návrh inteligentního rodinného domu řízeného pomocí KNX**

Zásady pro vypracování:

1. Studie energeticky úsporných budov zahrnující možné způsoby tvorby mikroklimatu.
2. Možnosti řízení, monitorování a komunikace systémů techniky budov.
3. Aplikace poznatků na konkrétní budovu.
4. Návrh teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací vzduchu s využitím obnovitelných zdrojů energie s fotovoltaickými panely.
5. Návrh řízení, monitorování a komunikace pomocí inteligentní sběrnice RF KNX.
6. Návrh SCADA systému a komunikační brány s protokolem TCP/IP, vzdálené ovládání přes GSM.
7. Technicko - ekonomické hodnocení projektu.



Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. CENEK, Miroslav. Obnovitelné zdroje energie. Praha : FCC PUBLIC, 2001. 208 s. ISBN: 80-901985-8.
2. DANIELS, Klaus. Technika budov. Bratislava : Jaga Group, 2003. 520 s. ISBN 80-88905-60-5.
3. HUMM, Othmar. Nizkoenergetické domy. Praha : Grada Publishing, 1999. 352 s. ISBN 80-7169-657-9 -.
4. KNX Association cvba. Handbook for Home and Building control : basic principles. [s.l.] : ZVEI, 2006. 185 s.
5. TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. c2001-2009 [cit. 2009-02-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/>>.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

**20. února 2009**

Termín odevzdání diplomové práce:

**27. května 2009**

Ve Zlíně dne 13. února 2009



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Ve své práci se zabývám návrhem inteligentního rodinného domu, který zahrnuje tyto prvky:

- teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací tepla ze vzduchu
- využití obnovitelných zdrojů energie v podobě fotovoltaických panelů
- inteligentní způsob řízení osvětlení
- návrh zabezpečení objektu
- integrovaný systém s možností optimalizace spotřeby energie, tepla a vody
- návrh integrace pomocí sběrníkové komunikace KNX, která dovoluje integraci navržených systémů a jejich ovládání

*Klíčová slova: inteligentní dům, teplovzdušné vytápění a větrání, fotovoltaika, řízení osvětlení, zabezpečení objektu, sběrníková komunikace KNX.*

## ABSTRACT

This thesis deals with an intelligent house design which contains the following elements:

- hot-air heating and ventilation with air recuperation
- use of renewable energy resources in the form of photovoltaic solar panels
- smart lighting control
- security system design
- possibility to optimize energy, heat and water consumption within an integrated system
- the KNX bus communication system that allows integration of the above mentioned systems and their control

*Keywords: intelligent house, hot-air heating and ventilation, photovoltaics, light control, security system, KNX bus communication system.*

Poděkování, motto

Především bych chtěla poděkovat Ing. Martinu Zálešákovi CSc., který mi po celou dobu mé práce věnoval spoustu času a předával důležité rady, díky nimž jsem se mohla o dané problematice dozvědět spoustu nových informací a úspěšně tak dokončit svou práci.

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 pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ABSTRAKT .....</b>	<b>4</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 INTELIGENTNÍ DŮM.....</b>	<b>12</b>
1.1 VLASTNOSTI INTELIGENTNÍHO DOMU.....	12
<b>2 AUTOMATIZACE ŘÍZENÍ BUDOV .....</b>	<b>14</b>
<b>3 HODNOCENÍ BUDOV Z HLEDISKA SPOTŘEBY ENERGIE.....</b>	<b>16</b>
3.1 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM .....	16
3.2 PASIVNÍ DŮM.....	17
<b>4 PŮSOBNÍ VNĚJŠÍCH A VNITŘNÍCH VLVŮ NA SPOTŘEBU ENERGIE.....</b>	<b>18</b>
4.1 VNITŘNÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY .....	18
4.2 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY .....	22
<b>5 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV.....</b>	<b>24</b>
5.1 ENERGETICKÝ PRŮKAZ BUDOVY.....	24
5.2 VYHLÁŠKA Č. 148/2007 Sb. O ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	24
5.3 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOV .....	25
<b>6 TEPELNÉ ČERPADLO .....</b>	<b>27</b>
<b>7 OBNOVITELNÉ ZDROJE.....</b>	<b>33</b>
7.1 VÝHODY A NEVÝHODY OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE.....	33
7.2 SLUNEČNÍ ENERGIE.....	33
7.3 SOLÁRNÍ KOLEKTORY .....	35
7.4 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM.....	40
<b>8 KOMUNIKACE POMOCÍ SBĚRNIC.....</b>	<b>49</b>
8.1 KNX .....	49
8.2 SBĚRNICE EIB .....	56
8.3 LONWORKS.....	57
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>65</b>
<b>9 POPIS NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>66</b>
9.1 OKRAJOVÉ PODMÍNKY .....	67
<b>10 STANOVENÍ TEPELNÝCH PARAMETRŮ .....</b>	<b>71</b>

10.1	VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PODLE ČSN EN 12831 .....	71
10.2	VÝPOČET CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM .....	72
10.3	VÝPOČET CELKOVÉHO ZÁTOPOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU .....	74
10.4	VÝPOČET CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM .....	76
10.5	CELKOVÉ VÝSLEDKY TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU .....	77
<b>11</b>	<b>POPIS A NÁVRH TEPELOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ.....</b>	<b>79</b>
11.1	ROZVODY VZDUCHU.....	81
11.2	VÝPOČET PLOCHY VÝMĚNÍKU .....	85
11.3	VÝPOČET SMĚŠOVACÍHO VENTILU.....	86
11.4	REŽIM KLIMATIZACE .....	87
11.5	TEPELNÉ ČERPADLO .....	88
11.6	DIMENZOVÁNÍ ZÁSOBNÍKU NA TUV.....	88
11.7	HYDRAULICKÝ OKRUH TEPELNÉHO ČERPADLA.....	88
11.8	NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY .....	89
11.8.1	Výpočet topného výkonu otopného tělesa.....	90
11.9	NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ.....	91
<b>12</b>	<b>POPIS A NÁVR FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>95</b>
<b>13</b>	<b>POPIS A NÁVRH SILNOPROUDÝCH ROZVODŮ.....</b>	<b>101</b>
13.1	SVĚTELNÉ OBVODY .....	101
13.2	ZÁSUVKOVÉ OBVODY .....	103
13.3	KOUPELNOVÉ ROZVODY .....	103
<b>14</b>	<b>POUŽITÁ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE PRO ŘÍZENÍ BUDOVY.....</b>	<b>107</b>
14.1	NÁVRH ZABEZPEČOVACÍHO A POŽÁRNÍHO SYSTÉMU (EVS – EPS).....	112
14.2	ROZMÍSTĚNÍ PRVKŮ KNX .....	114
<b>15</b>	<b>TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ SYSTÉMU.....</b>	<b>117</b>
15.1	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU .....	117
15.2	NÁKLADY NA FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM .....	119
15.3	PRVKY KNX .....	121
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>123</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>125</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>126</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>128</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>129</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>131</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>132</b>



---

<b>PŘÍLOHA P VI: PRVKY KNX.....</b>	<b>150</b>
<b>PŘÍLOHA P VII: CENY ZAŘÍZENÍ VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU.....</b>	<b>156</b>
<b>PŘÍLOHA P VIII: CENA FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>157</b>
<b>PŘÍLOHA P VIII: CENY PRVKŮ SBĚRNICE KNX .....</b>	<b>158</b>

## ÚVOD

V dnešní době pojem „inteligentní budova“ není žádnou novinkou pro mnohé z nás. První zmínka o inteligentních domech sahá již do 80. let minulého století. Avšak dnešní nové trendy, především co se týká komunikačních technologií, posouvají celou oblast integrovaných technologií budov o výrazný krok dopředu. Plně automatizovaný inteligentní dům se především využívá k řízení vnitřních klimatických podmínek, vytápění, větrání, osvětlení a samozřejmě také k zabezpečení celého objektu.

Cílem diplomové práce byl návrh rodinného inteligentního domu pomocí známé sběrnice KNX. Podstatou bylo ukázat možný způsob řešení, jak postupovat při výstavbě inteligentního domů a jaké výhody či nevýhody v sobě skrývá. V předmětném případě jsem řešila rodinný dům s teplovzdušným vytápěním a větráním s rekuperací tepla ze vzduchu, s využitím obnovitelných zdrojů energie a fotovoltaických panelů, dále zde spadá systémem osvětlení a zabezpečení objektu. Vhodný výběr vytápění záleží na mnoha faktorech, proto zde zmíním aspoň ten nejdůležitější, což je výpočet tepelných ztrát, který je pro nás nesmírně důležitý, než začneme podnikat další kroky, co se týká návrhu inteligentního domu. Podle výsledku tepelných ztrát se také řídí výběr vhodného vytápění a větrání. Další podstatnou podmínkou pro návrh rodinného inteligentního domu je ekonomické zhodnocení, díky kterému snadno zjistíme, které komponenty jsou pro nás finančně výhodné a jaká je jejich doba návratnosti. Poslední důležitou částí je sjednotit veškerou techniku, která se v domě nachází tak, aby komunikace s jednotlivými prvky byla co nejjednodušší. Komunikace bude řízená pomocí KNX sběrnice, o které si povíme v jedné z ucelených kapitol.

Použitá literatura je uvedena na závěr v seznamu literárních odkazů. Co se týká teoretické části, jsem využila dnes už běžně dostupný internet. Podstatné věci, co se týká návrhu vytápění, větrání, jsem se snažila pravidelně konzultovat se svým vedoucím diplomové práce, popřípadě s dalšími odborníky, kteří se touto problematikou zabývají.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 INTELIGENTNÍ DŮM

V současné době se velmi často používá pojem inteligentní dům, proto je třeba si vysvětlit význam tohoto slova.

„Inteligentní dům“ můžeme chápat v širším slova smyslu jako budovu vybavenou počítačovou a komunikační technikou, která má za úkol předvídat a reagovat na dané potřeby obyvatel. Jejím hlavním cílem je snaha zvýšit komfort, pohodlí, co nejvíce minimalizovat spotřebu energie efektivním využitím alternativních zdrojů (solární kolektory, fotovoltaické panely, tepelné čerpadla) v optimální kombinaci s tradičními zdroji (kotle) a samozřejmě v neposlední řadě poskytnout zabezpečení celého objektu.

Provoz budovy, její řízení a monitorování technologických zařízení je zajišťováno celou řadou systémů – řídicím systémem vytápění, klimatizace, vzduchotechniky, osvětlení, systémy požární signalizace (EPS), elektronické zabezpečovací systémy (EVS) a uzavřené kamerové systémy (CCTV).

Inteligentní dům dovoluje propojit veškerou techniku v daném objektu tak, aby spolu navzájem komunikovala. Poskytuje jednotný způsob ovládání přizpůsobený na míru pro konkrétní dům a jeho obyvatele. Systém je řízen počítačem a lze jej ovládat i na dálku přes TCP/IP či GSM.

Budovy s inteligentními elektroinstalacemi jsou v poslední době rozšířeny po celém světě.

Pojem „inteligentní budova“ má svůj původ v USA, kde byl poprvé použit počátkem devadesátých let minulého století tak, aby co nejvíce uspokojovala potřeby uživatelů.

### 1.1 Vlastnosti inteligentního domu

- Využití alternativních zdrojů (solární panely, fotovoltaické panely, tepelné čerpadla) pro vytápění či ohřev TUV je v dnešní době poměrně časté. Samotné využití obnovitelných zdrojů pozvedá ekologickou a ekonomickou stránku vytápění, avšak bez řízení by docházelo k příliš vysokým ztrátám. Oproti tomu inteligentní systém řízení využívá zdroje energie zcela optimálním způsobem.

- Využití různých kotlů s programovatelným spínáním sice umožňuje vypnout kotel na noc, popřípadě na víkend, avšak ne zcela komfortním způsobem. Inteligentní dům se snaží tyto nedostatky odstranit tím, že na jednotlivém místě nastaví různé režimy vytápění pro jednotlivé obytné prostory. Další z mnoha výhod je také, že řídicí jednotku lze ovládat vzdáleně, tudíž při neplánovaném návratu domů můžeme změnit režim vytápění.
- Inteligentní dům měří a zaznamenává aktuální údaje o teplotách v jednotlivých místnostech, množství tepla z jednotlivých zdrojů. Takto získané údaje lze zobrazovat ve formě grafu a uživatel má tudíž naprostý přehled o dané spotřebě či nákladech.
- Mezi podstatnou výhodu také řadíme komfort a pohodlí při řízení vytápění, osvětlení, rolet a zabezpečovacího systému. Ovládání veškeré techniky je pohodlnější a zabere méně času. Díky dálkovému ovládání si rovněž ušetříme zbytečné vstávání a chození ke správnému vypínači. Ovládání se může dít pomocí mobilního telefonu nebo internetu, což je praktické pro změny nastavení topení nebo třeba napuštění vany, aby vše bylo připravené, jakmile se vrátíme domů.
- Mezi poslední přednost inteligentního domu považujeme rovněž zabezpečení celého objektu. Díky jednoduchému ovládání a automatizaci se bezpečnostní systém zapne vždy, pokud bude potřeba.



## 2 AUTOMATIZACE ŘÍZENÍ BUDOV

Automatické řízení budov definujeme jako soubor vzájemně propojených zařízení, které jsou ovládány z centrálního řídicího systému. Centrální řídicí systém představuje tzv. „průmyslový počítač“, který se snaží komunikovat s naší domácností. Požadavky, co se týká vytápění, větrání a osvětlení, jsou sdělovány prostřednictvím HMI (Human – Machine Interface). Jeho podoba je ve formě dotykového displeje, který můžeme umístit na stěnu, popřípadě do některých zařízení. Avšak může se také jednat o volně přenosný ovladač, který bude schopen bezdrátové komunikace. Hlavní myšlenkou „řízení budov“ je sjednocení ovládání jednotlivých zařízení. Abychom nemuseli nastavovat každý přístroj zvlášť, poslouží nám k tomu ovládání přes mobil, kdy si nastavíme v domě tak, jak potřebujeme. Nutno podotknout, že z uživatelského hlediska se jednotlivá zařízení chovají, jako by měly funkci centrální řídicí jednotky, avšak ve skutečnosti jsou jedním prvkem z celého souboru přístrojů, připojených přes komunikační sběrnici, ať už LonWorks, EIB nebo KNX, o kterých bude následující podkapitola.



Obr. 1: Ovládání jednotlivých prvků v místnosti

Automatické řízení budov má také své výhody a nevýhody. Pro mladší generaci bude takový způsob ovládání jistě velkým přínosem. Avšak starším generacím může činit menší problémy, i když komunikace s jednotlivými komponenty je zcela jednoduchá, navržená tak, aby zpříjemnila a co nejvíce zjednodušila naše bydlení.

Zmíním zde nyní několik příkladů, jakým způsobem můžeme automatizaci inteligentních budov využít:

- Zabezpečení vstupu domu proti násilnému vniknutí
- Ovládání osvětlení

- Řízení vytápění a klimatizace
- Větrání a ovládání žaluzií
- Domácí systém na hlídání dětí, popřípadě zvířat

### 3 HODNOCENÍ BUDOV Z HLEDISKA SPOTŘEBY ENERGIE

Inteligentní budovy můžeme hodnotit podle mnoha hledisek, nejdůležitějším z nich však je hledisko energetické náročnosti. Vyjadřuje nám množství spotřebované energie, do které můžeme zahrnout vytápění, přípravu TUV, větrání či osvětlení. Energetickou náročnost také ovlivňuje řada faktorů, mezi které například patří vhodný výběr místa výstavby, výpočtová venkovní teplota, rychlost a směr větru a jako poslední sluneční záření.

#### 3.1 Nízkoenergetický dům

První krok, který musíme provést, abychom mohli dům považovat za nízkoenergetický, je stanovit parametr, kterému říkáme měrná potřeba tepla na vytápění -  $[kWh/(m^2 / rok)]$ . Udává potřebu tepla v kWh na vytápění  $1 m^2$  vytápěné plochy budovy za rok. Pro přehlednost zde uvádím tabulku, která znázorňuje měrnou potřebu tepla na vytápění pro odlišné typy budov.

Kategorie budovy	Potřeba tepla na vytápění
	$[kWh/(m^2 / rok)]$
Starší budovy	Často více než dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby
Obvyklá novostavba	80-140
Nízkoenergetický dům	$\leq 50$
Pasivní dům	$\leq 15$
Nulový dům	$< 5$

Tab. 1: Měrná spotřeba tepla na vytápění podle ČSN 730540:2

Z tabulky můžeme vyčíst, že u nízkoenergetických domů by se měrná spotřeba tepla měla pohybovat kolem  $50 [kWh/(m^2 / rok)]$ , naproti tomu průměrná spotřeba tepla u běžných novostaveb mnohdy činí až  $165 [kWh/(m^2 / rok)]$ .

Můžeme tedy říci, že díky nízkoenergetické stavbě jsme schopni v průměru ušetřit 60 – 70% nákladů na vytápění domu.

Při výstavbě nízkoenergetických domů musíme rovněž dodržovat určité zásady, jako použití vhodného materiálu, co nejvíce redukovat tepelné mosty, aby nedocházelo k velkému úniku tepla, minimalizovat použití určitých prvků, jako např. balkóny, vikýře, ale třeba i garáže s velkými okny, aby tepelné ztráty nebyly příliš vysoké.

### 3.2 Pasivní dům

Pasivní domy jsou již na dnešním trhu zcela běžnou záležitostí. V České Republice jich najdeme kolem 50 a stále více jich přibývá. Nezbytnou podmínkou je stanovit všechny parametry, které s pasivním domem úzce souvisí.

Prvním parametrem je rovněž měrná spotřeba tepla na vytápění –  $[kWh/(m^2 / rok)]$ , jak tomu bylo v případě nízkoenergetických domů. Z předchozí Tabulky 1 můžeme vyčíst, že pokud chceme dům navrhout jako pasivní, musí pro něj platit, že měrná potřeba tepla na vytápění musí být maximálně  $15 [kWh/(m^2 / rok)]$ .

Druhým parametrem je celková potřeba primární energie –  $[kWh/(m^2 / rok)]$ . Tato hodnota nám udává potřebu primární energie na vytápění, ohřev TUV, větrání, chlazení, elektrospotřebiče a osvětlení v  $kWh$  vztaženou na  $1 m^2$  posuzované plochy budovy za rok. Aby byl dům pasivní, musí být celková potřeba primární energie maximálně  $120 [kWh/(m^2 / rok)]$ .

Třetím parametrem je celková neprůvzdušnost  $n_{(50)}$  –  $[1/h]$ . Tato hodnota udává intenzitu výměny vzduchu v objektu při tlakovém rozdílu  $50 Pa$  za jednu hodinu. Pro pasivní dům musí být celková neprůvzdušnost maximálně  $0,6 [1/h]$ .

Doplňkovým parametrem je měrný tepelný příkon –  $[W/m^2]$ . Tato hodnota udává příkon topného zdroje pro vytápění, vztažený k ploše vytápěného prostoru. Jedná se o rozhodující hodnotu pro možnost teplovzdušného vytápění domu na odpovídající úrovni. Měrný tepelný příkon, tudíž musí být maximálně  $10,0 [W/m^2]$ .

## 4 PŮSOBENÍ VNĚJŠÍCH A VNITŘNÍCH VLIVŮ NA SPOTŘEBU ENERGIE

Jak jistě dobře víme, na dům působí řada vnitřních a vnějších vlivů, o kterých se zde zmíníme. Rada bych zdůraznila, že vždy usilujeme o to, aby tepelné ztráty budovy byly co nejnižší.

### 4.1 Vnitřní klimatické podmínky

#### *Operativní teplota*

Je vypočítaná hodnota, definovaná jako jednotná teplota uzavřeného černého prostoru z hlediska radiace, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekcí i sáláním stejné množství tepla, značí se  $t_0$ .

Vypočítá se ze vztahu:

$$t_0 = A \cdot t_a + (1 - A) \cdot t_r \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde

$A$  ... funkční relativní rychlosti proudění vzduchu  $v_{ar}$  [ $m/s$ ]

$t_a$  ... teplota vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_r$  ... střední radiační teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$v_{ar}$ [ $m/s$ ]	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
$A$ [-]	0,5	0,53	0,6	0,65	0,7	0,75

Tab. 2: Závislost koeficientu  $A$  na rychlosti proudění vzduchu  $v_{ar}$  [ $m/s$ ]

Operativní teplotu můžeme také stanovit z teploty kulového teploměru  $t_g$ , teploty vzduchu  $t_a$  a rychlosti proudění vzduchu  $v_a$ . Výsledný vztah vypadá takto:

$$t_0 = K \cdot t_g + (1 - K) \cdot t_a \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$K = \varepsilon \frac{A_r}{A_d} \cdot \frac{h_{rg} + h_{cg}}{h_r + h_c}$$

kde



$t_a$  ... teplota vzduchu [ $^{\circ}C$ ]

$t_g$  ... teplota kulového teploměru [ $^{\circ}C$ ]

$K$  ... váhový koeficient [-]

$\varepsilon$  ... emisivita oděvu [-]

$\frac{A_r}{A_d}$  ... poměr sálajícího povrchu těla k celkovému povrchu

$h_r$  ... součinitel přestupu tepla sáláním [ $W/(m^2 \cdot K^1)$ ]

$h_c$  ... součinitel přestupu tepla prouděním [ $W/(m^2 \cdot K^1)$ ]

$h_{rg}$  ... součinitel přestupu tepla sáláním v úrovni kulového teploměru [ $W/(m^2 \cdot K^1)$ ]

$h_{cg}$  ... součinitel přestupu tepla prouděním v úrovni kulového teploměru [ $W/(m^2 \cdot K^1)$ ]

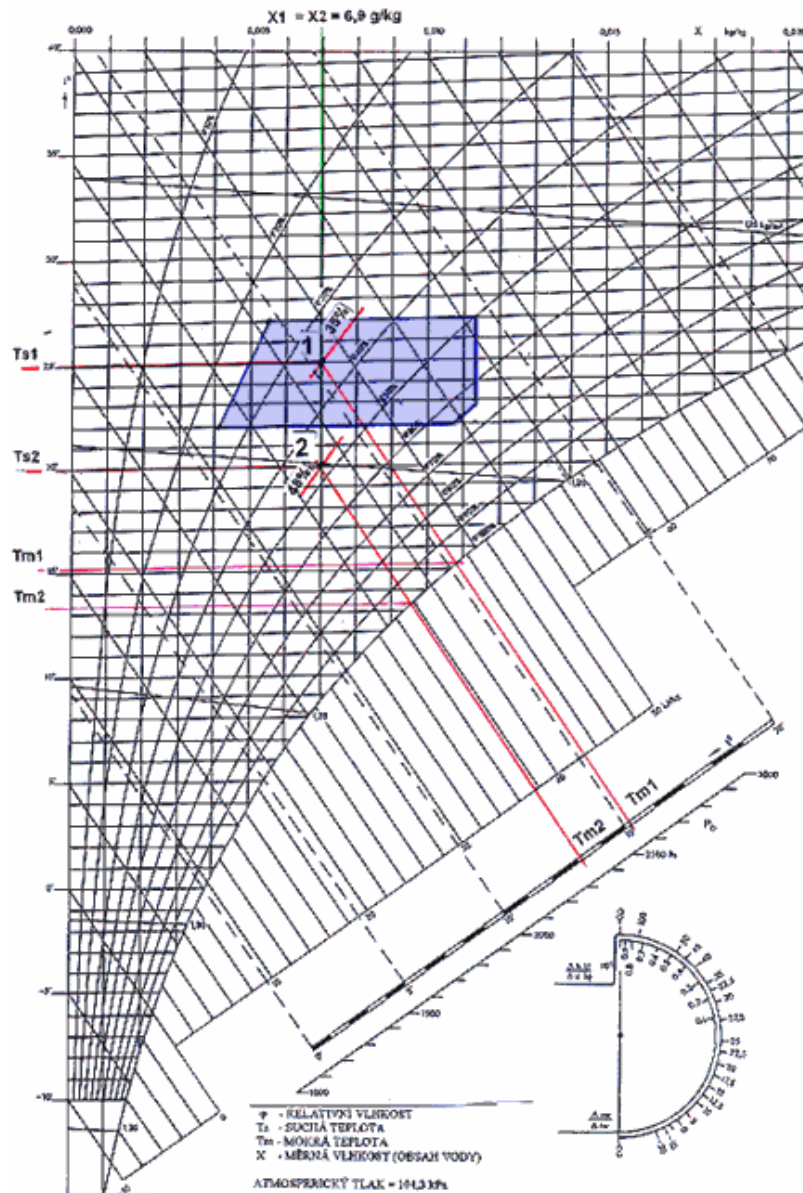
### **Relativní vlhkost vzduchu**

Udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par a množstvím par při plném nasycení. Jednotkou relativní vlhkosti vzduchu jsou procenta (%). Známe-li hmotnost vodní páry  $m$ , která je ve vzduchu obsažena a hmotnost vodní páry  $M$ , která obsahuje stejný objem vzduchu, můžeme relativní vlhkost vyjádřit jako:

$$\phi = 100 \frac{m}{M} [\%].$$

Vysoká relativní vlhkost je taková, která nabývá více jak 70%. Za přítomnosti vysoké teploty vzduchu vyvolává pocit dusna, což není mnohdy příjemné.

Na nízkou relativní vlhkost si většinou stěžujeme v zimě a vše dáváme za vinu ústřednímu vytápění. Důvody jsou prosté, pokud snížíme teplotu v místnosti, relativní vlhkost se automaticky zvýší. Proto, zde přikládám obrázek h-x diagramu, na kterém si můžeme vše názorně ukázat. Nízká relativní vlhkost má tedy negativní účinky na náš organismus. Optimální hodnota relativní vlhkosti bývá kolem 50%.



Obr. 2: Oblast pohody a příklad určení stavu vzduchu v bodě 1

### Rychlost proudění vzduchu

Rychlost vzduchu ovlivňuje odpařování z povrchu kůže, čímž určuje pocit tepelné pohody, o kterém si povíme později. Pokud je rychlost proudění vzduchu vyšší jak  $0,2 \text{ ms}^{-1}$ , nazýváme tento jev jako průvan, na který je lidský organizmus velmi citlivý.

### Význam pojmu tepelná pohoda

Tepelná pohoda je určitý pocit, který člověk vnímá v obytném prostředí. Při vykonávání jakékoliv činnosti člověk produkuje teplo, které je odváděno do prostoru, ovšem tak, aby nedošlo k výraznému snížení teploty člověka.

Na druhé straně odvod tepla nesmí být příliš velký, aby nedošlo ke snížení teploty těla. Člověk by tedy v daném prostředí neměl pociťovat chlad či nadměrné teplo.

### *Výpočty parametrů tepelné pohody*

Výpočty vycházejí z tepelné bilance člověka, což znamená, že vyprodukované teplo se odvádí do okolí konvekcí, sáláním, dýcháním či pocením.

Z tepelné bilance tedy můžeme odvodit rovnici pro výpočet středního tepelného pocitu PMV (Predicted Mean Vote).

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

kde

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

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

Výsledný index PMV hodnotíme podle sedmistupňových faktorů, které jsou zachyceny v následující *Tab.3*.

<b>Tepelný pocit</b>	Horko	Teplo	Mírné teplo	Neutrálně	Mírné chladno	Chladno	Zima
<b>PMV index</b>	3	2	1	0	-1	-2	-3

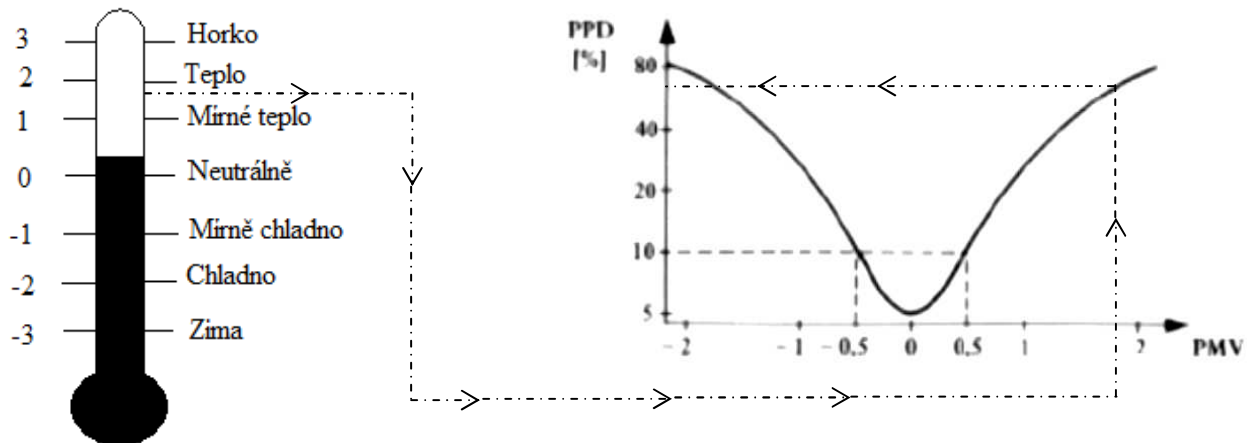
*Tab. 3: Hodnocení středního tepelného pocitu PMV*

Pocit tepelné pohody však nelze zajistit všem lidem, které se nacházejí v daném prostoru. Vždy se vyskytuje určité procento nespokojených, kteří nepociťují tepelnou pohodu. Tepelná nepohoda se také označuje jako tzv. diskomfort.

Z tohoto důvodu byl zaveden index PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), který vyjadřuje procentuální podíl nespokojených osob s prostředím.

Vzájemný vztah obou indexů vyjadřuje vzorec:

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



Obr. 3: Předpověď procentuálního podílu nespokojených

## 4.2 Vnější klimatické podmínky

Vnější klimatické podmínky můžeme ovlivnit nepřímo slunečním zářením.

### *Volba místa*

Aby dům mohl využívat sluneční energii, měla by většina prosklených ploch směřovat k jihu. Pokud nemáme možnost takového pozemku, můžeme sluneční energii využívat například prostřednictvím slunečních kolektorů.

Orientace prosklených ploch na západ či východ je dosti nevhodná a umístění oken na severní stranu zase způsobuje vyšší tepelné ztráty. Zkrátka je důležité dům orientovat z hlediska světových stran tak, aby to pro nás bylo vždy přínosem.

### *Teplota vnějšího vzduchu*

Výpočtová venkovní teplota je odvozena z dlouhodobých průměrů pěti nejchladnějších dnů. Na území ČR platí tři venkovní výpočtové teploty:

$$t_e = -12^\circ C, t_e = -15^\circ C, t_e = -18^\circ C .$$

Teplotu vnějšího vzduchu nemůžeme žádným způsobem ovlivňovat, avšak je pro nás důležitá při výpočtu vytápěcích systémů. Abychom dosáhli co nejmenších tepelných ztrát, je vhodné situovat výstavbu na jižní svahy či do většího seskupení.

Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Snížená výpočtová venkovní teplota
	$t_e$	
	[°C]	
nad 400 m.n.m	-12	-15
nad 600 m.n.m	-15	-18
nad 800 m.n.m	-18	-21

Tab. 4: Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku

### **Rychlost a směr větru**

Abychom dosáhli opět co nejmenších tepelných ztrát, je nutné umístit budovy mimo údolí a vrcholy kopců.

Další důležitou podmínkou je zřizování clon, nejlépe výsadbou stromů. Poslední vlastností je co nejvíce zmenšit netěsnost obvodového pláště, zejména spáry oken a dveří.

### **Sluneční záření**

Co se týká slunečního záření, je nutné místnosti s většími prosklenými plochy situovat na jih. Clony proti slunečnímu záření navrhovat tak, aby nebránily průchodu slunečním paprskům do místnosti. Pokud je rozmístění budov v husté zástavbě, je nutné, aby si budovy vzájemně nestínily. Je také potřeba rozdělit vytápěcí soustavu na sekce podle světových stran a pro každou z nich zajistit samostatnou regulovatelnost.



## 5 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

### 5.1 Energetický průkaz budovy

Jak už název napovídá, tento průkaz slouží k jednoduchému zhodnocení budovy z hlediska její energetické náročnosti. Umožňuje porovnání více budov dle kvality jejich obalových konstrukcí a nároků na energii potřebnou pro vytápění, včetně nákladů na provoz. Energetický průkaz a energetický štítek, o kterém se zmíním za chvíli, slouží především pro rodinné a bytové domy.

Průkaz energetické náročnosti budovy je podle novely energetického zákona (177/2006 Sb.) od 1.1 2009 povinnou součástí dokumentace při výstavbě nových budov, při energeticky významných změnách stávajících budov s podlahovou plochou nad  $1000 m^2$ , a také při prodeji nebo nájmu těchto budov nebo jejich částí.

Nutno podotknout, že tento průkaz nesmí být starší 10 let.

### 5.2 Vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budovy

Energetický průkaz budovy je podrobně upraven novou vyhláškou č. 148/2007 o energetické náročnosti budov.

Tato vyhláška zpracovává předpis Evropských společenství, byla oznámena v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 98/34 ES ze dne 22. června 1998 o poskytování informací v oblasti technických norem, předpisů a pravidel pro služby informační společnosti a stanoví:

- a) Požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele a výpočtovou metodu stanovení energetické náročnosti budov
- b) Obsah průkazu energetické náročnosti budov a způsob jeho zpracování včetně využití již zpracovaných energetických auditů
- c) Rozsah přezkušování osob z podrobnosti vypracování energetického průkazu budov

Nový průkaz hodnotí budovu z hlediska energie na vytápění, chlazení, ohřev teplé vody, větrání, osvětlení.

### 5.3 Energetický štítek obálky budov

Jedná se o grafické vyjádření stavebně – energetických vlastností konstrukcí domu. Energetický štítek klasifikuje budovy do sedmi kategorií A – G, načež symbolem A máme na mysli velmi úsporné budovy a G budovy mimořádně neekonomické. Rozhodující jsou pro nás normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,rq}$  a hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stavebního fondu  $U_{em,s}$ . Velmi výhodné jsou stavby, které patří do kategorie A – C. Klasifikační třída A odpovídá pasivním domům, třída B nízkoenergetickým domům. Třidu C můžeme rozdělit na  $C_1$ , což znamená, že daná budova vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla a  $C_2$ , která rovněž vyhovuje požadované úrovni součinitele prostupu tepla. Rozmezí tříd D a E odpovídá průměrnému stavu stavebního fondu. Součástí energetického štítku je také protokol, který popisuje tepelné parametry budovy.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY					
Typ budovy, místní označení			Hodnocení budovy		
Adresa budovy			stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha:					
A					
B					
C			C		
D					
E					
F					
G					
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. 5: Průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 148/2007 Sb.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení			Hodnocení obálky budovy				
Adresa budovy			stávající	doporučení			
Celková podlahová plocha A <sub>0</sub> = m <sup>2</sup>							
D Větní úsporná							
A							
0,3 B							
0,6 C			C <sub>1</sub>				
1,0 D			C <sub>2</sub>				
1,5 E							
2,0 F							
2,5 G							
Mimořádně neekonomická							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U <sub>em,rq</sub> = W/m <sup>2</sup> ·K							
Hodnotící ukazatel G a při doporučení hodnoty U <sub>em,rq</sub> při A/V = m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>							
G	0,30	0,40	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
U <sub>em,rq</sub>							
Podíl obálky ob.			Dopln				
Štítek vypracoval:			Jméno a příjmení: Hodnotice:				

Obr. 4: Energetický štítek budovy dle ČSN 73 0540-2

K tomu, abychom rozhodli, do jaké kategorie spadá naše budova, nám poslouží Tab. 5, jejíž hodnoty jsou uvedeny v  $[kWh/m^2]$ . Hodnoty uvedené ve třídě C jsou hodnotami referenčními.

Druh budovy	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	> 240
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní budova	< 69	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Budova pro vzdělání	< 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
Budova pro velkoobchod a maloobchod	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

*Tab. 5: Klasifikační třídy hodnocení energetické náročnosti budovy*

## 6 TEPELNÉ ČERPADLO

V dnešní době máme mnoho možných způsobů, jak vytápnout náš dům. Určité zdroje tepla mají levný provoz, jiné fungují bezobslužně, další jsou šetrné k životnímu prostředí. Ovšem jen jeden způsob vytápění má všechny tyto náležitosti a tím je tepelné čerpadlo.

Jedná se o zařízení, které zajišťuje vytápění určitého objektu. Tepelné čerpadlo rovněž řadíme mezi zařízení, které využívá energii z tzv. obnovitelných zdrojů, o kterých jsme se již zmínili. Podle toho jaký zdroj energie využívá, rozlišujeme tepelná čerpadla: vzduch-vzduch, vzduch-voda, země-voda a voda-voda.

### *Historie tepelného čerpadla*

Základní poznatky z oboru termodynamiky byly objeveny v roce 1852, kdy William Thomson ve své druhé větě termodynamické popsal princip tepelného čerpadla.

Ke konci 40. let minulého století sestrojil americký vynálezce Robert C. Weber první tepelné čerpadlo. K závěrům, že se jedná o tepelné čerpadlo, došel čistě náhodou. Prováděl pokusy s hlubokým zamražením a nešťastnou náhodou se dotknul dlaní výstupního potrubí, čímž si způsobil popálení. Právě tato skutečnost ho přivedla k myšlence, o další možné funkci chladicího zařízení. Výstup chladicího zařízení tedy propojil se zásobníkem na teplou vodu a za využití potrubní smyčky a ventilátoru vhněl přebytečné teplo do domu.

Hlavní rozmach tepelných čerpadel se uskutečnil v období energetické krize. V roce 1981 již bylo v Evropě instalováno přes sto tisíc tepelných čerpadel a v USA to byly rovné tři milióny.

### *Princip tepelného čerpadla*

Jak už jistě víme, tepelné čerpadlo pracuje na podobném principu jako chladicí zařízení. Základní úvaha o funkci tepelného čerpadla vychází z prvního a druhého termomechanického zákona, kdy první zákon říká, že nemůžeme vyrobit energii z ničeho, pouze můžeme energii měnit. Druhý zákon nám říká, že teplo samo o sobě nemůže měnit svou teplotu.

Samotný princip tepelného čerpadla byl popsán v 19. století anglický fyzik Kelvinem. Přestože se v podstatě jedná o chladicí zařízení, využíváme jej jako zdroj tepla.

Velké množství tepla je obsaženo v zemi, ve vodě i ve vzduchu, avšak díky nízké hladině tepla jej nemůžeme využít přímo pro vytápění či ohřev TUV.

Pokud bychom chtěli využít teplo z látek o nízké teplotě, museli bychom je převést na teplotu vyšší. Látkou zde máme na mysli právě onu zemi, vodu či vzduch.

Prakticky to znamená, že látku ochladíme o několik stupňů, díky čemuž získáme teplo, které využijeme při ohřevu TUV, vody v bazénu či vody v topné soustavě. Můžeme tedy říci, že tepelné čerpadlo pracuje na principu uzavřeného chladicího okruhu.

Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní hladinu, je nutné dodat určité množství energie. Jelikož množství není malé, můžeme tepelné čerpadlo považovat za částečný alternativní zdroj.

Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu:

- Výparník
- Kompresor
- Kondenzátor
- Expanzní ventil

Ve výparníku se teplo získané z okolního prostředí předává chladivu, které je v kapalném stavu. Jakmile chladivo zahřejeme, dojde k jeho odpaření a výsledné páry jsou stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je poté přivedeno do kondenzátoru, kde při jevu, který se nazývá kondenzace, předává teplo do topné vody za vyšší teploty. V expanzním ventilu cyklus končí a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu.

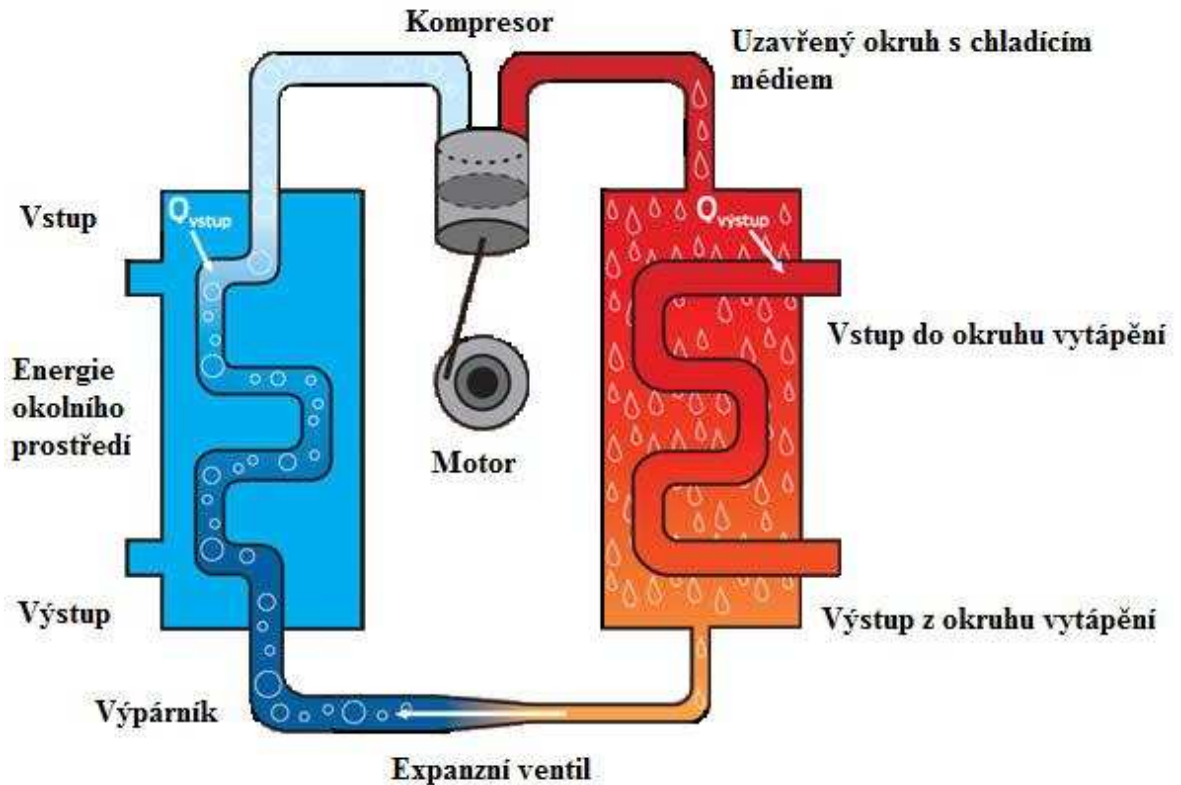
### ***Zjednodušený princip tepelného čerpadla***

Celý cyklus se skládá z několika kroků:

- a) Vypařování – chladivo, které se pohybuje v tepelném čerpadle, zajišťuje odběr tepla z okolního prostředí a tím se odpařuje
- b) Komprese – podstatnou část zde plní kompresor, který stlačí ohřáté chladivo. Na základě fyzikálního principu komprese se zvyšuje teplota, tudíž z nízkopotencionálního tepla se stane vysokopotencionální teplo.
- c) Kondenzace – takto zahřáté chladivo poté putuje do kondenzátoru, kde získané teplo předá vodě v topném okruhu, ochladí se a zkondenzuje.



- d) Expanze – v expanzním ventilu celý cyklus končí, chladivo se vrací nazpátek k prvnímu výměníku, kde dojde opět k jeho zahřátí.



Obr. 6: Schéma principu tepelného čerpadla

### Topný faktor tepelného čerpadla

Topný faktor tepelného čerpadla nám vyjadřuje podíl výkonu a příkonu. Jeden z nejdůležitějších parametrů, který topný faktor ovlivňuje je teplota nízkopotencionálního zdroje. Jelikož čím je teplota zdroje vyšší, tím je vyšší účinnost čili topný faktor. V praxi se tato hodnota pohybuje v rozmezí od 2 do 7.

$$\varepsilon_t = \frac{Q_{\tau c}}{P_{\tau c}} \quad [W]$$

$Q_{\tau c}$  ...topný výkon [W]

$P_{\tau c}$  ...příkon [W]

### *Typy tepelných čerpadel*

#### *Vzduch – vzduch*

Tepelné čerpadlo typu vzduch-vzduch pro nás představuje nejjednodušší způsob vytápění. Čerpadla odebírají energii z okolního vzduchu a předávají ji topnému médiu, jímž je opět vzduch. Tento typ ovšem neslouží k ohřevu TUV či vody v bazénu. Můžeme říci, že pracují na stejném principu jako klimatizační jednotka. K tepelným čerpadlům vzduch-vzduch je nutné instalovat do námi vybraného objektu vzduchotechnický rozvod. Někdy také mohou být rozšířeny o další funkce, tedy o další soustavy teplovzdušného vytápění jako jsou například krbové vložky a rekuperace. Tento systém nám zkrátka zajistí vysoký komfort topení v zimním období a zároveň chlazení v letním období.

#### *Vzduch – voda*

Tepelné čerpadla vzduch-voda se liší od předchozích v tom, že odebírají energii z okolního vzduchu a předávají ji topnému médiu, jímž je v tomto případě voda. K těmto tepelným čerpadlům se provádí klasický rozvod topení, buď pomocí radiátorů, nebo ve formě podlahového vytápění.

Vzduch, který je v našem případě zdrojem tepla, je nejdostupnější a z ekologického hlediska nejvýhodnější „produkt“.

Čerpadla odebírají energii v rozmezí od 20°C do 35°C, což má za následek, že je můžeme využívat na celoroční provoz. Mohou tety dosahovat až 55°C, což nejčastěji využijeme pro vytápění či ohřev TUV.

#### *Země – voda*

Tepelné čerpadlo země-voda je zajímavé tím, že převádí sluneční energii na tepelnou, která své uplatnění najde především k vytápění objektů či ohřevu TUV. Jedná se tedy o systémy, které umožňují odebírat teplo z vnějšího prostředí. Takto vytvořené teplo se poté převádí na vyšší teplotní hladinu.

Pro získání tepla ze země do systému tepelného čerpadla země-voda se využívají:

- Rozsáhlé zemní kolektory
- Hloubkové zemní vrty

*Tepelná čerpadla země-voda se zemními kolektory*

Pokud bychom si vybrali tuto variantu, budeme k tomu potřebovat větší plochu nezastavěného pozemku. Jedná se o méně nákladnou variantu a pro zemní kolektory není potřeba mít vystavené stavební povolení. Hlavní výhodou tohoto systému je, že jsme schopni si výkopové práce a položení kolektoru provést dá se říci sami, důležité je však použití kvalitního materiálu.

*Tepelná čerpadla země-voda s hloubkovými vrty*

Jedná se o příliš finančně nákladnou variantu. Jejich podstatná výhoda je, že nezávisí na venkovní teplotě. Teplota v hloubce přibližně 80-150 m činí 10°C a poskytuje tak vysoký topný faktor i v nejmraznějších obdobích.

*Voda – voda*

U tohoto systému je hlavním přírodním zdrojem voda, která může být povrchová, podzemní nebo spodní. Nejčastějším zdrojem tepla bývá studna, ze které odebíráme vodu. Voda směřuje do výměníku, který si z ní část vody odebere a následně ji vrací do druhé (vsakovací) studny. Vzdálenost mezi vrty by měla být minimálně 10m.

Jestliže máme k dispozici zdroj vody, což může být buď studna, rybník nebo řeka dáváme přednost tomuto typu čerpadla, jelikož vybudování systému není příliš finančně náročné.

Jedná se o nejúčinnější typ tepelných čerpadel. Podzemní voda dosahuje stálé teploty 10°C což znamená, že jde o nejteplejší zdroj energie. Topný faktor v tomto případě představuje číselnou hodnotu 6, což značí, že tepelné čerpadlo voda-voda může přinést až 80% úspor.

*Varianta studna*

Tepelné čerpadlo voda-voda musí být vybaveno dostatečným zdrojem přírodní vody. Pro běžný rodinný dům je vydatnost 0,5 l/s. Musíme také provést hydrogeologické posouzení vydatnosti studny pomocí tzv. čerpací zkoušky. Znamená to tedy, že ze studny se po dobu 14 dnů odčerpává voda. Pokud se studna nevyčerpá, je možné instalaci systému provést.

*Varianta řeka, rybník*

Zde se rovněž využívá vodního zdroje. Oproti předchozímu systému má tato varianta nevýhodu v tom, že teplota vody je nižší než 5°C, čímž nám nedovoluje ochlazení. Proto se používá systém výměníku (hadice PE), který se umístí do koryta řeky, nebo na dno velké vodní plochy. Výměník je vybaven nemrznoucí směsí. Využití takové varianty tepelného čerpadla voda-voda musí být schválena správcem toku.

## 7 OBNOVITELNÉ ZDROJE

Obnovitelné zdroje energie jak už sám název napovídá, jsou energetické zdroje, které jsou pro člověka v přírodě zcela dostupné, a jejich zásoba je téměř nevyčerpatelná.

Obnovitelné zdroje energie můžeme rozdělit do 3 základních skupin, podle toho na jaké energii jsou založeny:

- a) Zdroje založené na rotační a gravitační energii Země
- b) Na tepelné energii zemského jádra
- c) Na energii dopadajícího slunečního záření

Největší potenciál má pro nás sluneční záření, jelikož tato energie je využitelná přímo.

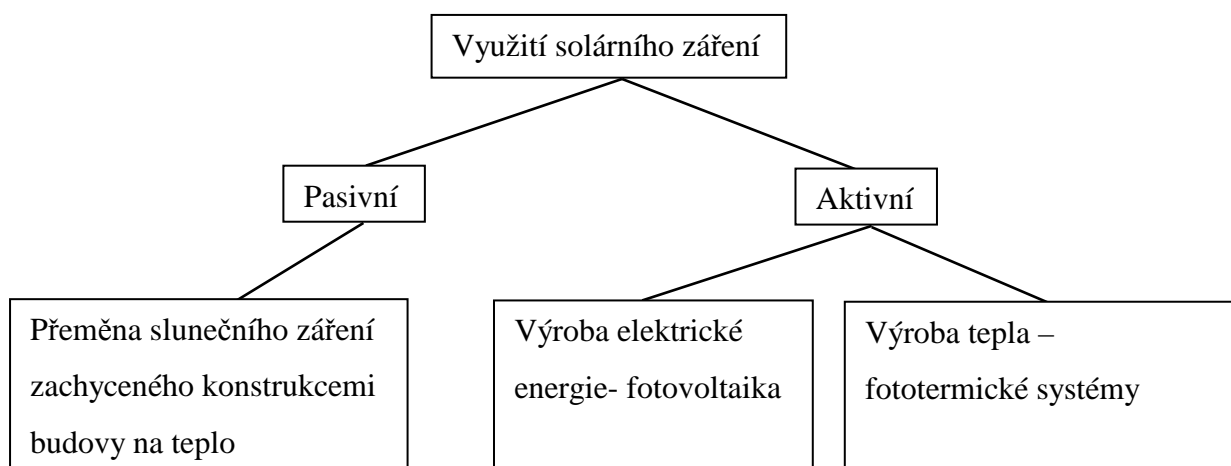
### 7.1 Výhody a nevýhody obnovitelných zdrojů energie

Obnovitelné zdroje v porovnání s klasickými zdroji jsou mnohem výhodnější, jelikož nevznikají žádné jaderné odpady, škodlivé emise a hlavně oxid uhličitý, který je spojován s tzv. skleníkovým efektem a hrozícími globálními klimatickými změnami. Obnovitelné zdroje jsou vesměs využívány decentralizovaně, což znamená, že veškerá vyrobená energie se v dané lokalitě také spotřebovává.

Naproti tomu máme zde i určité nevýhody. První nevýhodou obnovitelných zdrojů je energie, kterou se snaží zachytit, jelikož má malou plošnou hustotu. Další nevýhodou bych viděla finanční stránku. Obnovitelné zdroje jsou stále finančně náročné a ne každý si je může dovolit.

### 7.2 Sluneční energie

Slunce je základním zdrojem energie pro celou naši planetu. Sluneční záření můžeme využít buď přímo a to k výrobě tepla, chladu či elektřiny a, nebo nepřímo jako energii vodních toků, větru apod. Základní možnosti, jak využít sluneční energii nám ukazuje následující schéma.



Obr. 7: Schéma využití sluneční energie

***Aktivní systémy***

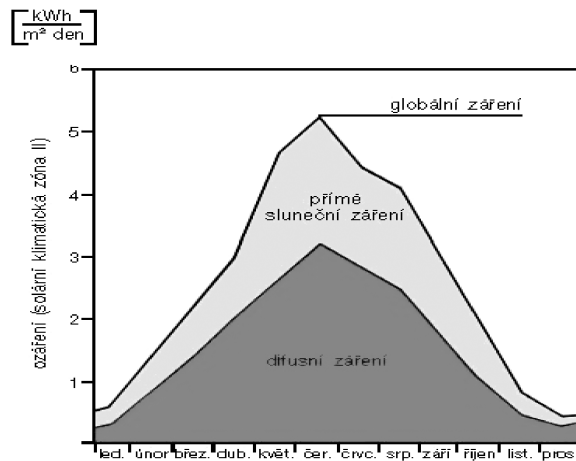
Využívají se zejména k celoroční přípravě ohřevu TUV, ohřevu bazénů a k vytápění budov pomocí teplovodního či teplovzdušného vytápění.

***Pasivní systémy***

Výhodou pasivních systémů je, že ke svému provozu nevyžadují jiné další zařízení. Využívá slunečního záření, které dopadá skrz okna do místností. Systém je třeba navrhnout tak, aby zisky byly co nejlépe využity. Výhodnější jsou tzv. těžké budovy, které dovolují krátkodobou akumulaci přebytku. Pasivní systém musí s danou budovou tvořit harmonický celek.

Podle údajů Solární ligy je v ČR instalováno přibližně 60 000 – 80 000  $m^2$  funkčních solárních termických systémů a cca 300 kW fotovoltaických panelů.

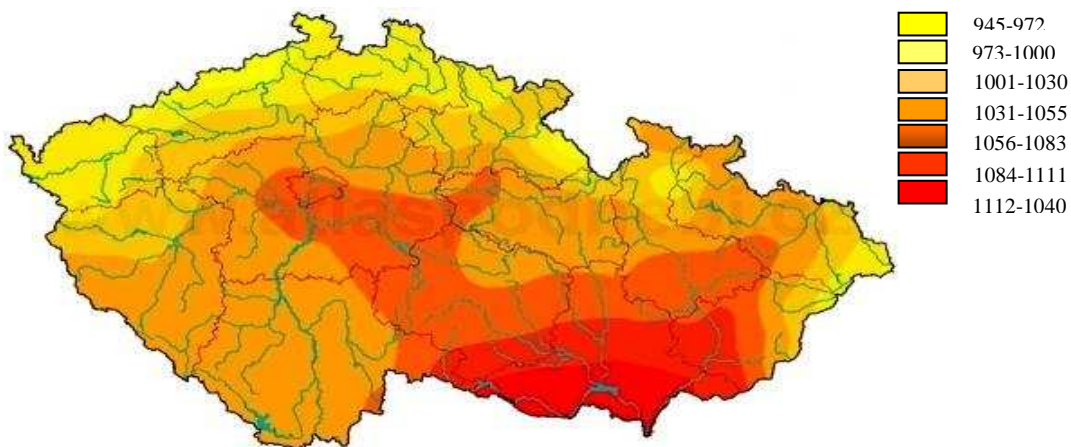
Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, se skládá z přímého a rozptýleného záření. Přímým zářením rozumíme takové záření, které vzniká díky slunečnímu disku a zároveň tvoří svazek rovnoběžných paprsků. Oproti tomu rozptýlené sluneční záření vzniká tzv. rozptylem přímých slunečních paprsků.



Obr. 8: Solární energetický zisk na území ČR

Roční příkon sluneční energie na území ČR činí přibližně  $1250 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{rok}$ .

Ráda bych zde poukázala na *obrázek 3*, který znázorňuje globální sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu o velikosti  $1 \text{ m}^2$  za rok, díky kterému se nám dostává představy o množství využitelné sluneční energie. V oblastech se silně znečištěnou atmosférou, musíme počítat s poklesem globálního záření o 5-10%, v některých případech až o 15-20%. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 m.n.m do 2000 m.n.m platí opak, tedy lze počítat s 5% nárůstem globálního záření.



Obr. 9: Mapa globálního záření na území ČR  $[\text{MJ}/(\text{m}^2/\text{rok})]$

Průměrný počet hodin solárního svitu, se v ČR pohybuje kolem  $1460 \text{ h}/\text{rok}$ .

### 7.3 Solární kolektory

Solární kolektory jsou zařízení, které se snaží zachytit co nejvíce sluneční energie, jejíž přeměnou získáme teplo, které je odváděno nosným médiem do výměníku.

Využití takto získaného tepla je velmi rozmanité, většinou se používá pro ohřev TUV, na ohřev bazénu nebo pro kombinované vytápění objektů. Nutno dodat, že průměrná intenzita slunečního záření pro Českou republiku činí kolem  $620 \text{ [W / m}^2\text{]}$ , což znamená, že za každou sekundu můžeme získat  $620 \text{ J}$  energie z plochy o jednom metru čtverečním.

### ***Konstrukce kolektorů***

Solárních kolektorů je nepřehledné množství a proto je dělíme podle různých hledisek. Podle tvaru konstrukce rozlišujeme kolektory plošné, trubicové a koncentrační a podle způsobu přenosu tepla rozlišujeme kolektory kapalinové, teplovzdušné a kombinované. Plošné kolektory patří mezi nejběžnější typy, a proto si o nich povíme něco více.

Konstrukce plošných kolektorů se skládá z několika částí, konkrétně absorbéru, skříně, izolace a krycího skla.

### ***Komponenty solárních kolektorů***

#### ***Absorbér***

Jedná se o výkonný prvek solárního kolektoru. Podstatou absorbéru je přeměna dopadajícího slunečního záření na využitelné teplo. Takto získané teplo se rozvádí do systému trubek, které jsou naplněny nemrznoucí směsí.

Přes 90% slunečního záření proniká solárním sklem a veškerou získanou energii předává absorbéru. Lze tedy využít pouze takovou energii, která na absorbér dopadne. Nejčastější konstrukční materiál, ze kterého je absorbér tvořen, je hliníkový či měděný plech, ovšem může být také navržen pouze z jednoho kusu plechu, v takovém případě jej označujeme jako celoplošný. Dalším důležitým faktorem solárních kolektorů je typ povrchové vrstvy absorbéru. Tedy, aby byly solární kolektory co možná nejkvalitnější, je nutné, aby absorbér byl opatřen tzv. vysoce selektivním povrchem. Kvalitní selektivní vrstvy zajišťují až 96% pohlcení dopadajícího záření a minimálně 3-5% emisivitu. Oproti tomu solární kolektor bez selektivní vrstvy, je pokryt černým nátěrem a pohlcuje pouze tepelnou energii přímého záření, cenově jsou výhodnější, avšak lze je použít pouze pro sezónní ohřev TUV.

#### ***Skřín***

Slouží k řádnému uchycení kolektoru na střechu nebo stěnu budovy tak, aby zároveň chránila jednotlivé prvky před nepříznivými povětrnostními vlivy.



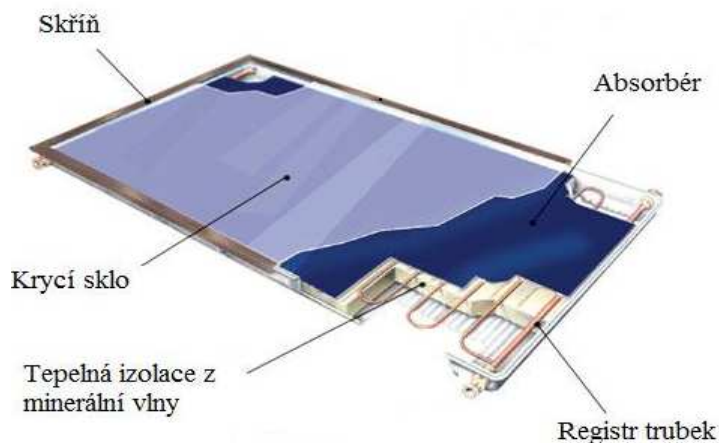
Jinými slovy můžeme říci, že se jedná o kovovou, plastovou či dřevěnou vanu, ve které je uložen absorbér, popřípadě jiné prvky. Další podmínkou je robustnost skříně, která je podstatná pro pozdější uchycení na střechu budovy.

### *Izolace*

Dalším důležitým faktorem solárních kolektorů je izolace, která má za úkol co nejvíce minimalizovat tepelné ztráty. Hlavní podstatou je zabránit úniku tepla z absorbérů. V dnešní době se nejčastěji používá tepelná izolace založená na minerálních vlnách nebo polyuretanu. Samozřejmostí je také odolnost vůči vysokým teplotám, až do  $200^{\circ}\text{C}$ . Poslední podmínkou je vlhkost, která nesmí být přijímána z okolního prostředí.

### *Krycí sklo*

Snaží se co nejvíce minimalizovat tepelné ztráty díky čelní straně kolektoru. Krycím sklem snadno prochází viditelné světlo, které se později v absorbérů mění na teplo. Oproti tomu krycí sklo nepropouští dlouhovlnné záření. Uvnitř kolektoru tedy vzniká jev, který se nazývá skleníkový efekt, díky kterému se zvyšuje teplota proudící kapaliny. Proto, aby krycí sklo bylo, co možná nejkvalitnější používáme solární sklo, které vykazuje vysokou propustnost a dlouhou životnost.



*Obr. 10: Konstrukce solárního kolektoru*

### *Instalace solárního kolektoru*

Instalaci solárního kolektoru provádíme nejčastěji na střeších či stěnách budov, můžeme však kolektor také umístit do volného terénu. Před samotnou instalací musíme splnit několik následujících podmínek, aby kolektor plnil svou funkci správně.

### *Konstrukce solárního kolektoru*

Konstrukce, na kterou chceme instalovat solární kolektor, musí být dostatečně odolná vůči přírodním vlivům. Další podmínkou je pevnost konstrukce, která nám zajistí bezpečné uchycení solárního kolektoru.

### *Orientace a sklon kolektoru*

Umístění solárních kolektorů bývá nejvhodnější na jižně orientované nezastíněné střechy, abychom co nejvíce využili intenzitu slunečního záření. Ideální stav by byl tehdy, kdyby záření dopadalo na plochu kolektoru stále kolmo. Ovšem toho nelze docílit, jelikož Slunce mění svou polohu nejen během dne, ale i v průběhu roku. Sklon kolektoru se tedy pohybuje v rozmezí  $30^\circ - 50^\circ$ , avšak optimální sklon bývá většinou  $45^\circ$ .

### *Solární systém*

Solární systémy se využívají v případě, kdy spotřeba teplé vody je příliš vysoká. Jedná se tedy o zařízení, která se používají zejména pro celoroční vytápění v rodinných domech. V zimním období solární systémy zvýší vnitřní teplotu o několik stupňů, čímž zabráníme zamrznutí objektu.

Solární systémy můžeme využít v několika podobách:

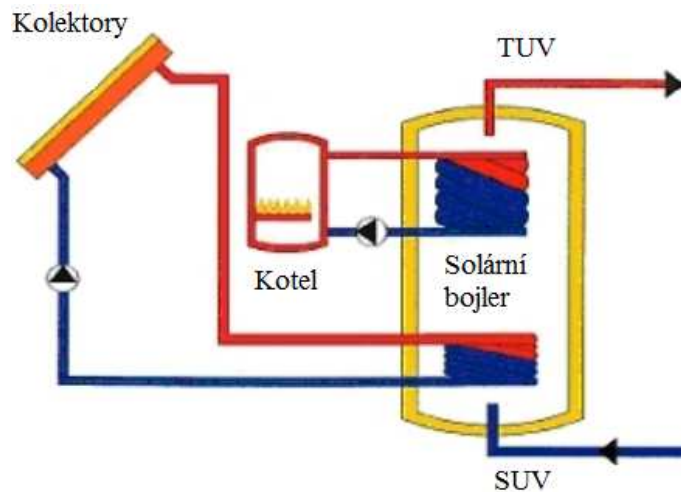
- Solární ohřev TUV
- Solární ohřev bazénů
- Solární vytápění

### *Solární ohřev TUV*

Solární ohřev TUV je jednou z nejznámějších metod, jak využít slunečního záření. Solární systém na ohřev TUV obsahuje tyto části:

- a) Sluneční kolektor – snaží se zachytit dopadající sluneční záření a přeměnit jej v teplo.

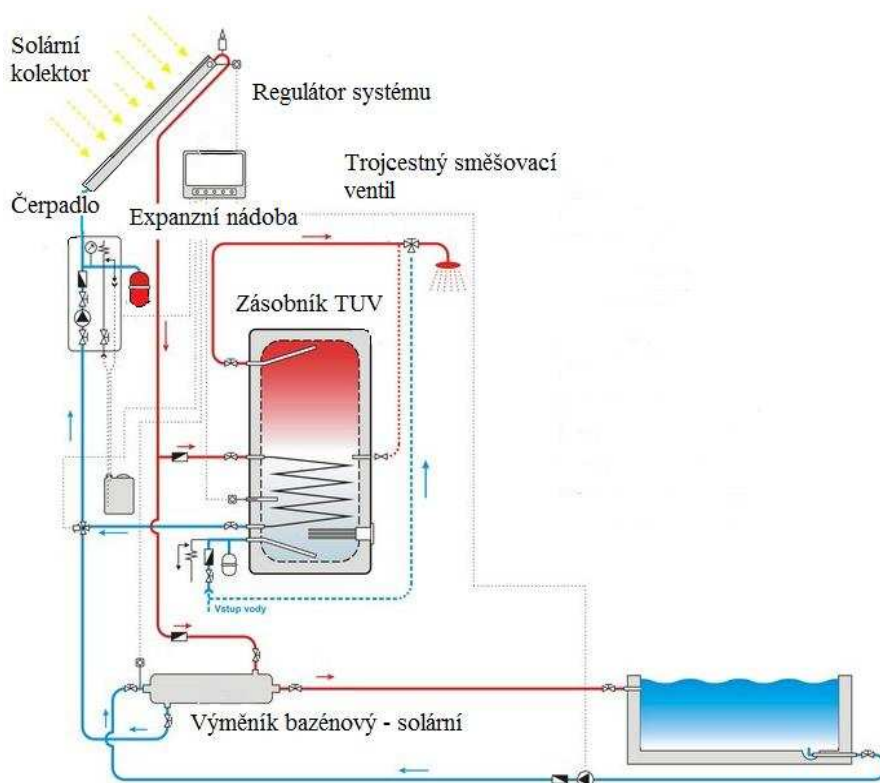
- b) Zásobník – místo, ve kterém se uchovává teplá užitková voda
- c) Doplnkový zdroj energie – ohřívá TUV v momentě, kdy je nedostatek slunečního svitu.
- d) Regulační systém – odvádí veškeré teplo do zásobníku v době slunečního svitu.
- e) Pomocná zařízení – spojovací ventily, expanzní nádoba.



Obr. 11: Solární ohřev teplé užitkové vody

#### Ohřev bazénu

Solární systémy určené pro ohřev bazénu jsou vhodné pouze pro celoročně vyhřívané bazény. Proto velmi často ohřev bazénu používáme v kombinaci s ohřevem TUV. Ohřev vody v bazénu probíhá v plnopřůtočném výměníku, který je zapojen sériově do okruhu filtrace.



Obr. 12: Solární ohřev TUV a bazénu

## 7.4 Fotovoltaický systém

O tom jak jsou fotovoltaické články konstruovány, jak se postupně vyvíjely a jaké je jejich využití dnes si povíme v této kapitole.

### *Historie fotovoltaiky*

Historie fotovoltaiky se datuje od roku 1839, kdy francouzský fyzik Alexandr Edmond Becquerel zjistil, že pokud osvítime kovové elektrody ponořené v elektrolytu, začne jimi procházet malý proud. První skutečný fotovoltaický článek s použitím selenu vytvořili Adams a Day v roce 1877. Další významný krok učinil Fritts v roce 1883, kdy jeho fotovoltaické články již měly plochu  $30 \text{ cm}^2$  a účinnost kolem 1%. Další kdo ovlivnil vývoj fotovoltaiky byl Grondahl, který na fotovoltaické články aplikoval oxid měďný. Proud se tedy odváděl spirálou nebo kovovou mřížkou vytvořenou napařením.

Uspořádání se již podobalo dnešním fotovoltaickým článkům, avšak účinnost byla stále příliš nízká. Významným krokem k tvorbě fotovoltaiky přispěly také monokrystaly

křemíku, které vyvinul Jan Czochralski. Křemíkový fotovoltaický článek patentoval Russel S. Ohl v roce 1946 v USA. Tyto články dosahovaly již 6% účinnosti a byly vyrobeny v Bellových laboratořích v roce 1954. Další významnou událostí bylo využití fotovoltaických článků jako zdroje energie na umělých družicích v roce 1957. Na Zemi se uplatnily solární fotovoltaické články až v sedmdesátých letech, kdy jejich cena klesla.

Tedy ať už byla historie fotovoltaiky jakákoliv, největšího rozmachu dosahuje až teprve v posledních 10 letech.

### ***Fotovoltaický jev***

Byl objeven v roce 1839 Alexandrem Edmonem Becquerelem. Název „fotovoltaický“ vznikl složením dvou slov: „foto“ znamená z řečtiny „světlo“ a „voltaický“ je odvozen od známého fyzika A. Volty, který sestrojil první galvanický článek.

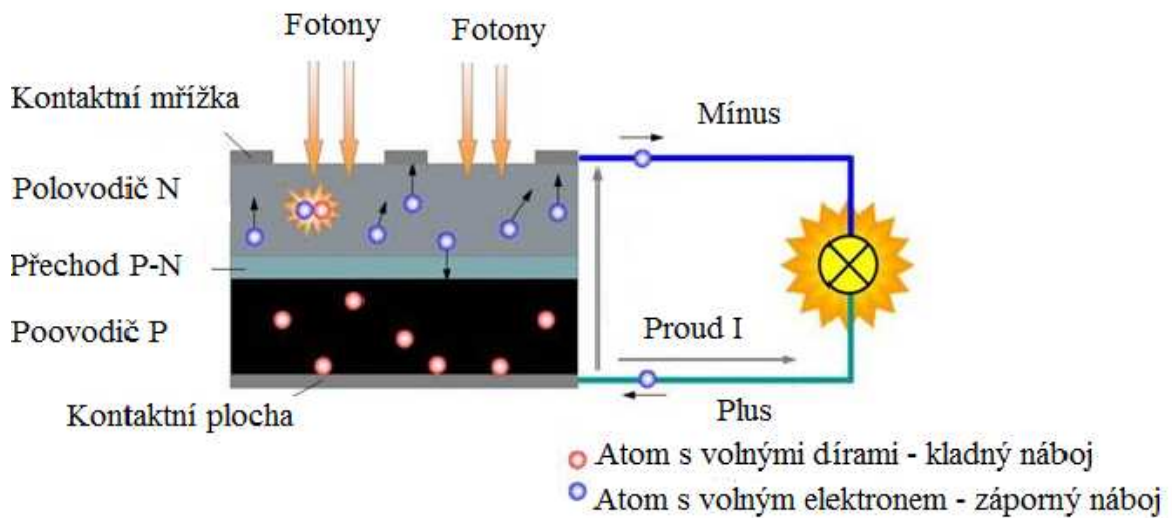
Princip fotovoltaického jevu je poměrně jednoduchý. Vzájemným působením slunečního záření a hmoty dochází k pohlcování fotonů a uvolňování elektronů, v polovodiči pak vznikají volné elektrické náboje, tedy elektron a díra, které jsou poté ve formě elektrické energie odváděny ke spotřebiči.

### ***Princip fotovoltaického článku***

Fotovoltaický článek představuje základní stavební prvek fotovoltaického systému. Jedná se o velkoplošnou diodu, jejíž základem je tenká křemíková destička, ať už monokrystalická či polykrystalická. Destička křemíku je tedy tvořena P-N přechodem, který je obklopen z obou stran vhodnými kovovými kontakty. V okamžiku, kdy na P-N přechod dopadá sluneční záření, vytvářejí se volné elektrony a díry. Elektrické pole P-N přechodu se snaží tyto částice oddělit a poslat je na opačnou stranu.

Tudíž volné elektrony směřují do vrstvy typu N a nazýváme je záporným pólem fotovoltaického článku, oproti tomu díry směřují do vrstvy typu P a tvoří tak kladný pól. Napětí fotovoltaického článku závisí na použitém typu polovodiče. Například u křemíku je to přibližně 0,6 V. Nutno podotknout, že fotovoltaický článek může využít jen takové fotony, jejichž energie je větší než rozdíl energie mezi valenčním a vodivostním pásem. Křemíkový článek je schopen využít fotony s energií větší než 1,1 eV.

Fotovoltaický článek tedy nepředstavuje nic jiného než přeměnu dopadajícího slunečního záření na elektrickou energii.



Obr. 13: Názorné schéma fotovoltaického článku

### Základní typy fotovoltaických článků

Fotovoltaické články můžeme rozdělit do čtyř generací:

- **První generace** – představuje fotovoltaické články vyrobené z destiček monokrystalického křemíku, ve kterých se nachází P-N přechod.  
Tento typ se vyznačuje velmi dobrou účinností a v současné době se jedná o jeden z nejpoužívanějších typů fotovoltaických článků. Nevýhodou jsou příliš vysoké nároky na výrobu a poměrně velká spotřeba čistého křemíku. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí od 13 – 19%.
- **Druhá generace** – již usiluje o snížení spotřeby křemíku a o snahu snížit náklady na výrobu tím, že se použijí tenkovrstvé články. Nejběžnější jsou z polykrystalického, mikrokrystalického nebo amorfního křemíku. Jejich hlavní nevýhodou je nižší účinnost a menší stabilita. Tenkovrstvé články se v dnešní době využívají všude tam, kde je zapotřebí jakási pružnost a ohebnost. Například v podobě fotovoltaických fólií, které se při rekonstrukci nalepí na plochu střechy a plní tak funkci nepropustné fólie, která produkuje energii. Účinnost článků z polykrystalického křemíku činí 13 – 16% a u amorfního křemíku to je 4 – 7%.
- **Třetí generace** – řadí se zde systémy, které již nevyužívají P-N přechod k oddělení kladných či záporných nábojů. Materiály, které se vesměs používají, jsou například fotoelektrochemické články a polymerní články. Systémy tohoto typu se prozatím nacházejí ve stádiu výzkumu, a tudíž se zatím neuplatňují.

- **Čtvrtá generace** – představuje fotovoltaické články složené z rozmanitých prvků, které jsou schopné využít širokou část slunečního spektra.

Typ	Obvyklá účinnost (%)	Maximální účinnost dosažená v laboratořích (%)
Monokrystalický křemík	13 - 19	25
Polykrystalický křemík	13 - 16	20
Amorfni křemík	4 - 7	12

Tab. 6: Přehled účinností fotovoltaických článků

### **Výkon fotovoltaického článku**

Výkon fotovoltaického článku se udává v jednotkách Wp - watt peak. Závisí na mnoha faktorech, například na osvětlení či úhlu dopadajícího světla. Proto je důležité výkon měřit podle předem stanovených podmínek:

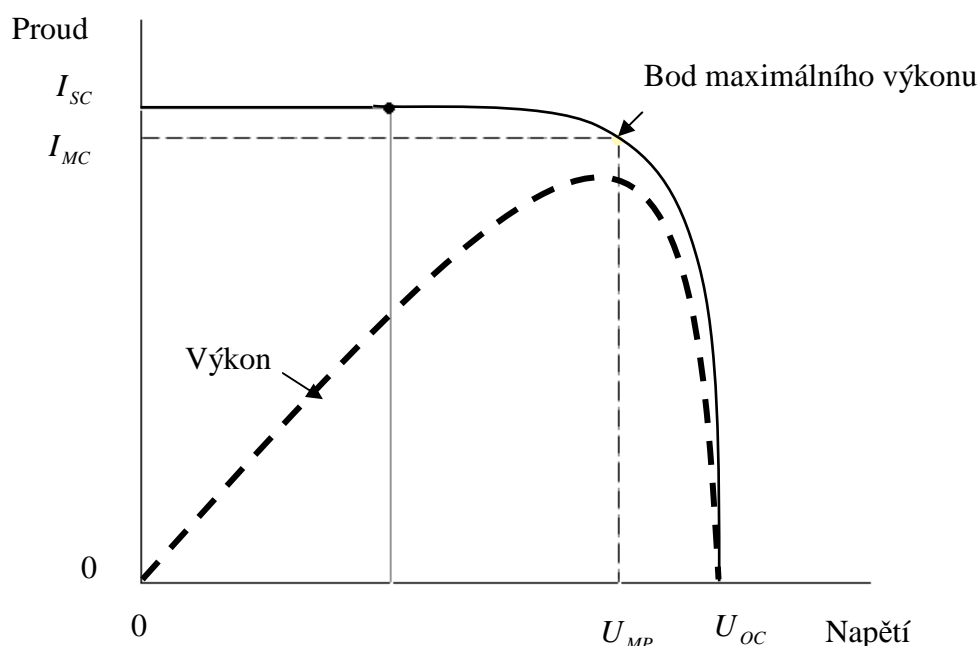
- a) Výkon se udává při intenzitě slunečního záření  $1000 \text{ W} / \text{m}^2$
- b) Solární referenční spektrum AM 1,5
- c) Teplota P-N přechodu je  $25^\circ \text{C}$

V praxi ovšem výkon nabývá menších hodnot. Nejčastější příčinou toho bývá špatné natočení fotovoltaického panelu vůči slunci.

### **Elektrické vlastnosti fotovoltaických článků**

V případě využití zdroje energie potřebujeme znát veličiny jako je napětí, proud a vnitřní odpor. U fotovoltaických článků při nulovém proudu, je napětí dáno použitým typem polovodiče. Oproti tomu při nulovém napětí, je proud dán intenzitou dopadajícího slunečního záření.

Při stálé intenzitě slunečního záření se fotovoltaický článek chová jako zdroj konstantního proudu, jehož intenzita je omezena dopadajícími fotony za jednotku času. Proto fotovoltaický článek představuje voltampérová charakteristika, která vyjadřuje závislost proudu na napětí.



Obr. 14: Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku

Dalším faktorem fotovoltaických článků je jejich účinnost. Čím větší je účinnost při stále intenzitě slunečního záření, tím větší je množství vyprodukovaného proudu.

Důležitý je také vnitřní odpor článku a vnější vlivy, jako je teplota. Nás ovšem zajímá především výkon, tedy součin napětí a proudu. Z voltampérové charakteristiky, kterou můžeme vidět na Obr. 14 vyplývá, že při splnění předem daných podmínek, existuje právě jedna hodnota napětí a proudu, při níž výkon článku dosahuje maximálních hodnot.

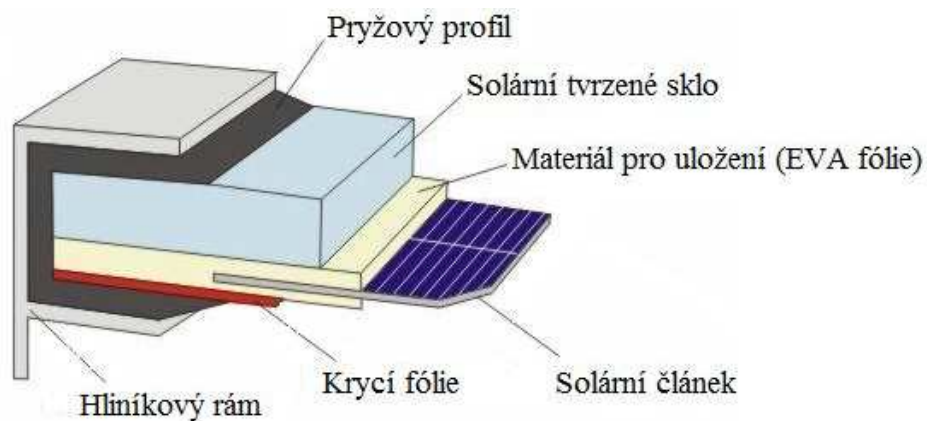
### **Solární fotovoltaické panely**

Z předchozí kapitoly jsme mohli vyčíst, že fotovoltaické články jsou poměrně náročné a citlivé z hlediska struktury. Aby jejich životnost byla co možná nejdelší, musíme je chránit před znečištěním, korozí a mechanickým poškozením. Napětí fotovoltaických článků dosahuje přibližně 0,5 V, což je poměrně málo. Proto je nutné jednotlivé fotovoltaické články zapojit do panelů.

Fotovoltaický panel je složen z několika vrstev, které si nyní popíšeme. Horní strana panelu je tvořena kaleným sklem, které je lemováno hliníkovým rámem, čímž zajišťují dostatečnou pevnost a mechanickou odolnost. Vhodné je také použít sklo, které neobsahuje příliš velké množství železa, abychom dosáhli lepší propustnosti.



Dnešní moderní fotovoltaické články jsou tvořeny antireflexní vrstvou, která snižuje ztráty světla odrazem, čímž docílíme větší účinnosti. Aby byl panel dostatečně těsný, musí být opatřen vakuovou laminací za použití fólií, které jsou vyrobené z etylenvinil acetátového kopolymeru (EVA). Na zadní stranu můžeme také aplikovat sklo, popřípadě určitý druh fólie. Celkový panel se poté zasadí do pevného rámu, aby nedošlo při špatných povětrnostních podmínkách k určité deformaci či prasknutí. Následně už nezbyvá než jej upevnit na střechu budovy.



Obr. 15: Struktura fotovoltaického panelu

### **Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny**

Zpravidla můžeme solární fotovoltaické systémy rozdělit do tří základních skupin:

- 1) Nejjednodušší fotovoltaický systém
- 2) Systémy připojené k elektrické rozvodné síti
- 3) Systémy bez připojení k elektrické rozvodné síti

#### *Nejjednodušší fotovoltaický systém*

Jedná se o případ, kdy fotovoltaický panel je připojen přímo ke spotřebiči, jak můžeme vidět na obrázku 13. Spotřebič v tomto zapojení je schopen pracovat pouze tehdy, jestliže intenzita osvětlení je dostatečná, což činí tento systém nevýhodný.

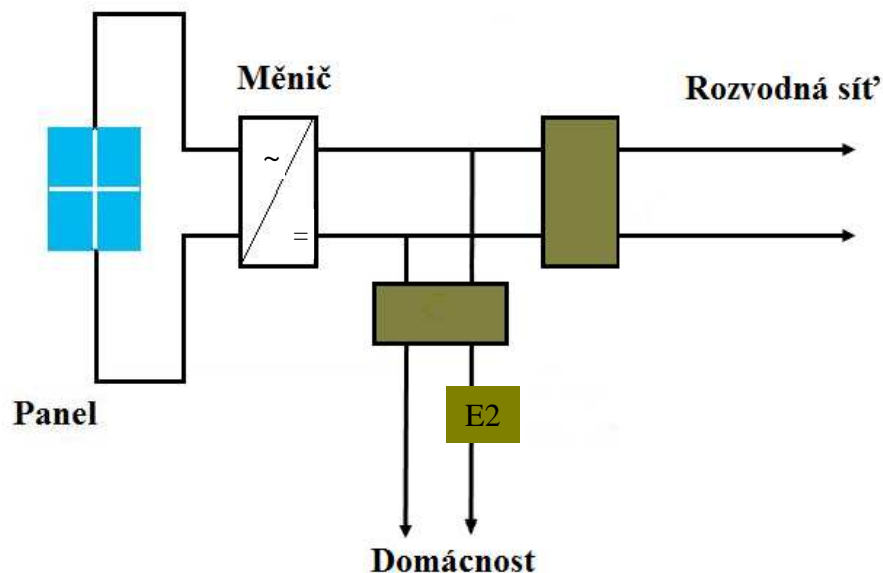
Tento způsob systému můžeme použít pouze v krajním případě a to například při napájení jednoduchých kalkulaček.



Obr. 16: Nejjednodušší způsob zapojení fotovoltaického panelu

#### Systemy připojené k elektrické rozvodné síti

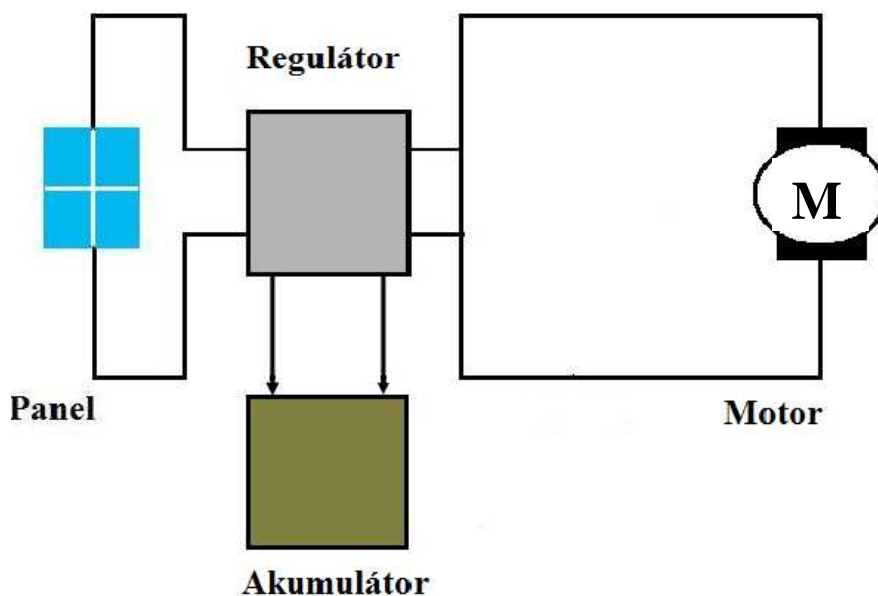
Fotovoltaické systémy připojené k rozvodné síti zajišťují, aby veškerá vyrobená elektřina byla nějakým způsobem využita. Tyto systémy se také často označují jako „grid on“. Hlavním zdrojem je opět fotovoltaický panel. Jelikož víme, že fotovoltaické články vyrábí stejnosměrný proud o poměrně malém napětí, je nutné použít vhodný měnič, který převede stejnosměrné napětí na střídavé napětí 230 V/50 Hz. Výhodou tohoto systému je, že spotřebiče pracují nezávisle na vnějším osvětlení.



Obr. 17: Způsob zapojení fotovoltaického panelu k rozvodné síti

*Systémy bez připojení k elektrické rozvodné síti*

Jak už nám název napovídá, jedná se o zdroj, který je nezávislý na rozvodné síti. Tyto systémy nazýváme také jako autonomní fotovoltaické systémy, které ke své práci požadují fotovoltaický panel, regulátor, akumulátor a v neposlední řadě spotřebiče. Během dne, kdy slunce nesvítí, se veškerá energie uchovává v akumulátorech. Regulátor nám slouží k tomu, aby kontroloval správné nabíjení či vybíjení akumulátoru. Využívají se pro dobíjení mobilních telefonů, digitálních fotoaparátů a kamer.



*Obr. 18: Způsob zapojení fotovoltaického panelu bez rozvodné sítě*

***Ekonomické zhodnocení fotovoltaických systémů***

Cena fotovoltaického systému se obvykle vyjadřuje podle množství instalovaného výkonu. Doba návratnosti fotovoltaického systému činí přibližně 10 let bez dotace, za předpokladu garance po dobu 20 let.

Jestliže chceme fotovoltaické systémy připojit do distribuční sítě, musíme uzavřít smlouvu s provozovatelem, kterým je v našem případě ČEZ. Provozovatel je povinen dle zákona vykoupit veškerou energii, kterou vyprodukujeme. Smlouva se uzavírá po dobu 20 let, to znamená, že energetická společnost bude po tuto dobu vyrobenou energii vykupovat.

Při použití fotovoltaických systémů rozeznáváme dva druhy, jak spotřebovat elektrickou energii:

- a) Přímý prodej
- b) Prodej na „zelený bonus“

Přímý prodej znamená, že veškerou získanou energii prodáme. Ceny pro rok 2009 jsou rozděleny podle velikosti instalovaného výkonu. Tedy cena instalovaného výkonu do 30 kWp činí 12,89 Kč/kWh, oproti tomu cena výkonu nad 30 kWp činí 12,79 Kč/kWh.

Zelený bonus je nejvýhodnější forma, jak prodat vyrobenou energii distribuční společnosti. energii, kterou vyprodukujeme, se budeme snažit spotřebovat pro vlastní potřebu, přičemž od distribuční společnosti obdržíme 11,91 Kč. Ovšem v případě, kdy nám vyrobená energie přebývá, prodáváme ji distribuční společnosti za cenu 11,89 Kč.

Pro přehlednost zde uvádím tabulky, ve kterých jsou vyjádřeny výkupní ceny a zelené bonusy pro fotovoltaický systém.

Výroba elektřiny pomocí fotovoltaiky s instalovaným výkonem do 30 kWp pro rok 2009	
Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě	Zelené bonusy
12,89 Kč/kWh	11,91 Kč/kWh

Tab. 7: Přehled výkupních cen fotovoltaického zařízení s výkonem do 30 kWp

Výroba elektřiny pomocí fotovoltaiky s instalovaným výkonem nad 30 kWp pro rok 2009	
Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě	Zelené bonusy
12,79 Kč/kWh	11,81 Kč/kWh

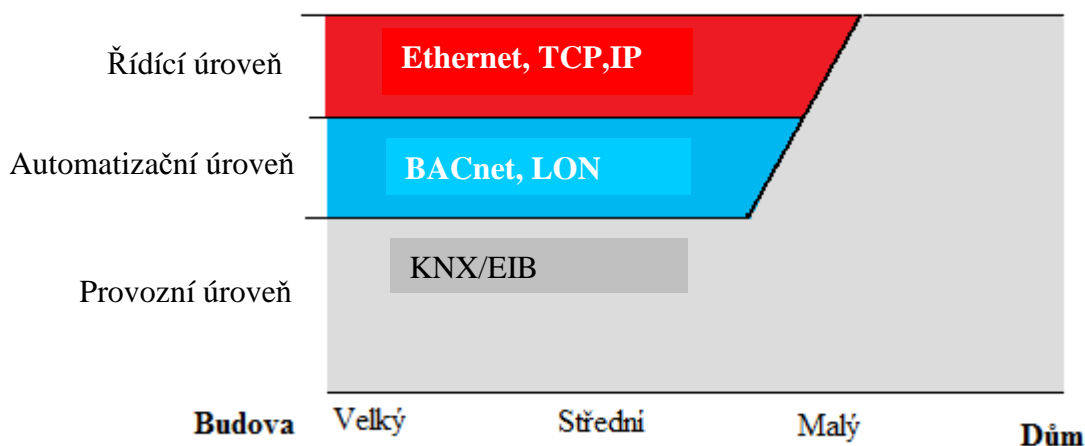
Tab. 8: Přehled výkupních cen fotovoltaického zařízení s výkonem nad 30 kWp

## 8 KOMUNIKACE POMOCÍ SBĚRNIC

Pro stále zlepšující se podmínky, co se týká automatického řízení budov, je třeba použít dostatečně silnou a všestrannou sběrnici. Ráda bych zde proto zmínila tři základní standardy, které se dnes velmi často užívají. Chtěla bych poukázat na všechny typy, abychom získali ucelenou představu co, která sběrnice obnáší a jaké výhody či nevýhody v sobě skrývá.

### 8.1 KNX

Sběrnice Kodex bus, zkráceně KNX sdružuje tři existující technologie sběrnice EIB (European Installation Bus), bambus a EHS (European Home System). Sběrnice KNX je tedy schopna komunikovat mezi mnoha přístroji od různých výrobců. Zařízení vhodná pro přímé napojení jsou označena logem KNX. Zajímavý je také princip modelování aplikací pomocí tzv. datových bodů, vzájemně logicky propojených a předdefinovaných profilů zařízení.



Obr. 19: Vhodnost použití sítě KNX v závislosti na velikosti řízené budovy

#### Základní charakteristika KNX

- Přenos dat s různou rychlostí 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 nebo 32 kb/s
- Maximální velikost sítě činí 1000 m
- Maximální vzdálenost mezi připojenými zařízeními činí 700 m
- Možnost napájení jednotek po sběrnici
- Adresace v celé síti až přes 65 tisíc jednotek a 256 v každé podsíti

- Datové pakety s volitelnou délkou 14 nebo 248 bajtů
- Segmentace pro vytváření rámců z větších bloků dat
- Point-to-point (peer-to-peer) komunikace s možností režimu Multicast a Broadcast
- Využití různých přenosových standardů na fyzické a linkové vrstvě OSI modelu
- KNX plně definuje síťovou, transportní a aplikační vrstvu, hierarchii adresování, strukturu uzlu a komunikujících zařízení

### *Oblast využití*

- Řízení a automatizace budov – klimatizace, topení, osvětlení
- Zabezpečovací zařízení
- Protipožární ochrana
- Dálkové řízení libovolných procesů
- Řízení v oblasti dopravy
- Bezpečnostní zařízení
- Měření a regulace
- HMI (Human – Machine Interface) – přenos a přímé zpracování dat od libovolných senzorů, klávesnic a zobrazení na displejích
- Ovládání akčních členů

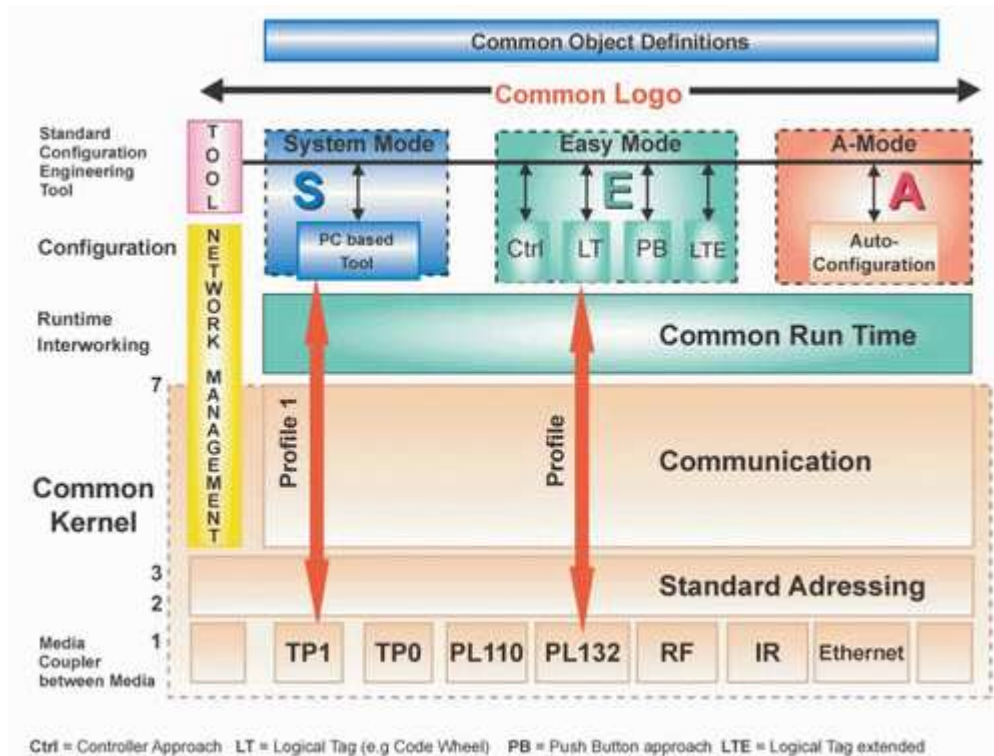
### *Struktura komunikace*

Model je složen z jednotlivých komponent, které formují síťovou komunikaci a rozhraní aplikace.

Hlavní prvky sítě KNX jsou:

- a) *Common Object Definitions* – vzájemně propojené distribuované aplikační modely pro zpracování a přizpůsobení úloh z oblasti automatizace budov.
- b) *Configuration Tools* – schémata pro konfiguraci a řízení síťových zdrojů a logické propojení částí distribuovaných aplikací.

- c) *Communication-KNX Common Kernel* – komunikační systém, který řídí komunikaci po fyzickém médiu, protokol zpráv a příslušné komunikační modely, zároveň podporuje a vyřizuje všechny komunikační požadavky běžících distribuovaných aplikací.



Obr. 20: Graficky znázorněná struktura standardu KNX

### Vrstvy KNX

- 1) *Fyzická* – KNX systém je nezávislý z hlediska volby fyzické vrstvy. Umožňuje výběr z několika standardů a nabízí možnost vzájemně je kombinovat v jedné KNX síti.
- 2) *Linková* – poskytuje řízení přístupu na médium a navazování vzájemných spojení. Její provedení a funkce je přímo závislá na přenosovém médiu, které je připojeno k jednotce.
- 3) *Síťová* – provádí segmentaci rámců a řídí jejich směrování v síti.
- 4) *Transportní* – vytváří komunikační propojení mezi komunikujícími uzly, řídí vysílání a příjem dat.

- 5) *Aplikační* – poskytuje velké množství služeb a aplikačních procesů, které se odlišují podle typu použité komunikace. Služby zabývající se point-to-point a broadcast komunikací slouží pro správu sítě, zatímco služby související s multicast komunikací jsou určeny pro provozní operace.

### ***Fyzické přenosové média***

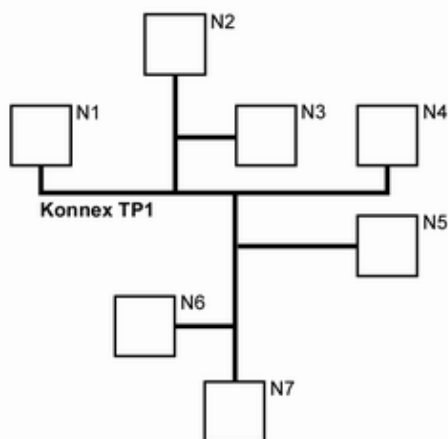
- *Kroucené páry (Twisted pair) - metalické vodiče* – v rámci standardu KNX existují dvě definovaná standardy, které mají společné vlastnosti z hlediska napájení a přenosu dat po jednom společném páru. Tyto standardy označujeme TP0 a TP1. TP0 představuje médium, které je převzaté ze standardu BatiBus, komunikační rychlost činí 4,8 kbit/s a dovoluje přístup na sběrnici CSMA/CA. TP1 na rozdíl od TP0 představuje médium, které je převzaté ze standardu EIB, komunikační rychlost v tomto případě činí 9,6 kbit/s a opět dovoluje přístup na sběrnici CSMA/CA.
- *Napájecí vedení (Power line)-metalické vodiče* – v rámci standardu KNX existují dvě definované provedení, které mají společné vlastnosti z hlediska kódování komunikace SFSK (Spread frequency shift keying). Tyto standardy nesou označení PL110 a PL132. PL110 představuje médium, které je převzaté ze standardu EIB, komunikační rychlost činí 1200 bit/s, nosná přenosová frekvence 110 kHz a dovoluje přístup na sběrnici CSMA/CA. PL132 představuje médium, které je převzaté ze standardu EHS, komunikační rychlost činí 2400 bit/s, nosná přenosová frekvence je 132 kHz a rovněž dovoluje přístup na sběrnici CSMA/CA.
- *Bezdrátový rádiový přenos* – jedná se o přenos, který je plně podporován standardem KNX, umožňuje bezdrátovou komunikaci na frekvenci 868 MHz, která je kódována systémem FSK (Frequency shift keying). Zajišťuje jednosměrný a obousměrný poloduplexní přenos dat, jejíž rychlost činí 32 kbit/s. Dovoluje přístup na sběrnici CSMA/CA. Médium na úrovni linkové vrstvy je představováno standardem CEN TC294 for metering, které zajišťuje sdílet různé hardwarové platformy. Rádiový přenos tak splňuje ERC doporučení ERC/REC 70-03 a ETSI European Standard ETS 300-220.
- *Bezdrátový infračervený přenos* – jedná se o přenos, který byl plně převzat ze standardu EIB.



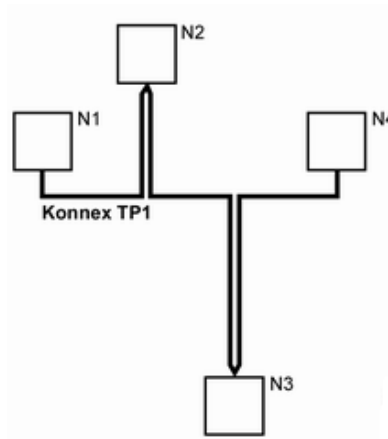
- *Média založená na IP komunikaci* – do této kategorie spadá Ethernet IEEE 802.2, Bluetooth, WiFi IEEE 802.11 nebo FireWire. Pro tuto komunikaci se využívá tzv. ANubis mód (Advanced Network for unified building integration & services).

### Topologie sítě

Fyzická topologie je závislá na volbě média. V případě, že použijeme kroucenou dvojlinku, můžeme použít tyto topologie: sběrníková, stromová a hvězdicová. Pouze kruhová topologie nesmí být použita, jelikož KNX nedovoluje zapojení do smyčky. Přestože celková maximální délka všech vodičů v linii může být až 1000 m, maximální vzdálenost mezi dvěma sousedními přístroji může být maximálně 700 m. Jestliže přístroj je navíc napájen ze sběrnice, nesmí se nacházet dále než 350 m.



Obr. 21: Topologie strom



Obr. 22: Topologie linie

### Struktura sítě

KNX je plně distribuovaný systém, ve kterém probíhá komunikace pomocí 65 536 zařízení, což představuje 16 bitové adresování. Cela síť Konnex se skládá ze tří úrovní: páteřní linie, hlavní linie a linie.

Páteřní linie představuje nejvyšší možnou úroveň, která obsahuje 15 hlavních linií, na které může být napojeno dalších 15 linií. Struktura podsítě tedy dovoluje připojit až 256 zařízení na jednu linku, což znamená, že spolu s hlavní linií a částí páteřní sběrnice vytváří zóny 1 – 15.

Tříúrovňová struktura sítě však vyžaduje oddělovače zón a linií, bez kterých by byla síť omezena jen na jednu linii s maximálně 256 připojenými jednotkami. KNX rovněž umožňuje integraci podsítě přes IP adresu.

Každý prvek v síti je jednoznačně definován svou individuální adresou. Při komunikaci po napájecím vedení jsou sousední domény odděleny 16bitovou doménovou adresou. Při bezdrátové komunikaci za využití rádiového přenosu může dojít k zákazu rozšířeného adresování, aby nedocházelo k rušení sousedních jednotek.

Standard KNX také zahrnuje různé vazební členy, které můžeme využít pro segmentaci sítě nebo na vzájemné propojení linek typu TP s jinými médii. Označení TP, jak již víme, vyjadřuje druh přenosového média, kterým je kroucená dvojlinka. Můžeme také využít opakovače, mosty, směrovače, paketové filtry či ochranné firewally.

### ***Komunikační rámec***

Pro přenos dat se využívá rámec standardu KNX, jehož úkolem je přenášet veškerá potřebná data a informace, které zajišťují správnou komunikaci mezi jednotkou a zařízením. Standardní délka rámce bývá až 22 bajtů.

První bajt (octet 0) obsahuje řídicí pole, které definuje důležitost rámce a snaží se rozlišit mezi standardním a rozšířeným módem. Po něm následuje individuální adresa konkrétního zdroje rámce (Source Address) a individuální nebo skupinová cílová adresa (Destination Address). Cílová adresa je definována speciálním polem – Address Type & NPCI & length. Toto speciální pole představuje tzv. hop counter, kterému se také jinak říká čítač přeskoků. Čítač přeskoků je při každém průchodu routerem snížen o jedničku, čímž nedojde k zacyklení rámce. Jestliže se dekrementované číslo bude rovnat nule, bude nutné daný rámec vyřadit.

Poté následují vlastností transportní vrstvy. Byte na pozici číslo 6 je označen jako TPCI (Transport Layer Protocol Control Information) a má za úkol řídit veškerou komunikaci, která se děje mezi transportními vrstvami. Oproti tomu byte označený jako ACPI (Application Layer Protocol Control Information) určuje služby aplikačním vrstvám.

V závislosti na schématu adresování a hodnotě ACPI může standardní rámec dosahovat 14 bajtů dat. Pokud chceme přenést větší množství dat, je nutné, abychom u těchto dat provedli segmentaci. Rozšířený rámec tudíž dokáže přenést až 248 bajtů dat. Poslední pole obsahuje kontrolní součet, který zajišťuje správný přenos dat.

Byte 0	1	2	3	4	5	6	7	8	..	N-1	N ≤ 22
Řídící pole	Adresa konkrétního zdroje rámce		Cílová adresa	Adresový typ: NPCI length	TPCI	APCI	Data/APCI	Data		Kontrolní součet	

Tab. 9: KNX rámec pro komunikaci a přenos sítí Konnex bus

### Aplikační modely

Hlavní úlohou aplikační vrstvy je modelování řízené aplikace do proměnných, které jsou vhodné pro přenos a jejich vzájemné svázání s jinými aplikacemi. Proto budeme modelování aplikací a jejich vzájemné logické provázání provádět pomocí tzv. datových bodů (data-points).

KNX modely aplikací, které jsou připojeny k určitému zařízení, jsou tvořeny skupinou vysílacích a přijímacích datových bodů. Takový systém je správný tehdy, jsou-li datové body propojeny přes společné identifikátory.

KNX obsahuje tři základní schémata pro vzájemné propojení datových bodů:

- Volné propojení (free binding)
- Strukturované propojení (structured binding)
- Označené propojení (tagged binding)

### Profily

Profily nám slouží k tomu, abychom dosáhli spojitosti systému a aby se o něco zjednodušil návrh. Profilů máme rovnou několik a jsou definovány tak, aby pokrývali většinu požadavků, které standard KNX vyžaduje.

Profily můžeme rozdělit do tří následujících kategorií:

- *Zařízení v systémovém módu (System mode devices)* – dovoluje co možná nejuniverzálnější a multifunkční konfiguraci procesu. Pro návrh se využívá softwarových nástrojů podle standardu EHS, které slouží k návrhu optimální konfigurace a provázání s ostatními zařízeními v síti.
- *Zařízení v jednoduchém módu (Easy mode device)* – tento mód je především určen pro rychlou instalaci omezeného počtu zařízení na jeden logický segment komunikačního média.

- *Zařízení v A módu (A-mode devices)* – představuje „inteligentní automatický mód, který je schopen sám vyhledat vhodná propojení. Své uplatnění najde tedy pro přenosná a pohyblivá zařízení, které jsou od KNX sítě často odpojeny.

## 8.2 Sběrnice EIB

Sběrnice EIB (European Installation Bus) vznikla z elektroinstalační sběrnice Instabus firmy Siemens a v roce 1992 se stala německou, později i evropskou normou (EN 50090). Bývá podporována mnoha společnostmi, jako jsou Siemens, Bosch, ABB a podobně.

Primárně je tato sběrnice určena pro elektroinstalaci, avšak může být využita i pro jiná zařízení. Programování jednotlivých částí a celého systému EIB se provádí počítačovým programem ETS (EIB Tool Software). Základním přenosovým médiem je od prvopočátku kroucená dvojlinka EIB-TP. Přenos dat a informací se děje pomocí síťového vedení EIP-PL (Power Line) a komunikace je opatřena bezdrátovým radiovým přenosem EIB-RF (Radio Frequency).

### *Vztah sběrnice EIB a KNX*

Důležitým rokem se stal rok 1999, kdy bylo založeno sdružení KNXA (Konnex-Association), které vytvořilo světový standard pro automatizaci budov a domácích spotřebičů, včetně síťového propojení. Základem nového standardu KNX byla zvolena sběrnice EIB. Mezi její hlavní tři výhody patří: kompatibilita výrobků různých firem, jasná certifikace a jednotné uvádění do provozu. Díky tomu jsou veškerá zařízení sběrnice EIB plně kompatibilní se standardem KNX.

Standard KNX se snaží rozšířit sběrnici EIB o větší množství funkcí, které by zajistily připojení a řízení nejrůznějších přístrojů, možnost využití dalších přenosových médií a integraci různých zařízení. Díky vytvoření mezinárodního standardu KNX se evropská sběrnice EIB dočkala mezinárodního zhodnocení.

### *Volba a připojení kabelů sběrnice KNX/EIB*

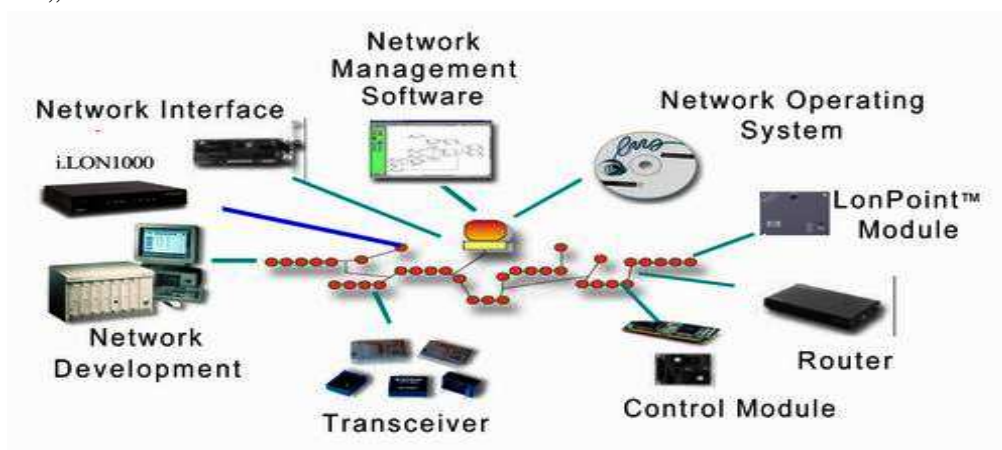
Pro propojení zařízení ať už prostřednictvím KNX nebo sběrnice EIB máme několik druhů přenosových médií:

- Nízkonapěťový kabel – představuje zkroucený pár vodičů (24V) = „bus cable“

- Vysokonapěťový síťový napájecí kabel (230V) = „powerline“, používá se například pro propojení akčních členů s ovládanými elektrickými předměty.
- Bezdrátový rádiový přenos (Radio Frequency)
- Infračervený bezdrátový přenos (Infrared Communication)

### 8.3 LonWorks

Technologie LonWorks nabízí univerzální komunikaci po libovolném vedení, včetně RS-485, síťového rozvodu 230V nebo kabelové televize. Můžeme ho tedy použít, jak pro řízení spotřebičů a automatizaci budov, tak i pro dálkové odečty měřičů energií. Technologii LonWorks vyvinula firma Echelon v letech 1989 až 1992 ve spolupráci s firmami Toshiba a Motorola, přičemž v roce 1992 byla uvedena na trh. Název LonWorks vychází z obecné definice sítě zvané Local Operating Networks (LON), což v překladu znamená „místní datová síť“.



Obr. 23: Příklad možnosti sítě LonWorks

Místní datová síť se skládá z inteligentních zařízení a uzlů, které bývají propojeny díky komunikačním médiím, komunikace tudíž probíhá přes jeden komunikační protokol. Můžeme tedy říci, že LonWorks není vůbec náročný, co se týká hardwarových a softwarových komponent, umožňuje přenášet data odkudkoliv potřebujeme, kamkoliv chceme, po libovolném vedení.

Hlavní a základní komponenty využívané v síti LonWorks jsou:

- LonTalk Protocol
- Neuron Chipy

- LonWorks transceivery
- Network management a aplikační software

LonWorks síť využívá peer-to-peer architekturu, jejíž prioritou je zasílání zpráv. Základním stavebním kamenem je inteligentní uzel, tzv. node, který je úzce vzpjat se speciálními mikrokontroléry. Někdy jej také nazýváme jako Neuron chip, na kterém běží LonTalk protokol. Komunikační model není závislý na žádném přenosovém médiu a na topologii sítě. Řízení přenosu a směrování paketů se provádí za pomoci LonTalk protokolu, o kterém si povíme za chvíli. Identifikace uzlu a adresace v síti se provádí 48 bitovým identifikátorem, tzv. Neuron ID.

### ***Výhody sítě LonWorks***

- Řízení teplovzdušného vytápění, větrání s rekuperací vzduchu, klimatizace, osvětlení, zabezpečovacích zařízení a požární ochrana
- Řízení domácích spotřebičů
- Sledování spotřeby energií
- Dálkové řízení jednotlivých komponent
- Bezpečnostní zařízení
- Ovládání akčních členů
- Nízké instalační nároky
- Vysoká spolehlivost a zabezpečení sítě
- Jednoduché ovládání
- Možnost připojit až 32 000 zařízení

Komunikace pomocí sběrnice LonWorks může běžet na počítači ve dvou variantách v OS Windows:

- DDE server (Dynamic Data Exchange Server)
- Device/User Interface/Network Management Application Programming Interface (API)

Komunikace přes DDE server se snaží poukázat na to, jak mohou aplikace od Microsoft Windows sdílet data s jinou aplikací. Mezi takové aplikace řadíme například Microsoft Excel, InTouch apod. Díky těmto aplikacím je tedy možné sledovat veškerou komunikaci, která v síti LonWorks probíhá. Na druhou stranu API poskytuje komplexní knihovnu sítě a další prostředky. Obsahuje také konfigurační a monitorovací služby, jakými jsou například multi-channel, multi-media atd.

### ***LonTalk protokol***

Jedná se o síťový protokol, který je součástí každého uzlu a dovoluje přenos po libovolném médiu a topologii sítě. Byl navržen v roce 1989 firmou Echelon jako standard EIA 709.1. Snaží se definovat přístup ke sběrnici a řídit přenos pomocí paketů po síti. LonTalk protokol by navržen podle již existujícího ISO/OSI referenčního modelu, který umožňuje komunikovat s aplikacemi jiného uzlu, načerť uzel obsahuje neuronchip.

Aplikační	Aplikační program	Standardní objekty & typy, konfigurace, síťové služby
Prezentační	Analýza dat	Síťové proměnné, aplikační zprávy, cizí rámce
Relační	Vzdálený přístup	Rozhovor, vzdálené volání procedury, obnovení spojení
Transportní	Spolehlivost	Druh zatížení, duplicitní zjištění
Síťová	Určení adres	Unicast & multicast, směrování paketů
Linková	Přístup k médiím a rámcování	Kódování dat, CRC, přístup médií, zjištění kolizí
Fyzická	Elektrické propojení	Detaily specifických médií, fyzické připojení

*Obr. 24: OSI model pro Lontalk protokol*

### ***Fyzická vrstva OSI modelu***

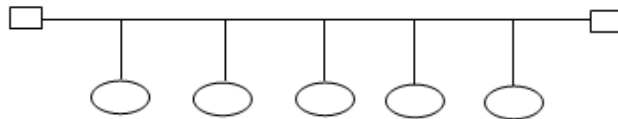
Definuje propojení po fyzickém komunikačním médiu. Jak jsem se již zmínila výše LonTalk protokol ke své komunikaci dovoluje využít jakékoliv přenosové médium. V současné době k přenosu využíváme tyto média:

- Zkroucený pár vodičů
- Výkonové síťové vedení
- Optické kabely
- Radiofrekvenční přenos

- Infračervený přenos
- Koaxiální kabel

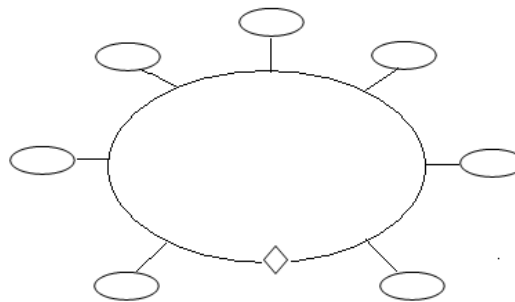
Na následujícím obrázku si ukážeme, jaké topologie sítě může LonWorks nabývat:

a) Sběrníková



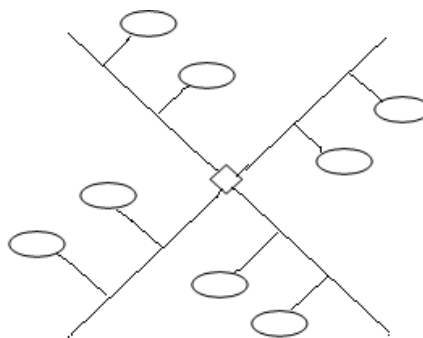
*Obr. 25: Názorná ukázka sběrníkové topologie*

b) Kruhová



*Obr. 26: Názorná ukázka kruhové topologie*

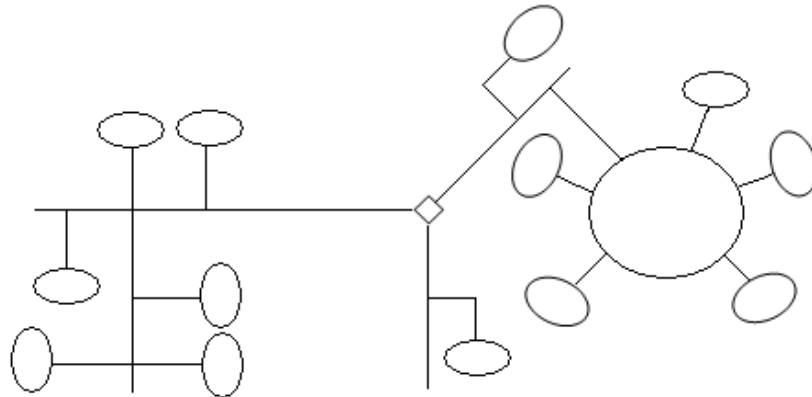
c) Hvězdicová



*Obr. 27: Názorná ukázka hvězdicové topologie*



d) Kombinovaná

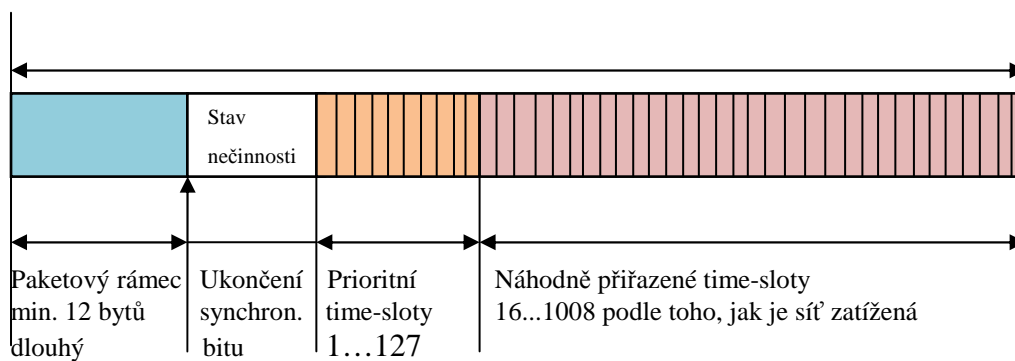


Obr. 28: Názorná ukázka kombinované topologie

### Linková vrstva OSI modelu

Ovládá a kontroluje přístup k médiu. Pokud dojde k chybnému přenosu, musíme v takovém případě provést kódování dat.

Nyní si na obrázku ukážeme, jak přistupovat k médiu:



Obr. 29: Schéma přístupu daného uzlu na sběrnici, nebo-li CSMA/CA

Pro přístup na médium se využívá známá metoda CSMA/CA, která je typická pro přenos jednotlivých paketů, což můžeme vidět na obrázku 7.

Všechny uzly sledují přenos, který probíhá po síti, aby mohly být přijaty, čekají na tzv. stav nečinnosti, tedy stav, kdy neprobíhá žádné vysílání. Vysílání předchozího uzlu je ukončeno tzv. synchronizačním bitem. Poté každý uzel odpočítává tzv. Priority time slots, kdy určité uzly mohou mít vyšší prioritu než další, čímž se dostanou na sběrnici přednostně dříve, protože je jim odpočítáván kratší čas.

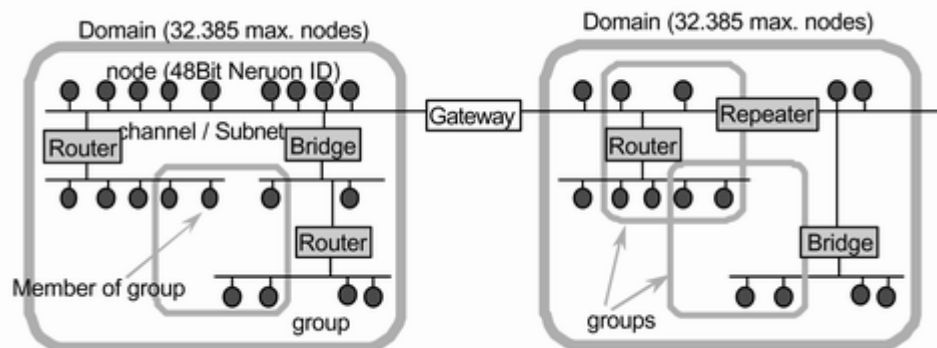
Pak následuje čekání dle náhodně vygenerované doby, tzv. randomly allocated time slots, pokud se do této doby neobjeví na sběrnici impuls komunikace, vyšle uzel svůj paket.

### *Síťová vrstva OSI modelu*

Síťová vrstva je zodpovědná za správné doručení paketu cílovému uzlu. Využívá tří-úrovňové adresace, která zabezpečí správnou identifikaci uzlu. První kategorií je doména, jejíž identifikátor má volitelnou délku mezi hodnotami 0, 1, 3 nebo 6 bajtů. Každý uzel může být členem maximálně dvou domén. K tomu, abychom mohli doménu propojit, nám slouží brány (Gateways).

Druhou kategorií je podsíť (subnet). V každé doméně může být až 255 podsítí. Podsíť je tvořena skupinou uzlů z různých kanálů. K propojení podsítě slouží routery.

Třetí a poslední kategorií je samotný uzel, který je adresován 48-bitovým identifikačním číslem (NeuronID). Každá podsíť může obsahovat až 127 uzlů. Uzel může také sloužit jako mezidoménová brána a posílat data z jednoho senzoru do dvou domén najednou.



Obr. 30: Adresování uzlu v síti

### *Transportní vrstva OSI modelu*

Transportní vrstva má na starosti spolehlivé doručení paketů to znamená, že provádí kontrolu správného přenosu a zajišťuje potvrzení o přijetí. Nyní si blíže ukážeme nejdůležitější vlastnosti transportní vrstvy.

- *Služba potvrzování došlého paketu či zprávy* – po přijetí zprávy či paketu musí následovat potvrzení o správném doručení. Jestliže uzel neobdrží od všech příjemců

potvrzení, pokusí se zprávu znovu přeposlat. Doba čekání a maximální počet pokusů kolikrát můžeme zprávu poslat, je nastavitelný.

Potvrzení o přijetí zprávy se provádí automaticky neuron chipem daného uzlu. Aby se nám nestalo, že zprávu obdržíme vícekrát, je nutné využívat číslování zpráv a jejich potvrzení, to znamená. Transaction ID číslem.

- *Služba žádost/odpověď* – využívá se k zasílání zpráv jednomu či více uzlům, od kterých očekáváme konkrétní odpověď. Může obsahovat i přenášená data, kterých se využívá u volání procedur nebo u aplikací client/server. Příchozí zpráva je zpracována uzlem popřípadě externí aplikací uzlu, výsledek je poté vyslán jako odpověď s určitým časovým zpožděním.
- *Služba zasílání zpráv typu broadcast* – se využívá k odesílání jedné či více zpráv, bez použití této služby by mohlo dojít k zahlcení sítě.
- *Služba nepotvrzeného zasílání zpráv* – podobá se předchozí službě, to znamená, že od zprávy, kterou vyšleme, nečekáme žádnou odpověď ani potvrzení. Zprávu je možné zaslat pouze jednomu uzlu sítě. Služba tohoto typu musí být odolná vůči ztrátě paketů či zpráv.

### ***Relační vrstva OSI modelu***

Relační vrstva definuje standardní kódy zpráv pro síťový management (network management messages) a diagnostiku (network diagnostic messages). Síťový management má za úkol usnadnit instalaci a řízení sítě. Příkazy, které jsou pro síťový management rovněž důležité, umožňují měnit nastavení a konfiguraci neuron chipů. Oproti tomu síťová diagnostika zajišťuje diagnostiku sítě, popřípadě její opravy.

Relační vrstva definuje ověřovací protokol, který slouží zjistit, zda odesílatel, který zprávu vyslal, je k tomuto úkonu oprávněn.

Tento způsob ověření zabraňuje neoprávněnému přístupu na uzel a do aplikace. Každý uzel obsahuje 48-bitový ověřovací klíč. Příjemce zprávy si tak může ověřit, zda odesílatel tento klíč vlastní.

### ***Prezentační hladina OSI modelu***

Podstatou této vrstvy je, že provádí vyměňování zpráv mezi aplikacemi, tak že příchozí paket zprávy se snaží reprezentovat jako:

- Síťovou proměnnou (network variable)
- Explicitní zprávu (explicit message)
- Cizí rámec (foreign frame)

Aplikační data se vyměňují prostřednictvím síťových proměnných, které tvoří skupinu zpráv. Data v této třídě zpráv bývají označována jako proměnné Neuron C, které se snaží zjednodušit vývoj a instalaci celého systému. Hlavní úkolem těchto proměnných je přiřadit data do určité skupiny podle jejich významu. Přenášená data mají pevně stanovené pravidla, jak zacházet s hodnotami, které právě prezentují. Protokol definuje několik standardních proměnných, tzv. Standard Network Variable Types (SNVT), které tvoří skupinu předem definovaných typů asociovaných s fyzikálními jednotkami.

Explicitní zprávy jsou určeny pro prezentaci dat, které nejsou příliš vhodné, co se týká síťových proměnných. Zprávy se skládají ze dvou částí: a) kódu, který definuje interpretaci dat a b) samotný obsah dat. Speciální kód náleží mezi tzv. cizí rámce, které mají být přeneseny do cílové aplikace bez bližších podrobností.

### ***Aplikační vrstva OSI modelu***

V aplikační vrstvě probíhá samotný aplikační program, který definuje veškeré používané typy síťových proměnných, kódy explicitních zpráv a podobně. Pro větší přehlednost se využívají standardní síťové proměnné, avšak stejně tak si můžeme nadefinovat nové proměnné tak, aby je mohly využívat obě aplikace.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 9 POPIS NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU

Návrh inteligentního rodinného domu zahrnuje kombinace několika systémů, které se snaží vylepšit komfort a pohodlí našeho bydlení. Jako zdroj tepla jsem zvolila tepelné čerpadlo vzduch-voda. Energie získaná z tepelného čerpadla putuje směrem do tepelného výměníku, jehož úkolem je ohřívat vzduch, který prochází ventilační jednotkou. Ohříváný vzduch se poté rozvádí do jednotlivých místností domu podlahovými vzduchovody.

Odsávání vzduchu se děje stejným způsobem s tím rozdílem, že samotné odsávání se provádí stropními vzduchovody. Místnosti, ve kterých dochází k větší tvorbě odpadního vzduchu, jsou především kuchyně, koupelny a sociální zařízení.

Odpadní vzduch se odvádí přes rekuperační jednotku směrem ven z objektu, nutno však podotknout, že část tepla z odpadního vzduchu si odebíráme zpět.

Tepelné čerpadlo bude využito na ohřev TUV. Fotovoltaický systém bude instalován na jižní stranu střechy, elektřina z něj vyrobená bude dodávána do rozvodné sítě a poté bude prodána provozovateli té sítě. Fotovoltaický systém bude určen k celoročnímu provozu, avšak musíme brát v úvahu, že v letním období bude zisk sluneční energie výrazně vyšší než zimním období.

Ovládání jednotlivých prvků je zajištěno pomocí sběrnice KNX, konkrétně se jedná o radiofrekvenční komunikaci, která řídí fotovoltaický systém, osvětlení celého domu, zabezpečovací systém či systém požární ochrany. Řízení jednotlivých prvků v domě může být realizováno centrálně, což znamená ovládat veškerá zařízení pomocí displeje, který je umístěn v domě. Druhý možný způsob ovládání je přes internet či mobilní telefon. Pro přehlednost je pro ovládání navrženo SCADA/HMI rozhraní. Sběrníkový systém zahrnuje také prvky bezpečnostního systému EZS a EPS.

Návrh rovněž zahrnuje technicko-ekonomické zhodnocení projektu.

Pro daný objekt jsem navrhla:

- Výkonové tepelné parametry
- Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací tepla ze vzduchu
- Fotovoltaický systém
- Silnoproudé rozvody

- Řešení sběrnice systému
- Technicko-ekonomické zhodnocení objektu
  - Návrh řízení, monitorování a komunikace pomocí inteligentní sběrnice RF KNX

## 9.1 Okrajové podmínky

Jedná se o rodinný dům, který je určený pro pěti až šestičlennou domácnost. Dům je řešený jako samostatně stojící objekt. Je vhodný do dvoupodlažní okolní zástavby na rovinný, případně mírně svahovitý terén.

Výstavba rodinného domu vždy závisí na mnoha faktorech, mezi které patří:

Nadmořská výška [m]	258
Vnější výpočtová teplota $t_e$ [°C]	-15
Roční průměrná venkovní teplota $t_{m,e}$ [°C]	3,5
Počet dnů otopného období [d]	228

Tab. 10: Okrajové parametry

Mezi hlavní okrajové podmínky, které do jisté míry ovlivňují stavbu, patří:

- Rodinný dům vystavěný v okrajové části Opavy
- Dvoupodlažní budova orientována směrem na jih
- Krajina s intenzivními větry
- Užitková plocha celkem - 143,58 [m<sup>2</sup>]
- Obytná plocha celkem - 102,12 [m<sup>2</sup>]
- Obestavěný prostor celkem - 613,80 [m<sup>3</sup>]
- Zastavěná plocha celkem - 89,77 [m<sup>2</sup>]
- Vytápěný prostor celkem - 368,85 [m<sup>3</sup>]
- Celková plocha vytápěných místností - 137,38 [m<sup>2</sup>]

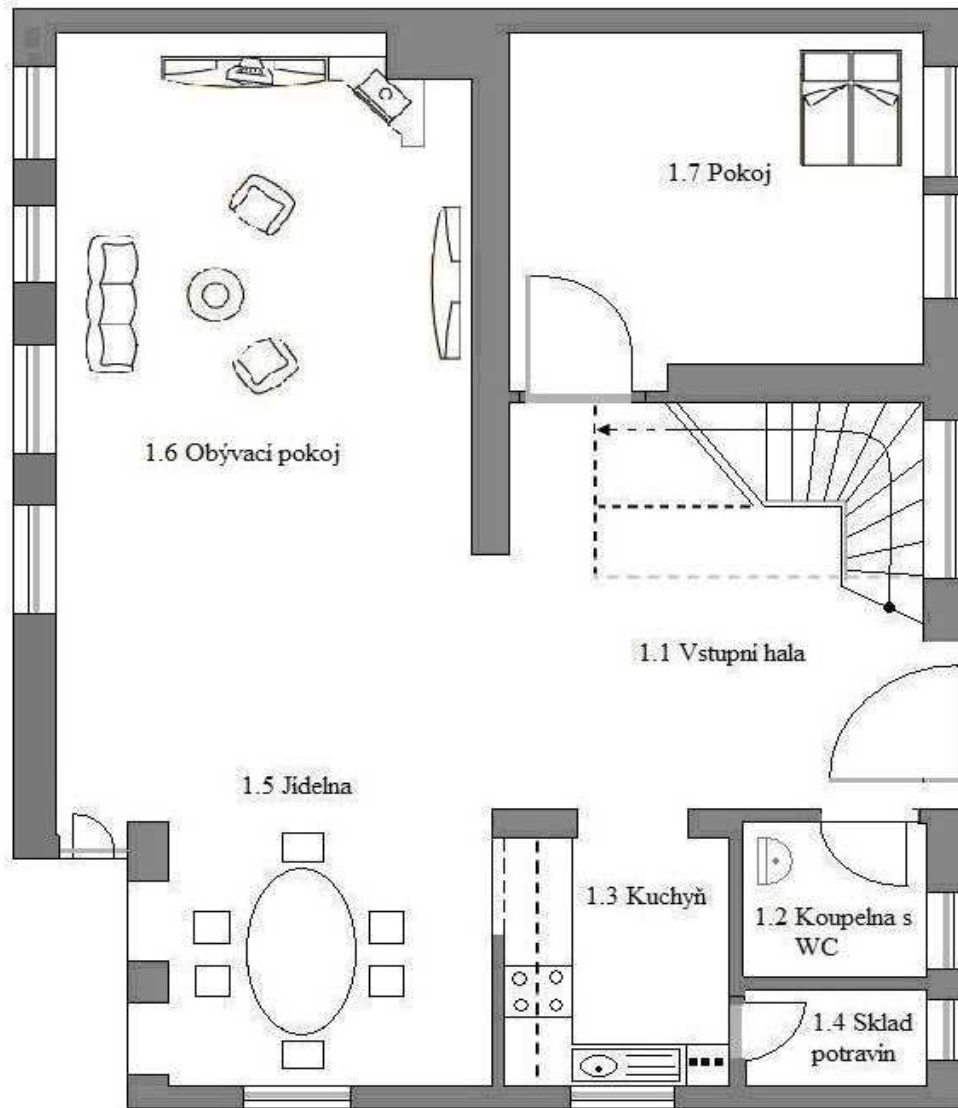
Vytápěné místnosti, které beru v úvahu při výpočtu tepelných ztrát, jsou uvedeny v následující tabulce:

<b>První nadzemní podlaží</b>		
<b>Kód místnosti</b>	<b>Název místností</b>	<b>Plocha místností [<math>m^2</math>]</b>
1.1	Vstupní hala	10,32
1.2	Koupelna s WC	2,56
1.3	Kuchyň	6,48
1.4	Jídelna	8,94
1.5	Obývací pokoj	27,35
1.6	Pokoj	11,38
<b>Druhé nadzemní podlaží</b>		
<b>Kód místnosti</b>	<b>Název místností</b>	<b>Plocha místností [<math>m^2</math>]</b>
2.1	Chodba	5,67
2.2	Pokoj	17,7
2.3	Pokoj	19,34
2.4	Pokoj	17,51
2.5	Koupelna	8,26
2.6	WC	1,87
<b>Celková plocha vytápěných místností</b>		<b>137,38</b>

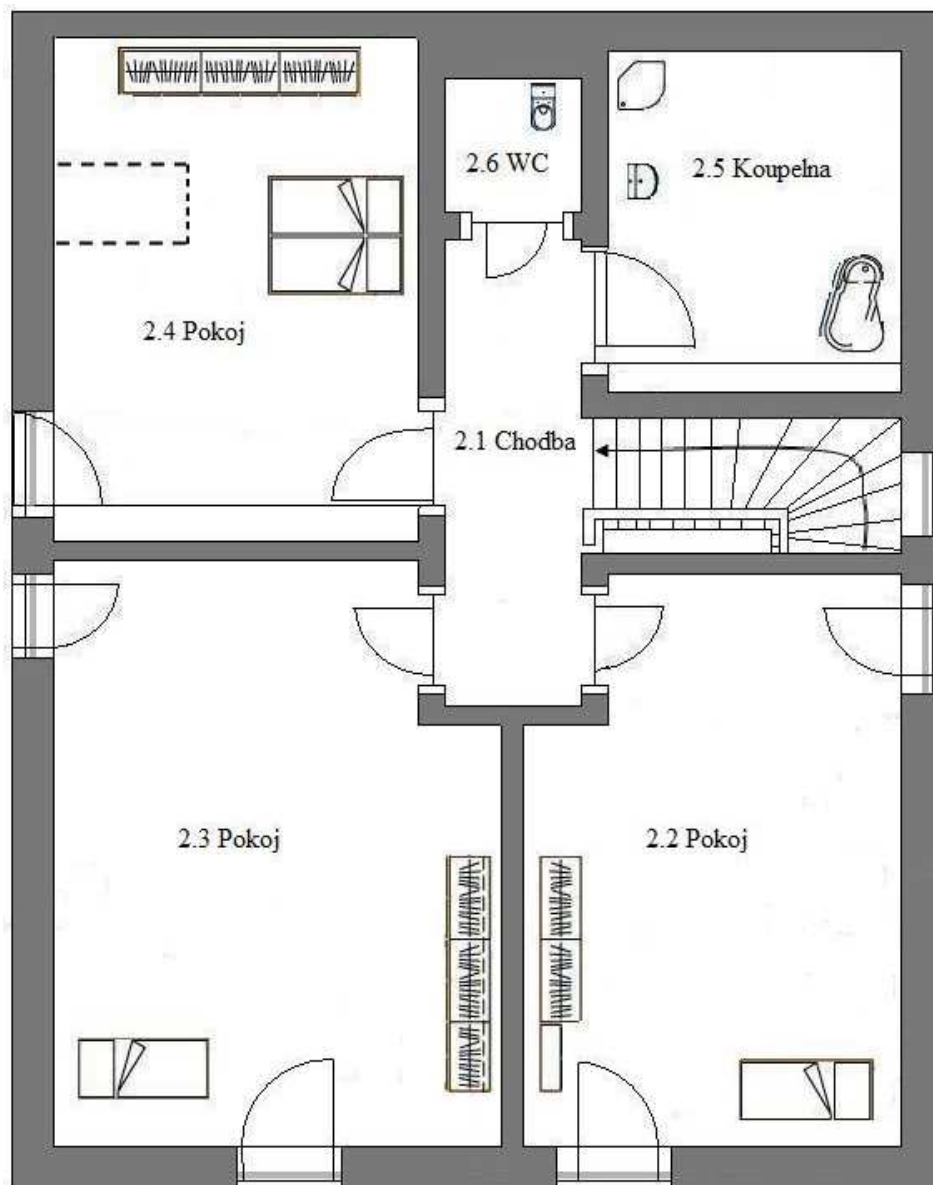
*Tab. 11: Seznam vytápěných místností*

Místnosti, které řadíme mezi nevytápěné prostory je sklad potravin o ploše 2,27 [ $m^2$ ] a schodiště, které zaujímá plochu 3,93 [ $m^2$ ]. Celková plocha nevytápěných místností tedy činí 6,2 [ $m^2$ ].





Obr. 31: Půdorys 1 NP



Obr. 32: Půdorys 2 NP

## 10 STANOVENÍ TEPELNÝCH PARAMETRŮ

### 10.1 Výpočet tepelných ztrát podle ČSN EN 12831

Norma stanoví postup výpočtu dodaného tepla nutného k bezpečnému dosažení výpočtové vnitřní teploty.

Tato norma nám určuje postupy pro výpočet návrhové tepelné ztráty a návrhového tepelného výkonu při standardních návrhových podmínkách, jako je omezená výška místností, která nepřesáhne více jak 5 m a systém vytápění, který je v ustáleném stavu.

Při výpočtu tepelných ztrát je důležité znát několik potřebných údajů, mezi které patří:

- Výpočtová venkovní teplota  $t_e$
- Výpočtová vnitřní teplota  $t_{m,e}$

Výpočtová venkovní teplota  $t_e$  slouží pro výpočet tepelných ztrát vnějšího prostředí. Hodnota venkovní teploty se určila podle tabulky, ve které jsem si požadovanou hodnotu vyhledala na základě lokality, ve které byl rodinný dům vystavěn. Konkrétně pro oblast Opavy je venkovní výpočtová teplota  $t_e = -15^\circ C$ . Dalším důležitým údajem při výpočtu tepelných ztrát je výpočtová vnitřní teplota  $t_i$ . V průběhu otopného období musí být zajištěna vnitřní výpočtová teplota podle normy ČSN EN 12831 a dále musí být dodrženy požadavky na tepelnou stabilitu jednotlivých místností. Výpočtová vnitřní teplota v mém případě je  $t_i = 20^\circ C$ , až na výjimku, kterou je koupelna, u níž vnitřní teplota dosahuje  $t_i = 24^\circ C$ . Rozdíl obou teplot jednotlivých místností činí  $(t_i - t_e) = 35^\circ C$ , až na jednu výjimku a tou je koupelna, pro kterou platí rozdíl teplot  $(t_i - t_e) = 39^\circ C$ .

1. NP			
Název místnosti	Vnitřní výpočtová teplota $t_i$ [ $^\circ C$ ]	Plocha místností A [ $m^2$ ]	Objem místnosti $V_i$ [ $m^3$ ]
Vstupní hala	20	10,32	31,87
Koupelna s WC	24	2,56	6,73
Kuchyň	20	6,48	17,04

Jídelna	20	8,94	23,51
Obývací pokoj	20	27,35	72,54
Pokoj	20	11,38	29,51
<b>2.NP</b>			
Chodba	20	5,67	14,17
Pokoj	20	17,7	47,87
Pokoj	20	19,34	52,77
Pokoj	20	17,51	45,8
Koupelna	24	8,26	21,52
WC	20	1,87	5,52

Tab. 12: Potřebné parametry pro výpočet tepelných ztrát

## 10.2 Výpočet celkové tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty způsobené větráním mají svůj význam tehdy, jestliže se tepelné ztráty sníží na minimum, čehož lze docílit, pokud zvýšíme tepelný odpor obvodových konstrukcí budovy. Z toho důvodu se do větracích systémů instalují prvky, které jsou určeny pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu, které označujeme jako rekuperační jednotky.

Rekuperační jednotka tedy přivádí do jednotlivých místností objektu čerstvý filtrovaný vzduch, který se v rekuperačním výměníku předehřívá s účinností až 90% vzduchem odpadním, jenž je odsáván z hygienických zařízení, jako je kuchyň či koupelna, po ochlazení je odváděn do venkovního prostředí.

Nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu  $n_{\min} [h^{-1}]$  podle normy ČSN EN 12831 činí  $0,5 [h^{-1}]$ , což znamená, že každou hodinu by měl být objem vzduchu v obytných místnostech vyměněn. Dnešní konstrukce jsou natolik kvalitní, že k tepelným ztrátám dochází v malé míře, což ovšem z části zabraňuje pravidelné výměně čerstvého vzduchu v daných místnostech.

Při výpočtu tepelných ztrát větráním musíme jako první stanovit celkový tepelný součinitel ztráty větráním, který je vyjádřen takto:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{\min} \quad [W / K],$$

kde

$V_i$  ... objem vytápěného prostoru, vypočtený z vnitřních rozměrů prostoru [ $m^3$ ]

$n_{\min}$  ... nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [ $h^{-1}$ ]

Celková tepelná ztráta větráním se stanoví ze vztahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (t_i - t_e) \quad [W],$$

kde

$H_{V,i}$  ... celkový tepelný součinitel ztráty větráním [ $W / K$ ]

$t_i$  ... vnitřní výpočtová teplota [ $^{\circ}C$ ]

$t_e$  ... venkovní výpočtová teplota [ $^{\circ}C$ ]

1. NP				
Název místnosti	Objem místnosti $V_i$ [ $m^3$ ]	Nejmenší intenzita výměny vzduchu za hodinu $n_{\min}$ [ $h^{-1}$ ]	Celkový tepelný součinitel ztráty větráním $H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{\min}$ [ $W / K$ ]	Celková tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (t_i - t_e)$ [ $W$ ]
Vstupní hala	31,87	0,5	5,42	189,7
Koupelna s WC	6,73	0,5	1,14	44,46
Kuchyň	17,04	0,5	2,9	101,5
Jídelna	23,51	0,5	4	140
Obývací pokoj	72,54	0,5	12,33	431,55
Pokoj	29,51	0,5	5,02	175,7
2.NP				

Chodba	14,17	0,5	2,41	84,35
Pokoj	47,87	0,5	8,14	284,9
Pokoj	52,77	0,5	8,97	313,95
Pokoj	45,8	0,5	7,79	272,65
Koupelna	21,52	0,5	3,66	142,74
WC	5,52	0,5	0,94	32,9
<b>Celková tepelná ztráta větráním</b>				<b>2214,4</b>

Tab. 13: Tepelné ztráty větráním

### 10.3 Výpočet celkového zátopového tepelného výkonu

Zátopový tepelný výkon se požaduje pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění  $\Phi_{RH,i}$  ve vytápěném prostoru ( $i$ ), stanoví se ze vztahu:

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

kde

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

$f_{RH}$  ...zátopový korekční činitel závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění  $[W / m^2]$

Hodnoty zátopového činitele se určí podle normovaných tabulek, které jsou pro názornou ukázkou v příloze *P I*. Zátopový činitel je rozdělen jak pro nebytové budovy, tak pro budovy obytné.

Nutno podotknout, že uvedené hodnoty v tabulkách, platí pouze pro místnosti, jejichž výška stropu nepřesáhne 3,5m. Tabulka obsahuje dva důležité faktory, díky kterým se korekční činitel určí:

- a) Hmotnosti budovy (*nízká, střední, vysoká*)
- b) Předpokládaný pokles vnitřní teploty během útlumu vytápění (*2, 3 nebo 4 K*)

V mém případě jsem zvolila tyto faktory: hmotnost budovy je těžká, předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu je  $IK$  a zátopový čas jsou 2 hodiny. Kombinací těchto parametrů jsem zjistila, že zátopový korekční čísel je  $f_{RH} = 6$ .

<b>1. NP</b>			
<b>Název místnosti</b>	<b>Plocha místnosti</b> $A_i \text{ [m}^2\text{]}$	<b>Zátopový čísel</b> $f_{RH} \text{ [W/m}^2\text{]}$	<b>Celkový zátopový tepelný výkon</b> $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ $\text{[W]}$
Vstupní hala	10,32	6	61,92
Koupelna s WC	2,56	6	15,36
Kuchyň	6,48	6	38,88
Jídelna	8,97	6	53,64
Obývací pokoj	27,35	6	164,1
Pokoj	11,38	6	68,28
<b>2. NP</b>			
Chodba	5,67	6	34,02
Pokoj	17,7	6	106,2
Pokoj	19,34	6	116,04
Pokoj	17,51	6	105,06
Koupelna	8,26	6	49,56
WC	1,87	6	11,22
<b>Celkový zátopový tepelný výkon</b>			<b>824,28</b>

Tab. 14: Zátopový tepelný výkon

## 10.4 Výpočet celkové tepelné ztráty prostupem

Jedná se o tepelné ztráty, způsobené vedením tepla směrem do vnějšího prostředí, které jsou obklopeny konstrukcí. Způsobují rovněž šíření tepla po místnostech, které jsou vytápěny. Tepelné ztráty prostupem jsou definovány tepelnou izolací a rozdílem teplot mezi venkovní výpočtovou teplotou a vnitřní výpočtovou teplotou.

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

$$\Phi_{T,i} = \sum f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (t_i - t_e) \text{ [W]},$$

kde

$f_k$  ...teplotní korekční činitel pro jednotlivé stavební části

$A_k$  ...plocha stavební části [ $m^2$ ]

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

Hodnoty teplotního korekčního činitele  $f_k$  jsou uvedeny v tabulkách podléhajících normou ČSN EN 12831. Tabulku přikládám v příloze *P II*.

Výpočet tepelných ztrát se provádí pro každou konstrukci zvlášť, tedy ať už se jedná o stěnu, strop, podlahu, dveře či okno. Tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí se sečtou, čímž získáme tepelnou ztrátu prostupem jednotlivé místnosti. Celkovou tepelnou ztrátu prostupem získáme tak, že tepelné ztráty prostupem jednotlivých místností sečteme.

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje množství tepla, které projde za jednotku času plochou z látky o teplotě  $t_1$  do stěny o teplotě  $t_1'$ . Hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulkách, které rovněž najdeme v příloze *P III*. Velká část výrobců udává součinitel prostupu tepla, jako součást při dodání stavebních materiálů, popřípadě si jej můžeme vyhledat na internetových stránkách. Díky této výhodě nemusíme provádět výpočet součinitele prostupu tepla.

Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce podle normy ČSN 73 0540, které si můžeme prohlédnout v příloze *P III*. Výpočty tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí jsou uvedeny v příloze *P IV*.



<b>1. NP</b>		
<b>Název místnosti</b>	<b>Vnitřní výpočtová teplota <math>t_i</math> [°C]</b>	<b>Tepelná ztráta prostupem <math>\Phi_{T,i}</math> [W]</b>
Vstupní hala	20	659,76
Koupelna s WC	24	1033,98
Kuchyň	20	1531,9
Jídelna	20	581,16
Obývací pokoj	20	1434,46
Pokoj	20	657,68
<b>2. NP</b>		
Chodba	20	452,85
Pokoj	20	678,86
Pokoj	20	975,2
Pokoj	20	832,65
Koupelna	24	607,48
WC	20	125,65
<b>Celková tepelná ztráta prostupem</b>		<b>9571,63</b>

Tab. 15: Tepelná ztráta prostupem

### 10.5 Celkové výsledky tepelných ztrát objektu

Výsledné tepelné ztráty objektu vypočteme sečtením jednotlivých tepelných ztrát, to znamená tepelné ztráty větráním, tepelné ztráty prostupem a hodnoty zátopového výkonu.

<b>1. NP</b>			
Název místnosti	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ [W]	Zátopový tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ [W]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
Vstupní hala	189,7	61,92	659,76
Koupelna s WC	44,46	15,36	1033,98
Kuchyň	101,5	38,88	1531,9
Jídelna	140	53,64	581,16
Obývací pokoj	431,55	164,1	1434,46
Pokoj	175,7	68,28	657,68
<b>2.NP</b>			
Chodba	84,35	34,02	452,85
Pokoj	284,9	106,2	678,86
Pokoj	313,95	116,04	975,2
Pokoj	272,65	105,06	832,65
Koupelna	142,74	49,56	607,48
WC	32,9	11,22	125,65
<b>Celkové tepelné ztráty objektu</b>	<b>2214,4</b>	<b>824,28</b>	<b>9571,63</b>
<b>Celková tepelná ztráta objektu: 12610,31 kW</b>			

Tab. 16: Celková tepelná ztráta objektu

Celková tepelná ztráta objektu tedy v mém případě činí 12,6 kW podle, které navrhnou vhodný vytápěcí systém.

## 11 POPIS A NÁVRH TEPLOVZDUŠNÉHO VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ

Na základě výsledku tepelných ztrát jsem pro vytápění domu a zajištění ohřevu teplé užitkové vody použila teplovzdušnou vytápěcí a větrací jednotku s rekuperací tepla s maximálním topným výkonem 26 kW. Tepelné čerpadlo je typu vzduch-voda v kombinaci s ventilační jednotkou obsahující rekuperační výměník. Celý systém se snaží zajistit co největší komfort a pohodlí našeho bydlení. Jednotlivé prvky vytápěcího systému jsou řízeny zcela automaticky, tudíž není potřeba, aby se uživatel obával složitosti ovládání. Celkový systém je umístěn v technické části budovy, kterou je v mém případě garáž.

Vzduch odsávaný z místnosti a čerstvý vzduch putuje směrem k ventilační jednotce, ve které se ohřeje na určitou teplotu a dále se rozvádí podlahovými rozvody do již konkrétních místností. Podlahové rozvody jsou většinou tvořeny z pozinkovaného plechu o rozměru 200 × 50 mm, které jsou uloženy v podlahové části. Podlahové vyústky jsou umístěny v každé místnosti. Odtah cirkulačního vzduchu z obytných místností je zajišťován pomocí ventilačních otvorů, které jsou umístěny pod dveřmi. Přes ventilační otvory je vzduch odváděn směrem k místnostem, odkud tento vzduch proudí. Poté ve ventilační jednotce dochází ke smíšení cirkulujícího vzduchu s čerstvým vzduchem, který je přiváděn do místností díky otvorům, které jsou umístěny ve zdi. Čerstvý vzduch se dále předehřívá v rekuperačním výměníku s účinností až 90%. Vzduch prochází přes filtry a ve výměníku se dohřeje na požadovanou teplotu, následně je rozváděn do jednotlivých místností přes potrubí. Nutno podotknout, že je zde také využit ventilátor s nastavitelným výkonem. V tomto případě mluvíme o tzv. primárním okruhu.

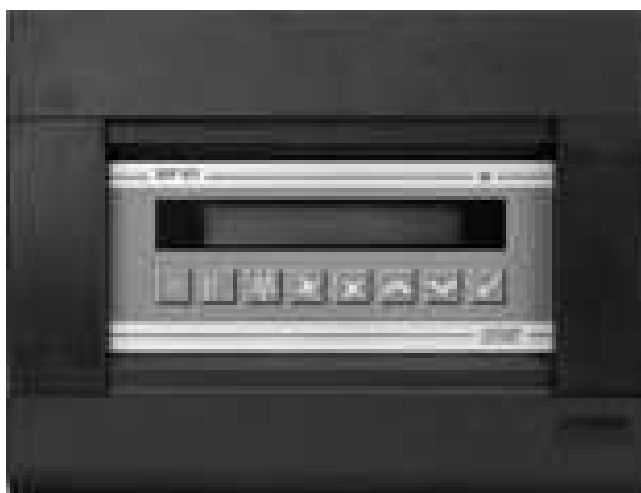
Odpadní vzduch je přes ventilační jednotku odváděn z místností (kuchyň, koupelna, WC) pomocí stropních rozvodů. V místnostech, kde dochází k odvádění odpadního vzduchu, je dobré mít samostatný topný systém. V mém případě se jedná o elektrický topný žebřík umístěny v koupelně. V rekuperačním výměníku se teplo předá čerstvému vzduchu a po jeho ochlazení se odpadní vzduch odvádí přes větrací ventilátor směrem ven.

Odvedený odpadní vzduch (kuchyň, koupelna, WC) je nahrazován vzduchem z obytných místností a je přiváděn podlahovými rozvody. Takto popsany systém odpadního vzduchu bývá často nazýván tzv. sekundárním okruhem.

Celkový objem vytápěných a větraných místností v mém případě činí  $368,85 \text{ m}^3$ . Na začátku je nutné zjistit, kolik vzduchu je potřeba vyměnit v místnosti za jednu hodinu, což jsem provedla tak, že celkový objem větraných místností jsem dělila dvěma, jelikož požadovaná intenzita výměny vzduchu činí  $n = 0,5/h$ . Na základě výpočtu jsem zjistila, že je potřeba vyměnit  $184,42 \text{ m}^3$  vzduchu za hodinu.

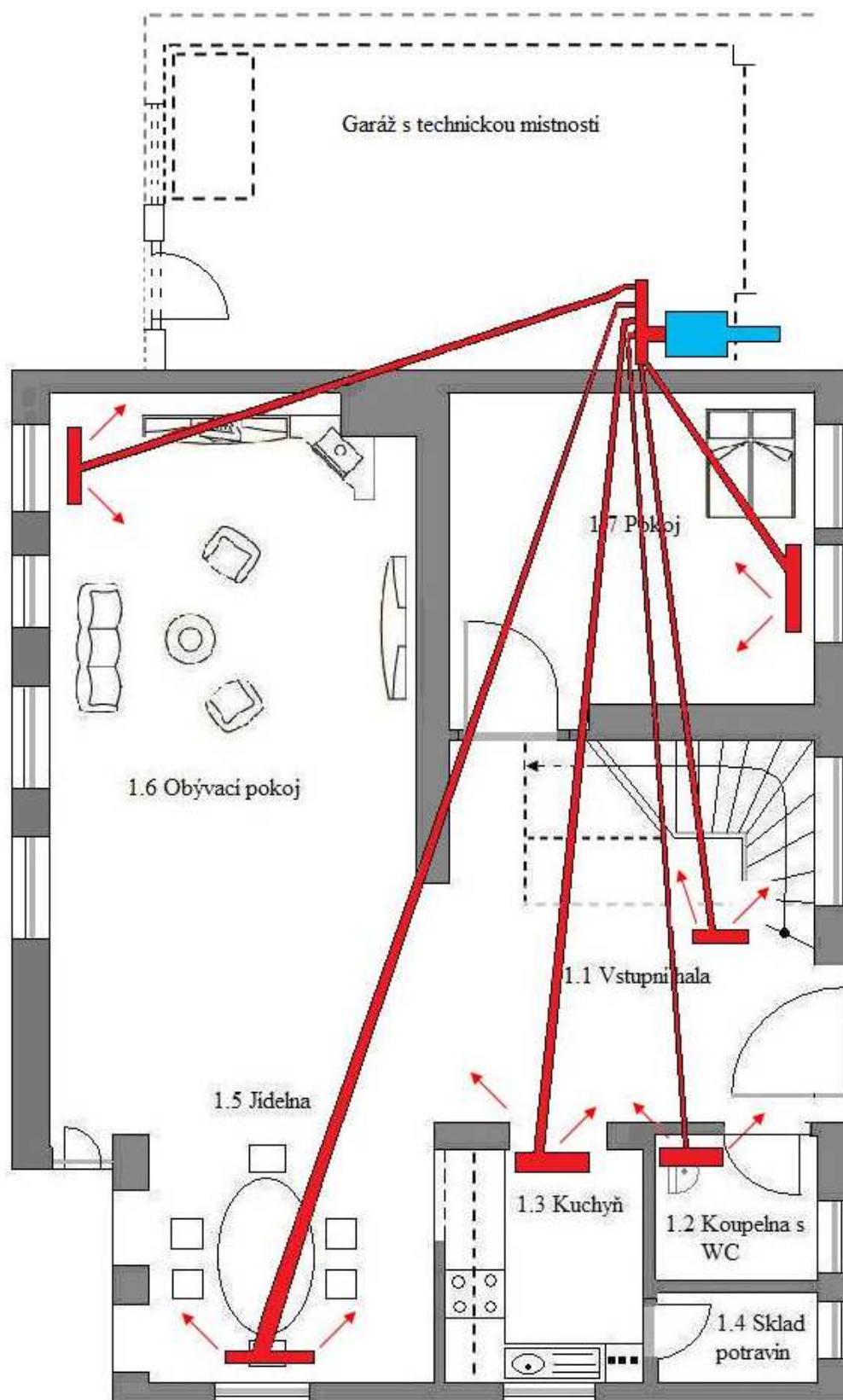
Jako teplovzdušnou vytápěcí a větrací jednotku jsem zvolila DUPLEX 2000 od firmy ATREA. Součástí větrací jednotky je také rekuperační výměník, který dosahuje účinnosti až 80%. Podrobnější informace o této jednotce najdeme v příloze P V.

Regulace množství přiváděného a odváděného vzduchu bude zajištěna přes vestavěný digitální modul. Systém bude ovládán vhodným regulátorem řady KP 01, který umožňuje přesné nastavení týdenního provozu, zobrazení okamžitých teplot, ovládání by-passu popřípadě ovládání cirkulační klapky. Regulátor je slaboproudý s bezpečným napětím do 12 V s krytí IP 40. Umístění regulátoru může být pouze ve vnitřní zástavbě o teplotě  $5 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Provoz je možný buď v automatickém režimu, kdy systém je řízen týdenní programem, který může obsahovat až 99 různých časových pozic a, nebo v ručním režimu, kdy veškeré parametry vzduchotechnického systému jsou nastaveny přímo na displeji.

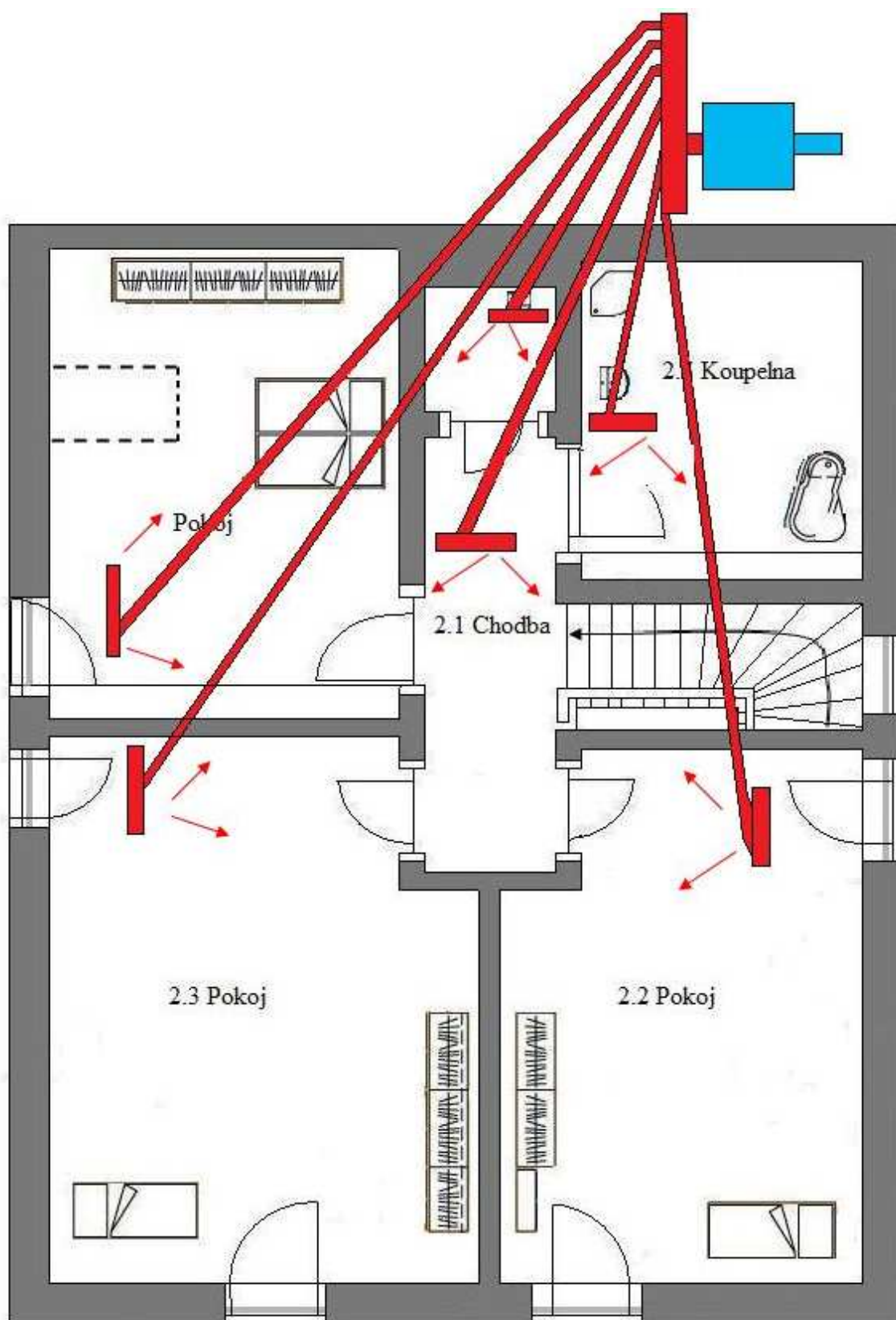


Obr. 33: Vestavěný digitální modul regulující vzduch

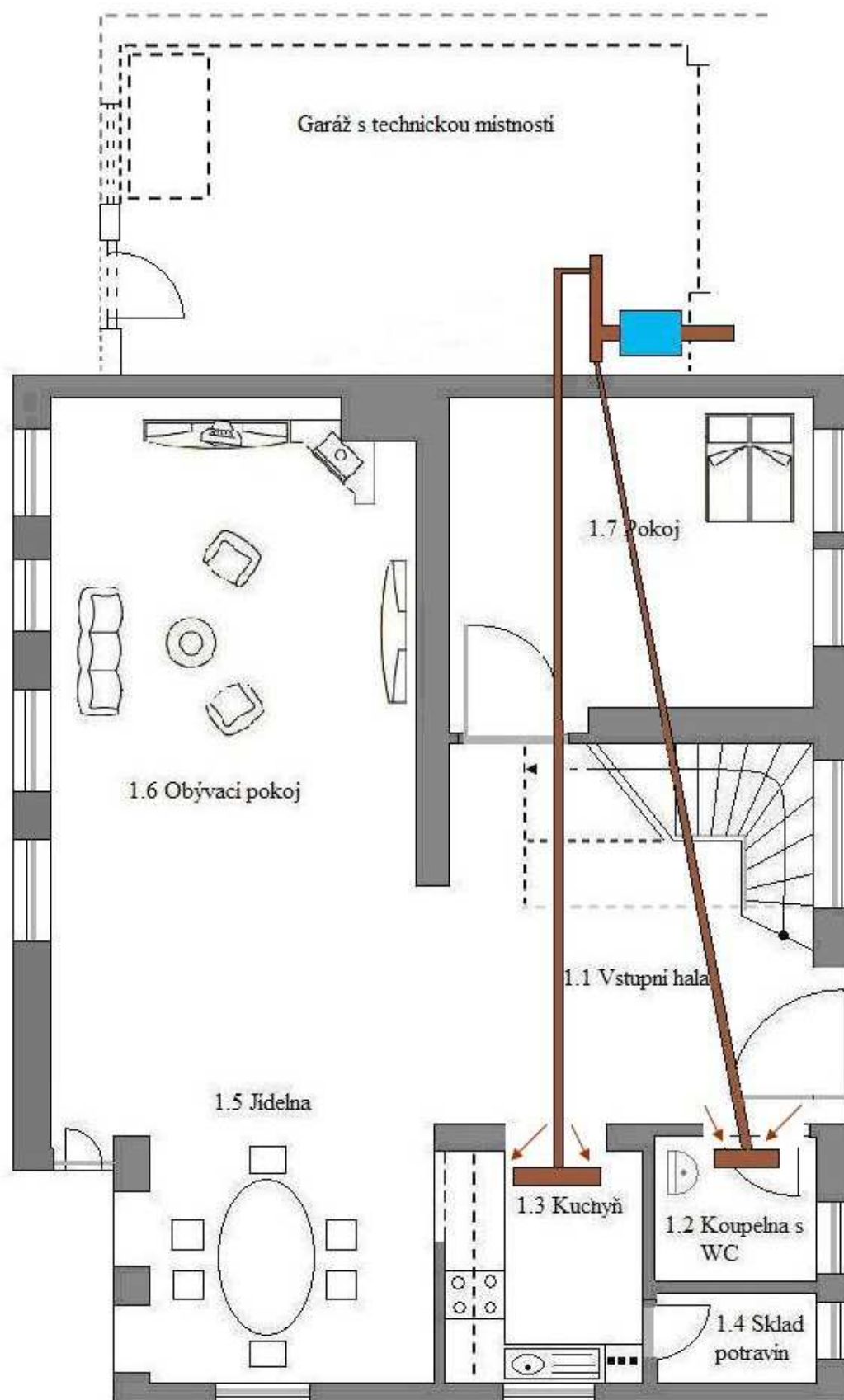
## 11.1 Rozvody vzduchu



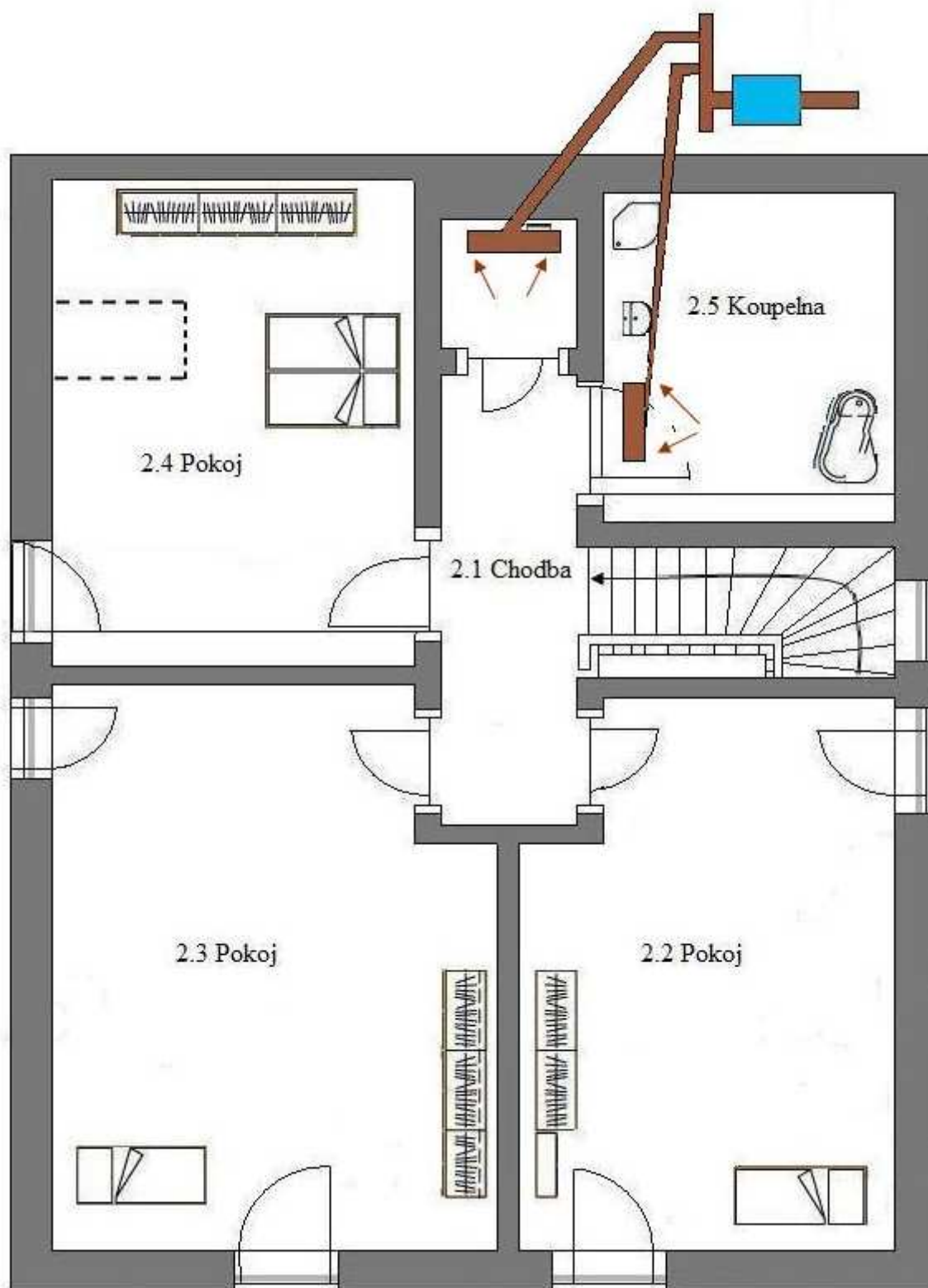
Obr. 34: Rozmístění podlahových rozvodů 1 NP



Obr. 35: Rozmístění podlahových rozvodů 2 NP



Obr. 36: Rozmístění stropních rozvodů 1 NP



Obr. 37: Rozmístění stropních rozvodů 2 NP



## 11.2 Výpočet plochy výměníku

Při výpočtu plochy výměníku pro ohřev vzduchu, který je do jednotlivých místností přiváděn vycházíme z následujících parametrů:

- Maximální tepelný výkon výměníku na základě celkových tepelných ztrát v mém případě činí 13 kW
- Součinitel prostupu tepla závisí na materiálu, ze kterého je tepelný výměník vyroben, v mém případě se jedná o nerez, tudíž hodnota součinitele je 4200  $[W \cdot m^2 \cdot K^{-1}]$
- Vstupní teplota z primární strany  $75^\circ C$ , vystupuje pod označením  $t_{11}$
- Výstupní teplota z primární strany  $40^\circ C$ , vystupuje pod označením  $t_{12}$
- Vstupní teplota sekundární strany  $20^\circ C$ , vystupuje pod označením  $t_{21}$
- Výstupní teplota sekundární strany  $27^\circ C$ , vystupuje pod označením  $t_{22}$

Z výše zmíněných parametrů musím nejprve vypočítat jednotlivé teplotní rozdíly:

$$\Delta t_1 = t_{11} - t_{21} = 75 - 20 = 55^\circ C$$

$$\Delta t_2 = t_{12} - t_{22} = 40 - 27 = 13^\circ C$$

Poté můžeme vypočítat střední teplotní rozdíl:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{55 - 13}{\ln \frac{55}{13}} = \frac{42}{\ln 4,23} = \frac{42}{1,44} = 29^\circ C$$

Výslednou plochu výměníku určíme ze vztahu:

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta t},$$

kde

Q...maximální tepelný výkon výměníku  $[W]$

K...součinitel prostupu tepla  $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$

$\Delta t$  ...střední rozdíl teplot [ $^{\circ}C$ ]

Po dosažení těchto veličin získáme výsledný vztah:

$$S = \frac{13000}{4200 \cdot 29} = \frac{13000}{121800} = 0,1 \text{ m}^2$$

Plocha výměníku tedy činí  $0,1 \text{ m}^2$ . Tepelný výměník je umístěn přímo ve ventilační jednotce, jehož hlavní úkolem je rozvádět vzduch po jednotlivých místnostech.

### 11.3 Výpočet směšovacího ventilu

Třícestný směšovací ventil nachází své uplatnění především při realizaci rozvodů v rodinných domech, u kterých se vyžaduje kontrola teploty vstupní vody pomocí elektronických regulátorů. Směšovací ventil je umístěn mezi tepelným čerpadlem a ventilační jednotkou, který zajišťuje mísení výstupní vody s vodou, která se vrací z tepelného výměníku umístěného ve ventilační jednotce.

Jako první je nutné vypočítat potřebný objemový průtok, který je daný vztahem:

$$\dot{V} = \frac{Q \cdot 3600}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} \text{ [m}^3 / \text{h]},$$

kde

$Q$  ...přenášený tepelný výkon [ $W$ ]

$\rho$  ...hustota vody [ $kg / m^3$ ]

$c$  ... měrná tepelná kapacita vody [ $J / (kg \cdot K)$ ]

$\Delta T$  ...tepelný spád [ $K$ ]

Výsledný objemový průtok potom vypadá takto:

$$\dot{V} = \frac{13000 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot 15} = \frac{46800000}{63000000} = 0,74 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Důležité je, aby směšovací ventil fungoval zcela správně z důvodu, aby na něm při plném otevření vznikla tlaková ztráta, která se většinou pohybuje v rozmezí  $3 - 8 \text{ kPa}$ . Díky tlakové ztrátě jsme schopni vypočítat jmenovitý průtokový součinitel dle vztahu:

$$K_{vs} = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\frac{\Delta p_{v100}}{100}}},$$

kde

$\dot{V}$  ...objemový průtok [ $m^3 / h$ ]

$\Delta p_{v100}$  ...tlaková ztráta na plně otevřeném ventilu [ $kPa$ ]

Jako předpokládanou tlakovou ztrátu na ventilu jsem zvolila 7  $kPa$ . Výsledný vztah pro jmenovitý průtokový součinitel tedy vypadá takto:

$$K_{vs} = \frac{0,74}{\sqrt{\frac{7}{100}}} = \frac{0,74}{\sqrt{0,07}} = \frac{0,74}{0,26} = 2,85 \text{ } [m^3 / h]$$

Typ směšovacího ventilu, který jsem si vybrala je označován jako MT 52 Standard od firmy Taconova. Podrobnější informace o tomto produktu můžeme nalézt na internetových stránkách výrobce.

## 11.4 Režim klimatizace

Pro stanovení potřebného výkonu vytápěcího systému pro režim klimatizace je nutné vypočítat tepelné zisky navrhovaného objektu. Jelikož výpočet tepelných zisků je poněkud složitější oproti tepelným ztrátám, je nutné proto k jeho výpočtu využít specializovaný software. Výsledkem je pro nás tabulka, která má zeleně zvýrazněnou oblast s největšími tepelnými zisky.

Aplikaci, kterou jsem pro výpočet použila, se nazývá „Výpočet tepelných zisků“ od firmy Qpro. Výsledná tabulka s tepelnými zisky je uvedena v příloze P V.

Nejvyšší hodnota tepelných zisků objektu 9908 kW vychází na 15 hodinu v měsíci srpnu.

Uvádím zde pouhý nástin toho, jak by se mělo postupovat v případě, kdy uvažujeme režim klimatizace. Do mého návrhu jsem se rozhodla, že režim klimatizace nebudu uvažovat.

## 11.5 Tepelné čerpadlo

Jako zdroj tepla pro vytápění jsem použila tepelné čerpadlo vzduch-voda od švédské firmy NIBE. Konkrétně se jedná o typ NIBE F2025-14, jehož topný výkon činí  $12,7 \text{ kW}$ . Podrobnější informace o čerpadlu najdeme v příloze *P V*.

Princip tepelného čerpadla vzduch-voda je takový, že tepelná energie je odebírána z venkovního vzduchu, poté dojde k navýšení a tepelná energie je předávána vodě, která dále teplo dodává přes tepelný výměník vzduchu a přes výměník do zásobníku TUV. Tento typ tepelného čerpadla se využívá v případě, kdy není možné na pozemku vrtat hlubinný vrt nebo budovat zemní kolektory.

## 11.6 Dimenzování zásobníku na TUV

Nejjednodušší způsob, jak dimenzovat zásobník na TUV je znát přesný počet osob, které bydlí v rodinném domě. V mém případě je dům určen pro pětičlennou rodinu a průměrná spotřeba vody činí  $60 \text{ l/den}$ . Jestliže mezi sebou vynásobíme počet osob a průměrnou spotřebu vody, získáme minimální potřebu vody, což je  $300 \text{ l/den}$ .

Objem zásobníku se však volí na  $1,5$  denní zásobu, tedy vztah pro dimenzování zásobníku vypadá následovně:

$$V_{TUV} = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ l}$$

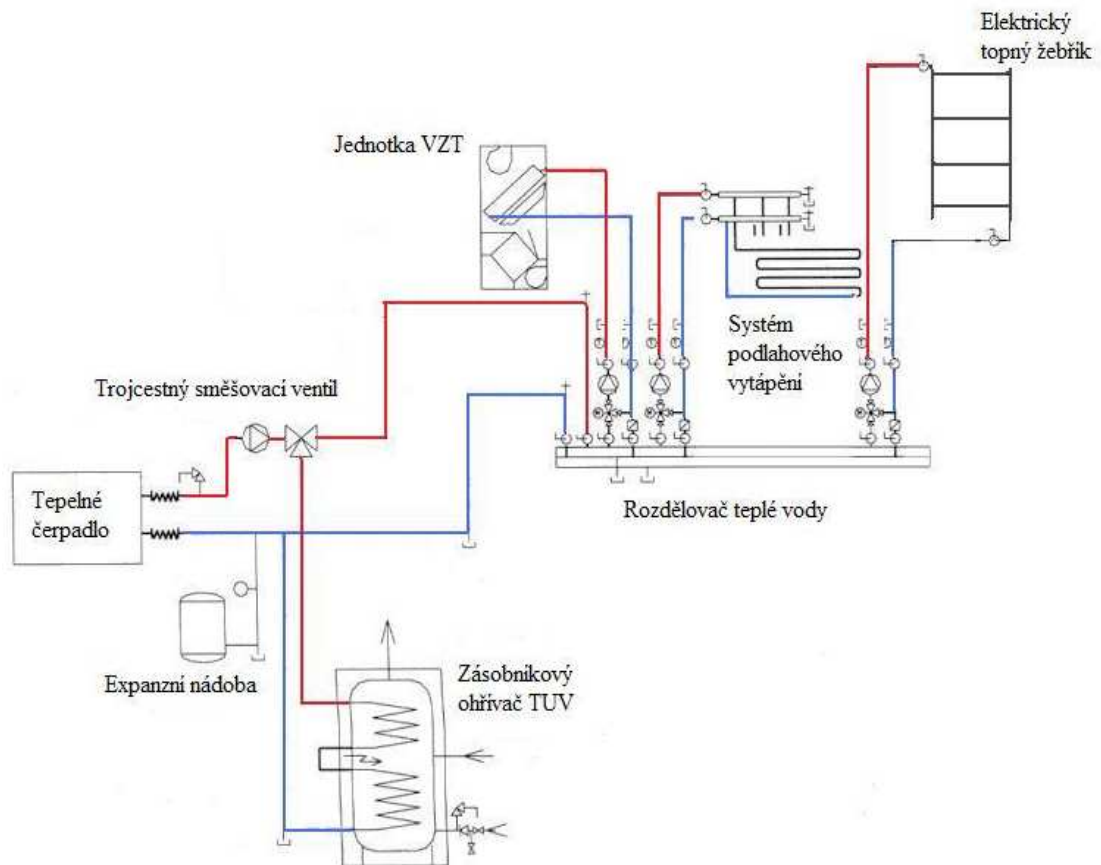
## 11.7 Hydraulický okruh tepelného čerpadla

Tepelná energie, která je získaná z venkovního vzduchu a poté navýšena v tepelném čerpadle je rozvedena do zásobníku na ohřev TUV.

Zásobník na TUV jsem vybrala od firmy Thermona, konkrétně se jedná o typ OKC 500 NTRR/1Mpa. Velikost zásobníku je  $470 \text{ l}$ . Ohřívače jsou vybaveny dvěma výkonnými spirálovými výměníky, jímkami pro čidla regulace a revizním přírubovým otvorem. K ohřevu TUV lze použít topnou vodu o teplotě maximálně  $110^\circ \text{ C}$ . Izolaci tvoří  $50 \text{ mm}$  tvrdé polyuretanové pěny.

Bližší technické informace o zásobníku na TUV jsou uvedeny v příloze *P V*.

Hydraulický okruh tepelného čerpadla můžeme vidět na následujícím obrázku:



Obr. 38: Hydraulické zapojení tepelného čerpadla

## 11.8 Návrh otopné soustavy

Otopné těleso (žebřík) jsem použila v koupelně s WC. Snažila jsem se zvolit takový výkon, který by pokryl ztrátový tepelný výkon navrhovaného otopného tělesa společně s podlahovým vytápěním.

Otopné těleso, které jsem si vybrala je od společnosti Korado, konkrétně se jedná o model KORALUX LINEAR – KL 1200.1000. Předpokládaný topný výkon udávaný výrobcem pro teplotu v místnosti  $24^{\circ}\text{C}$  a teplotní spád  $55/45^{\circ}\text{C}$  je  $534\text{ W}$ .

Trubkové otopné těleso KORALUX LINEAR je vyrobeno z uzavřených ocelových profilů se čtvercovým a kruhovým průřezem. Využívá se především pro sušení textilií. Rozteč připojení na otopnou soustavu je odvozena z délky otopného tělesa. Koupelnová otopná tělesa jsou připojena pomocí termostatického ventilu, který slouží k regulaci

tepelného výkonu otopných těles. Podrobnější informace o otopném tělesu nalezneme v příloze P V.

### 11.8.1 Výpočet topného výkonu otopného tělesa

Parametry udávané výrobcem:

- Teplotní exponent  $n = 1,243$
- Plocha otopného tělesa  $A = 3 \text{ m}^2$
- Topný výkon otopného tělesa pro teplotu v místnosti  $24^\circ \text{C}$  a teplotní spád  $55/45^\circ \text{C}$ :  $P_n = 534 \text{ W}$

Díky těmto veličinám můžeme vypočítat klasickou střední teplotu topné vody pro teplotní spád  $55/45^\circ \text{C}$ :

$$\Delta t_n = \frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}} \quad [\text{K}]$$

Po dosazení dostaneme následující vztah:

$$\Delta t_n = \frac{55 - 45}{\ln \frac{55 - 24}{45 - 24}} = \frac{10}{\ln \frac{31}{21}} = \frac{10}{\ln 1,5} = \frac{10}{0,4} = 25 \text{ K}$$

Poté vypočítáme součinitel prostupu tepla při původním teplotním spádu:

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

Po dosazení dostaneme:

$$U_n = \frac{534}{3 \cdot 25} = \frac{534}{75} = 7,12 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

Dále je vypočtena účinná střední teplota topné vody pro navržený teplotní spád:

$$\Delta t_s = \frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}} \quad [\text{K}]$$

$$\Delta t_s = \frac{t_V - t_R}{\ln \frac{t_V - t_i}{t_R - t_i}} = \frac{50 - 45}{\ln \frac{50 - 24}{45 - 24}} = \frac{5}{\ln \frac{26}{21}} = \frac{5}{\ln 1,24} = \frac{5}{0,22} = 22,8 \text{ K}$$

Součinitel prostupu tepla pro navržený teplotní spád:

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

$$U = 7,12 \cdot \left( \frac{22,8}{25} \right)^{1,243-1} = 7,12 \cdot (0,912)^{0,243} = 7,12 \cdot 0,98 = 6,9 \left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$$

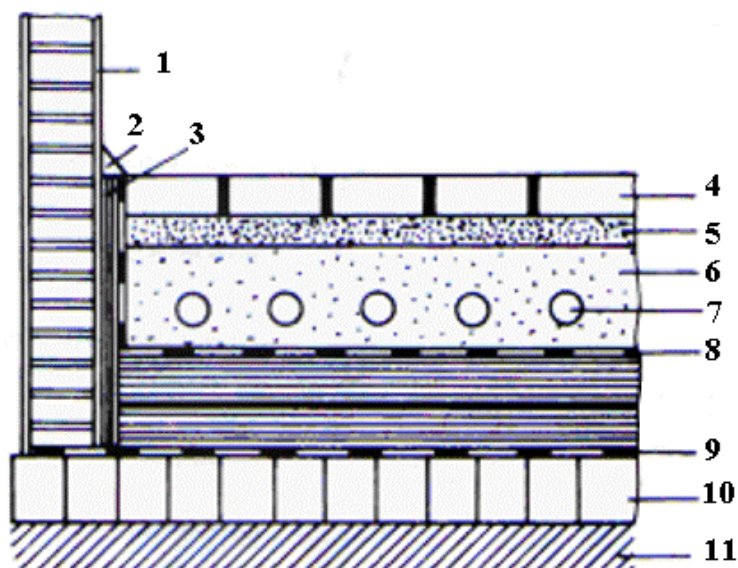
Výsledný topný výkon otopného tělesa vypočítáme ze vztahu:

$$P_{OT} = U \cdot A \cdot \Delta t_s \left[ \text{W} \right]$$

$$P_{OT} = 6,9 \cdot 3 \cdot 22,8 = 472 \text{ W}$$

## 11.9 Návrh podlahového vytápění

Pro vylepšení komfortu jsem použila podlahové vytápění NIOXY od firmy UNIVERSA. Podlahové vytápění jsem aplikovala pouze do koupelny. Základní částí podlahového vytápění jsou polybutenové trubky, které jsou zabezpečeny proti pronikání kyslíku a systémová deska, ve které jsou rozmístěné polybutenové trubky.



Obr. 39: Vrstvy podlahového vytápění

Legenda k obrázku:

- 1 - Vnitřní omítka
- 2 - Podlahová lišta
- 3 - Okrajová izolační páska
- 4 - Obkladová deska
- 5 - Flexibilní lepidlo pro použití na podlahová vytápění
- 6 - Mazanina, beton + plastifikátor
- 7 - Trubka podlahového vytápění
- 8 - Tepelná izolace
- 9 - Uzávěrka proti vlhkosti
- 10 - Základní stavební konstrukce (betonová deska)
- 11 – Zemina

Celkový ztrátový výkon koupelny činí 799,78 W. Pro podlahové vytápění bude dostačující vytápění o výkonu 300 W.

Plocha koupelny je  $A = 8,26 \text{ m}^2$ , načež využitelná plocha pro podlahové vytápění činí pouze  $5 \text{ m}^2$ . Z těchto uvedených hodnot vypočítáme hustotu tepelného toku  $q_i$ :

$$q_i = \frac{P_p}{A} \text{ [W / m}^2\text{]},$$

kde

$P_p$  ...výkon podlahového vytápění [W]

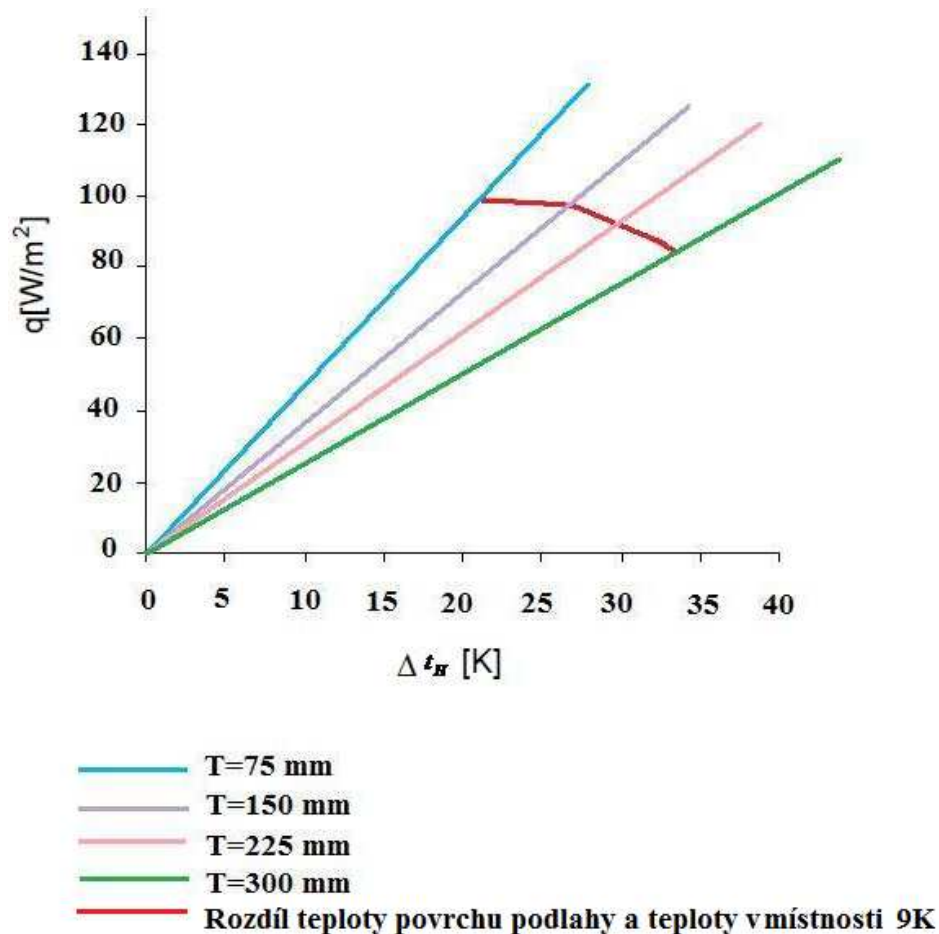
$A$  ...využitelná plocha koupelny [ $\text{m}^2$ ]

Po dosažení získáme následující vztah:

$$q_i = \frac{300}{5} = 60 \text{ [W / m}^2\text{]}$$



Další důležitou podmínkou při návrhu podlahového vytápění je nepřekročit mezní hustotu tepelného toku, která je znázorněna na následujícím grafu.



Obr. 40: Charakteristické křivky podlahového vytápění

Pro rozestupy jednotlivých trubek podlahového vytápění jsem zvolila  $T = 75 \text{ mm}$ . Rozdíl teploty povrchu podlahy a teploty místnosti byl  $\Delta t_H = 9 \text{ K}$ . Teplotu teplotnosné látky, která vstupuje do jednotlivých okruhů podlahového vytápění, jsem nastavila na  $40^\circ \text{ C}$ . Na základě vnitřní teploty místnosti  $t_i = 24^\circ \text{ C}$  jsem určila povrchovou teplotu podlahy, která činila  $t_p = 29,5^\circ \text{ C}$ .

Na závěr musíme vypočítat hmotnostní průtok podlahového vytápění. Pro tento vztah je nezbytné stanovit teplotní pokles mezi látkou, která do podlahového vytápění vstupuje a která z něj vystupuje. Teplotní pokles tedy činí  $\Delta t_{\text{pokles}} = 6 \text{ K}$ . Při předpokládaném prostupu tepla 15%, které směřuje dolů je součinitel 1,15.

Hmotnostní průtok je dán následujícím vztahem:

$$\dot{M} = 1,15 \cdot \frac{P_p}{c \cdot \Delta t_{pokles}} \quad [kg / h],$$

kde

$P_p$  ... výkon podlahového vytápění [W]

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

$\Delta t_{pokles}$  ... teplotní pokles [K]

Po dosazení dostaneme:

$$\dot{M} = 1,15 \cdot \frac{300}{4200 \cdot 6} \cdot 3600 = 1,15 \cdot \frac{300}{25200} \cdot 3600 = 1,15 \cdot 0,012 \cdot 3600 = 49,68 \quad [kg / h]$$

## 12 POPIS A NÁVR FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

Mým úkolem bylo navrhnout fotovoltaický systém, který by zajišťoval přímou sluneční přeměnu energie na energii elektrickou. Před samotnou instalací je důležité znát několik hledisek, které mohou fotovoltaický systém ovlivnit:

- Lokalita
- Nastavení sklonu a orientace fotovoltaických panelů
- Množství sluneční energie
- Zisk energie

Lokalitou mám na mysli geografickou oblast, ve které se dům nachází. Na této oblasti závisí množství elektrické energie, kterou je schopna fotovoltaická elektrárna vyrobit. Dům je vystavěný v okrajové části Opavy, jedná se o krajinu s intenzivními větry. Pro přesné stanovení množství vyprodukované energie lze použít systém PVGIS, o kterém se zmíníme později.

Sklon a orientace fotovoltaických panelů ovlivňují výkon fotovoltaické elektrárny. Sklon panelů je definován jako úhel mezi panelem a vodorovnou základnou. Ideální sklon bývá většinou  $36^\circ$ , je však možné se od tohoto ideálního sklonu odchýlit až o  $\pm 30^\circ$ , za cenu snížení výkonu fotovoltaické elektrárny. Ideální orientace je  $1^\circ$  na jihozápad, v praxi je však možné se od ideální orientace odchýlit o  $\pm 45^\circ$ .

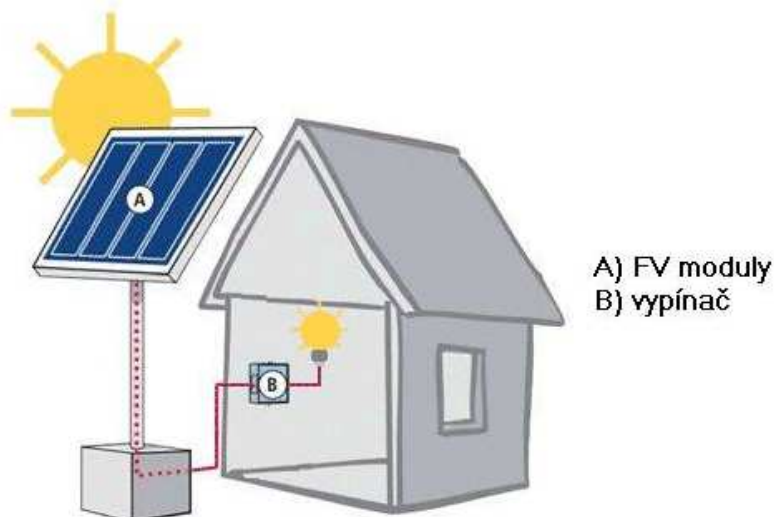
V mém případě byl sklon fotovoltaických panelů nastaven na  $38^\circ$  a umístění panelů bylo situováno na jižní stranu konstrukce střechy, což můžeme považovat za zcela ideální stav.

Možnosti jak můžeme zapojit fotovoltaický systém, jsou tři:

- Systémy s přímým napájením
- Systémy připojené k síti (grid-on)
- Samostatné ostrovní systémy (grid-off)

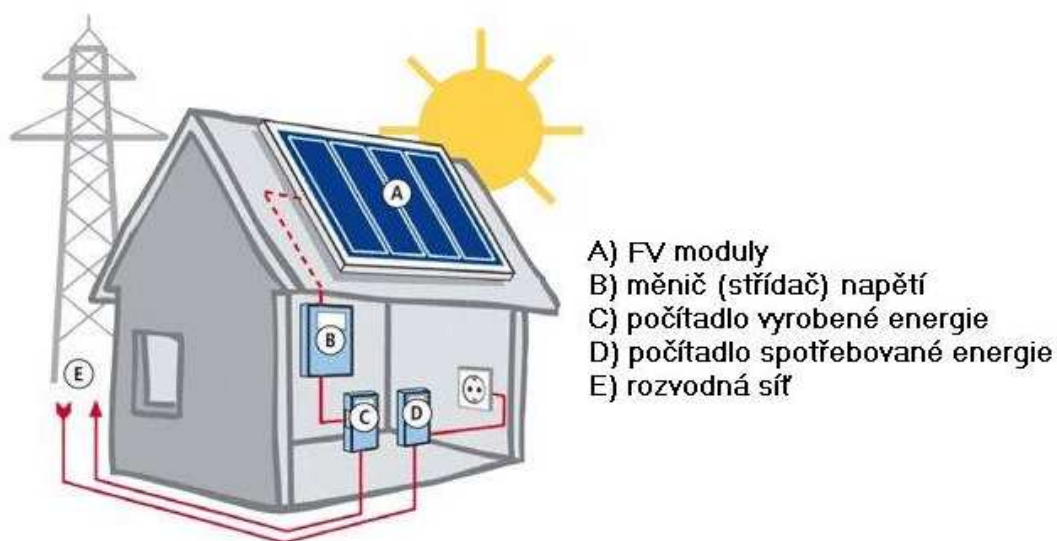
Systémy s přímým napájením se používají v případě, kdy nevádí, že připojené elektrické zařízení funguje pouze po dobu slunečního záření.

Jedná se tedy o propojení pouze mezi fotovoltaickým modulem a spotřebičem. Příkladem použití takového systému může být čerpání vody na zavlažování, popřípadě nabíjení akumulátoru malých přístrojů.



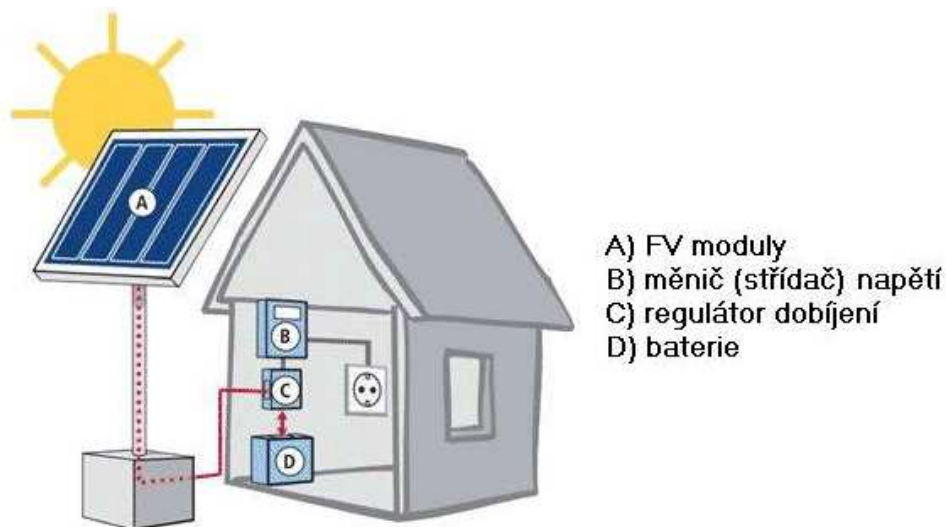
Obr. 41: Systémy s přímým napájením

Systémy připojené k rozvodné síti představují nejčastější způsob zapojení, kdy fotovoltaické zařízení napájí jednotlivé spotřebiče v domě. Přebytky energie jsou prodávány síti.



Obr. 42: Systémy připojené k síti

Posledním typem zapojení jsou ostrovní systémy, které se využívají v místech, kde není k dispozici elektrická přípojka. Takovým místem může být chata či obytný přívěs. Výhodou je, že můžeme takové zařízení, kdykoliv přemístit.

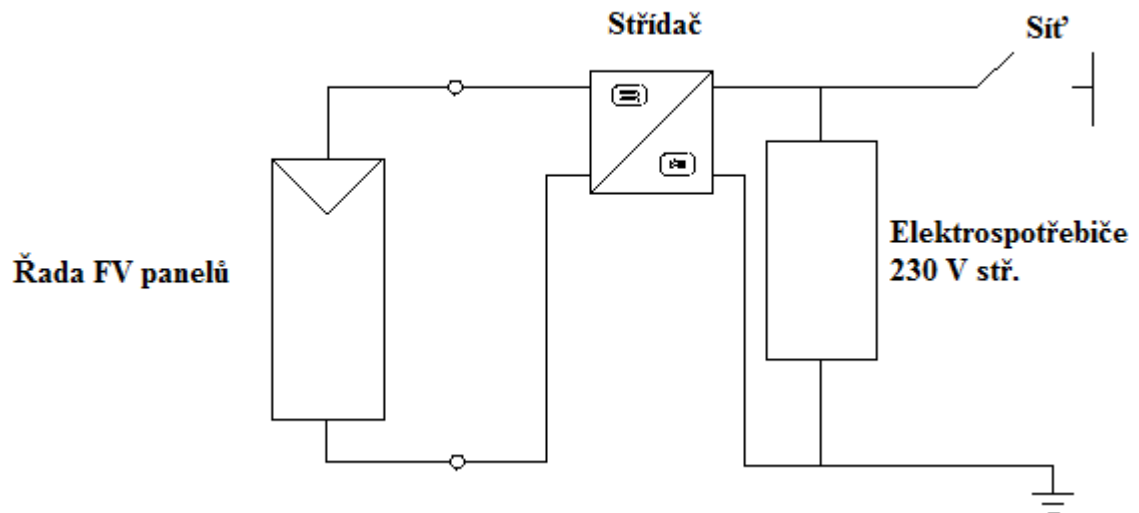


Obr. 43: Samostatné ostrovní systémy

V mém konkrétním řešení se jedná o druhý způsob zapojení, kdy fotovoltaický systém dodává vyprodukovanou energii do rozvodné sítě za předem stanovenou výkupní cenu. Tím je zabezpečen odběr elektrické energie, kterou vyrábí fotovoltaické zařízení. Výroba a dodávka energie je řízena mikroprocesorem, který se nachází v napěťovém střídači, celý systém je řízen zcela automaticky. Fotovoltaický systém připojený k rozvodné síti se skládá z následujících komponentů:

- **Zdroj energie (pole fotovoltaických panelů)** – pro dosažení požadovaného výkonu, je třeba zapojit určitý počet fotovoltaických panelů, které dohromady vytváří pole. Panely jsou tvořeny spojovacími vodiči pro vytvoření elektrického obvodu. Fotovoltaický panel je vybaven hliníkovým rámem pro bezpečné připevnění na střešní konstrukci.
- **Spojovací kabely** – moduly obsahují zástrčkový systém, který zajišťuje rychlou a bezpečnou montáž. Propojení fotovoltaického pole se střídačem je zabezpečeno jednožilovým kabelem MC-T3 se spojovací zástrčkou a zásuvkou.
- **Střídač** – stejnosměrný proud fotovoltaického pole se mění ve střídači na střídavý proud o napětí 230 V, který splňuje parametry elektrické sítě. Střídač má za úkol sledovat aktuální výkon fotovoltaického pole, snažit se přizpůsobit pracovní režim s ohledem na maximální výkon.

Střídač rovněž sleduje napětí rozvodné sítě. V případě jakékoliv poruchy bude solární elektrárna automaticky odpojena od sítě.



Obr. 44: Zapojení fotovoltaického systému

Pro svůj návrh jsem použila fotovoltaické panely firmy Viessmann, konkrétně šlo o typ Vitovolt 200. Fotovoltaický modul Vitovolt 200 se skládá z celkem 48 polykrystalických křemíkových článků. Díky sériovému zapojení článků může jednotlivý fotovoltaický modul dosáhnout maximálního výkonu  $175 \text{ Wp}$ , přičemž plocha jednoho panelu činí  $1,3 \text{ m}^2$ . Na střechu o ploše (pouze část střechy, na které jsou instalovány fotovoltaické panely)  $35,1 \text{ m}^2$  jsem aplikovala 27 fotovoltaických panelů. Bližší informace o fotovoltaickém panelu se dozvíme v příloze P V.

Na základě získaných údajů jsem vypočítala množství vyrobené energie z fotovoltaického systému. K výpočtu jsem využila internetový portál, který se touto problematikou zabývá a který nese název PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Potřebné vstupní údaje, které bylo nutno zadat:

- Oblast, o kterou se jedná (*Opava, Česká republika*)
- Typ fotovoltaického panelu (*krystalický křemík*)
- Celkový instalovaný výkon fotovoltaického panelu (*4,7 kWp*)
- Sklon fotovoltaického modulu ( $38^\circ$ )

Z takto předem definovaných parametrů jsme získali měsíční přehled energie dopadající na  $1\text{ m}^2$  fotovoltaického systému a množství energie, kterou je schopen vyrobit.

Výstupní údaje z fotovoltaického systému:

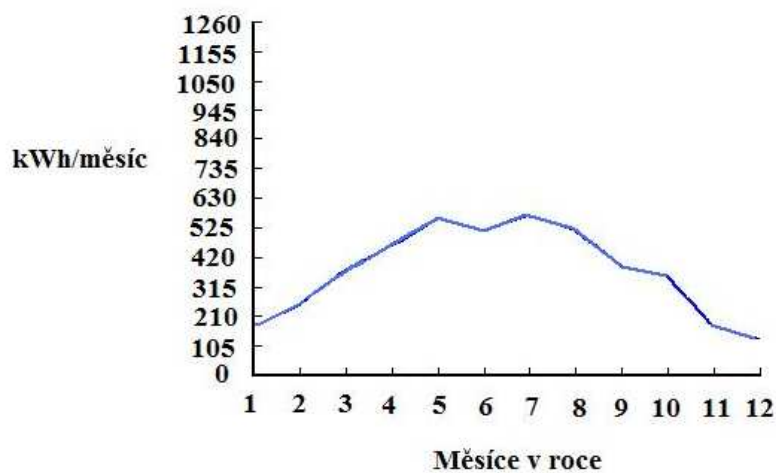
- Nadmořská výška pro danou oblast – 266 m.n.m
- Technologie fotovoltaického systému – krystalický křemík
- Sklon modulu -  $38^\circ$
- Orientace modulu – jih
- Odhadované ztráty vlivem teploty – 11,6%
- Odhadované ztráty vlivem úhlové odrazivosti – 2,9%
- Jiné ztráty (kabely, měniče) – 14%
- Celkové ztráty systému – 26,2%

Výsledná tabulka společně s grafy nám udává množství získané energie za jednotlivé měsíce.

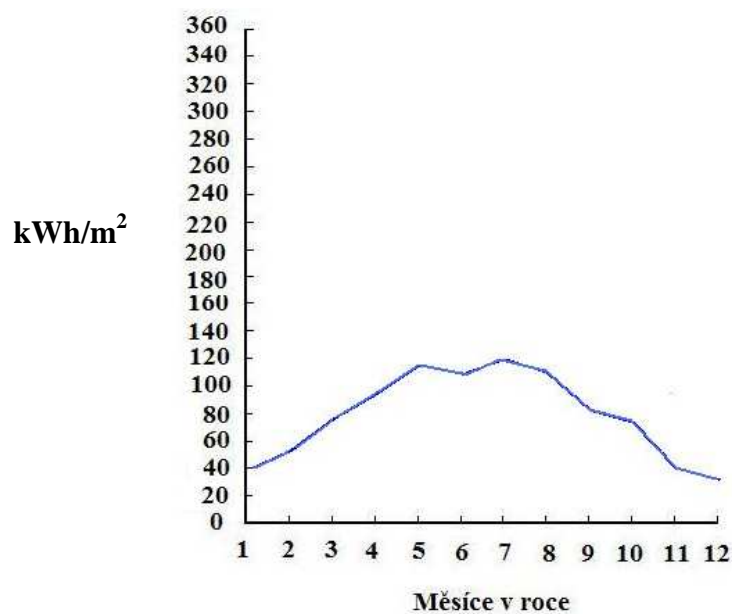
Měsíce	Průměrný denní zisk energie z FV $E_d$ [kWh]	Průměrný měsíční zisk energie z FV $E_m$ [kWh]	Průměrné denní množství dopadajícího slunečního záření na FV $H_d$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	Průměrné měsíční množství dopadajícího slunečního záření na FV $H_m$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Leden	5,51	171	1,27	39,3
Únor	8,87	248	2,12	59,4
Březen	12,1	375	2,98	92,4
Duben	15,3	458	3,95	119
Květen	17,9	554	4,77	148
Červen	17,1	512	4,6	138
Červenec	18,2	564	4,96	154
Srpen	16,6	515	4,5	140

Září	12,9	387	3,36	101
Říjen	11,2	348	2,82	87,4
Listopad	5,66	170	1,35	40,5
Prosinec	4,01	124	0,94	29
<b>Celková výroba [kWh / rok]</b>		<b>4430</b>		<b>1150</b>

Tab. 17: Množství získané energie z fotovoltaického systému za jednotlivé měsíce



Obr. 45: Graf závislosti průměrného měsíčního zisku energie na jednotlivých měsících



Obr. 46: Graf závislosti množství dopadajícího záření na FV v jednotlivých měsících



## 13 POPIS A NÁVRH SILNOPROUDÝCH ROZVODŮ

Silnoproudá elektroinstalace obsahuje veškeré elektrické rozvody, jejíž hlavním úkolem je napájet jednotlivé spotřebiče elektrickou energií. Jedná se především o světelné a zásuvkové instalace.

Rodinný dům je napojen k rozvodné síti nízkého napětí a pomocí vedení v zemi připojen na hlavní domovní skříň. Domovní skříň se nachází ve výšce 0,6 m a je situována do technické části objektu, kterou je garáž.

Provedení domovní skříňe je ve formě koncové přípojky se třemi pojistkami. Z hlavní skříňe vychází vedení směrem do bytové modulární rozvodnice. Toto vedení se nazývá hlavní domovní vedení. Hlavní domovní vedení je představováno jednožilovými izolovanými vodiči, které směřují do bytové rozvodnice, která je zapuštěna na stěně v technické části místnosti jako plastová skříňka.

Bytová rozvodnice je tvořena hlavním vypínačem, moduly pro domovní rozvod (moduly proudového chrániče, jističové moduly). V bytové rozvodnici se dělí obvody na světelné, zásuvkové a obvody pro vzduchotechniku a tepelné čerpadlo.

Zásuvkové obvody jsou vedeny pod omítkou ve zdi, jejichž vývod směřuje do jednotlivých místností. Jsou umístěny většinou 30 – 40 cm nad podlahou. V kuchyni je nutné mít o jeden vývod navíc, který slouží pro připojení jednotlivých spotřebičů.

Koupelnový rozvod je vybaven proudovým chráničem, jelikož se jedná o prostor se zvýšeným nebezpečím dle normy ČSN 33 2000 – 3. Touto problematikou se budeme zabývat v podkapitole 13.3.

Světelné obvody jsou rovněž vedeny pod omítkou ve zdi a stropě. Světla jsou umístěny na stropě v centrální části místnosti, jejichž ovládání zabezpečuje dotykový snímač, který bývá nejčastěji umístěn u vchodu do každé místnosti. Osvětlení v místnostech jako je koupelna, WC a garáž je řízeno snímačem přítomnosti osob.

### 13.1 Světelné obvody

Světelné obvody jsou převážně určeny pro pevné připojení svítidel. Vedení světelného obvodu je jištěno pojistkami se jmenovitým proudem nejvýše 25 A.

Musí mít také dostatečný průřez, aby nedocházelo k přetížení či zkratu. Najeden světelný obvod můžeme připojit takové množství svítidel, kdy součet jmenovitých proudů nepřekročí jmenovitý proud jistícího přístroje obvodu. Jmenovitý proud svítidel se stanoví z maximálního příkonu. V případě napětí sítě, které činí 230 V a jistícím prvku 10 A je maximální příkon svítidel na jeden světelný obvod 2300 W. Důležité je, aby jmenovitý proud ovládacího přístroje nebyl menší než součet proudů všech svítidel.

Spínače, které slouží pro ovládání světelných obvodů, se nejčastěji umísťují u vchodových dveří místnosti na straně, kde se otvírají dveře. Mohou být umístěny také jinde, pokud to nevyžadují provozní nebo bezpečnostní podmínky. Spínače jsou umístěny ve výši 0,9 až 1,2 m nad podlahou.

Hlavní dominantou 1.NP je obývací pokoj, který zdobí stropní lustr a stejně je tomu i v jídelně. Vstupní chodba je osazena sběrníkovými tlačítky s naprogramovanou volbou ovládání jednotlivých světelných scén.

Světelné rozvody v kuchyni jsou řešeny kvalitním osvětlením pracovních ploch a stmívatelným osvětlením nad barovým posezením.

Pokoj 1.7 umístěny v 1. NP je využíván jako pracovna. Osvětlení je řešeno kombinací několika svítidel. Centrální část pracovny je osazena zářivkovým svítidlem 2×58 W. Na pracovním stole je aplikována kvalitní stolní lampička.

Koupelny jsou vybaveny stmívatelnými svítidly u zrcadel. Na chodbě a schodišti jsou rozmístěny nástěnná svítidla se skleněnými difuzory.

Pokoj 2.2 v 2. NP je osvětlen stmívatelným lustrem, ostatní pokoje a garáž jsou vybaveny zářivkovými svítidly.

Místnost	Počet svítidel
<b>1. NP</b>	
1.1 Chodba	1
1.2 Koupelna s WC	1
1.3 Kuchyň	1
1.4 Sklad potravin	1

1.5 Jídelna	1
1.6 Obývací pokoj	2
1.7 Pokoj1	1
Garáž	2
<b>2. NP</b>	
2.1 Chodba	2
2.2 Pokoj2	1
2.3 Pokoj3	1
2.4 Pokoj4	1
2.5 Koupelna	1
2.6 WC	1

*Tab. 18: Počet zásuvek v jednotlivých místnostech*

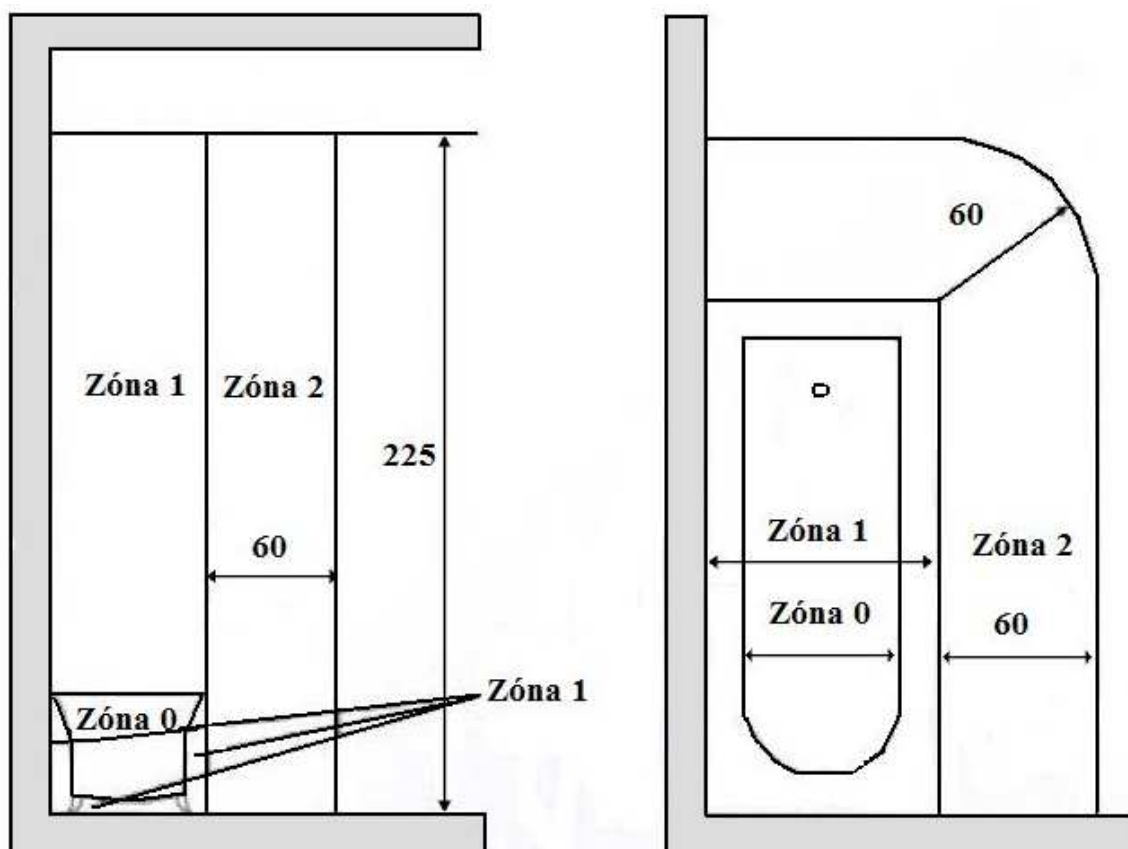
### 13.2 Zásuvkové obvody

Zásuvkové obvody slouží pro připojení jednoúčelových spotřebičů do celkového příkonu 2 kVA. Zásuvka musí být vybavena ochranným kolíkem, který je připojený na ochranný vodič. Střední vodič se připojuje na pravou dutinku při pohledu zepředu, přičemž vše podléhá normě ČSN 33 21 80.

Na jeden obvod může být připojeno maximálně 10 zásuvek, přičemž celkový instalovaný příkon nesmí překročit 3520 VA (16A) nebo 2200 VA (10A). Zásuvky jsou rozmístěny v jednotlivých místnostech dle potřeby, většinou 30 – 50 cm nad podlahou. Elektrické rozvody v bytě se provádějí v síti TN-S.

### 13.3 Koupelnové rozvody

Koupelnové rozvody a rozmístění zásuvek musí být v souladu s normou ČSN 33 2000 – 7 – 701. Podstatou této normy je vhodně rozmístit elektrické zařízení v místnostech, ve kterých se nachází vana či sprchový kout. Prostory s vanou či sprchou jsou obklopeny zónami.



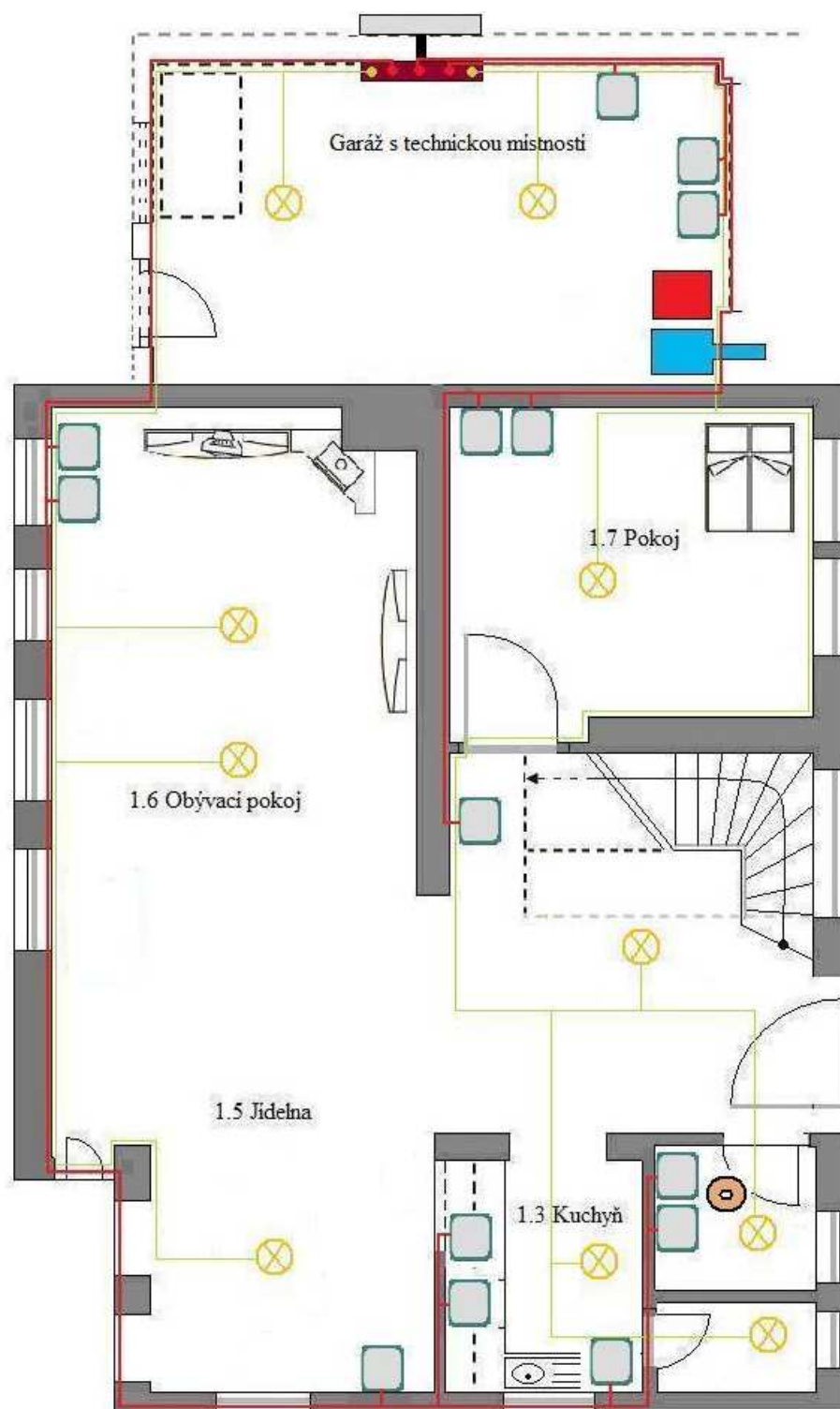
Obr. 47: Schematické znázornění jednotlivých zón

**Zóna 0** – vnitřní prostor s vanou či sprchou. V tomto prostoru nesmějí být umístěny žádné spínací zařízení a je zde povolena ochrana malým napětím do 12 V AC.

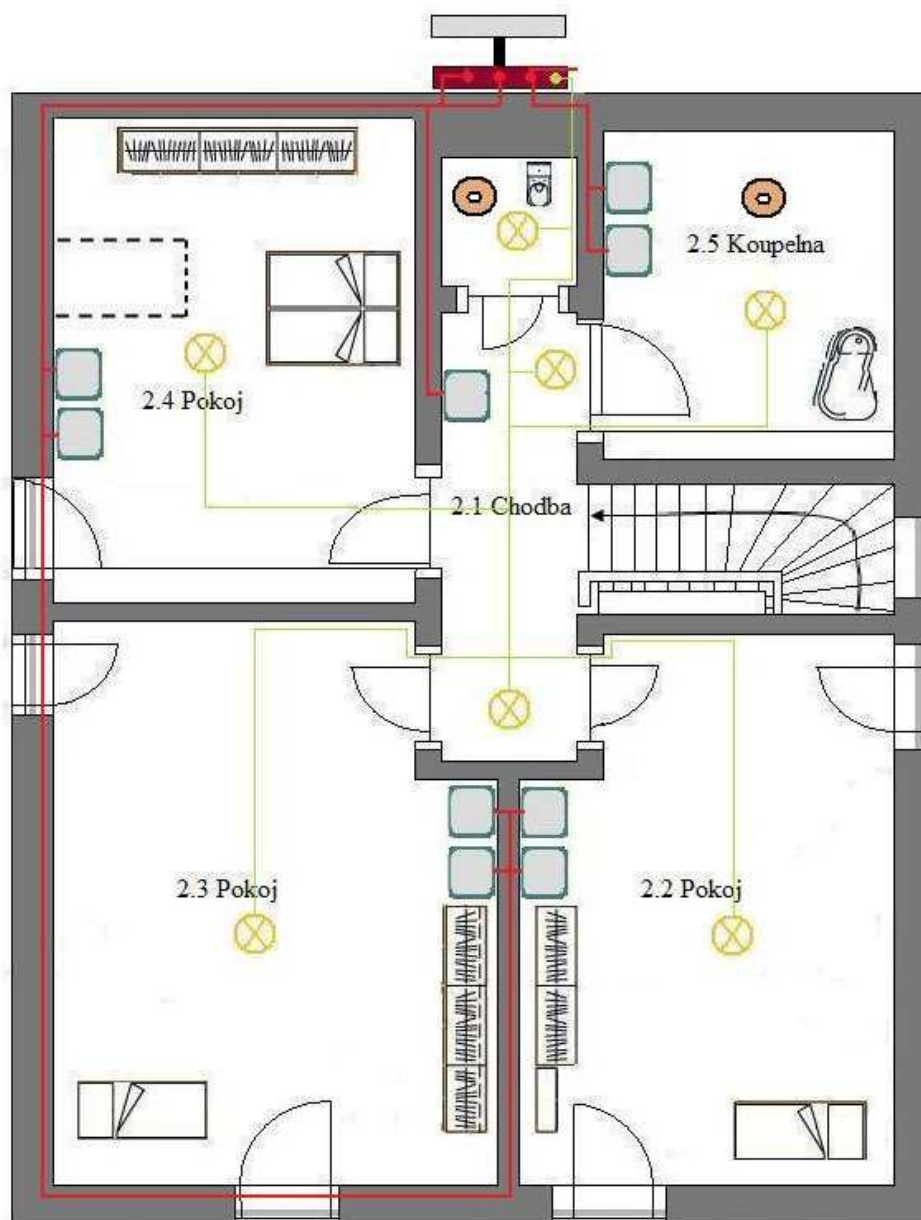
**Zóna 1** – ohraničena povrchem podlahy a vodorovnou rovinou, které odpovídají nejvýše upevněné sprchové hlavici. Jakmile jsou sprchové hlavice umístěné níže je zóna 1 ohraničena vodorovnou rovinou ve výšce 225 cm nad podlahou. Zóna 1 je rovněž ohraničena svislou plochou, která obklopuje vanu či sprchový kout. Zóna 1 nesmí být nahrazena zónou 0. Obvody musí být chráněny proudovými chrániči s citlivostí 30 mA. Spínací zařízení může být použito pouze pro obvody s napětím do 12 V AC.

**Zóna 2** – ohraničena povrchem podlahy a vodorovnou rovinou odpovídající nejvyšší upevněné sprchové hlavici. Jakmile je sprchová hlavice umístěna níže je zóna 2 ohraničena vodorovnou rovinou ve výšce 225 cm nad podlahou. Zóna 2 je ohraničena svislou a rovnoběžnou plochou ve vzdálenosti 60 cm vně od zóny 1. V této zóně se mohou vyskytovat elektrické spotřebiče jako svítidla, ventilátory a zařízení pro zóny 1 a 2.

Koupelnové rozvody jsou vybaveny proudovým chráničem, který zabezpečuje ochranu člověka před nebezpečným dotykovým napětím na neživé, popřípadě živé části. Proudové chrániče jsou velmi citlivé a pro zásuvkové obvody mají předem danou citlivost, která činí 30 mA.



Obr. 48: Světelné a zásuvkové rozvody 1. NP



Obr. 49: Světelné a zásuvkové rozvody 2. NP



## 14 POUŽITÁ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE PRO ŘÍZENÍ BUDOVY

V rodinném domě je instalovaný jednotný sběrníkový systém KNX, který využívá bezdrátovou rádio frekvenční komunikaci. Konkrétně se jedná o systém společnosti Siemens, který se nazývá Synco living. Systém je určen především pro rodinné domy a byty, slouží pro nezávislé řízení teploty v jednotlivých místnostech. Systém je využit pro ovládání regulátorů topných okruhů, což se v mém případě týká vzduchotechnického systému a podlahového vytápění. Synco living umožňuje také ovládat osvětlení, rolety a žaluzie. Jednotlivé prvky KNX, které jsem využila, jsou uvedeny v příloze P VI.

Systém Synco living pracuje na frekvenci 868 MHz. Přístroje komunikující v tomto pásmu dosahují maximálního výkonu 20 mW. Průměrný výkon jednotlivých zařízení činí pouze 0,003 mW. Nízký výkon zařízení a také dnešní výzkumy potvrzují, že rádiová komunikace není nikterak škodlivá pro lidský organismus.

Frekvenční pásmo 868 MHz umožňuje u každého zařízení přenos v rozsahu do jednoho procenta (36 s/h). Průměrná přenosová doba činí 0,5 s/h s tím, že je možné připojit maximálně 64 rádiových zařízení do jednoho systému. Jestliže počet instalovaných přístrojů je menší, přenosová doba se sníží.

Elektrické a bezpečnostní aplikace jsou napojeny přímo na centrální řídicí jednotku, odkud jsou ovládány přes univerzální tlačítka. Elektroinstalační komponenty řady Siemens Gamma wave jsou připojeny přímo pro ovládání žaluzií, automatické spínače, stmívače, detektory kouře a okenní/dvevní senzory. Pro řízení osvětlení a žaluzií může být použito dálkové ovládání S425.

Individuální systémy jsou řízeny prostřednictvím komunikační jednotky OZW775 PC s přenosem dat přes Ethernet, USB a modem. Vzdálený monitoring provádíme prostřednictvím SMS zpráv, e-mailem popřípadě řídicím softwarem ACS. Tento systém, který je chráněn heslem zajišťuje vzdálený přístup, jehož prostřednictvím lze kontrolovat topení, otevřená či zavřená okna atd.

Výhodou použitého systému Synco Living je snadná obsluha a uvedení do provozu, kde není potřeba mít žádný konfigurační nástroj. Navázání komunikace mezi jednotlivými přístroji se provádí pouhým stisknutím příslušných tlačítek.

Napájecí modul, který jsem si vybrala, má název GIRA 1079 00 od EIB/KNX. Nachází se spolu s ostatními moduly, v technické části garáže. Napájecí modul je napájen ze sítě nízkého napětí – 230 V, 50 – 60 Hz, na který je napojena centrální jednotka QAX910 systému Synco living prostřednictvím kroucené dvojlinky. Centrální řídicí jednotka QAX910 je srdcem celého systému. V navrženém domě řídí jednotka systém teplovzdušného vytápění, větrání a přípravu TUV vody. Ovládání osvětlení, žaluzií, monitoring dveřních/okenních spínače a detektorů kouře je také zajištěno prostřednictvím centrální řídicí jednotky.



Na centrální jednotku jsou napojeny následující bezdrátové přístroje systému Synco living:

**Prostorová jednotka QAW910** – používá se pro ovládání a zobrazení základních funkcí vytápění místnosti. Dále přenáší do centrální jednotky informace o aktuální prostorové teplotě. Jednotka je umístěna jak v 1. NP v centrální části obývacího pokoje. Pomocí prostorové jednotky je ovládáno vytápění jednotlivých místností, načež aktuální teplotní stav je zasílán centrální řídicí jednotce.



**Prostorové teplotní čidlo QAA910** – měří prostorovou teplotu a umožňuje individuální nastavení teploty pro každou místnost. Prostorové teplotní čidlo jsem aplikovala do každé místnosti.





**Meteorologické čidlo QAC910** – měří prostorovou teplotu a naměřené hodnoty předává bezdrátově domovní centrále. Umístění meteorologického čidla jsem volila do centrální části obývacího pokoje.



**Regulátor topného okruhu RRV918** – měří prostorovou teplotu, od domovní centrály přijímá požadovanou teplotu pro danou místnost a reguluje pokojovou teplotu pomocí nastavení regulačních ventilů.



### **Řízení vytápění:**

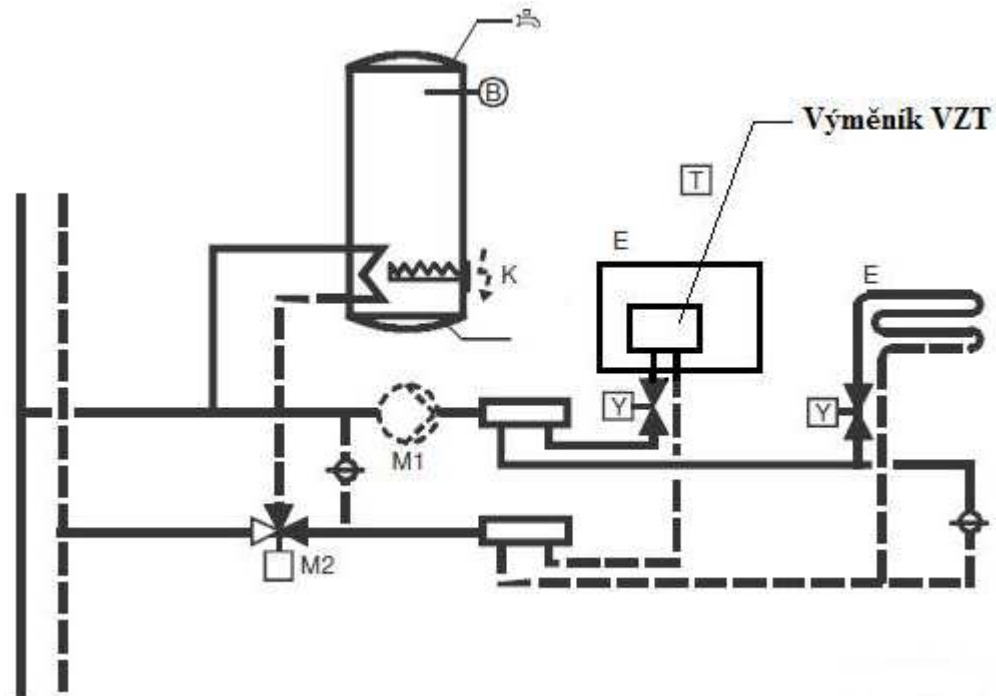
Centrální jednotka na základě impulzů z jednotlivých místností vytváří požadavek na teplo. Signál poté předává do základního regulátoru zdroje tepla, kterým je v našem případě tepelné čerpadlo.

Signál je zasílán buď přes univerzální reléový výstup nebo přes výstup DC 0...10V regulátoru topných okruhů RRV918. Do centrální části místností, kterou je obývací pokoj, jsem aplikovala prostorovou jednotku a k ní jsem přidala prostorové teplotní čidla, což dovoluje centrální řídicí jednotce vypočítat průměrnou hodnotu, která se poté použije pro regulaci vytápění.

### **Řízení TUV:**

Centrální jednotka umožňuje řízení ohřevu TUV s vlastním časovým programem. Ohřev TUV se zapíná, popřípadě vypíná na základě naměřené teploty teplotním čidlem, které je připojené k centrální jednotce.

Signál pro přípravu TUV je zasílán přes reléový výstup, nebo přes regulátor topných okruhů. Nabíjení zásobníku teplé vody se provádí nastavením přepínacího ventilu, spuštěním nabíjecího čerpadla a nebo elektrické topné spirály.



Legenda k obrázku:

M1 – čerpadlo skupiny místností

M2 – přepínací ventil TUV

E – ventilační jednotka+podlahové vytápění (topný okruh)

T – prostorová jednotka nebo prostorové teplotní čidlo

Y – ventil topného okruhu

B – čidlo TUV

K – elektrická topná spirála

### Řízení ventilace:

Centrální jednotka umožňuje řídit ventilační jednotku pomocí regulačního modulu RRV934 až se třemi stupni výkonu. Regulaci množství přiváděného a odváděného vzduchu zajišťuje vestavěný digitální modul RRV934, který je zcela komfortní.

Regulátor umožňuje přesné nastavení týdenního provozu, zobrazení okamžité teploty a ovládání by-passu či cirkulační klapky. Jednotlivé stupně ventilace jsou řízeny na základě hodnot z čidla kvality vzduchu. Čidla kvality vzduchu RQ3 jsou určena pro digitální systém regulace jednotek DUPLEX. Používáme je především tam, kde je potřeba automaticky zapínat a regulovat větrání prostorů, ve kterých se nacházejí nežádoucí látky například z cigaretového kouře či kuchyňských výparů. Využila jsem konkrétně provedení O, které je schopno ovládat oba ventilátory. Čidla jsem umístila do místností, kde je možnost většího výskytu nežádoucích látek, čili jedná se o kuchyň a obývací pokoj.

Ventilace může být také řízená na základě nepřítomností osob v domě nebo otevřením některého z oken.

### **Řízení osvětlení:**

Díky propojení všech systému do jednoho řídicího celku, můžeme změnit způsob ovládání osvětlení. Na rozdíl od klasického manuálního ovládání jednotlivých světel pomocí tlačítkového spínače můžeme vytvořit světelné scény, ať už pro celý dům nebo pro samostatnou místnost. Scény mohou být určeny pro spánek, dovolenou či večeři. Scénu lze vyvolat stisknutím tlačítka, čímž můžeme nastavit jednotlivá světla do námi požadovaného stavu. V mém případě jsem použila tlačítkové vypínače DELTA, které jakmile stiskneme vyšlou impuls centrální jednotce, která ho poté předá stmívači, čímž dojde k nastavení požadované intenzity světla v místnosti. Ovládání osvětlení se děje pomocí binárních výstupů, konkrétně se jedná o binární výstup GIRA 1004 00 SWITCH ACTUATOR.

V centrální části místnosti, kterou je obývací pokoj jsem instalovala dotykový displej, který slouží k řízení jednotlivých technologií v domě. Na displeji je možné nastavit režim osvětlení, vzduchotechnický systém nebo tepelné čerpadlo. Konkrétně se jedná o dotykový panel Wave, o kterém se více dovíme v příloze *P VI*.

Jednotlivé systémy, které jsme do domu aplikovali, můžeme ovládat dálkově prostřednictvím internetové nebo GSM brány. Přístup z internetu probíhá přes datovou bránu Internet Gateway od firmy ABB. Poté můžeme jednotlivé prvky daného systému ovládat pomocí PC.

## 14.1 Návrh zabezpečovacího a požárního systému (EZS – EPS)

Systémy EZS slouží především k zabezpečení celého objektu, ať už se jedná o byty či rodinné domy. Můžeme je rozdělit na prvky plášťové a prostorové ochrany.

Systémy EPS slouží jako protipožární zabezpečení.

Systém EZS zahrnuje tyto prvky plášťové ochrany: dveřní a okenní spínače a bezdrátová akustická čidla na ochranu skleněných ploch.

Pro požární ochranu jsem použila detektory kouře DELTA reflex s bezdrátovým modulem UNI M 255, který reaguje na výskyt kouře požárním poplachem.

Magnetické dveřní a okenní spínače detekují otevřené dveře či okna a posílají tuto informaci bezdrátově centrální řídicí jednotce. Mohou být také využity jako oddělené digitální vstupy. Kontakt je tvořen jazýčkovým relé, který je aktivován magnety na okně či dveřích. Dveřní a okenní spínače jsem v 1. NP umístila na hlavní vchodové dveře, na dveře do zahrady, které se nachází mezi jídelnou a obývacím pokojem, na okno v jídelně a na okno v pracovně. Rozmístění těchto dveřních a okenních spínačů jsem volila podle míst nejsnadnějšího vniknutí. Podrobnější informace o těchto magnetických senzorech se dovím v příloze *P VI*.

Akustické a magnetické senzory jsou ke sběrnici KNX připojeny pomocí binárních vstupů, konkrétně se jedná o binární vstupy GIRA 1067 00 REG PLUS INSTABUS EIB/KNX

Bezdrátová akustická čidla na ochranu skleněných ploch jsem umístila na okna v kuchyni, obývacím pokoji, pracovně, ložnici a dětském pokoji.

Jedná se o akustická čidla při rozbití skleněných ploch. Použila jsem senzory Gira Glass-breakage sensor, které vyhodnocují akustické signály charakteristické pro zvuk tříštění skla.

Na sběrnici jsou rovněž napojeny snímače přítomnosti, které jsem umístila do koupelny, WC a garáže. Jejich podstata spočívá v tom, že reagují na přítomnost člověka tím, že rozsvítí světlo na dobu, po kterou se člověk v prostoru nachází.

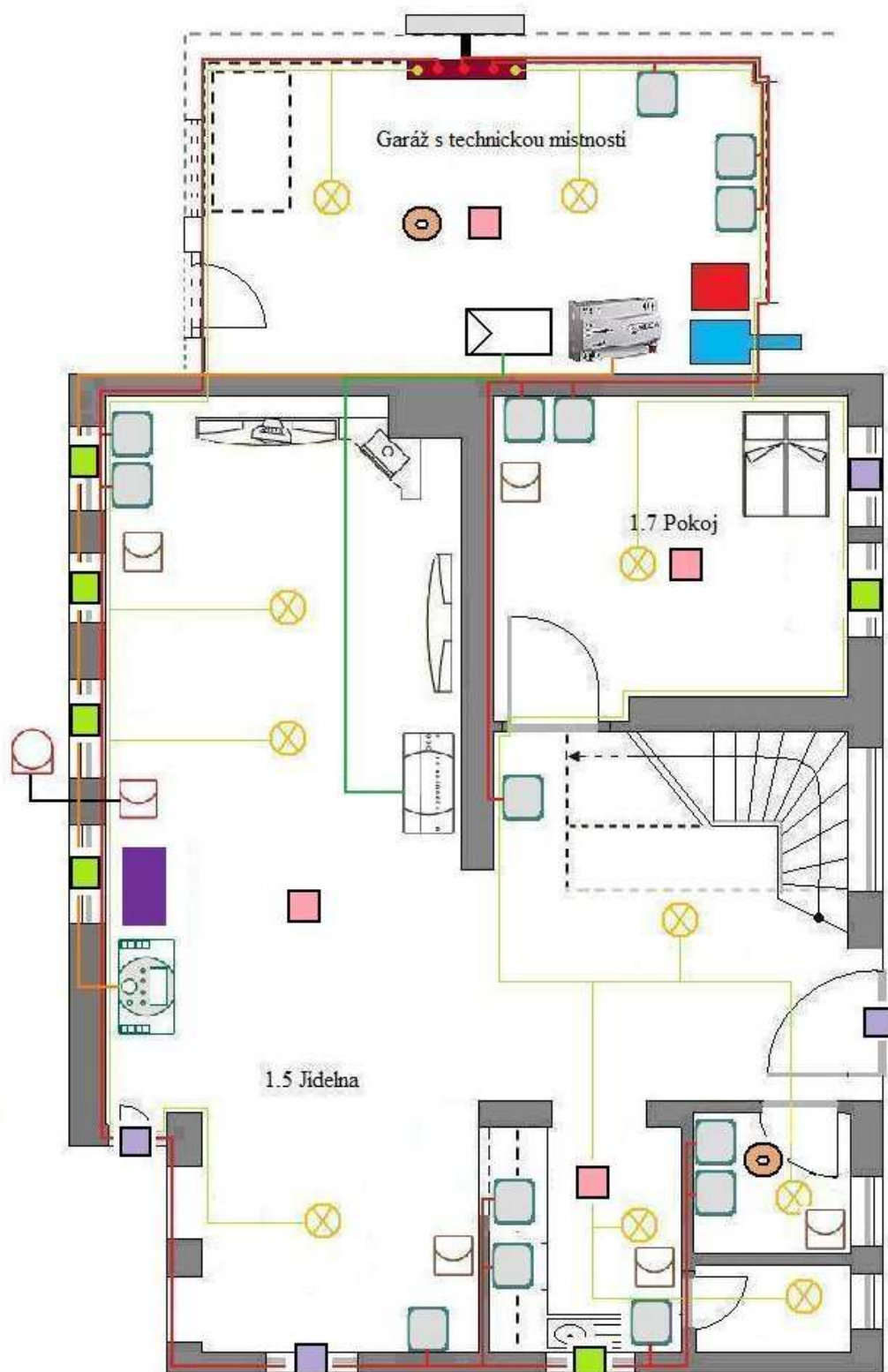
K zabezpečení celého objektu slouží také bezdrátová ovládací klávesnice, která je umístěna na chodbě u vstupních dveří. Pokud chceme, aby byl objekt střežen, stačí na klávesnici zadat heslo a zvolit funkci ON. Pro nestřežení objektu se postupuje podobně, avšak místo ON zvolíme funkci OFF.

Všechny prvky systému EZS jsou napojeny na sběrnici KNX. Pro dálkové spojení s pultem centrální ochrany je použito GSM komunikační rozhraní, umožňují automatické odesílání sms zpráv. Systém EZS může být také monitorován přes internetové rozhraní.

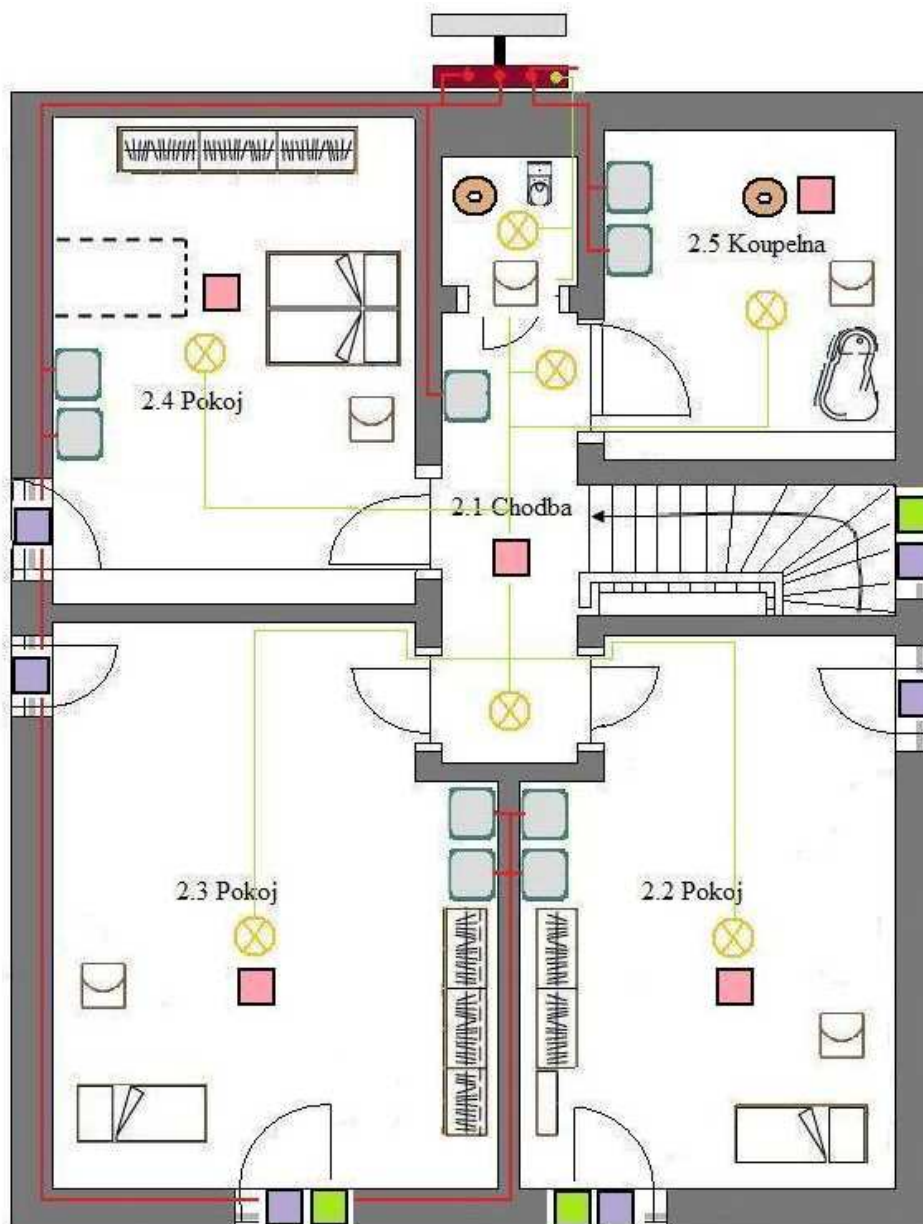
Další důležitým systémem je systém požární ochrany, který je v domě velice důležitý. Na základě instalovaných detektorů kouře můžeme detekovat určitý problém na jeho počátku. Jakmile detektor zaznamená požár, aktivuje akustický i vizuální alarm a na jeho základě bude majiteli odeslána sms zpráva. Detektory kouře jsem rozmístila do technické místnosti, kuchyně, obývacího pokoje a do ostatních pokojů (i 2. NP), které slouží pro přespání.

Konkrétně se jednalo o detektory kouře DELTA reflex s bezdrátovým modulem UNI M 255, které okamžitě detekují kouř vznikající při požáru a spustí alarm.

## 14.2 Rozmístění prvků KNX



Obr. 50: Použité prvky KNX v 1.NP



Obr. 51: Použité prvky KNX v 2. NP

Popis k Obr. 50, Obr. 51:

	Ventilační jednotka		Centrální jednotka QAX910
	Tepelné čerpadlo		Napájecí zdroj GIRA 1079 00 EIB/KNX
	Elektroměrná rozvodnice		Základní regulátor zdroje tepla
	Hlavní domovní skříň		Prostorová jednotka QAW910
	Silové vedení (230 V)		Prostorové teplotní čidlo QAA910
	Zásuvkové rozvody		Regulátor topných okruhů RRV918
	Světlo		Meteorologické čidlo QAC910
	Zásuvka		Dotykový displej na ovládání
	Snímač přítomnosti osob		
	Čidla na rozbití skleněných ploch		
	Detektor kouře		
	Magnetické okenní/dveřní kontakty		



## 15 TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ SYSTÉMU

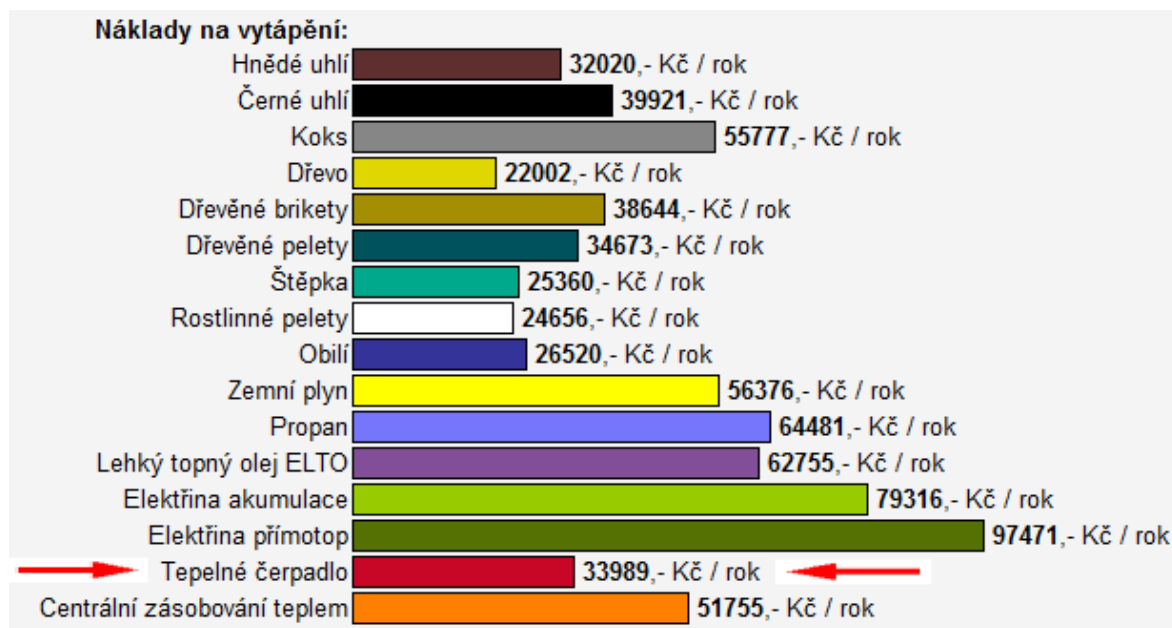
Jedná se o kompletní technicko-ekonomické zhodnocení navrženého systému vytápění a jeho porovnání s další možnou variantou.

### 15.1 Náklady na vytápění rodinného domu

Při výpočtu nákladů na vytápění objektu bereme v úvahu, jak náklady na vytápění, tak náklady na ohřev TUV. Pro navržený objekt vychází náklady na vytápění  $Q_{VYT,r} = 27,1$   $MWh/rok$  a ohřev TUV  $Q_{TUV,r} = 8,1$   $MWh/rok$ . Celkové náklady na vytápění tedy činí  $35,2$   $MWh/rok$ . Hlavním zdrojem na ohřev TUV je v mém případě tepelné čerpadlo.

Jestliže chceme přepočítat náklady na vytápění z  $MWh$  na  $Kč$  je třeba využít výpočtovou pomůcku ze stránek tzb-info.cz, což jsem tak učinila.

Výsledné grafy znázorňují náklady na vytápění podle druhu použitého zdroje energie. V mém případě jsou pro mne rozhodující náklady tepelného čerpadla.



Obr. 52: Graf nákladů na vytápění

Podrobný popis cen jednotlivých zařízení pro vytápěcí systém je uveden v příloze P VII s názvem „Ceny zařízení vytápěcího systému“.

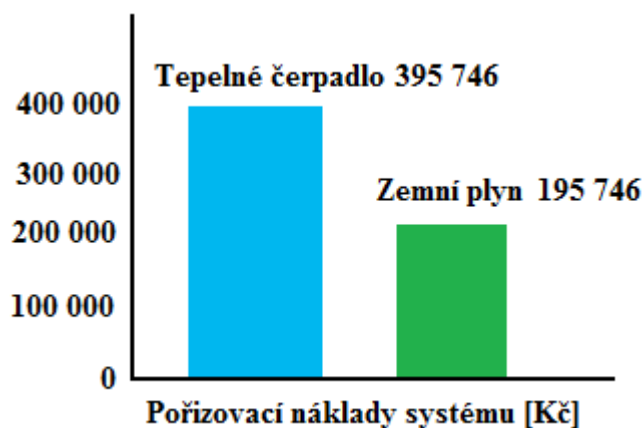
<b>Systém</b>	<b>Cena</b>
Tepelné čerpadlo NIBE F2025-14 + systémová jednotka	284 000,-
Příprava TUV	30 476,-
Teplovzdušná vytápěcí a ventilační jednotka	81 270,-
<b>Celkem</b>	<b>395 746,-</b>

*Tab. 19: Ceny použitých zařízení*

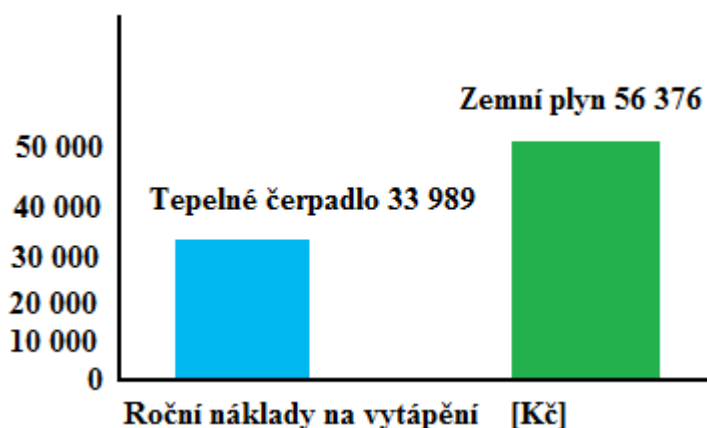
Graf nákladů ukazuje, že finančně nejvýhodnější na vytápění je dřevo, rostlinné pelety nebo štěpka, avšak z hlediska skladování to není příliš praktické. Jelikož se objekt nachází v oblasti, kde je plynová přípojka, můžeme pro vytápění použít zemní plyn, jedná se však o finančně nákladnou formu vytápění.

Proto jsem použila tepelné čerpadlo, které dovoluje integraci do systému KNX. Tepelné čerpadlo rovněž může zahrnovat režim klimatizace, který nejvíce oceníme v letním období. Avšak jak jsem se již zmínila, v mém návrhu režim klimatizace není zahrnut.

Při návrhu obdobného systému se zemním plynem je pořizovací cena o cca 200 000 Kč nižší, ve srovnání s teplem čerpadlem. Na druhou stranu jsou však náklady na vytápění zemním plynem o 22 387 Kč za rok vyšší.



*Obr. 53: Graf porovnání pořizovacích nákladů*



Obr. 54: Graf porovnání ročních nákladů na vytápění

Ekonomické parametry navrhovaného systému jsem vypočítala pomocí finančního kalkulátoru pro hodnocení ekonomické efektivity investic, který se vyskytuje na webových stránkách tzb-info.cz.

<b>Investiční náklady</b>	395 746 Kč
<b>Provozní náklady</b>	33 989 Kč/rok
<b>Doba hodnocení</b>	20 let
<b>Prostá doba návratnosti</b>	17 let
<b>Diskontní doba návratnosti</b>	13 let
<b>Čistá současná hodnota NPV</b>	241 555 Kč

Tab. 20: Ekonomické parametry navrženého systému

## 15.2 Náklady na fotovoltaický systém

Celková plocha střechy činila  $70 \text{ m}^2$ , z toho  $35,1 \text{ m}^2$  byla užitková plocha pro fotovoltaický systém. Jelikož se jedná o dostatečně velký prostor, aplikovala jsem na plochu střechy 27 fotovoltaických panelů o celkovém výkonu 4,7 kWp. Fotovoltaický systém je připojen k rozvodné síti, což znamená, že fotovoltaické zařízení napájí jednotlivé spotřebiče v domě a přebytky energie jsou prodány do rozvodné sítě za předem stanovené výkupní ceny.

Při použití fotovoltaického systému na produkci elektřiny pro vlastní spotřebu mohou využít pouze zeleného bonusu, což znamená, že případné přebytky vyrobené energie budou prodány do rozvodné sítě. Důležitou otázkou zůstává, kolik je schopen fotovoltaický systém vydělat za rok.

K tomu potřebujeme cenu zeleného bonusu, která činí 11,91 Kč/kWh. Dále je nutné znát roční zisk energie z fotovoltaického systému, který v mém případě činil 4430 kWh/rok. Celkové investiční náklady fotovoltaického článku jsou 700 000 Kč.

Podrobný popis cen jednotlivých zařízení pro fotovoltaický systém je uveden v příloze P VIII s názvem „Cena fotovoltaického systému“.

<b>Systém</b>	<b>Cena</b>
Fotovoltaické panely Vitovolt	635 880,-
Měnič	60 000,-
Venkovní skříň s displejem	3320,-
Software pro nastavení	580,-
Instalační box	220,-
<b>Celkem</b>	<b>700 000,-</b>

*Tab. 21: Ceny použitých zařízení*

Prvním krokem je nutné vypočítat hodnotu výkonu fotovoltaického systému za rok, což se vypočítá následovně:

<b>Výkon fotovoltaického systému [kWh/rok] za využití zeleného bonusu 11,91 Kč</b>
Roční zisk energie z fotovoltaického systému * Výkupní cena
$4430 \times 11,91 = 52761,3 \text{ kWh / rok}$

*Tab. 22: Výpočet výkonu fotovoltaického systému [kWh / rok] pro zelený bonus*

Doba návratnosti investice se vypočítá jako podíl celkových investičních nákladů a zisků z fotovoltaického systému za využití zeleného bonusu. Výsledný výpočet vypadá následovně:

<b>Doba návratnosti investic</b>
Celkové investiční náklady / Zisky z fotovoltaického systému za využití zeleného bonusu
$\frac{700000}{52761,3} = 13 \text{ let}$

*Tab. 23: Výpočet doby návratnosti*

Celkové investiční náklady jsou dosti vysoké, ale je to dáno z velké části tím, že jsou použity moderní technologie, jejichž cena je v současné době vysoká. Pořizovací náklady jsou relativně vysoké, avšak doba návratnosti je celkem přijatelná.

### 15.3 Prvky KNX

Ceny jednotlivých prvků sběrnice KNX jsou uvedeny v příloze P VIII. Pro přehlednost zde uvádím ceny skupin prvků:

<b>Systém</b>	<b>Cena</b>
Systémové a řídicí prvky	34 646,-
Komunikační prvky	97 552,-
Ovládací prvky	55 657,-
EZS	55 146,-
EPS	8712,-
<b>Celkem</b>	<b>251 713,-</b>

*Tab. 24: Ceny použitých zařízení*

Celkové investiční náklady na systém využívající sběrnici KNX jsou 251 713 Kč. Hodnocení sběrnicevého systému z hlediska financí je obtížné. Můžeme však říci, že investiční náklady se vrátí při prvním vniknutí nepovolené osoby do objektu.

Hlavní výhody, které sběrníkový systém zajišťuje je komfort a pohodlí našeho bydlení. Největší komfort zajišťuje sběrníkový systém KNX, který dovoluje přes SCADA rozhraní řídit dům na dálku přes internet či mobilní telefon.

Nevýhodou je poměrně vysoká pořizovací cena, která činí 251 713 Kč.

Celková cena navrženého systému činí 1 347 459 Kč. Celková cena navrženého systému je sice dosti vysoká, avšak na druhou stranu poskytuje uživateli dostatečný komfort, který by v klasickém rodinném domě nenašel.

## ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo navrhnout jednotlivé technologie, které se využívají při výstavbě inteligentního domu. Práce je členěna do několika částí, které obsahují návrh větrání a vytápění, návrh silnoproudých elektroinstalací, návrh sběrnice systému, výběr vhodné komunikační brány na servisní služby a návrh elektronických zabezpečovacích a požárních systémů. Ke každému realizovanému návrhu jsem se snažila vysvětlit veškeré postupy a metody, které jsou mnohdy obohaceny o výpočty.

V první části práce jsem se zabývala návrhem vhodného vytápění a větrání. Prvním krokem bylo stanovit jednotlivé tepelné ztráty větráním a ztráty prostupem tepla obytných místností. Z jednotlivých tepelných ztrát jsem získala celkovou tepelnou ztrátu všech místností, která činila 12,6 kW. Na základě výsledku tepelných ztrát jsem zvolila k vytápění teplovzdušnou vytápěcí a větrací jednotku s rekuperací tepla, s maximálním topným výkonem 26 kW. Jednotka je spojena s tepelným čerpadlem, které slouží jako zdroj tepla pro ohřev teplé užitkové vody a pro vzduchotechnickou jednotku. Část teplé vody z tepelného čerpadla je také využita pro podlahové vytápění. Celý tento okruh obsahuje směšovací ventil, který zajišťuje mísení studené vody s vodou horkou. Vhodný výběr směšovacího ventilu jsem určila na základě vypočítané hodnoty průtokového součinitele  $K_v$ .

Dalším úkolem bylo navrhnout silnoproudé rozvody v daném objektu. Zásuvkové obvody jsou vedeny pod omítkou ve zdi, které ústí do jednotlivých obytných místností. Světelné obvody jsou rovněž vedeny pod omítkou ve stěně a stropě. Svítidla jsou rozmístěna tak, aby celá plocha místností byla dostatečně osvětlena. Svítidla jsou připevněna na stropě ve středu místnosti, přičemž ovládání je řešeno dotykovými snímači. V místnostech jako je koupelna, WC či garáž jsou svítidla, která jsou ovládána snímačem přítomnosti osob.

Pro návrh komunikace jsem použila sběrnice systém Konnex Bus. Pomocí této sběrnice je ovládáno osvětlení, domovní komunikace, ovládání vytápěcích a větracích režimů, ovládání okenních a dveřních kontaktů a zabezpečení venkovního prostoru. Pro ovládání jednotlivých prvků v domě slouží dotyková displej, který je určen pro řízení, hlášení a zobrazování. Celý systém je napojen přes internetové rozhraní.

Při návrhu zabezpečovacího a požárního systému jsem použila bezdrátové zařízení. Jedná se o akustické senzory proti rozbití skla a detektory kouře. Pro spojení s pultem centrální ochrany je ústředna vybavena GSM komunikátorem. Ovládán se děje buď pomocí mobilního telefonu, nebo PC.

Na závěr jsem provedla ekonomické zhodnocení vytápěcího systému ve srovnání s jinou formou vytápění.



## CONCLUSION

The aim of this thesis was to devise various specific technologies that are used at intelligent house building. The thesis is divided into several chapters that contain heating and ventilation design, heavy-current distribution system design, bus system design as well as a careful selection of service communication channel, and security and fire-fighting systems. Every individual design has been accompanied by a complete account of procedure and method descriptions that very frequently go with numerical computation as well.

The first part of the thesis deals with heating and ventilation design. The first step was to specify the heat losses caused by ventilation and room permeability. The overall loss of heat was 12.6 kW. On the basis of this result, hot-air heating and ventilation with air recuperation have been chosen, both with a maximum output of 26 kW. The unit has been connected to a heat pump that functions as a source for both service water heating up and ventilation. Hot water is also used for floor heating. Whole circuit contains a tap valve that mixes hot and cold water. A suitable mixing tap has been chosen on the grounds of calculated value of flow coefficient  $K_v$ .

The following part focuses on heavy-current distribution in this particular house. Electric flexes are led under the plastering in the wall and run into the sockets in the rooms. So it is with lighting circuits and light fittings are set in the middle of the ceilings in order to light up every room sufficiently. These are controlled by touch displays. In the garage and bathrooms the lights are operated by movement sensors.

As for a communication channel, Konnex Bus system has been chosen. The system controls lighting, intercom, heating and ventilation modes, window and door contacts, and outside area alarm system. Touch displays control, announce and display the information of every single element in the house. The whole system operates via internet interface.

Wireless equipment has been used at the security and fire-fighting system designs. These are acoustic sensors and smoke detectors, and a GSM communicator has been connected to the central protection centre. It is controllable either via mobile phone or PC.

In conclusion, an economic analysis of the heating system has been made by comparison with a different form of heating.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] CENEK, Miroslav. Obnovitelné zdroje energie. Praha: FCC PUBLIC, 2001. 208 s. ISBN: 80-901985-8.
- [2] DANIELS, Klaus. Technika budov. Bratislava: Jaga Group, 2003. 520 s. ISBN 80-88905-60-5.
- [3] HUMM, Othmar. Nízkoenergetické domy. Praha: Grada Publishing, 1999. 352 s. ISBN 80-7169-657-9-.
- [4] KNX Association cvba. Handbook for Home and Building control: basic principles. [s.l]: ZVEI, 2006. 185 s.
- [5] TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. c2001-2009 [cit. 2009-02-01]. Dostupný z WWW: <http://www.tzb-info.cz/>.
- [6] MURTINGER, Karel. BERANOVSKÝ, Jiří. TOMEŠ, Milan. Fotovoltaika. Elektřina ze slunce. 2. vyd.: ERA group spol. s.r.o. 2008. 81.s ISBN 978-80-7366-133-5.
- [7] <http://www.konstrukce.cz>
- [8] <http://www.esystem.cz>
- [9] <http://www.automatizace.hw.cz>
- [10] <http://ekowatt.cz>
- [11] <http://tvujdum.cz>
- [12] <http://www.isosolar.cz>
- [13] <http://www.cc.wikipedia.org>
- [14] <http://www.silektro.cz>
- [15] <http://www.igb.cz>
- [16] <http://www.atrea.cz>
- [17] <http://www.thermona.cz>
- [18] <http://www.korado.cz>
- [19] <http://www.pedotherm.cz>

[20] <http://www.viessmann.cz>

[21] <http://www.siemens.cz>

[22] <http://www.knxshop.co.uk>

[23] <http://www.syncoliving.cz>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PMV – Predicted mean Vote

PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied

FV – fotovoltaický systém

TUV – teplá užitková voda

KNX – Konnex Bus

EPS – elektronický požární systém

EZS – elektronický zabezpečovací systém

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

HMI – Human-Machine Interface

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Ovládání jednotlivých prvků v místnosti</i> .....	14
<i>Obr. 2: Oblast pohody a příklad určení stavu vzduchu v bodě 1</i> .....	20
<i>Obr. 3: Předpověď procentuálního podílu nespokojených</i> .....	22
<i>Obr. 6: Schéma principu tepelného čerpadla</i> .....	29
<i>Obr. 7: Schéma využití sluneční energie</i> .....	34
<i>Obr. 8: Solární energetický zisk na území ČR</i> .....	35
<i>Obr. 9: Mapa globálního záření na území ČR <math>[MJ / (m^2 / rok)]</math></i> .....	35
<i>Obr. 10: Konstrukce solárního kolektoru</i> .....	37
<i>Obr. 11: Solární ohřev teplé užitkové vody</i> .....	39
<i>Obr. 12: Solární ohřev TUV a bazénu</i> .....	40
<i>Obr. 13: Názorné schéma fotovoltaického článku</i> .....	42
<i>Obr. 14: Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku</i> .....	44
<i>Obr. 15: Struktura fotovoltaického panelu</i> .....	45
<i>Obr. 16: Nejjednodušší způsob zapojení fotovoltaického panelu</i> .....	46
<i>Obr. 17: Způsob zapojení fotovoltaického panelu k rozvodné síti</i> .....	46
<i>Obr. 18: Způsob zapojení fotovoltaického panelu bez rozvodné sítě</i> .....	47
<i>Obr. 19: Vhodnost použití sítě KNX v závislosti na velikosti řízené budovy</i> .....	49
<i>Obr. 20: Graficky znázorněná struktura standardu KNX</i> .....	51
<i>Obr. 21: Topologie strom</i> <i>Obr. 22: Topologie linie</i> .....	53
<i>Obr. 23: Příklad možnosti sítě LonWorks</i> .....	57
<i>Obr. 24: OSI model pro Lontalk protokol</i> .....	59
<i>Obr. 25: Názorná ukázka sběrníkové topologie</i> .....	60
<i>Obr. 26: Názorná ukázka kruhové topologie</i> .....	60
<i>Obr. 27: Názorná ukázka hvězdicové topologie</i> .....	60
<i>Obr. 28: Názorná ukázka kombinované topologie</i> .....	61
<i>Obr. 29: Schéma přístupu daného uzlu na sběrnici, nebo-li CSMA/CA</i> .....	61
<i>Obr. 30: Adresování uzlu v síti</i> .....	62
<i>Obr. 31: Půdorys 1 NP</i> .....	69
<i>Obr. 32: Půdorys 2 NP</i> .....	70
<i>Obr. 33: Vestavěný digitální modul regulující vzduch</i> .....	80
<i>Obr. 34: Rozmístění podlahových rozvodů 1 NP</i> .....	81

<i>Obr. 35: Rozmístění podlahových rozvodů 2 NP</i> .....	82
<i>Obr. 36: Rozmístění stropních rozvodů 1 NP</i> .....	83
<i>Obr. 37: Rozmístění stropních rozvodů 2 NP</i> .....	84
<i>Obr. 38: Hydraulické zapojení tepelného čerpadla</i> .....	89
<i>Obr. 39: Vrstvy podlahového vytápění</i> .....	91
<i>Obr. 40: Charakteristické křivky podlahového vytápění</i> .....	93
<i>Obr. 41: Systémy s přímým napájením</i> .....	96
<i>Obr. 42: Systémy připojené k síti</i> .....	96
<i>Obr. 43: Samostatné ostrovní systémy</i> .....	97
<i>Obr. 44: Zapojení fotovoltaického systému</i> .....	98
<i>Obr. 45: Graf závislosti průměrného měsíčního zisku energie na jednotlivých měsících</i> .....	100
<i>Obr. 46: Graf závislosti množství dopadajícího záření na FV v jednotlivých měsících</i> ....	100
<i>Obr. 47: Schematické znázornění jednotlivých zón</i> .....	104
<i>Obr. 48: Světelné a zásuvkové rozvody 1. NP</i> .....	105
<i>Obr. 49: Světelné a zásuvkové rozvody 2. NP</i> .....	106
<i>Obr. 50: Použité prvky KNX v 1.NP</i> .....	114
<i>Obr. 51: Použité prvky KNX v 2. NP</i> .....	115
<i>Obr. 52: Graf nákladů na vytápění</i> .....	117
<i>Obr. 53: Graf porovnání pořizovacích nákladů</i> .....	118
<i>Obr. 54: Graf porovnání ročních nákladů na vytápění</i> .....	119

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1: Měrná spotřeba tepla na vytápění podle ČSN 730540:2 .....</i>	16
<i>Tab. 2: Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu <math>v_{ar}</math> [m/s] .....</i>	18
<i>Tab. 3: Hodnocení středního tepelného pocitu PMV.....</i>	21
<i>Tab. 4: Snížení venkovní výpočtové teploty s ohledem na nadmořskou výšku.....</i>	23
<i>Tab. 5: Klasifikační třídy hodnocení energetické náročnosti budovy .....</i>	26
<i>Tab. 6: Přehled účinností fotovoltaických článků.....</i>	43
<i>Tab. 7: Přehled výkupních cen fotovoltaického zařízení s výkonem do 30 kWp.....</i>	48
<i>Tab. 8: Přehled výkupních cen fotovoltaického zařízení s výkonem nad 30 kWp.....</i>	48
<i>Tab. 9: KNX rámec pro komunikaci a přenos sítí Konnex bus.....</i>	55
<i>Tab. 10: Okrajové parametry .....</i>	67
<i>Tab. 11: Seznam vytápěných místností .....</i>	68
<i>Tab. 12: Potřebné parametry pro výpočet tepelných ztrát.....</i>	72
<i>Tab. 13: Tepelné ztráty větráním .....</i>	74
<i>Tab. 14: Zátopový tepelný výkon .....</i>	75
<i>Tab. 15: Tepelná ztráta prostupem.....</i>	77
<i>Tab. 16: Celková tepelná ztráta objektu.....</i>	78
<i>Tab. 17: Množství získané energie z fotovoltaického systému za jednotlivé měsíce.....</i>	100
<i>Tab. 18: Počet zásuvek v jednotlivých místnostech .....</i>	103
<i>Tab. 19: Ceny použitých zařízení.....</i>	118
<i>Tab. 20: Ekonomické parametry navrženého systému.....</i>	119
<i>Tab. 21: Ceny použitých zařízení.....</i>	120
<i>Tab. 22: Výpočet výkonu fotovoltaického systému [kWh / rok] pro zelený bonus .....</i>	120
<i>Tab. 23: Výpočet doby návratnosti .....</i>	121
<i>Tab. 24: Ceny použitých zařízení.....</i>	121

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I Zátopový činitel

Příloha P II Teplotní korekční činitel

Příloha P III Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla podle normy ČSN 73 0540

Příloha P IV Tepelné ztráty prostupem

Příloha P V Technická data použitých zařízení

Příloha P VI Prvky KNX

Příloha P VII Ceny zařízení vytápěcího systému

Příloha P VIII Cena fotovoltaického systému

Příloha P VIII Ceny prvků sběrnice KNX



## PŘÍLOHA P I: ZÁTOPOVÝ ČINITEL

Zátopový čas v hodinách	$f_{RH}$ (W/m <sup>2</sup> )								
	Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu a)								
	2 K			3 K			4 K		
	Hmotnost budovy			Hmotnost budovy			Hmotnost budovy		
	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká	nízká	střední	vysoká
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	24	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

## PŘÍLOHA P II: TEPLOTNÍ KOREKČNÍ ČINITEL

Tepelná ztráta:	$f_k$	Poznámky
přímo do venkovního prostředí	1,00    1,40 1,00	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně pro okna, dveře izolované
nevytápěným prostorem	0,80 1,12	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
zemí	0,3 0,42	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
podkrovím	0,90 1,26	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
zvýšenou podlahou	0,90 1,26	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
do sousední budovy	0,50 0,70	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně izolované
do sousední funkční části budovy	0,30 0,42	když tepelné mosty jsou tepelně izolované  když tepelné mosty nejsou tepelně izolované

**PŘÍLOHA P III: POŽADOVANÉ A DOPORUČENÉ HODNOTY  
SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PODLE NORMY ČSN 73 0540**

Popis konstrukce	Typ konstrukce	Požadované hodnoty $U_N$	Doporučené 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 Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace Podlaha a stěna s vytápěním	lehká	<b>0,24</b>	<b>0,16</b>
	těžká	<b>0,30</b>	<b>0,20</b>
Stěna venkovní Střecha strmá se sklonem nad 45°	lehká	<b>0,30</b>	<b>0,20</b>
	těžká	<b>0,38</b>	<b>0,25</b>
Podlaha a stěna přilehlá k zemině (s výjimkou podle poznámky 2) Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		<b>0,60</b>	<b>0,40</b>
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		<b>0,75</b>	<b>0,50</b>
Stěna mezi sousedními budovami Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		<b>1,05</b>	<b>0,70</b>
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně		<b>1,30</b>	<b>0,90</b>
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		<b>2,2</b>	<b>1,45</b>
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně		<b>2,7</b>	<b>1,80</b>
Okno a jiná výplň otvoru podle 4.6, z vytápěného prostoru (včetně rámu, který má nejvýše 2,0 W/(m <sup>2</sup> .K))	nová	<b>1,80</b>	<b>1,20</b>
	upravená	<b>2,0</b>	<b>1,35</b>
Dveře, vrata a jiná výplň otvoru podle 4.6, z částečně vytápěného nebo nevytápěného prostoru vytápěné budovy (včetně rámu)		<b>3,5</b>	<b>2,3</b>
















## PŘÍLOHA P V: TECHNICKÁ DATA POUŽITÝCH ZAŘÍZENÍ

### TEPLOVZDUŠNÁ VYTÁPĚCÍ A VĚTRACÍ JEDNOTKA DUPLEX 2000 ATREA


Maximální přiváděný vzduch	2000 $m^3h^{-1}$
Maximální odváděný vzduch	2000 $m^3h^{-1}$
Účinnost rekuperace	52 – 68 %
Počet provedení a ploch	160
Hmotnost	110 – 185 kg
Počet ventilátorů	2
Maximální elektrický příkon	dle typu ventilátoru
Napětí	230 V
Frekvence	50 Hz
Počet otáček	dle typu ventilátoru
Maximální topný výkon T	26 kW
Maximální chladicí výkon CHW	12 kW
Maximální chladicí výkon CHF	13 kW
Třída filtrace (standardní)	G4
Maximální přiváděný vzduch	2000 $m^3h^{-1}$
Maximální odváděný vzduch	2000 $m^3h^{-1}$
Účinnost rekuperace	52 – 68 %
Počet provedení a ploch	160
Hmotnost	110 – 185 kg



Objekt	Hodiny																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-5519	-5892	-5818	-5874	-5798	-1408	-1194	-937	441	1387	1572	2581	2870	2788	1699	537	455	301	-4152	-4395	-4587	-4793	-5054	-5308
2	-4427	-4594	-4712	-4748	4729	982	1198	2281	4049	4255	3827	4770	5318	5789	5170	3317	2845	2894	-3075	-3211	-3425	-3884	-3951	-4211
3	-3390	-3588	-3889	-3870	-3840	3410	4321	6311	7018	6887	5765	6394	7417	8201	8107	7084	5272	5118	-1914	-2090	-2348	-2835	-2904	-3170
4	-2584	-2725	-2804	-2815	-2779	4505	6001	7165	7528	7138	6459	6485	7783	8523	8584	7909	6319	6288	-1025	-1228	-1502	-1805	-2082	-2345
5	-1874	-2028	-2095	-2107	-410	6101	7378	8161	8227	7720	7138	6971	8229	9058	9243	8758	7708	7265	583	-511	-793	-1102	-1382	-1652
6	-1448	-1590	-1889	-1817	299	5845	6935	7718	7879	7490	7048	6972	8003	8737	8887	8424	7490	7258	1191	-37	-373	-573	-570	-1233
7	-1234	-1389	-1453	-1475	-228	5880	7019	7912	8184	7845	7337	7183	8389	9098	9204	8890	7845	7451	1090	139	-170	-488	-754	-1012
8	-1255	-1418	-1498	-1507	-1487	5807	7308	8465	8833	8480	7788	7920	9098	9852	9808	9238	7852	7587	303	101	-200	-501	-774	-1038
9	-1800	-1788	-1885	-1883	-1848	4524	4829	6894	7589	7488	6788	7484	8328	8917	8889	7827	8407	6254	-127	-319	-577	-951	-1125	-1388
10	-2171	-2338	-2454	-2488	-2478	3242	3448	4542	6302	6524	5874	7035	7804	8045	7459	5583	5133	4849	-829	-945	-1174	-1423	-1700	-1954
11	-3008	-3172	-3305	-3353	-3283	1112	1325	1577	2958	3885	4090	5099	5383	5308	4120	3055	2988	2819	-1634	-1872	-2049	-2280	-2538	-2794
12	-3828	-4105	-4232	-4278	-4190	-308	-90	158	774	2103	2592	3571	3757	3487	1901	1635	1544	1398	-2550	-2800	-2998	-3213	-3481	-3718


## TEPELNÉ ČERPADLO NIBE F2025-14

Výkon/Příkon při 2/35 °C	12,7/3,5 kW
Rozběhový proud	37A
Motorová ochrana	11A
Relé měkkého startu	standardní výbava
Napětí	3×400 V + N + PE 50 Hz
Kompresor	Scroll
Jmenovitý průtok topného média	0,34 l/s
Úbytek tlaku při jmenovitém průtoku	2,4 kPa
Průtok vzduchu	2250/3050 m <sup>3</sup> /h
Příkon ventilátoru	175/190 W
Jištění	16 A
Stupeň krytí	IP 24
Maximální výstupní teplota topného média	58°C
Množství chladiva (R407C)	2,4 kg
Připojení topné médium vnější Ø	G1 (Ø 28 mm)
Systém odtávání	reverzací
Vypínací hodnota vysokotlakého presostatu	29 bar
Vypínací hodnota nizkotlakého presostatu	0,5 bar
Diference vysokotlakého presostatu	-7 bar
Diference nizkotlakého presostatu	+1,0 bar
Výška včetně podstavce	1045 mm
Šířka	1200 mm
Hloubka	500 mm
Hmotnost	140 kg




Nejnižší provozní teplota, venkovní vzduch / výstupní větev	-20/50 °C (-7/58 °C)	
Nejvyšší provozní teplota, venkovní vzduch / výstupní větev	35/58 °C	

### SYSTÉMOVÁ JEDNOTKA VVM 300 PRO KOMBINACI S TEPELNÝM ČERPADLEM NIBE F2025


Výška	1880 mm	
Minimální výška stropu pro instalaci	2000 mm	
Šířka	600 mm	
Hloubka	615 mm	
Hmotnost	160 kg	
Objem zásobníku	280 l	
Objem pro TUV	155 l	
Objem pro topnou vodu	125 l	
Objem expanzní nádoby	12 l	
Napájení	3×400 V+N+PE, 50 Hz	
Vestavěný elektrokotel	13,5 kW	
Příkon oběhového čerpadla okruhu TČ	6 – 70 W	
Příkon oběhového čerpadla topného okruhu	45/75/110 W	
Třída krytí	IP 21	
Maximální tlak TUV	10 Bar	

Maximální tlak vnější nádrže	2,5 Bar	
Maximální teplota	55 - 80 °C	

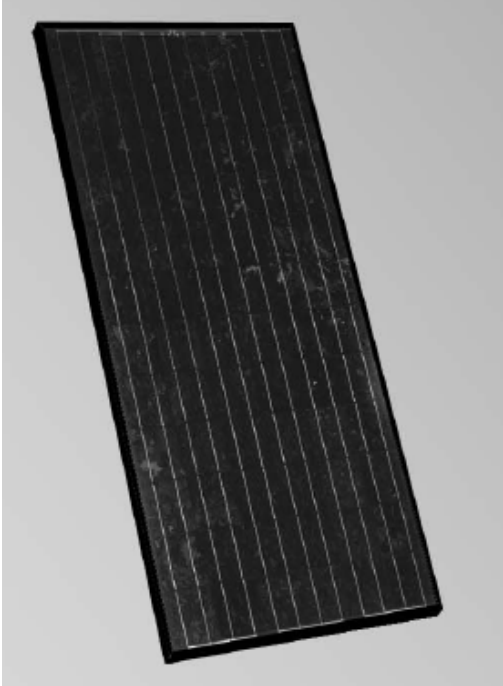
### ZÁSOBNÍK NA TUV OKC 500 NTRR THERMONA

Objem	470 l	
Průměr ohřívače	701,5 mm	
Hmotnost	215 kg	
Provozní tlak TUV	1 MPa	
Maximální provozní tlak výměníku	1,6 MPa	
Maximální teplota topné vody	110 °C	
Teplota TUV	95 °C	
Výhřevná plocha horního výměníku	1,3 m <sup>2</sup>	
Výhřevná plocha spodního výměníku	1,9 m <sup>2</sup>	
Výkon spodního/horního výměníku	49/21 kW	
Výkonnostní číslo horního výměníku dle DIN 4708	8,9 NL	
Výkonnostní číslo spodního výměníku dle DIN 4708	14,7 NL	
Trvalý výkon TUV spodního výměníku	1215 l/hod	
Trvalý výkon TUV horního výměníku [l/hod]	393 l/hod	
Tepelné ztráty	2,3 kWh/24 hod	

## TRUBKOVÉ TĚLESO KORALUX LINEAR KL 1200.1000 KORADO


Výška	1200 mm	
Délka	1000 mm	
Hloubka	35 mm	
Připojovací rozteč	965 mm	
Připojovací závit	4×G ½ vnitřní	
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1 MPa	
Zkušební přetlak	1,3 MPa	
Nejvyšší přípustná teplota	110 °C	
Průtokový součinitel	$A_T = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	
Součinitel odporu (DN 15)	$\zeta_T = 2,5$	

## FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM VITOVOLT 200 TYP KA2 VIESSMANN

Jmenovitý výkon	175 Wp	
Tolerance výkonu	+10/-5 %	
Typ článku	Polykrystalický křemíkový článek	
Napětí	23,6 V	
Proud	7,42 A	
Napětí naprázdno	29,2 V	
Zkratový proud	8,09 A	
<b>Teplotní koeficienty:</b>		
Napětí naprázdno	$-1,09 \cdot 10^{-1} \text{ V/}^\circ\text{C}$	

Zkrat - proud	$3,18 \cdot 10^{-3} A / ^\circ C$	
<b>Rozměry:</b>		
Šířka	990 mm	
Výška	1290 mm	
Hloubka	36 mm	
Hmotnost	16 kg	
Připojení	Kabely s konektorem Muticontact MC3	
Požadavky na podklad a zakotvení	Dostatečně odolná střešní konstrukce proti působení síly větru	

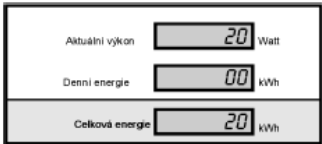
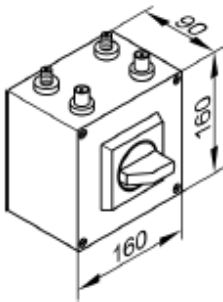
### PŘÍSLUŠENTVÍ FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU: MĚNIČ

Typ	IG 40	
Výkon zařízení	3,5 až 5,5	
<b>Jmenovitý výkon</b>		
- maximální příkon DC	4,41 kW	
- maximální výkon AC	4,10 kW	
<b>Spotřeba standby</b>		
- v denním provozu	12 W	
- v nočním provozu	0 W	
Rozsah MPP DC	150 - 400	
<b>Účinnost</b>		




- evropská	93,5%	
- maximální	94,3%	
Hmotnost	16 kg	
Druh krytí	IP 21	

### DALŠÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU


Připojovací kabel – pro spojení modulů s měničem	2 ks, 15 m dlouhé, 4 $mm^2$	
Velký display	<p>S čítačem impulzů a softwarem pro veřejné zobrazení:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuálního výkonu ve W</li> <li>• denní energie v kWh</li> <li>• celková energie v kWh</li> </ul>	
Oddělovač stejnosměrného proudu	odděluje fotovoltaický modul od měniče	

## PŘÍLOHA P VI: PRVKY KNX


### NAPÁJECÍ ZDROJ GIRA 1079 00

Počet připojených zařízení	64 prvků	
Napájecí napětí	230 V AC, 50/60 Hz	
Výstupní napětí	SELV 28 V – 31 V DC	
Výstupní proud	640 mA	


### BINÁRNÍ VSTUP GIRA 1067 00 REG PLUS INSTABUS EIB/KNX

Počet připojených zařízení	4 prvky	
Napájecí napětí	230 V AC	
Kapacitní zátěž	AC 90 V – 253 V	


### BINÁRNÍ VÝSTUP GIRA 1004 00 SWITCH ACTUATOR

Počet připojených zařízení	4	
Napájecí napětí	230 V AC 50/60 Hz	
Nominální proud	10 A	
Kapacitní zátěž	Maximálně 140 $\mu F$	


### KOMUNIKAČNÍ BRÁNA KNX IP – ABB GH Q 605 0068 R001

Počet skupinových adres	255	
Napájecí napětí	12 – 24 V DC	


### KOMUNIKAČNÍ BRÁNA KNX/GSM – ABB GH Q631 0083 R0111

Počet skupinových adres	40	
Napájecí napětí	12 – 24 V DC	

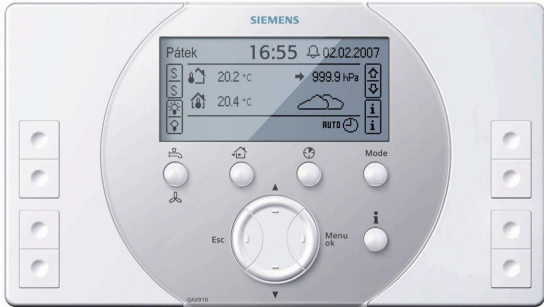
### KOMUNIKAČNÍ JEDNOTKA KNX OZW775WEB

Možnost připojení	Až 250 přístrojů na KNX TP1	
Obsahuje	Alarmové vstupy i výstupy, možnost vzdáleného přístupu přes Ethernet na webserver	


## REGULÁTOR TOPNÝCH OKRUHU RRV918

Komunikace	Obousměrná, bezdrátová	
Počet okruhů	8	
Počet vstupů a výstupů	1 reléový univerzální výstup, 1 univerzální vstup	
Napájení	230 V AC	


## CENTRÁLNÍ JEDNOTKA QAX910 SYNCO LIVING

Napájecí napětí	AC 230 V ( $\pm 10\%$ )	
Kmitočet	50 Hz	
Příkon	max. 7 VA	
Jištění přívodu	10 A	
Záloha hodin	Typicky 72 hodin	
Bezdrátová komunikace	868,3 MHz (obousměrně)	
Dosah	Uvnitř budovy typicky 30 m	
Protokol	KNX RF-kompatibilní	

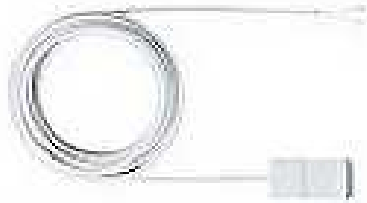
## REGULAČNÍ MODUL RRV934 VENTILACE

Počet vstupů a výstupů	5 reléových výstupů, 4 univerzální vstupy	
Napájení	230 V AC	


## DOTYKOVÝ PANEL WAVE UP 58x

Dotykový display	5,7	
Rozlišení	320x240	
Sleduje	až 70 aktorových kanálů a 40 senzorových kanálů	
Řízení	až 16 scén	
Zdroj napájení	110 V 60 Hz/ 230 V 50 Hz	
Připojení	Ethernet R45	


## AKUSTICKÝ SENZOR GIRA 088702

Síťové napětí	18 V SC	
Proud naprázdno	10 mA	
Spínací výkon	maximálně 350 mW	
Provozní teplota	-30 °C / 55 °C	
Typ ochrany	I 27	


### BEZDRÁTOVÉ MAGNETICKÉ OKENNÍ/DVEŘNÍ ČIDLO RSDM - 500

Provozní napětí	12 V DC	
Životnost baterie	1 rok v běžném provozu	
Dosah vysílače	500 m	
Potřeba při aktivním vysílání	8 – 20 mA	
Spotřeba v klidovém stavu	3 $\mu$ A	
Rozměry	71×36×15 mm	
Aplikace	na okna a dveře	

### DETEKTOR PŘÍTOMNOSTI OSOB GIRA 0304 02 EIB/KNX

Zorný úhel	360° C	
Rozsah	13×7	
Napájecí napětí	30 V DC	


### KLÁVESNICE CYTECH KP04-AL

Přijímač	IR	
Standard	UCM	

## DATOVÉ ROZHRANÍ UCM/KNC CYTECH



## AUTONOMNÍ DETEKTOR KOUŘE DELTA REFLEX SIEMENS GAMMA WAVE

Vestavěná siréna	85 dB/m	
Bateriové napájení	3×1,5 V AA	

**NUTNÉ MÍT K DETEKTORU KOUŘE TAKÉ MODUL BEZDRÁTOVÉ KNX KOMUNIKACE M255**



## PŘÍLOHA P VII: CENY ZAŘÍZENÍ VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU

TEPELNÉ ČERPADLO				
Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Tepelné čerpadlo	NIBE	F2025-14	1	196 400,-
Systémová jednotka	NIBE	VVM 300	1	87 600,-
<b>Celkem</b>				<b>284 000,-</b>

PŘÍPRAVA TUV				
Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Zásobník na TUV 470 l	Thermona	OKC 500 NTRR	1	29 100,-
Tlaková hadice	Thermona		1	1 376,-
<b>Celkem</b>				<b>30 476,-</b>

TEPLOVZDUŠNÁ VYTÁPĚCÍ A VENTILAČNÍ JEDNOTKA				
Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
DUPLEX RC	ATREA	2000	1	61 700,-
Digitální regulační model	Siemens	RRV934	1	9100,-
Tepelný výměník	ATREA		1	10 470,-
<b>Celkem</b>				<b>81270,-</b>



## PŘÍLOHA P VIII: CENA FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM				
Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Vitovolt	Viessmann	200	27	635 880,-
Měnič	Fronius	IG 40	1	60 000,-
Venkovní skříň s displejem	Fronius	IG 40	1	3320,-
Software-nastavení	Fronius	IG 40	1	580,-
Instalační box	Fronius	IG 40	1	220,-
<b>Celkem</b>				<b>700 000,-</b>

## PŘÍLOHA P VIII: CENY PRVKŮ SBĚRNICE KNX

### SYSTÉMOVÉ A ŘÍDÍCÍ PRVKY

Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Napájecí zdroj	GIRA	1079 00	1	10 385,-
Binární vstup	GIRA	1067 00	1	5731,-
Binární výstup	GIRA	1004 00	1	8562,-
Datové rozhraní RS 232/KNX	Jung	Data interface for RS 232	1	5903,-
Datové rozhraní USB/KNX	Siemens	UP 146 E USB interface	1	4065,-
<b>Celkem</b>				<b>34 646,-</b>

### KOMUNIKAČNÍ PRVKY

Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Komunikační brána	ABB	IN/S 3.1 Internet Gateway	1	33 762,-
Komunikační brána	ABB	KNX/GSM	1	24 500,-
Komunikační jednotka	Siemens	OZW775 PC	1	39 290 Kč
<b>Celkem</b>				<b>97552,-</b>

## OVLÁDACÍ PRVKY

Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Centrální jednotka Synco living	Siemens	QAX910	1	13 807,-
Dotykový displej	Gamma	Wave up 58×	1	15 500,-
Prostorová jednotka	Siemens	QAW910	1	4450,-
Prostorové teplotní čidlo	Siemens	QAA910	4	8600,-
Meteorologické čidlo	Siemens	QAC910	1	4850,-
Regulátor topných okruhů	Siemens	RRV918	1	8450,-
<b>Celkem</b>				<b>55 657,-</b>

## EZS

Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Akustický senzor proti rozbití skla	Gira	Glass-breakage sensor	10	9850,-
Dveřní/okenní kontakt	Siemens	5WG3260-3AB11	9	17 595,-
Binární vstup	Gira	1067 00	1	5731,-
Detektor přítomnosti osob	Gira	0304 02	3	15 160,-

Klávesnice	Cytech	KP04	1	2685,-
Datové rozhraní UCM/KNX	Cytech	UCM Interface to KNX	1	4125,-
<b>Celkem</b>				<b>55 146,-</b>

### EPS

Název	Výrobce	Typ	Počet kusů	Cena [Kč]
Autonomní detektor kouře	Siemens	DELTA reflex 5TC1290	9	8712,-
<b>Celkem</b>				<b>8712,-</b>