

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Návrh elektroinstalace nízkoenergetického domu s  
vybavením smart technologií**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2016/2017

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel MULAČ**  
Osobní číslo: **E15N0028P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Návrh elektroinstalace nízkoenergetického domu s vybavením smart technologií.**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Navrhněte smart technologii do elektroinstalace bungalovu včetně ochrany před bleskem a připojení objektu na ES ČR při respektování ČSN IEC.
2. Navrhněte vybavení rodinného sídla solárními technologiemi a řešení izolace rodinného sídla pro splnění statutu nízkoenergetického domu.
3. Stanovte energetické úspory u daného sídla
4. Technologii smart použijte k funkčnímu návrhu s chytrým telefonem.
5. Proveďte ekonomické zhodnocení daného řešení.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. **www stránky**
2. **Katalogové listy firem.**
3. **ČSN IEC**
4. **Další literatura bude určena vedoucím DP při první konzultaci.**


Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

## **Abstrakt**

Tato práce má za cíl představit návrh řešení elektroinstalace nízkoenergetického rodinného domu vybaveného solárními zdroji energie a chytrou elektrickou instalací. Součástí práce je projektová dokumentace elektroinstalací, včetně připojení k distribuční síti a ochrany před atmosférickým přepětím. Dále je zde uvedeno řešení tepelných izolací a následné vyhodnocení energetických úspor oproti konvenčně řešeným rodinným domům. Celé řešení je nakonec zhodnoceno i z ekonomického hlediska.

## **Klíčová slova**

Chytrá elektroinstalace, fotovoltaická elektrárna, solární ohřev TUV, tepelné izolace, nízkoenergetický dům, dimenzování elektrického připojení k distribuční soustavě, ochrana před bleskem

## **Abstract**

This thesis aimed on design of electrical instalation in low-energy house equiped with solar-power sources and smart technology. This thesis contains project documentation of electrical instalation involving lightning protection. The next part deals with heat insulation and evaluation of energy savings against stndart houses. The whole project is evaluated from economicaly point of view.

## **Key words**

Smart electrical instalation, solar power station, solar watter heating, thermal insulation, low-energy house, dimensioning of the electric grid connection, lightning protection

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 11.5.2017

Bc. Pavel Mulač

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 NÁVRH CHYTRÉ ELEKTROINSTALACE PRO RD</b> .....	<b>10</b>
1.1 DÍLČÍ KROKY PŘI ZAVÁDĚNÍ SMART TECHNOLOGIÍ.....	10
1.2 MODULÁRNÍ SMART ELEKTROINSTALACE EGO-N.....	10
1.2.1 Rozvržení smart elektroinstalace.....	12
1.2.2 Propojení a zásady instalace.....	14
1.2.3 Programování systému Ego-n.....	15
1.3 PŘIPOJENÍ OBJEKTU DO ROZVODNÉ SOUSTAVY.....	17
1.3.1 Základní parametry pro dimenzování kabelu přípojky.....	17
1.3.2 Výpočet.....	18
1.3.3 O programu SICHR 16.02.....	21
1.3.4 Výpočty v programu SICHR.....	21
1.4 NÁVRH OCHRANY PŘED ATMOSFÉRICKÝM PŘEPĚTÍ.....	28
1.4.1 Součásti ochrany před atmosférickým přepětím.....	28
1.4.2 Rozvržení jímací soustavy.....	29
1.4.1 Návrh svodů a zemniců.....	29
1.4.2 Návrh vnitřní ochrany před bleskem.....	30
<b>2 NÁVRH SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>31</b>
2.1 NÁVRH SYSTÉMU PRO OHŘEV TUV.....	31
2.1.1 Typy solárních kolektorů.....	31
2.1.2 Příslušenství solárních kolektorů.....	32
2.1.3 Výpočet potřebné plochy kolektorů.....	33
2.1.4 Řešení pro modelový dům.....	35
2.2 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....	37
2.2.1 Konstrukce fotovoltaických panelů.....	37
2.2.1 Typy fotovoltaických článků.....	38
2.2.2 Měníče.....	38
2.2.3 Řešení pro modelový dům.....	39
<b>3 NÁVRH IZOLAČNÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>42</b>
3.1 ZÁSADY NÁVRHU.....	42
3.2 MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ NA TEPELNÉ IZOLACE.....	43
3.3 OKNA A DVEŘE.....	44
3.4 ŘEŠENÍ TEPELNÝCH IZOLACÍ PRO MODELOVÝ DŮM.....	45
3.5 ENERGETICKÉ ÚSPORY ZÍSKANÉ ZATEPLENÍM.....	47
<b>4 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>48</b>
4.1 EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ SMART ELEKTROINSTALACE.....	48
4.2 KALKULACE SYSTÉMU PRO OHŘEV TUV.....	49
4.3 KALKULACE FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....	50
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>52</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>53</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>2</b>

## Seznam symbolů a zkratk

ČHMÚ.....	Český hydrometeorologický ústav
EPS.....	Expandovaný polystyrén
FV.....	Fotovoltaický
FVE.....	Fotovoltaická elektrárna
GSM.....	Globální systém pro mobilní komunikaci
NED.....	Nízkoenergetický dům
HDO.....	Hromadné dálkové ovládání
HDS.....	Hlavní domovní skříň
HOP.....	Hlavní ochranné pospojování
LAN.....	Local area network
LPS.....	Light protecting system
OTE.....	Operátor trhu s elektřinou
RD.....	Rodinný dům
RF.....	Radiofrekvenční
SPD.....	Surge Protective Device
TCP.....	Síťový protokol
TUV.....	Teplá užitková voda
UTP.....	Síťový kabel – kroucená dvoulinka
XPS.....	Extrudovaný polystyrén



## Úvod

Obsahem této diplomové práce je návrh chytré elektroinstalace nízkoenergetického domu s možností vzdáleného ovládání pomocí mobilního telefonu. Dále jsou zde navržena řešení solárních systémů pro ohřev TUV a fotovoltaické elektrárny. Tyto řešené oblasti jsou v současné době velmi populární, jelikož dnešním trendem moderního bydlení je využívat nejnovější technologie využitelné až už za cílem komfortu a funkčnosti sídla anebo s vizí co možná nejvyšších energetických úspor, a to jak z pohledu ekonomického, tak i ekologického. Návrh je realizován na základě bungalovu o zastavěné ploše 198,5 m<sup>2</sup>, jehož dispoziční řešení je vyobrazeno v kapitole 1.2.1.

V první části práce je návrh elektroinstalace, ve které jsou zakomponovány funkční prvky využívané v chytrých domácnostech a to s možností ovládání pomocí chytrého telefonu prostřednictvím internetu, tak aby se daly některé funkce ovládat vzdáleně, pokud není obyvatel v domě. Elektroinstalace je navržena formou projektu v softwaru AutoCAD od firmy Autodesk se studentskou licenci. Součástí návrhu je řešení připojení objektu na elektrickou distribuční síť v ČR a ochrany před atmosferickým přepětím dle platných norem. Ochrana před bleskem je navržena dle normy ČSN EN 62305-1-3. Návrh elektrické přípojky zohledňuje výpočty z programu OEZ Sichr.

Další část je věnována především úsporám. Je zde řešen návrh na osazení fotovoltaickými panely pro výrobu elektřiny, jedná se o on-grid systém, RD bude tedy stále závislý na elektrické síti. Pro snížení spotřeby elektřiny potřebné na ohřev vody bude navržena instalace kolektorů na ohřev TUV. Pro získání statutu nízkoenergetického domu je dle normy ČSN 73 0540-2 zapotřebí aby hodnota měrné potřeby tepla na vytápění byla nižší než 50 kWh/m<sup>2</sup>·rok bez ohledu na tepelný zdroj [1], proto je v další části práce navrženo řešení tepelných izolací stěn, stropů i podlahy a následně jsou vyjádřeny tepelné úspory oproti nezateplenému domu se stejnými půdorysnými rozměry.

V poslední části práce je vypracováno ekonomické porovnání chytré elektroinstalace s konvenčním řešením. Dále jsou v této části vyčísleny náklady na pořízení fotovoltaické elektrárny a systému na ohřev TUV s vyjádřením finanční návratnosti.

# 1 Návrh chytré elektroinstalace pro RD

Začínajícím trendem současné doby je implementace chytré elektroniky do bytů či rodinných domů a to především kvůli zvýšení komfortu, bezpečí bydlení či vyšší flexibilitě při budoucích úpravách elektroinstalace. Tyto technologie umožňují uživateli centralizovat ovládání všech zařízení v domácnosti, dokonce umožňují ovládat zařízení i vzdáleně pomocí chytrého telefonu připojeného k internetu. Takto ovládat lze například zabezpečovací zařízení, topení a klimatizace, osvětlení, vrata a mnoho dalšího. Česká republika je v implementaci chytrých zařízení poměrně pozadu. Poměr instalované chytré elektroinstalace ke konvenčnímu řešení je 5 %. Pro porovnání, v sousedním Německu je poměr přes 40 %. [2]

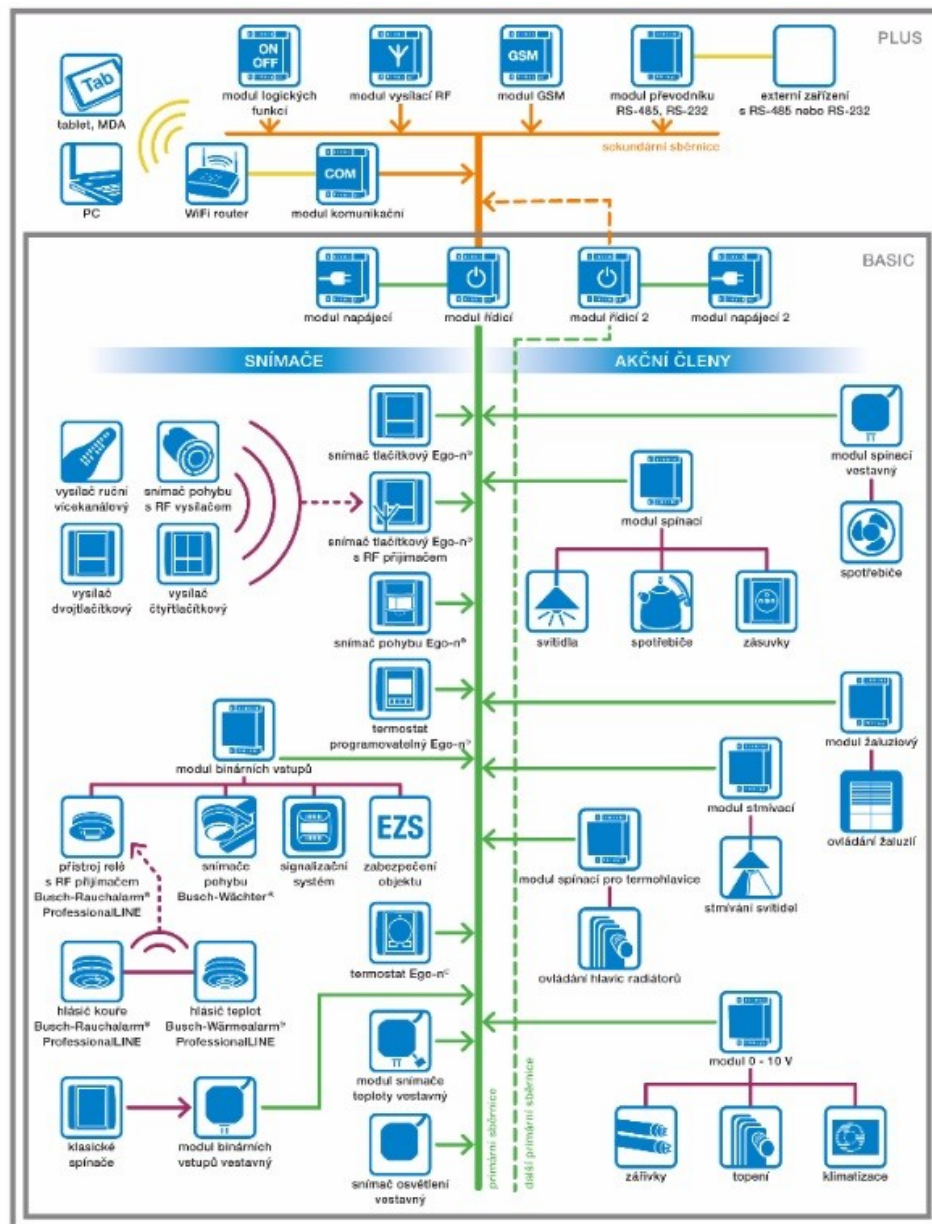
## 1.1 Dílčí kroky při zavádění smart technologií

Prvním krokem před začátkem realizace je uvědomění si jaké zařízení a spotřebiče chceme ovládat smart technologií a jaké funkce mají být vykonávány. Je vhodné vycházet z dispozice domu a půdorysných schémat. Na jeho základě je třeba rozhodnout jak budou rozmístěny jednotlivé spotřebiče, akční členy a snímače. Důležitý je výběr konkrétního systému, na trhu je totiž několik výrobců nabízejících různých řešení pro chytré elektroinstalace. Po promyšlení rozvržení spotřebičů a výběru výrobce je možno nakreslit projektovou dokumentaci elektrické instalace podle kterého se vytvoří finanční rozpočet a na jeho základě se může zadavatel případně rozhodnout na dodatečných úpravách v projektu, v případě odsouhlasení může dojít k samotné realizaci. Výhodou chytré elektroinstalace je možnost snížení množství silových kabelů, pro ovládání totiž slouží sběrnice, jednomu snímači se tedy dá naprogramovat větší množství úkolů a například osvětlení nemusí být zapojeno na klasické vypínače.

## 1.2 Modulární smart elektroinstalace Ego-n

Pro řešení bungalovu jsem vybral implementaci systému Ego-n ve variantě Plus od firmy ABB s.r.o., která cílí na bezpečnost, komfort ale i úsporu energií a je tak vhodná pro realizaci nízkoenergetického domu. Funkční schéma je znázorněno na obrázku *Obr. 1.1*. Tento systém je konfigurovatelný, pro navrhované řešení jsem vybral následující funkce:

- Ochrana proti vykradení pohybovými senzory - sepnutí osvětlení, alarmu a oznámení SMS zprávou,
- ochrana proti požáru pomocí detektory kouře – odeslání SMS zprávy,
- ochrana proti vytopení,
- regulace světelné pohody kombinací osvětlení a žaluzií včetně vybavení venkovními senzory osvětlení detekující sílu svitu slunce,
- regulace tepelné pohody pro jednotlivé místnosti,
- ovládání pomocí spínačů, dálkových ovladačů a telefonu,
- systém s před-nastavitelnými módy.



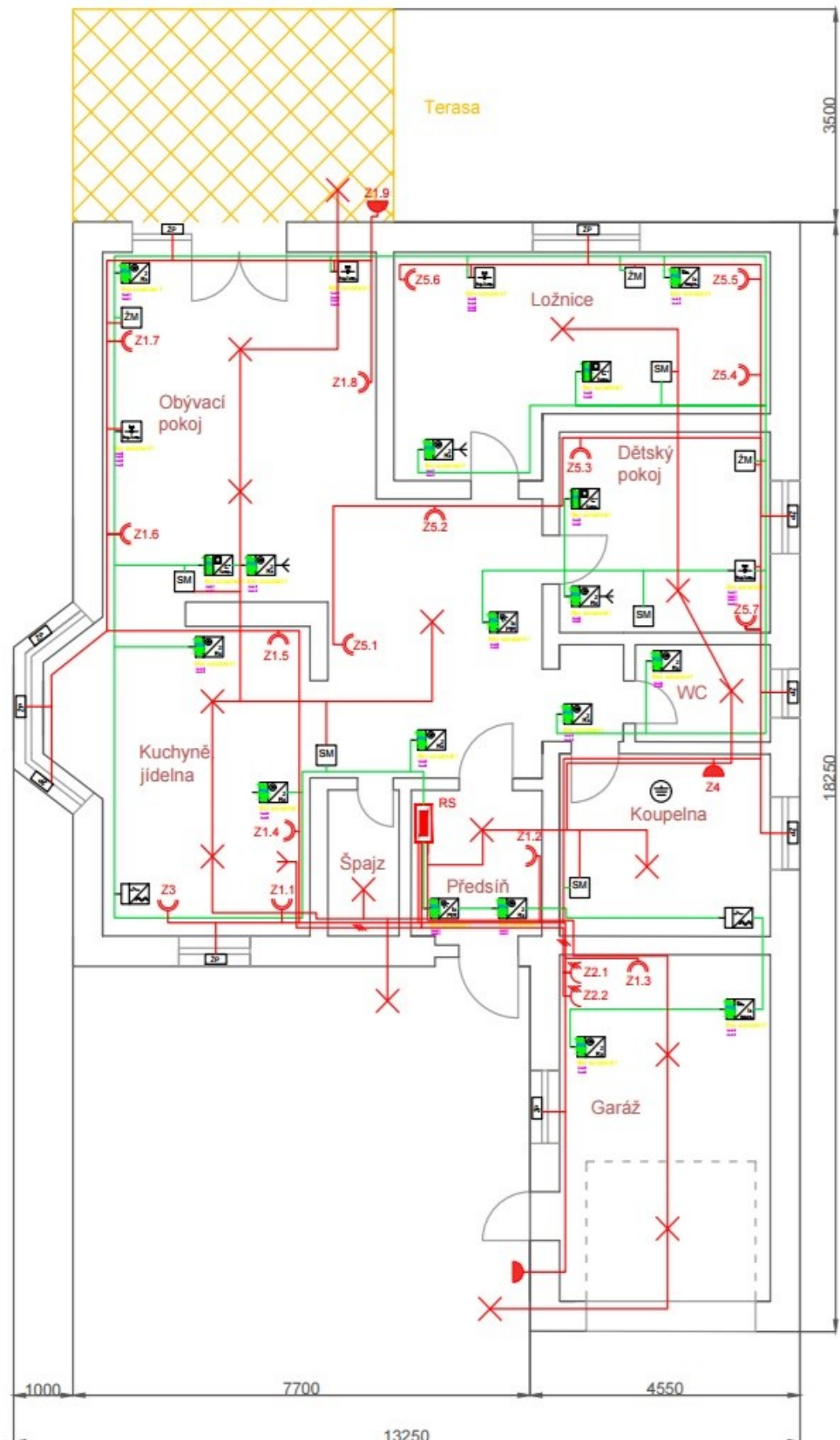
Obr. 1.1 funkční schéma systému Ego-n [3]

### 1.2.1 Rozvržení smart elektroinstalace

V této kapitole je výčet zařízení a elektroinstalačního materiálu pro realizaci a jejich rozmístění, které je rozvrženo tak aby ovládání domácnosti bylo co nejergonomičtější. Pro snadnější představení řešení je na obrázku *Obr. 1.2* vyobrazen půdorys domu včetně rozmístění jednotlivých modulů. Kompletní projekt je pak pro přehlednost přiložen k této práci ve větším měřítku formou přílohy.

Základní prvky systému Ego-n budou umístěny do rozvaděčové skříně umístěné v předsíni, ta musí mít dostatek místa pro umístění všech prvků včetně propojovací primární a sekundární sběrnice sloužící ke komunikaci mezi jednotlivými moduly viz. obrázek *Obr. 1.1* a zároveň musí být vybavena DIN lištami v šíři 35 mm. Na základě těchto požadavků byla zvolena rozvodnice typu RZB-3N72-B určená pro zapuštěnou montáž s ohledem na úsporu místa s možností instalace až 72 modulů (jeden modul odpovídá 17,5 mm šířky), pro tento projekt bude zapotřebí místo pro 58 modulů, zbytek bude tedy rezerva pro případné změny do budoucna. Mezi prvky umístěné v rozvodnici mimo jističe a chrániče budou:

- *Modul řídicí 3270-C16100* mající na starosti veškerou komunikaci mezi prvky jichž může k tomuto modulu být připojeno až 64, instalace nutná s 15 mm odstupem od ostatních modulů kvůli vyšším tepelným ztrátám,
- *modul napájecí 3270-C16900* dodávající napětí do primární sběrnice,
- *modul komunikační 3270-C16200* dodávající napětí do sekundární sběrnice a sloužící ke komunikaci mezi zařízeními na sekundární sběrnici, je vybaven portem RJ-45 pro připojení PC,
- *modul GSM 3270-C16500* umožňující odesílání informačních SMS zpráv,
- *modul spínací 4x10 A 3270-C47100* pro ovládání svítidel,
- *5 x modul spínací 1x10 A 3279-C17100* pro ovládání svítidel,
- *modul spínací 4x16 A 3270-C47200* pro ovládání ostatních spotřebičů s maximálním příkonem 2 kW,
- *modul výstupů 4x 0-10 V 3270- C47800* pro řízení zařízení s nízkým napětím,
- *2x modul stmívací 2 x 300 W 3270-C27900* pro plynulé řízení jasu osvětlení,
- *modul spínací pro termohlavice, řadový 3270-C67600* pro ovládání až šesti hlavíc.



Obr. 1.2 půdorys domu

Rozmístění spínacích prvků bude provedeno, tak aby rozvržení odpovídalo požadavkům na komfort a jejich ergonomické využívání. Do předsíně a do chodby mezi obývacím pokojem, dětským pokojem a WC budou umístěny snímače pohybu z řady Element ovládající osvětlení v těchto prostorách, v ostatních místnostech bude ovládání provedeno tlačítkovými snímači umístěnými vždy v blízkosti dveří popř. dálkovým ovládáním. Do obývacího pokoje, ložnice a dětského pokoje budou umístěny programovatelné termostaty z řady Element spolu s ovládací termoelektrickou hlavicí. (Použité termostaty jsou multifunkční, jsou vybaveny displejem a čtyřmi tlačítky jimž se dá přiřadit libovolná funkce). V těchto místnostech se předpokládá přepínání mezi různými režimy (např. Spánek, sledování TV apod.), z tohoto důvodu budou v těchto místnostech instalovány tlačítkové snímače vybavené radiofrekvenčním přijímačem, ty budou sloužit pro bezdrátové přepínání režimů speciálním ovladačem. Na povelů bude reagovat osvětlení, topení a rolety. Pro ovládání rolet bude umístěn u části z nich modul žaluziový, vestavný, ten bude doplněn o snímač osvětlení pro automatickou regulaci v reakci na osvit sluncem. Část rolet bude ovládána žaluziovým modulem řadovým, který bude umístěn v rozvodnici. Pro ochranu rolet před silným větrem bude instalován venkovní snímač rychlosti větru, pokud bude hodně foukat, rolety se automaticky vytáhnou. Posledním snímačem bude modul signalizace úniku vody umístěný v kuchyni a koupelně, v případě detekce úniku vody se automaticky uzavře hlavní uzávěr vody a zamezí tak rozsáhlejší škodám.

### 1.2.2 Propojení a zásady instalace

Veškeré zapojení a rozmístění prvků v elektroinstalaci se řídí dle normy ČSN 33 2130. Propojení modulů a jisticích prvků v rozvodnici je vidět na schématu v příloze G Výčet modulů umístěných v rozvodnici sloužících pro fungování smart elektroinstalace je v předchozí kapitole. Přívod do rozvodnice je proveden kabelem CYKY-J 5x10 z elektroměrového rozvaděče. Moduly pro smart technologii jsou podle doporučení výrobce jištěny jističem charakteristiky B na 6 A, to neplatí pro stmívací a řídicí moduly, ty jsou napájeny ze sběrnice. Primární i sekundární sběrnice pro propojení modulů je provedena kabelem YCYM 2x2x0,8, připojení je pomocí sběrnice a připojovací svorkovnice. Jištění osvětlení je provedeno jističi B10/1, ty jsou použity v počtu dvou kusů. Většina vývodů pro osvětlení je ještě propojena buď se stmívači nebo spínacími moduly (viz. Příloha G).

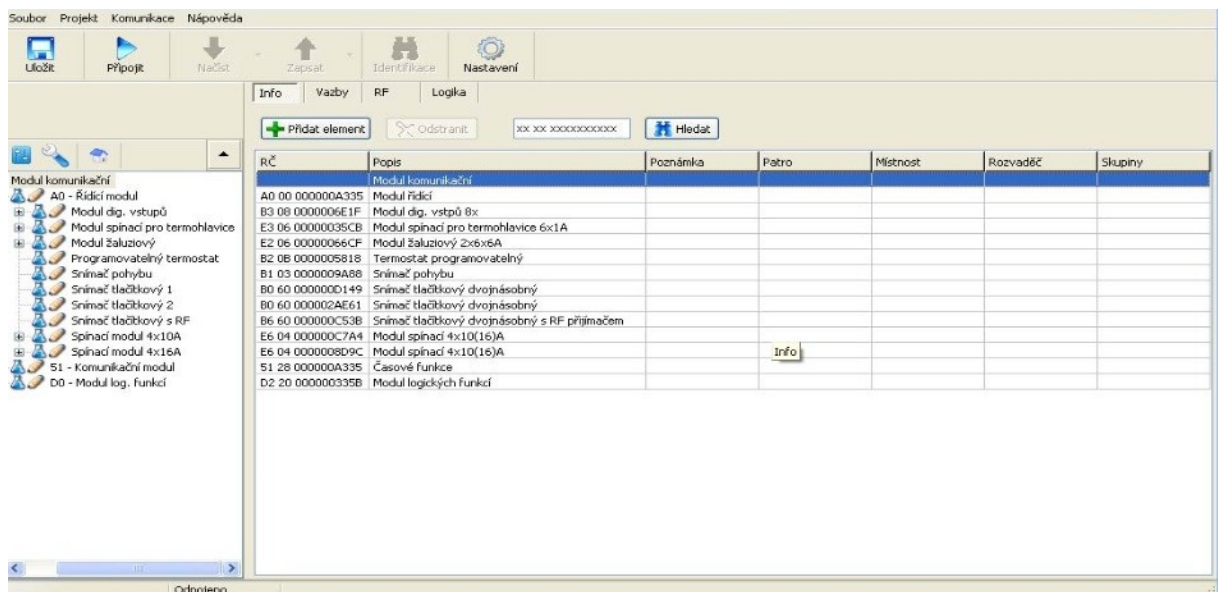
Zásuvkové okruhy jsou připojeny na jistič B16/1 (B16/3 u třífázových zásuvek), zásuvka do koupelny je navíc připojena přes proudový chránič. Pro každý okruh je počítáno s maximálně 10 zásuvkovými vývody pro splnění platné normy, jednotlivé okruhy jsou pak připojeny ke spínacímu modulu a lze je tedy ovládat podobně jako světelné okruhy pomocí systému Ego-n.

Sběrnice vyvedená z rozvodnice mající za úkol napájet a přenášet informace mezi všemi moduly (akční členy, senzory) může dosahovat maximálně 700 m a její odbočky mohou mít maximálně 30 m, což je v tomto projektu splněno. Sběrnice se umísťuje buď přímo pod omítku, nebo do plastových trubek, což je výrobcem doporučeno. Vedení sběrnice je navrženo z rozvodnice v předsíni s odbočkou do garáže přes kuchyň, obývací pokoj, ložnici a dětský pokoj se zakončením v chodbičce u WC. Vodiče CYKY-J 3x2,5 propojují zásuvky a jsou využity i pro napájení elektromotorů žaluzií a ovládání termostatických hlavic radiátorů pro regulaci teploty. Světla jsou pak propojena kabelem CYKY-J 3x1,5. V systému Ego-n není zapotřebí svítidla připojovat přes vypínače, jsou ovládány spínacími moduly umístěnými v rozvodnici jenž se ovládají pomocí tlačítek připojených na sběrnici nebo bezdrátově ovladačem či mobilním telefonem. Je zde tedy možnost veškeré vodiče k osvětlení vést přímo stropem bez nutnosti svádět vodiče k vypínačům či elektroinstalačním krabicím.

### 1.2.3 Programování systému Ego-n

Jelikož je navrhovaná elektroinstalace Ego-n ve verzi plus, znamená to že celá elektroinstalace je pohodlně programovatelná z počítače po připojení ke komunikačnímu modulu skrze UTP síťového kabelu. Na počítači je třeba mít nainstalovaný software Ego-n Asistent, jehož prostředí je vidět na obrázku *Obr 1.3*, a je nutné nastavit pevnou adresu TCP/IP na 192.168.1.159. Druhá varianta připojení komunikačního modulu k počítači je skrze stávající LAN síť do routeru, pak je však zapotřebí do tohoto modulu masku podsítě, výchozí bránu a TCP port. Při prvním spuštění programu se zvolí možnost založit nový projekt a následně se stiskne tlačítko hledej Ego-n. Při úspěšném navázání komunikace se otevře hlavní okno programu kde se zvolí možnost připojit.

Před samotným nastavováním funkcí systému je vhodné si pojmenovat každý modul a komunikační kanál pro zlepšení orientace při programování. Následně se vytvářejí vazby mezi snímačem a akčním členem. Po aktivaci karty vazby jsou snímače vyobrazeny v levé části okna a výstupy jsou napravo, po jejich výběru se nastaví parametry vazby. V této fázi se vybere událost snímače na kterou výstupní modul reaguje podle požadovaného nastavení. Ke každému snímači je možno přiřadit více akčních členů a naopak. Vedle karty vazby se nachází záložka RF přijímače, kde se spravují RF vysílače uložené v přijímačích. RF vysílače se nastavují obdobně jako ostatní snímače. Pro nastavení komunikace prostřednictvím SMS zpráv se otevře záložka GSM modul, kde se nastavují obsahy informačních zpráv a telefonní čísla, kam jsou informační zprávy na základě přednastavených podmětů zasílány. Pro vzdálenou správu elektroinstalace pomocí smartphonu či tabletu je třeba v záložce WWW ovládání povolit zařízení které chceme připojit. Předpokladem pro vzdálené ovládání je nainstalovaná aplikace Ego-n na mobilním telefonu, která je dostupná jak na Android tak na iOS. [4]



Obr. 1.3 Ukázka prostředí Ego-n asistent [5]



### 1.3 Připojení objektu do rozvodné soustavy

Pro návrh přípojky je uvažováno umístění domu resp. HDS ve vzdálenosti 200 m od transformátoru 22kV/400V jehož připojení realizováno vodičem AYKY 3x120 + 70 vedeného v zemi. Vzdálenost od domovního rozvaděče od elektroměrového je 10 m viz. Příloha B a na jejich propojení je navrženo využití kabelu CYKY-J 5x10, jehož vhodnost využití je ověřena pomocí výpočtů v kapitole 1.3.2.

#### 1.3.1 Základní parametry pro dimenzování kabelu přípojky

Tabulka 1.1 Vstupní hodnoty

Soudobost	$\beta = 0,77$
Instalovaný příkon	$P_i = 22 \text{ kW}$
Sdružené napětí	$U_s = 400 \text{ V}$
Účinník	$\cos = 0,98$
Teplota okolí (země)	$t = 20^\circ\text{C}$
Koeficient uložení v zemi	$k_1 = 1,1$
Koeficient závislost teploty	$k_2 = 1,22$
Délka kabelu	$l = 10 \text{ m}$
Průřez vodičů	$S = 10 \text{ mm}^2$
Měrná vodivost mědi	$\gamma_{\text{cu}} = 56 \text{ S}\cdot\text{m}/\text{mm}^2$
Napájecí proud vedení	$I_{\text{NV}} = 63 \text{ A}$
Přepočítávací koeficient	$k = 1,1$
Zdánlivý zkratový výkon	$S_k'' = 54,4 \text{ MVA}$
Rázový zkratový proud zdroje	$I_k'' = 3,15 \text{ kA}$
Jmenovitý výkon transformátoru	$S_{\text{RT}} = 0,4 \text{ MVA}$
Sekundární napětí transformátoru	$U_{\text{RTL}} = 0,4 \text{ kV}$
Napětí nakrátko	$u_{\text{kR}} = 6 \%$
Napětí nakrátko ohmická složka	$u_{\text{RR}} = 3,2\%$
Prim. jmen. napětí transformátoru	$U_n = 22 \text{ kV}$

### 1.3.2 Výpočet

*Soudobý příkon*

$$P_{\beta} = P_i \cdot \beta = 22 \cdot 0,77 = 16,94 \text{ kW} \quad (1.1)$$

*Proud protékající přípojkou*

$$I_p = \frac{P_{\beta}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{16,94 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 24,95 \text{ A} \quad (1.2)$$

Maximální jmenovitá hodnota proudu protékající kabelem

$$I_{NP} = \frac{I_p}{k_1 \cdot k_2} = \frac{24,95}{1,1 \cdot 1,22} = 18,59 \text{ A} \quad (1.3)$$

*Maximální dovolená hodnota proudu protékající kabelem*

$$I_{DOV} = I_{NV} \cdot k_1 \cdot k_2 = 63 \cdot 1,1 \cdot 1,22 = 84,55 \text{ A} \quad (1.4)$$

Napájecí proud vedení je dán maximálním proudovým zatížením kabelu dle normy ČSN 33 2000-5-523 , v našem případě CYKY-J 5x10 uložený v trubkách v zemi, pro který platí že v jedné fázi může protékat proud o maximální hodnotě 63 A. Je zde s relativně velkou rezervou splněna podmínka že  $I_{NP} < I_{DOV}$ .

*Kontrola na úbytek napětí*

Úbytek napětí od elektroměrového rozvaděče k hlavnímu rozvaděči nesmí přesáhnout 2 % ze jmenovitého napětí  $U_s$ .

$$\begin{aligned}\Delta U &< 2 U_s \\ \Delta U &< 0,02 \cdot 400 \\ \Delta U &< 8 V\end{aligned}\tag{1.5}$$

$$\Delta U = \frac{l \cdot P_\beta}{\gamma_{Cu} \cdot S \cdot U_s} = \frac{9 \cdot 16,94 \cdot 10^3}{56 \cdot 10 \cdot 400} = 0,68 V < 8 V\tag{1.6}$$

Kabel z hlediska úbytku napětí vyhovuje.

### Návrh jištění přípojky

Přípojení v přípojkové skříní bude provedeno přes nožové pojistky o jmenovité hodnotě 40 A. Za nožovými pojistkami bude umístěn jistič typu B o hodnotě 32A, což vyhovuje tomu aby tato hodnota byla nižší než  $I_{DOV}$ .

Převod síťového napájecího zdroje

$$p = \frac{U_n}{U_s} = \frac{22000}{400} = 55\tag{1.7}$$

### Impedance sítě

$$Z_s = \frac{k \cdot U_n^2}{S_k \cdot p^2} = \frac{1,1 \cdot 22000^2}{54,5 \cdot 10^6 \cdot 55^2} = 3,23 m\Omega\tag{1.8}$$

### Transformátor

$$\begin{aligned}Z_T &= \frac{u_{kR}}{100} \cdot \frac{U_{RTL}^2}{S_{RT}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{(0,4 \cdot 10^3)^2}{0,4 \cdot 10^6} = 24 m\Omega \\ R_T &= \frac{u_{RR}}{100} \cdot \frac{U_{RTL}^2}{S_{RT}} = \frac{3,2}{100} \cdot \frac{(0,4 \cdot 10^3)^2}{0,4 \cdot 10^6} = 12,8 m\Omega \\ X_T &= \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{24^2 - 12,8^2} = 20,3 m\Omega\end{aligned}\tag{1.9}$$

*Kabelové vedení L1 AYKY 3 x 120 + 70:*

$$l_{L1} = 200 \text{ m}$$

$$R_{L1}' = 0,4423 \text{ } \Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$X_{L1}' = 0,15 \text{ } \Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$R_{L1} = R_{L1}' \cdot l_{L1} = 88,46 \text{ m}$$

$$X_{L1} = X_{L1}' \cdot l_{L1} = 30 \text{ m}$$

$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} = 93,41 \text{ m}\Omega \quad (1.10)$$

*Kabelové vedení L2 CYKY-J 5 x 10:*

$$l_{L2} = 9 \text{ m}$$

$$R_{L2}' = 0,76 \text{ } \Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$X_{L2}' = 0,9 \text{ } \Omega \cdot \text{km}^{-1}$$

$$R_{L2} = R_{L2}' \cdot l_{L2} = 6,84 \text{ m}$$

$$X_{L2} = X_{L2}' \cdot l_{L2} = 8,1 \text{ m}$$

$$Z_{L2} = \sqrt{R_{L2}^2 + X_{L2}^2} = 10,6 \text{ m}\Omega \quad (1.11)$$

*Celková impedance zkratové smyčky*

$$Z_k = Z_S + Z_T + Z_{L1} + Z_{L2} = 3,23 + 24 + 93,41 + 10,6 = 131,24 \text{ m}\Omega \quad (1.12)$$

*Výpočet zkratového proudu*

$$I_k'' = \frac{k \cdot U_{n0,4}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 131,24 \cdot 10^{-3}} = 1,94 \text{ kA} \quad (1.13)$$

*Ekvivalentní oteplovací proud*

$$I_{kE} = k_E \cdot I_k'' = 1 \cdot 1,94 = 1,94 \text{ kA} \quad (1.14)$$

*Kontrola na minimální průřez*

$$S_{min} = \frac{I_{kE} \cdot \sqrt{t_k}}{K} = \frac{1,94 \cdot \sqrt{1}}{200} = 9,7 \text{ mm}^2 \quad (1.15)$$

Koeficient K je určen z normy ČSN 33 3015 a délka trvání zkratu  $t_k$  je uvažována 1s. Aby kabel vyhovoval, je třeba aby  $S \geq S_{min}$ , což platí a podmínka pro minimální průřez kabelu CYKY-J 5x10 je tedy splněna.

**1.3.3 O programu SICHR 16.02**

Výpočtový program Sichr je určen k návrhu a kontrole paprskových sítí TN-C, TN-C-S a IT bez vyvedeného středního vodiče ve všech standardních napěťových hladinách. Tento program obsahuje databázi jisticích a spínacích prvků, proudových chráničů a svodičů přepětí především od výrobce OEZ. Dále je zde otevřená databáze transformátorů a silových kabelů. V těchto databázích jsou u každého zařízení přiřazené parametry, které pak slouží pro výpočet dle platných norem. [6] Pro provedení výpočtu je program k dispozici na stránkách výrobce a po zaregistrování je zdarma k užití.

**1.3.4 Výpočty v programu SICHR**

Projekt : Rodinný dům DP

Autor :

Datum : 05.01.2017

**Všeobecné informace a soupiska materiálu**

Soubor : sichr

Sít TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.

K ověření selektivity byly použity údaje výrobce

K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, PNE 33 0000-1 ed. 5, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.

K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce

Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma

Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0

**Soupiska strojů, přístrojů a vodičů**

Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení

Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

Přístroje označené \* nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

1T1	SGB DOTN 50H 22/0.40, In = 72 A, Sr = 50 kVA	1 ks
1Q2	LVN-80B-3	1 ks
1L3	1-AYKY 3x120+70	250 m
1F4	* FH000-3...	1 ks
1F4	PHNA000 40A gG	3 ks
1L5	CYKY4x10	0.3 m
1Q6	LTE-32B-3	1 ks
1L8	CYKY 5x10	10 m

Dimenzování přípojky – všeobecné informace a soupiska materiálu



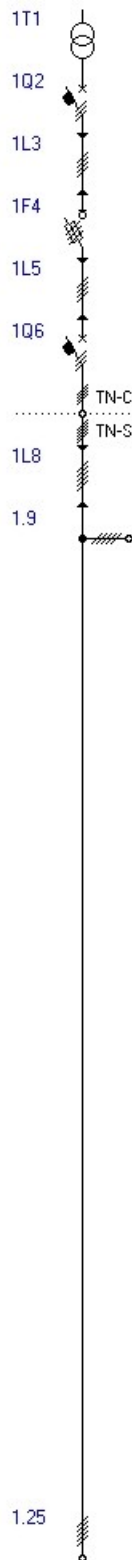
Projekt : Rodinný dům DP

**Celkové schéma**

Datum : 05.01.2017

Soubor : s1chr

Sít TN,  $U_n = 230 / 400 \text{ V}$



## Dimenzování přípojky – celkové schéma



Projekt : Rodinný dům DP

**Přehled parametrů a výpočtů ( TN, Un = 230/400 V )**

Datum : 05.01.2017

Soubor : sichr

<b>1T1</b>	<b>SGB DOTN 50H 22/0.40</b> U <sub>2</sub> = 231/400 V    S <sub>r</sub> = 50 kVA I <sub>n</sub> = 72 A            uk = 4 % dU = 1.0 %	I <sub>k</sub> " = 1.80 kA ip = 2.82 kA	Parametry VN sítě : Sk = 500 MVA, X/R = 10
<b>1Q2</b>	<b>LVN-80B</b> I <sub>n</sub> = 80 A	I <sub>cn</sub> = 10 kA ip = 2.82 kA	I <sub>i</sub> = 360 A Z <sub>s</sub> (0,4s) = 574 mΩ, I <sub>a</sub> = 402 A, R(50V/5s) = 124 mΩ
<b>1L3</b>	<b>1-AYKY 3x120+70</b> I <sub>z</sub> = 156.8 A        tm = 22 ° C dU = 0.9 %        I <sub>2t</sub> < k2S2	I <sub>k</sub> " = 1.23 kA ip = 1.82 kA	250 m v zemi (D) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 297 mΩ < 574 mΩ ) Teplota okolí [st. C] : 20 Měrný tepelný odpor [K.m/W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště Uspořádání seskupených obvodů : 1 x přímo v zemi
<b>1F4</b>	<b>PHNA000 40A qG</b> I <sub>n</sub> = 40 A	I <sub>cc</sub> = 120 kA ip = 1.82 kA	Připojeno pomocí FH000 Z <sub>s</sub> (0,4s) = 693 mΩ, I <sub>a</sub> = 333 A, R(50V/5s) = 294 mΩ 1Q2-1F4 selektivní minimálně do 269 A
<b>1L5</b>	<b>CYKY4x10</b> I <sub>z</sub> = 60 A            tm = 48 ° C dU = 0.0 %        I <sub>2t</sub> < k2S2	I <sub>k</sub> " = 1.22 kA ip = 1.81 kA	0.3 m ve vzduchu (E) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 298 mΩ < 693 mΩ ) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : Na vodorovných perforovaných lávkách Počet seskupených obvodů na lávce, žebříku či roštu : 1 Uspořádání seskupených obvodů : V jedné vrstvě těsně Počet lávek, žebříků či roštů : 1
<b>1Q6</b>	<b>LTE-32B</b> I <sub>n</sub> = 32 A	I <sub>cn</sub> = 50 kA* ip = 1.81 kA	I <sub>i</sub> = 144 A Z <sub>s</sub> (0,4s) = 1.43 Ω, I <sub>a</sub> = 161 A, R(50V/5s) = 310 mΩ 1F4-1Q6 selektivní minimálně do 109 A
<b>1L8</b>	<b>CYKY 5x10</b> I <sub>z</sub> = 51.8 A        tm = 53 ° C dU = 0.3 %        I <sub>2t</sub> < k2S2	I <sub>k</sub> " = 1.13 kA ip = 1.66 kA	10 m v zemi (D) O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 337 mΩ < 1.43 Ω ) k = 0.640
<b>1.9</b>	<b>Vývod</b> P = 21 kW x B = 21 kVcos φ = 0.95 I = 31.9 A            B = 1 U = 392 V (Un - 2.1%)	I <sub>k</sub> " = 1.13 kA ip = 1.66 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 337 mΩ < 1.43 Ω )
<b>1.25</b>	<b>Vývod</b> S = 0 VA U = 392 V (Un - 2.1%)	I <sub>k</sub> " = 1.13 kA ip = 1.66 kA	O.K. Z <sub>sv</sub> < Z <sub>s</sub> (0,4s) ( 337 mΩ < 1.43 Ω )

## Dimenzování přípojky – přehled parametrů a výpočtů



**Projekt : Rodinný dům DP**  
**Selektivita jištění**

Datum : 05.01.2017

Soubor : sigr

Sít TN,  $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	SGB DOTN 50H 22/0.40 $I_n = 72 \text{ A}$ $S_r = 50 \text{ kVA}$ $I_k'' = 1.80 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $dU = 1.0 \%$ $u_k = 4 \%$ $i_p = 2.82 \text{ kA}$	
1Q2	LVN-80B $I_n = 80 \text{ A}$ $I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $I_i = 360 \text{ A}$ $i_p = 2.82 \text{ kA}$	
1L3	1-AYKY 3x120+70 $I_z = 156.8 \text{ A}$ $t_m = 22 \text{ °C}$ $I_k'' = 1.23 \text{ kA}$ 250 m v zemi (D) $dU = 0.9 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.82 \text{ kA}$	
1F4	PHNA000aG $I_n = 40 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí FH000	
	1Q2-1F4 selektivní minimálně do 269 A	
1L5	CYKY4x10 $I_z = 60 \text{ A}$ $t_m = 48 \text{ °C}$ $I_k'' = 1.22 \text{ kA}$ 0.3 m ve vzduchu (E) $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.81 \text{ kA}$	
1Q6	LTE-32B $I_n = 32 \text{ A}$ $I_{cn} = 50 \text{ kA}^*$ $I_i = 144 \text{ A}$	
	1F4-1Q6 selektivní minimálně do 109 A	
	TN-C TN-S	
1L8	CYKY 5x10 $I_z = 51.8 \text{ A}$ $t_m = 53 \text{ °C}$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ 10 m v zemi (D) $dU = 0.3 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	
1.9	Vývod $P = 21 \text{ kW}$ $x_B = 21 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $I = 31.9 \text{ A}$ $U = 392 \text{ V}$ ( $U_n \cdot 2.1\%$ ) $B = 1$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	
1.25	Vývod $S = 0 \text{ VA}$ $U = 392 \text{ V}$ ( $U_n \cdot 2.1\%$ ) $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	

Dimenzování přípojky – selektivita jištění





**Projekt : Rodinný dům DP**  
**Impedanční smyčky**

Datum : 05.01.2017

Soubor : sivr

Sít TN,  $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	SGB DOTN 50H 22/0.40 $I_n = 72 \text{ A}$ $S_r = 50 \text{ kVA}$ $I_k'' = 1.80 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $dU = 1.0 \%$	
1Q2	<u>LVN-80B</u> $I_n = 80 \text{ A}$ $I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $I_i = 360 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 574 \text{ m}\Omega$ , $I_a = 402 \text{ A}$ , $R(50V/5s) = 124 \text{ m}\Omega$	
1L3	<u>1-AYKY 3x120+70</u> $I_z = 156.8 \text{ A}$ $t_m = 22^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.23 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( $297 \text{ m}\Omega < 574 \text{ m}\Omega$ ) 250 m, (D) $dU = 0.9 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.82 \text{ kA}$	
1F4	<u>PHNA000aG</u> $I_n = 40 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí FH000 $Z_s(0,4s) = 693 \text{ m}\Omega$ , $I_a = 333 \text{ A}$ , $R(50V/5s) = 294 \text{ m}\Omega$	
1L5	<u>CYKY4x10</u> $I_z = 60 \text{ A}$ $t_m = 48^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.22 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( $298 \text{ m}\Omega < 693 \text{ m}\Omega$ ) 0.3 m, (E) $dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.81 \text{ kA}$	
1Q6	<u>LTE-32B</u> $I_n = 32 \text{ A}$ $I_{cn} = 50 \text{ kA}^*$ $I_i = 144 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.43 \text{ }\Omega$ , $I_a = 161 \text{ A}$ , $R(50V/5s) = 310 \text{ m}\Omega$	
	TN-C TN-S	
1L8	<u>CYKY 5x10</u> $I_z = 51.8 \text{ A}$ $t_m = 53^\circ \text{ C}$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( $337 \text{ m}\Omega < 1.43 \text{ }\Omega$ ) 10 m, (D) $dU = 0.3 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	
1.9	<u>Vývod</u> $P = 21 \text{ kW}$ $B = 21 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( $337 \text{ m}\Omega < 1.43 \text{ }\Omega$ ) $I = 31.9 \text{ A}$ $U = 392 \text{ V}$ ( $U_n - 2.1\%$ ) $B = 1$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	
1.25	<u>Vývod</u> $S = 0 \text{ VA}$ $U = 392 \text{ V}$ ( $U_n - 2.1\%$ )	$I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ ( $337 \text{ m}\Omega < 1.43 \text{ }\Omega$ ) $i_p = 1.66 \text{ kA}$

**Dimenzování přípojky – impedanční smyčky**



Projekt : Rodinný dům DP

**Vypínací charakteristiky a nastavení spouští**

Datum : 05.01.2017

Soubor : sigr

Sít TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	SGB DOTN 50H 22/0.40 In = 72 A Sr = 50 kVA U2 = 231/400 V dU = 1.0 % uk = 4 % ip = 2.82 kA	Ik'' = 1.80 kA
1Q2	LVN-80B In = 80 A ip = 2.82 kA	Icn = 10 kA li = 360 A
1L3	1-AYKY 3x120+70 Iz = 156.8 A tm = 22 ° C dU = 0.9 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> ip = 1.82 kA	Ik'' = 1.23 kA 250 m v zemi (D)
1F4	PHNA000qG In = 40 A ip = 1.82 kA	Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH000
1L5	CYKY4x10 Iz = 60 A tm = 48 ° C dU = 0.0 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> ip = 1.81 kA	Ik'' = 1.22 kA 0.3 m ve vzduchu (E)
1Q6	LTE-32B In = 32 A ip = 1.81 kA	Icn = 50 kA* li = 144 A
	TN-C TN-S	
1L8	CYKY 5x10 Iz = 51.8 A tm = 53 ° C dU = 0.3 % I <sup>2</sup> t < k <sup>2</sup> S <sup>2</sup> ip = 1.66 kA	Ik'' = 1.13 kA 10 m v zemi (D)
1.9	Vývod P = 21 kWxB=21 kW cos fi = 0.95 I = 31.9 A U = 392 V (Un - 2.1%) B = 1 ip = 1.66 kA	Ik'' = 1.13 kA
1.25	Vývod S = 0 VA U = 392 V (Un - 2.1%) ip = 1.66 kA	Ik'' = 1.13 kA

Dimenzování přípojky – vypínací charakteristiky a nastavení spouští



**Projekt : Rodinný dům DP**  
**Ekonomická optimalizace**

Datum : 05.01.2017

Soubor : s1chr

Sít TN,  $U_n = 230 / 400 \text{ V}$

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1T1	SGB DOTN 50H 22/0.40 $I_n = 72 \text{ A}$ $S_r = 50 \text{ kVA}$ $I_k'' = 1.80 \text{ kA}$ $U_2 = 231/400 \text{ V}$ $dU = 1.0 \%$ $u_k = 4 \%$ $i_p = 2.82 \text{ kA}$	
1Q2	<u>LVN-80B</u> $I_n = 80 \text{ A}$ $I_{cn} = 10 \text{ kA}$ $I_i = 360 \text{ A}$ $i_p = 2.82 \text{ kA}$	
1L3	<u>1-AYKY 3x120+70</u> $I_z = 156.8 \text{ A}$	
1F4	<u>PHNA000qG</u> $I_n = 40 \text{ A}$ $I_{cc} = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí FH000 $i_p = 1.82 \text{ kA}$	
1L5	<u>CYKY4x10</u> $I_z = 60 \text{ A}$	
1Q6	<u>LTE-32B</u> $I_n = 32 \text{ A}$ $I_{cn} = 50 \text{ kA}^*$ $I_i = 144 \text{ A}$ $i_p = 1.81 \text{ kA}$	
	TN-C	
	TN-S	
1L8	<u>CYKY 5x10</u> $I_z = 51.8 \text{ A}$	
1.9	<u>Vývod</u> $P = 21 \text{ kW} \times B = 21 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $I = 31.9 \text{ A}$ $U = 392 \text{ V}$ ( $U_n - 2.1\%$ ) $B = 1$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	
1.25	<u>Vývod</u> $S = 0 \text{ VA}$ $U = 392 \text{ V}$ ( $U_n - 2.1\%$ ) $I_k'' = 1.13 \text{ kA}$ $i_p = 1.66 \text{ kA}$	

Dimenzování přípojky – ekonomická optimalizace

## 1.4 Návrh ochrany před atmosférickým přepětím

Provádění návrhu ochrany proti atmosférickým přepětím vyžaduje dodržování normy ČSN EN 62 305-1-3. Cílem správného návrhu je jímat všechny blesky směřující do objektu, tak aby byly bezpečně svedeny do země.

### 1.4.1 Součásti ochrany před atmosférickým přepětím

Hlavní součástí hromosvodů je *jímací zařízení*, je umístěno většinou na nejvyšším bodě chráněného objektu. Podle provedení se jímací zařízení dělí na:

- hřebenovou soustavu,
- mřížovou soustavu,
- tyčový hromosvod,
- oddálený hromosvod (stožárový, závěsový, klecový).

Oproti minulým dobám, kdy byly jímací tyče vysoké až čtyři metry nad hřebenem střechy a byly složitě ukotveny ke krovu, dnes se využívají jímače v hřebenové soustavě, které jsou z lehkého hliníku 30 – 50 cm vysoké a připevňují se snadno ke hřebenu.

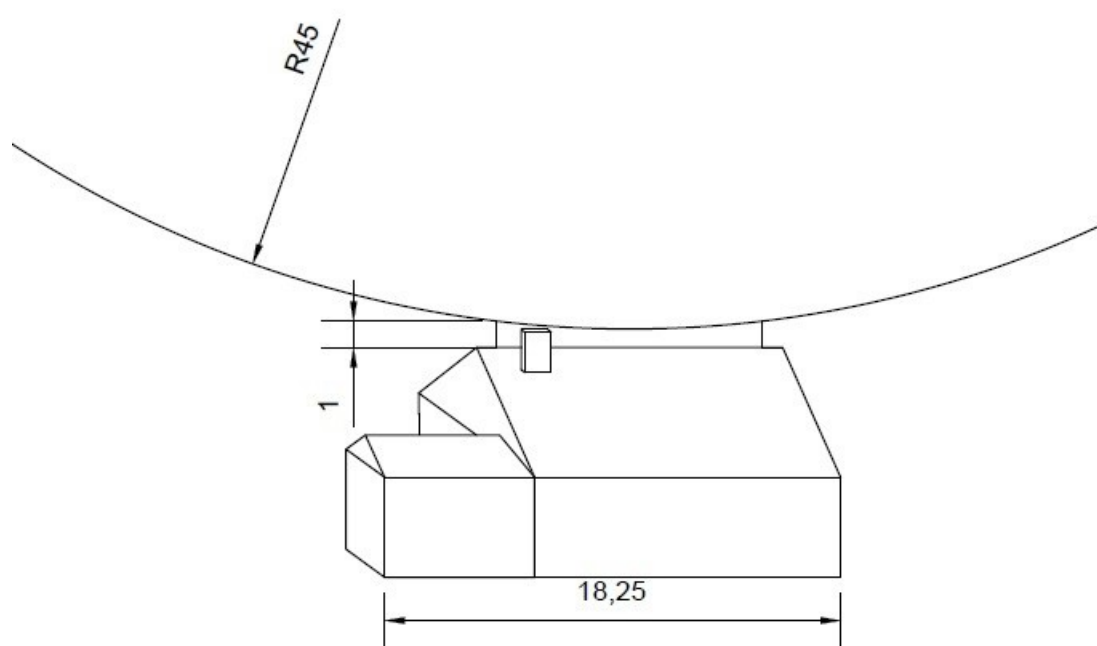
Z jímacího zařízení je blesk dále propojen s uzemněním pomocí *svodů*, ty by měli být vedeny vně budov, ideálně v rozích a v co největší vzdálenosti od oken a dveří. Dle normy ČSN EN 62305-1-3 musí být splněno že odpor  $R_z$  jednoho svodu včetně zemniče nesmí přesáhnout 10  $\Omega$ , je tedy nutné dodržovat použití normovaných materiálů a průřezů. Pro svody se nejčastěji používají vodiče FeZn s průměrem 8 mm v částech nad zemí, pod zemí se používá průměr 10 mm nebo pásky s rozměrem 4x30 mm. V případě využití mědi, lze využít drát s průměrem 6 a 8 mm.

Třetí důležitou součástí bleskosvodu jsou *zemniče*, ty tvoří kontakt hromosvodu se zemí. Jsou-li zemniče oddělené pro každý svod zvlášť, měli by být rozmístěny pravidelně okolo chráněného objektu, lze však použít i společnou uzemňovací soustavu. Zemniče se dělí na:

- tyčové,
- páskové,
- deskové.

### 1.4.2 Rozvržení jímačů

Rozmístění jímačů na střeše je možno navrhnout dle metody valící se koule. Důležité je aby se pomyslná koule nad domem dotýkala pouze jímačů, poloměr takové koule se liší dle třídy LPS. Rodinný dům patří do třídy LPS III, což znamená že poloměr valící se koule musí být podle normy  $r = 45$  m. Pro uvažovaný rodinný dům jsou navrženy 2 jímače z hliníkové slitiny AlMgSi o délce jednoho metru. Vhodnost tohoto řešení je znázorněno na obrázku Obr. 1.4 pomocí metody valivé koule.



Obr. 1.4 Znáornění metody valivé koule

### 1.4.1 Návrh svodů a zemničů

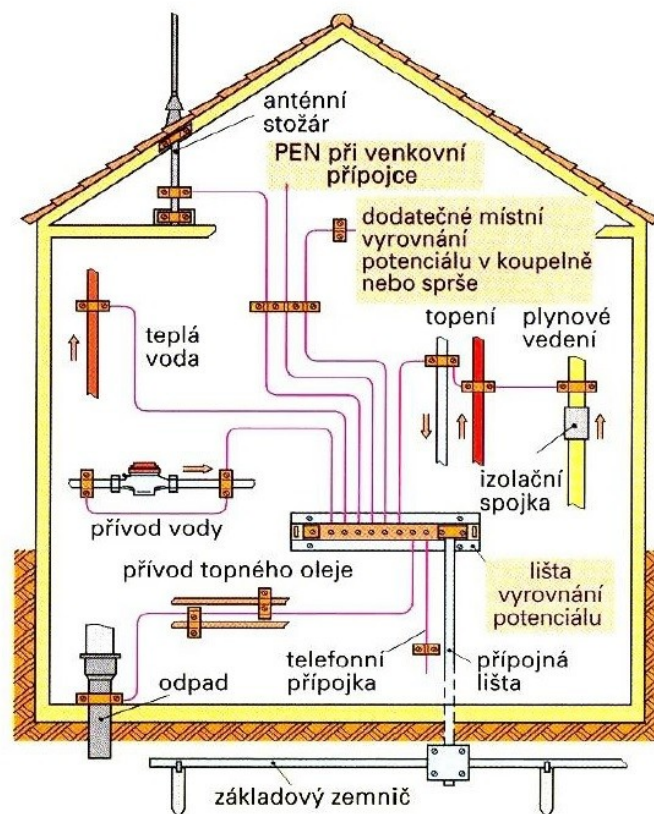
Svody je třeba vést co nejkratší cestou směrem k zemničům a je třeba aby existovalo více paralelních cest proudu. Norma ČSN EN 62 305-6 udává rozestupy mezi jednotlivými svody, v případě rodinného domu spadající do třídy LPS III je typický rozstup mezi svody 15 m po obvodu stavby. Jelikož obvod střechy domu pro který je prováděn návrh je 60 m, bude zapotřebí instalovat celkem 4 svody. Jako materiál na svody bude využit hliníkový drát o průměru 10 mm a bude ukotven vně fasády. Ke svodům bude také zapotřebí připojit pomocí svorek okapy. Ochrana pro solární kolektory a FV panely je provedena dodržením dostatečných instalačních vzdáleností od okrajů střechy a to včetně vedení svodů. Bezpečná

instalační vzdálenost od okrajů je podle freewarového výpočtového programu D 02 v2.70  $s_{\min} = 1,2 \text{ m}$  [7] [8] [9]

Propojení svodů a zemniče je provedeno přes zkušební svorky, které jsou instalovány zhruba 1,5 m nad zemí. Ty se instalují z důvodu přezkoušení hromosvodu, sleduje se zemní odpor a vzájemné propojení mezi svody prostřednictvím jímací soustavy. Jako zemnič se použije pásková ocel uložená v hloubce jednoho metru po obvodu základů domu. Rozvržení svodů a jímáčů je zakresleno v příloze B. [10]

#### 1.4.2 Návrh vnitřní ochrany před bleskem

Nejdůležitějším prvkem vnitřní ochrany je vyrovnání potenciálů, které je provedeno připojením na ekvipotenciální přípojnicí která bude umístěna pod domovním rozvaděčem a je propojena se zemnicím páskem. Na přípojnicí je nutné připojit veškeré vodivé součásti v domě. Znázornění pospojování je vidět na obrázku *Obr. 1.5*. Druhou důležitou součástí vnitřní ochrany je svodič přepětí SPD, který se umísťuje do rozvaděče před všechny ostatní prvky. Umístění svodiče v rozvaděčové skříni je zakresleno v příloze G.



*Obr. 1.5 Vnitřní pospojování vodivých součástí [11]*

## 2 Návrh solárních systémů

### 2.1 Návrh systému pro ohřev TUV

Pro snížení energetické zátěže na ohřev vody bude pro uvažovaný bungalov navržen ohřev pomocí solárních kolektorů. Tento systém je v letních měsících schopen nahradit klasický ohřev téměř úplně, v zimě pak poslouží pouze jako předeřev. Dohřátí vody na požadovanou teplotu se pak provádí elektrickým topidlem.

#### 2.1.1 Typy solárních kolektorů

Solární kolektory jsou dělitelné podle několika hledisek a to podle zasklení, teplo-nosné látky, tlaku výplně, konstrukce a druhu absorbéru.

Tabulka 2.1 Dělení solárních kolektorů

Dělení solárních kolektorů	
Podle konstrukce	ploché
	trubkové
	koncentrační
Podle teplo-nosné látky	kapalinové
	vzduchové
Podle zasklení	bez zasklení
	jednoduché
	vícevrstvé
Podle tlaku výplně	atmosférický
	subatmosférický (vakuový)
Podle absorbéru	plastový
	kovový - neselektivní
	kovový - selektivní
	akumulační

Nejlevnější variantou je *plochý nekrytý kolektor*, jenž je vlastně plastová rohož bez zasklení s velkými teplotními ztrátami, je závislý na povětrnostních podmínkách a jeho využití je zejména u bazénů vzhledem k sezónní využitelnosti. Dalším sezónním typem je *plochý neselektivní kolektor*, což je zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem. Tento druh kolektoru má rovněž vysoké tepelné ztráty vzniklých sáláním na absorbéru, proto se tento typ běžně na trhu nevyskytuje. Mnohem nižších tepelných ztrát dosahují *ploché selektivní kolektory*, které mají spektrálně selektivní

kovový absorbér a zároveň se vyrábějí s bočním a zadním zateplením, jsou tedy vhodné pro aplikaci na ohřev vody a vytápění u rodinných domů. Pro průmyslové využití se využívají *ploché vakuové kolektory*, kde jejich vnitřní tlak je 1-10 kPa, což snižuje jejich ztráty. Jejich provozní teplota je okolo 100°C. Pro provozní teploty vyšší se pak využívají trubkové kolektory. *Trubkový jednostěnný vakuový kolektor* s tlakem menším než  $10^{-3}$  Pa má velmi vysokou účinnost díky vysokému přenosu tepla z absorbéru do teplo-nosné kapaliny, avšak s ohledem na vysokou cenu se využívá především v průmyslu. Posledním a zároveň nepříliš rozšířeným typem jsou koncentrační kolektory, jenž fungují na principu soustředění paprsků slunečního svitu na menší plochu, kde se pak ohřívá voda. Koncentrování paprsků probíhá pomocí zrcadel nebo čoček. [12]

### 2.1.2 Příslušenství solárních kolektorů

Pro uchycení jednotlivých kolektorů se využívá *nosná konstrukce*, která je vyráběna převážně z hliníku z důvodu dlouhé životnosti a její bezúdržbovosti. Tyto konstrukce jsou vyráběny jak na plochou či šikmou střechu, tak i na fasádu. Nosné konstrukce jsou dodávány společně s kolektory, jelikož nejsou univerzálně zaměnitelné mezi jednotlivými typy kolektorů. [13]

Efektivně fungující solární systém musí mít dobře zvolený *solární zásobník*, jehož úkolem je udržovat tepelnou energii přivedenou z kolektorů. Akumulace tepelné energie je nezbytná s ohledem na nerovnoměrné množství energie dopadající ze slunce, je proto důležité vybrat vhodnou velikost zásobníku. Důležitým požadavkem zásobníku je splnění hygienických požadavků na pitnou vodu. Zásobníky teplé vody mohou být využívány buď jen pro přípravu teplé vody nebo v kombinovaných soustavách s přitápěním. Ohřev vody v zásobníku je proveden pomocí deskových *výměníků*, kterými protéká teplo-nosná kapalina. Z konstrukčního hlediska musí zásobník odolávat tlakům ve vodovodním rozvodu (0,6 – 1 MPa) popř. v otopné soustavě (250 – 300 kPa), změny objemu vody na základě teplotní roztažnosti vyrovnává *expanzní nádoba* o velikosti 5 – 6% objemu zásobníku. [13] [14]

Pro transport teplo-nosné kapaliny mezi kolektorem a výměníkem tepla slouží *oběhové čerpadlo*, to musí mít schopnost regulace otáček, jelikož výkon většiny čerpadel převyšuje



požadovanou hodnotu. Tato čerpadla musí být odolná proti propylenglykolu, sloužícího jako nemrznoucí směs, a musí být vybavena zpětnou klapkou, která zamezuje protisměrné cirkulaci teplotnosné kapaliny. *Potrubí* v solárních soustavách kterými protéká teplo-nosná kapalina musí vydržet odpovídající tlaky a teplotu nejméně 180°C. Nejčastěji se využívají měděné trubky, které se spojují pájením nebo lisováním. Aby nedocházelo k tepelným únikům, jsou trubky izolovány materiálem na bázi minerálních látek. Trubky a jejich izolace vedené ve venkovních prostorech pak musí odolávat vlhkosti a UV záření. [13]

Řízení činnosti celého systému má na starosti plně automatický *elektronický regulátor*. Jeho úlohou je zajištění bezpečného a hospodárního provozu. Regulátor sleduje teploty v kolektorech a na spotřebiči a pokud je na kolektorech teplota vyšší, tak sepne oběhové čerpadlo. Velikost rozdílu teplot, kdy čerpadlo sepne se dá nastavit. [15]

### 2.1.3 Výpočet potřebné plochy kolektorů

Pro stanovení plochy kolektorů je uvažováno že v domě budou bydlet tři osoby, což znamená že bude zapotřebí ohřívat 150 litrů vody denně. Vychází se z normy ČSN EN 15 316-3-1 [16], která uvádí potřebné množství teplé vody na osobu o objemu 50 litrů na den. Bude se předpokládat vstupní teplota studené vody 12°C a výstupní hodnota teploty ohřáté vody 65°C. Na základě těchto hodnot lze stanovit potřebné teplo na ohřev TUV, což je vyjádřeno ve vztahu (2.1). Uvažuje se umístění RD v Plzni se střechou orientovanou na jih se sklonem 30°. [17]

$$Q_{potř} = c_v \cdot q_v \cdot V \cdot (t_2 - t_1), \quad (2.1)$$

kde:  $c_v$ : měrná kapacita vody [ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ]

$q_v$ : hustota vody při střední teplotě  $0,5 \cdot (t_1 + t_2)$  [ $kg \cdot m^{-3}$ ]

$V$ : objem vody [ $m^3$ ]

$t_1$ : vstupní teplota [ $^{\circ}C$ ]

$t_2$ : výstupní teplota [ $^{\circ}C$ ]

$$Q_{potř} = 4200 \cdot 992,5 \cdot 0,15 \cdot (65 - 12) = 33,14 \cdot 10^6 J = 9,205 kWh$$

Při uvažování střechy se sklonem  $30^\circ$  při orientaci panelů na jih bude teoretická možná energie dopadající za den na plochu pro období září  $Q_{den\ te}=6,44 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ . Tento měsíc byl pro návrh zvolen jelikož v tomto období se jedná o střední hodnoty dopadající energie v rámci roku. Poměrná doba slunečního svitu, která udává poměr mezi teoretickou a skutečnou dobou, což je dáno střídání jasné oblohy s oblačnou, má hodnotu pro září  $\tau_{pom}=0,53$ . Z těchto hodnot je možno určit energii, která denně průměrně dopadá na plochu. [17][18]

$$\begin{aligned} Q_{den} &= \tau_{pom} \cdot Q_{den\ te} \\ Q_{den} &= 0,53 \cdot 6,44 = 3,41 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Aby bylo možno spočítat účinnost solárních kolektorů v daných podmínkách, je třeba znát jejich typ. Pro uvedený případ byly zvoleny panely od firmy Viessmann typu Vitosol 100-FM SV1F. Tyto panely jsou vhodné pro umístění na šikmou střechu a jedná se typově o ploché vysoce selektivní kolektory s absorpční plochou  $2,3 \text{ m}^2$ . Velkou výhodou těchto panelů je proměnlivost absorpční vrstvy, která nese obchodní název ThermProtect, kdy při teplotě okolo  $75^\circ\text{C}$  změní krystalickou strukturu a začne odrážet sluneční záření, což zabraňuje přehřátí a vzniku vodních par tím pádem je účinnost systému vyšší. Technické parametry kolektoru viz. Příloha C. [19]

Ve vztahu (2.3) je uveden výpočet účinnost kolektoru  $\eta_A$ , konkrétně pro měsíc září. Účinnost kolektorů je pro každý měsíc jiná, jelikož se v průběhu roku mění hodnota světelného toku i průměrných teplot. Pro výpočet jsou zapotřebí následující parametry:

- r: poměrná reflexní schopnost [-]
- k: součinitel ztráty tepla [-]
- $t_2$ : výstupní teplota [ $^\circ\text{C}$ ]
- $t_v$ : průměrná teplota vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ]
- $I_{stř}$ : střední intenzita záření [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]

$$\begin{aligned} \eta_A &= (1-r) - k \cdot \frac{t_2 - t_v}{I_{stř}} \\ \eta_A &= (1-0,15) - 3,728 \cdot \frac{65-12,3}{537} = 0,48 \end{aligned} \quad (2.3)$$

Pro výpočet byla použita hodnota  $r = 0,15$  což platí pro dokonale čistou transparentní vrstvu. Součinitel ztráty tepla pro zvolený typ solárního kolektoru je  $k = 3,728$ . Průměrná teplota vzduchu byla v roce 2015 dle ČHMÚ pro Plzeňský kraj  $12,3^{\circ}\text{C}$  a střední intenzita záření pro dané parametry je  $537 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . [18][20]

Na základě známé účinnosti lze vyjádřit energii  $Q_{A\text{den}}$  kterou budou schopny zachytit solární kolektory na ploše  $1 \text{ m}^2$ , což je vyjádřeno ve vztahu (2.4).

$$\begin{aligned} Q_{A\text{den}} &= \eta_A \cdot Q_{\text{den}} \\ Q_{A\text{den}} &= 0,48 \cdot 3,41 = 1,64 \text{ kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2} \end{aligned} \quad (2.4)$$

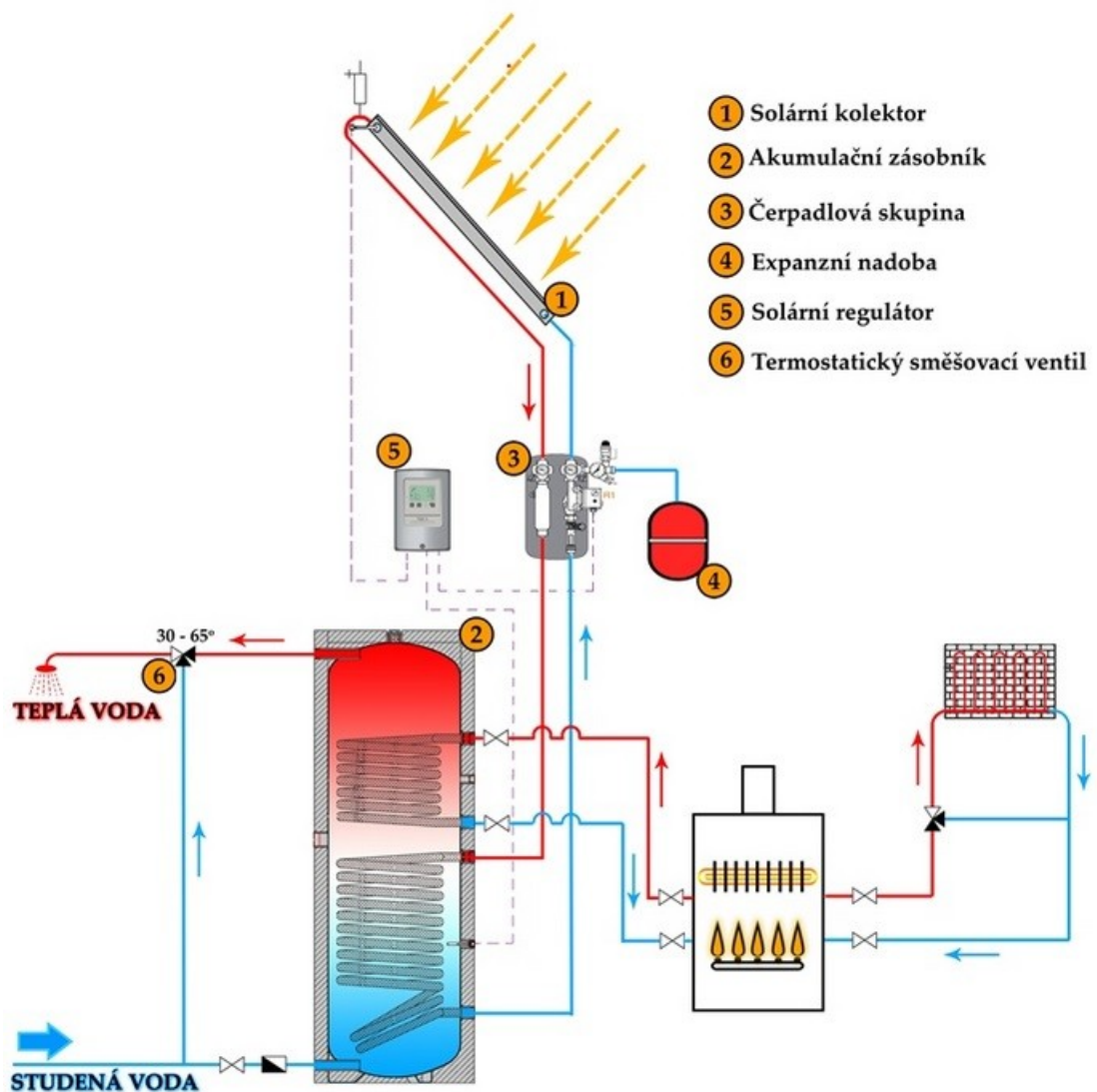
Potřebná výsledná plocha solárních kolektorů pro požadovaný ohřev vody pomocí plochého kolektoru se selektivní vrstvou v měsíci září je vypočtena ze vztahu (2.5).

$$\begin{aligned} S_A &= \frac{(1+p) \cdot Q_{\text{potř}}}{Q_{A\text{den}}} \\ S_A &= \frac{(1+0,1) \cdot 9,205}{1,64} = 6,17 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (2.5)$$

#### 2.1.4 Řešení pro modelový dům

Na základě výpočtu z kapitoly 2.1.4 lze říci, že bude zapotřebí instalovat nejméně 3 kolektory typu Vitosol 100-FM SV1F s celkovou plochou  $6,9 \text{ m}^2$ . Technický list solárního kolektoru je k nahlédnutí v příloze D. Pro instalaci na střechu bude využita odpovídající nosná konstrukce, která je vyrobena z hliníkové slitiny AlMgSi a je dodávána včetně nerezového spojovacího materiálu. Teplonosná kapalina ohřátá v panelech je pak vedena v izolovaných trubkách do bivalentního zásobníku OKC 200 NTRR/SOL se dvěma výměníky umístěného v prostoru garáže, tedy v těsné blízkosti koupelny. Jeden výměník je protékán teplonosnou kapalinou z kolektorů a druhý slouží pro přenos tepla z kotle za předpokladu že kolektory nedodávají dostatečný tepelný výkon. O oběh teplonosné kapaliny se stará čerpadlo WILO YONOS PICO 25/1-6, které je přizpůsobeno k provozu s nemrznoucí směsí glykolu v maximálním poměru 1:1. Pro vyrovnání tlakový poměrů v důsledku teplotní roztažnosti teplonosné kapaliny je v systému navržena expanzní nádoba o velikosti  $18 \text{ l}$  typu Reflex S 18/10Bar. Pro řízení čerpadla na základě teplot v systému je navrhnout regulátor

DeltaSol CS Plus. Systém bude obsahovat všechny potřebné armatury (pojistné, uzavírací, zpětné, vypouštěcí, odvzdušňovací, regulační a měřící ventily). Voda v oběhu musí být ochráněna proti zamrznutí, součástí dodávky sestavy musí být tedy nemrzoucí směs vody a glykolu, maximální možný poměr 1:1 udrží vodu v kapalném stavu až do  $-34^{\circ}\text{C}$ . Veškeré zařízení bude situováno do prostoru garáže, jenž bude situována v jižní části domu, kolektory tedy mohou být umístěny přímo nad ní a tím pádem bude zapotřebí cca 5 m trubek na napojení kolektorů do systému. Výhodou je situace zásobníku TUV vůči koupelně. Kalkulace daného řešení je provedena v kapitole 4.2. Celkové propojení všech komponent je znázorněno na obrázku *Obr. 2.1*.

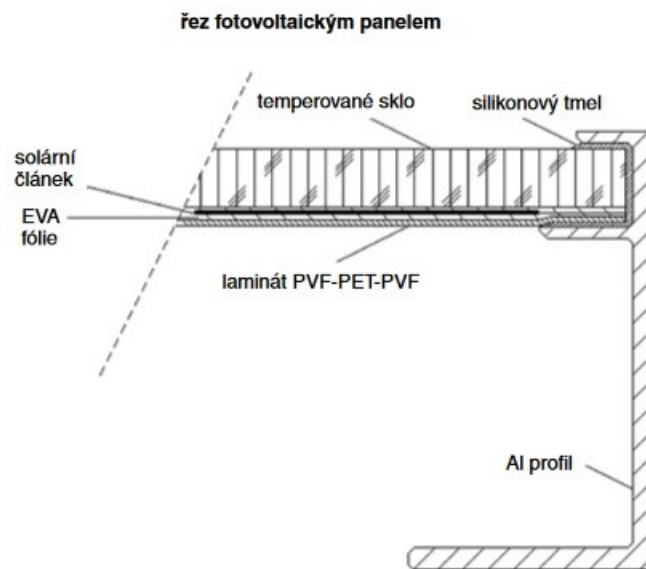


Obr. 2.1 Schéma solárního systému pro ohřev TUV [21]

## 2.2 Návrh fotovoltaického systému

### 2.2.1 Konstrukce fotovoltaických panelů

Vrchní část fotovoltaického panelu, kterou prochází sluneční záření a zajišťuje mechanickou ochranu, je kalené sklo. Tyto skla jsou odolná proti nárazu, odolávají tedy i větším kroupám. Pod sklo se nalepuje folie z etylvinylacetátu, která v případě rozbití skla udrží střepiny pohromadě. Pod touto fólií jsou uloženy samotné fotovoltaické články, které jsou pomocí kovových pásků zapojeny v sério-paralelním zapojení, tak aby generovaly požadovaný stejnosměrný proud. Spodní část panelu tvoří laminátová kompozice PVF-PET-PVF. Všechny tyto vrstvy jsou pak zarámovány a utěsněny silikonem proti zatékání vody. Životnost panelů je v rozmezí 20 – 30 let. Uchycení panelů může být provedeno buď statické, za předpokladu že orientace střechy či jiné podkladové plochy je orientována ideálně vůči slunci, nebo pohyblivé. Pohyblivé uchycení je o mnoho dražší, umí však naklápět panely, tak aby na ně sluneční paprsky dopadali co nejefektivněji v průběhu celého dne. [22]



Obr. 2.2 Řez fotovoltaickým panelem [22]

### 2.2.1 Typy fotovoltaických článků

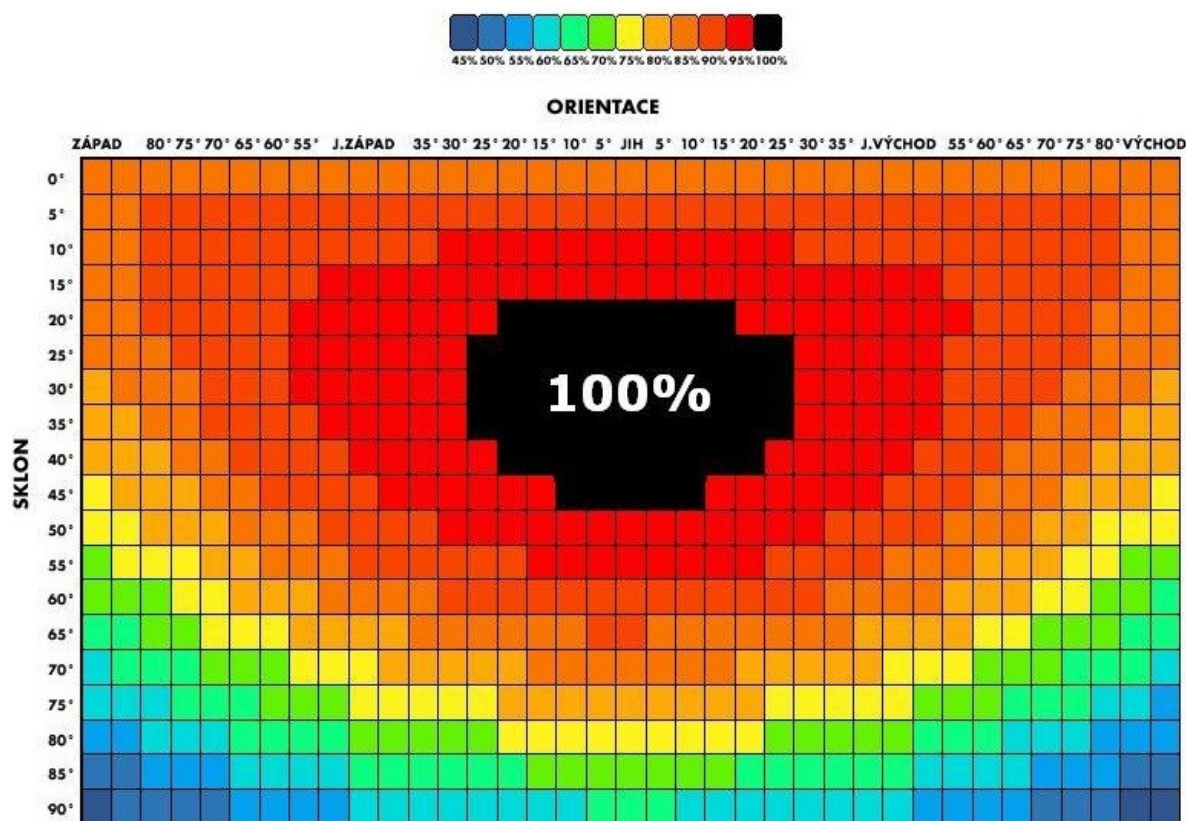
Existují tři běžně používané typy FV článků. Monokrystalické, polykrystalické a amorfni. *Monokrystalický* článek je vyráběn z jediného kusu krystalu křemíku, kdy se z ingotových tyčí řezou články o tloušťce 100  $\mu\text{m}$ . Výsledný článek má tvar čtverce se zaoblenými rohy tmavomodré až černé barvy. Výhodou monokrystalického článku je vyšší účinnost při přímém slunečním svitu, křemík v tomto případě pomaleji stárne, tím pádem panel z těchto článků má delší životnost. Druhým typem je *polykrystalický* článek, ten se od monokrystalického odlišuje jasnější modrou barvou a strukturou, kterou tvoří viditelné hrany krystalů. Polykrystalický článek má sice za přímého dopadu slunečního záření účinnost o něco nižší avšak dokáže vyrobit více energie z difúzního světla v období kdy je zataženo. Amorfni FV články jsou nejméně rozšířeným typem, mají totiž mnohem menší účinnost. Výhodou tohoto článku je nejvyšší účinnost při dopadu difúzního světla a teplotní provozní nezávislost. [23][24]

### 2.2.2 Měníče

Úkolem měniče je převádět stejnosměrný proud vyrobený panely na střídavý proud o parametrech rozvodné sítě. Provozní stavy lze pak odečítat z displeje umístěného na měniči, kde je možné prohlížet statistiky výroby elektřiny. Měníče jsou vyráběny v provedení transformátorovém, což umožňuje galvanické oddělení panelů od sítě což zajišťuje ochranu panelů při přepětí sítě, nebo bez transformátorovém, ty mají vyšší účinnost. Při výběru měniče je důležitý výkon celé FVE. Pro malé instalace do 4,6 kW postačují měniče jednofázové, pro vyšší výkony je pak zapotřebí měnič třífázový. Nejlepší měniče mají účinnost až 98%, zbylá 2% se přeměňují na ztrátové teplo. [25]

### 2.2.3 Řešení pro modelový dům

Navrhovaná fotovoltaická elektrárna bude řešena jako on-grid systém, to znamená že nadbytečné množství elektřiny vyrobené FVE bude dodáváno do rozvodné sítě a naopak při nedostatečném výkonu bude elektřina ze sítě odebírána. Základními prvky takovéto elektrárny jsou FV panely, měnič napětí, vodiče, jističe a elektroměr. Jelikož je střecha orientována na jih se sklonem 30°, jak je již uvedeno v kapitole 2.1.3, je možno počítat s maximální katalogovou účinností panelu. Na obrázku *Obr. 2.3* je znázorněno jakým způsobem je ovlivněna účinnost panelů s ohledem na jejich umístění vůči pohybu slunce. Vzhledem k ideální orientaci je zvoleno fixní uchycení panelů.



Obr. 2.3 Vliv sklonu a orientace na FV panel [26]

Pro instalaci byly zvoleny polykrystalické FV panely AmeriSolar 255W v počtu 10 ks, což je odpovídající počet pro zaplnění jižní části střechy spolu se solárními panely pro ohřev TUV při dodržení ochranné vzdálenosti  $s_{\min}$  zmíněné v kapitole 1.4.1, technický list je

k nahlédnutí v příloze D. Celkový instalovaný výkon panelů tedy bude 2,55 kWp. V tabulce Tab 2.II je vidět předpoklad vyrobené elektřiny v průběhu roku kde:

$$E_d = \text{průměrná denní produkce elektrické energie [kWh]},$$

$$H_d = \text{Průměrná denní intenzita slunečního záření [kWh/m}^2\text{]},$$

$$E_m = \text{průměrná měsíční produkce elektrické energie [kWh]},$$

$$H_m = \text{Průměrná měsíční intenzita slunečního záření [kWh/m}^2\text{]}.$$

Hodnoty byly získány pomocí on-line kalkulátoru PVGIS po zadání geografických parametrů, sklonových a výkonnostních parametrů zvolených FV panelů. [27]

Tabulka 2.II předpokládané množství energie dodané v průběhu roku

Měsíc	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Leden	2,54	78,9	1,02	31,5
Únor	4,88	137	1,96	54,8
Březen	8,48	263	3,53	110
Duben	11,30	338	4,88	146
Květen	11,70	362	5,16	160
Červen	12,10	364	5,46	164
Červenec	11,50	357	5,27	163
Srpen	10,80	335	4,88	151
Září	8,71	261	3,81	114
Říjen	5,91	183	2,49	77,1
Listopad	2,96	88,8	1,22	36,5
Prosinec	2,19	67,9	0,88	27,3
Roční průměr	7,77	236	3,39	103
Celkem za rok	2 840		1 240	

Pro FV elektrárnu o výkonu 2,55 kWp byl zvolen moderní střídač od firmy SMA typu SunnyBoy 2.5, který je vhodný pro elektrárny s výkonem do 2,8 kWp. Účinnost tohoto střídače je 97,2% při maximálním vstupu 600V a 10 A, což je splněno, panely mají v součtu jmenovité napětí 305 V a jmenovitý proud 8,37 A. Jedná se o moderní provedení měniče, který je možno připojit k LAN síti pomocí Sunny Home Manageru. Toto zařízení je pak připojeno k Sunny portálu, kde lze jeho provozní stavy a ovládání řešit přes internet prostřednictvím smartphonu či PC. Z tohoto důvodu výrobce střídač neosadil informačním displejem. Střídač bude umístěn v garáži vedle zásobníku TUV. Připojení k FV panelům bude provedeno pomocí kabelu LamSolar o průměru 4 mm<sup>2</sup>. [28][29]



Střídač bude připojen do rozvaděče pro fotovoltaiku osazeným elektroměrem pro odečet zelených bonusů a jistíci prvky a dále bude propojen pomocí CYKY-J 5x2,5 do hlavního domovního rozvaděče. Elektroměr pro odečet zelených bonusů byl zvolen Solar Monitor SM2-RM, který umožňuje on-line napojení a zasílání informací na servery OTE. Ochrana před přepětím bude provedena svodičem od firmy OEZ typu SVBC-12 na AC straně a DC část typem SVF-1000-2VB.

## 3 Návrh izolačních systémů

### 3.1 Zásady návrhu

Pro splnění energetické náročnosti na vytápění do hodnoty  $50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$  aby byl splněny podmínky pro získání statutu nízkoenergetického domu je třeba aby dům byl vhodně umístěn vůči povětrnostním podmínkám a byl řádně izolován, toho se docílí použitím materiálů s co nejnižším součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$ . Důležitá je i správná volba oken a vchodových dveří. Důležité je také eliminovat vznik tepelných mostů, to jsou místa kde vzniká větší energetický průstup z interiéru do exteriéru vlivem nižšího tepelného odporu, což má za následek nejen teplotní úniky, ale i kondenzaci vodních par a následně plesnivění, v krajním případě může dojít i k narušení statiky domu. [30]

Při návrhu je třeba dodržovat zásadu aby se tepelný odpor  $R$  svislých stěn či střechy směrem od interiéru do exteriéru zvyšoval. To je docíleno sendvičovou konstrukcí, kdy jednu část tvoří nosná konstrukce což je většinou zdivo na které je aplikována silná vrstva izolačního materiálu. Tato zásada plyne z předpokladů, kdy teploty vnitřního vzduchu jsou po většinu roku vyšší než teploty venkovní s čímž souvisí prostup vodních par z interiéru do exteriéru kvůli vyššímu parciálnímu tlaku v interiéru než v exteriéru ( $p_{di} > p_{de}$ ) tím je zabráněno kondenzaci vodních par. [31]

U zdiva je součinitel  $\lambda$  negativně ovlivňován použitím vápenné či cementové malty, tím pádem je třeba na obvodové stěny použít tvárnic o větších rozměrech pro eliminaci množství malty. Malé pálené cihly jsou pro stavbu nízkoenergetického domu nevhodné. Okna a dveře je třeba instalovat zároveň s vnitřní hranou tepelné izolace tak aby nevznikaly tepelné mosty. Zateplení sedlové střechy se může řešit tepelnou izolací mezi krokvemi, nad krokvemi, pod krokvemi nebo kombinací. Výhodné je využívat izolaci nad a pod krokvemi, jelikož v těchto vrstvách nevznikají tepelné mosty avšak z konstrukčních důvodů se nejvíce využívá kombinace izolací mezi krokvemi a pod krokvemi. Pod tepelné izolace se následně instaluje parozábrana. Je možné izolovat primárně strop za předpokladu že se jedná o nevytápěný půdní prostor. [31]

Dne 12.1.2017 jsem provedl měření tepelných úniků pomocí zapůjčené profesionální termokamery značky Flir na dvou objektech. První měřený objekt (na obrázku *Obr 3.1* vlevo) je postaven a tepelně izolován podle norem pro splnění statutu pasivního domu, jedná se o vzorový dům, který je přístupný veřejnosti. V době měření byla venkovní teplota  $-9^{\circ}\text{C}$  a teplota v interiéru byla  $22^{\circ}\text{C}$ . Druhý měřený dům (na obrázku *Obr 3.1* vpravo) je sice opatřen tepelnou izolací EPS avšak nejedná se o pasivní ani nízkoenergetický dům. Venkovní teplota v době měření druhého domu byla  $-6^{\circ}\text{C}$  a v interiéru byla asi o  $1^{\circ}\text{C}$  nižší než v prvním měřeném domě. Na snímcích jsou zachyceny jen části domů jelikož nebylo možné nalézt ideální vzdálenost odstupu.



3.1 Zobrazení tepelných úniků změřených termokamerou

Na snímcích z termokamery lze vidět rozdíl při použití oken z trojskla s plastovým rámem u pasivního domu kde se teplota pohybuje okolo  $0^{\circ}\text{C}$ . U druhého domu jsou osazena dvojskla se vzduchovou mezerou a dřevěným rámem, kde se teplota pohybuje okolo  $4^{\circ}\text{C}$ . Jsou zde dobře vidět tepelné mosty v oblastech rámu, jejich vzniku se u oken dá vyhnout jen velmi ztěžka.

### 3.2 Materiály využívané na tepelné izolace

Následující výčet materiálů popisuje běžně dostupné a používané izolace. Prvním a nejvíce používaným materiálem je *expandovaný polystyrén EPS*, který má součinitel  $\lambda = 0,033-0,044 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . EPS je dodáván v deskách o různých tloušťkách a pevnostech. Ke zdivu se upevňuje pomocí lepidel popř. lze použít i mechanických kotev. Odolnější variantou je pak *extrudovaný polystyrén XPS* se součinitelem  $\lambda = 0,032-0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,

používá se nejvíce na izolaci základové desky nebo soklu, je totiž vhodný pro použití při kontaktu se zeminou. Polystyrén XPS je třeba chránit před UV zářením stejně tak jako další používaný materiál *pěnový polyuretan PUR* se součinitelem  $\lambda = 0,024-0,028 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . PUR se aplikuje na obvodové zdivo buď na místě a nebo může být dodán formou desek. Velmi často aplikovaným materiálem je *minerální vlna* vyznačující se především vysokou tepelnou odolností, z tohoto důvodu se používá především u vyšších budov tak aby se případný požár nešířil přes zateplení fasády. Minerální vlna má součinitel  $\lambda = 0,035-0,042 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Méně používaným materiálem je *celulóza*, která je vyráběna recyklací papíru. Celulóza se aplikuje foukáním, izolace je tak tvořena beze spár a dostane se i do nejmenších zákoutí. Součinitel  $\lambda$  u celulózy je v rozmezí  $0,037-0,042 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  a její aplikace se využívá zejména u dřevostaveb. Všechny tyto materiály se spadají do kategorie kontaktních tepelných izolací, jelikož jsou v přímém kontaktu se zdivem.

Méně používanou variantou je bezkontaktní zateplení, kdy je okolo obvodových stěn instalován nosný rošt, na který se montují bloky z izolačních materiálů. Jedním z bezkontaktních systémů jsou například *vakuové izolace*, které mají špičkovou hodnotu součinitele  $\lambda \leq 0,008 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Vyráběny jsou formou panelů v metalizované fólii. Pro pasivní dům by bylo zapotřebí tloušťka pouhých 6 cm, ale jinak výborné vlastnosti vakuové izolace sráží velmi vysoká cena. [32]

### 3.3 Okna a dveře

Okna a dveře jsou oblasti kde vzniká nejvíce tepelných mostů, proto by se neměl podceňovat jejich výběr a vybrat jak správný rám tak i skleněné výplně. Tepelně izolační schopnosti okna jsou udávány součinitelem prostupu tepla  $U$ , ten přímo vychází z tepelné vodivosti materiálu. Na rámy oken se využívají tři základní druhy materiálů: dřevo, hliník a plast. Hliníkový rám je sice bezúdržbový, ale z hlediska tepelné vodivosti je nevyhovující, proto se spíše na rámy využívá dřevo nebo plast s polyuretanovou izolací. Tloušťka rámu může být redukována s využitím neotevíratelných oken, čímž se sníží i jejich pořizovací náklady avšak dům musí být vybaven rekuperační jednotkou pro zajištění větrání.

Skleněné výplně oken by měly být dostatečně kvalitní, tak aby solární zisky byly vyšší než tepelné ztráty. Nejvhodnější je využití trojskla kde se využívá izolačních vlastností mezi

nimi. Tyto mezery mohou být plněny izolačním plynem např. argonem. Na skleněné výplně se také mohou aplikovat pokovené folie, které zlepšují vlastnosti skel. Součinitel  $U$  by pro okna měl být v rozmezí  $0,8 - 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Výše popsané vlastnosti oken platí i pro vchodové či balkonové dveře. [33][34]

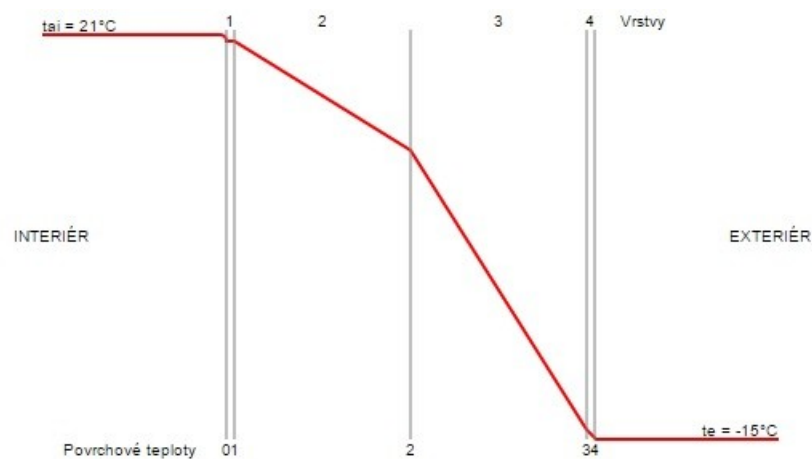
### 3.4 Řešení tepelných izolací pro modelový dům

Dle normy ČSN 73 0540-2 je nutné, aby součinitele prostupu tepla  $U$  dosahovaly maximálních hodnot pro:

- obvodové stěny –  $0,1 \div 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ,
- podlahy na terénu –  $0,1 \div 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ,
- střechy –  $0,1 \div 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  a
- okna -  $0,8 \div 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . [35]

Pro ověření vhodného výběru materiálů izolací byl použit výpočtový program na stránkách TZB-info, který v sobě obsahuje databázi materiálů různých značek včetně jejich tepelně-izolačních parametrů, a jehož výstupem je výsledná hodnota součinitele  $U$  a graf zobrazující průběh teplot v konstrukci. [36]

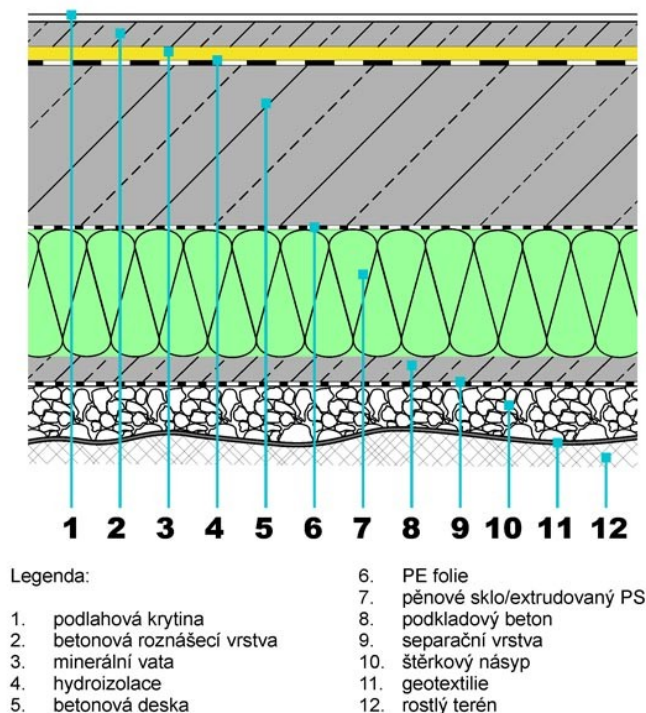
Jako zdivo obvodových stěn jsou navrženy tvárnice z autoklávovaného pórobetonu značky Ytong typu P4-500 o tloušťce 30 cm. Interiérová strana zdiva bude omítnuta vápennou omítkou. Exteriérová strana bude zateplena polystyrénovými deskami Isover EPS 200S o tloušťce 30 cm, na které pak bude nanesena perlitová omítka. Celkový součinitel prostupu tepla této konstrukce je  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , což je hodnota odpovídající normě. Na obrázku *Obr 3.2* je vidět průběh teplot v konstrukci při návrhové teplotě interiéru  $21^\circ\text{C}$  a exteriéru  $-15^\circ\text{C}$ . Proti ochlazení základů bude použit extrudovaný polystyrén XPS do hloubky 0,5 m. Na vyplnění stavebních otvorů byla vybrána dřevěná okna od firmy Slavona z produktové řady SOLID COMFORT, které mají součinitel  $U = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Jedná se o okna s trojitým zasklením s pokovením a možností výplně argonem či kryptonem. Vchodové dveře byly vybrány od stejné firmy z řady klasik, která využívá stejných profilů jako u vybraných oken, mají tak podobné izolační vlastnosti.



3.2 Průběh teplot v konstrukci obvodových zdí

Zateplení stropu pod nevytápěným půdním prostorem bude řešeno skelnými izolačními pásy Isover UNIROL PROFI 220 mm položenými na stropní konstrukci sestavené z bloků Ytong Ekonom 250. Na stropě bude zespoda nanášena vápenná omítka. Celková hodnota součinitele prostupu tepla této konstrukce je dle výpočtového programu  $U = 0,012 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Podlaha na terénu bude izolována způsobem zobrazeným na obrázku *Obr 3.3*. Celkový součinitel prostupu tepla je  $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  za předpokladu že bude použita smrková podlahová krytina o tloušťce 2,5 cm aplikovaná na pěti centimetrové betonové roznášecí vrstvě. Pod touto vrstvou budou položeny desky z minerální vaty Isover TDPT o tloušťce 3,5 cm spolu s hydroizolační fólií. Základová deska je uvažována v tloušťce 70 cm a od spodního štěrku bude izolována 12 cm tlustým extrudovaným polystyrénem Isover Styrodur 2800C.



3.3 Skladba izolace od země [37]

### 3.5 Energetické úspory získané zateplením

Pro odhad úspor byl využit výpočtový on-line program na stránce TZB-info dostupný z: [38]. Pro porovnání jsem uvažoval dům postavený ze shodných tvárnic od firmy Ytong, kdy jsem využil hodnotu U udávanou výrobcem a dosadil do výpočetního programu. Stejným postupem jsem zvolil okna, konkrétně dvojitá špaletová. Dveře jsem zvolil dřevěné bez výplně. Izolace od základů je uvažována základní v tloušťce 8 cm, a stropní izolace 5 cm. Výsledkem výpočtového programu je roční spotřeba energie na vytápění. V případě nezatepleného domu vyšla spotřeba 170 kWh/m<sup>2</sup>·rok. Navrhovaný dům o stejných rozměrech by měl mít spotřebu 36,8 kWh/m<sup>2</sup>·rok, což je hodnota splňující normu pro získání nízkoenergetického domu s dostatečnou rezervou, rozdíl je tedy značný, konkrétně 78% a s přihlédnutím k možnosti získání dotace Nová zelená úsporám je investice do zateplení výhodná investice. V příloze E je vidět výstup z výpočtového programu kde jsou vyčísleny tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi jak u nízkoenergetického domu tak domu s minimálním zateplením.

## 4 Ekonomické vyhodnocení

V této kapitole jsou vyčísleny náklady na chytrou elektroinstalaci s porovnáním oproti klasické. Dále jsou v této kapitole uvedeny náklady na solární systémy s výpočtem jejich návratnosti.

### 4.1 Ekonomické vyhodnocení smart elektroinstalace

Tabulka 4.I Náklady na vnitřní elektroinstalaci bez smart prvků (ceny vč. DPH)

Materiál	Cena za 1 ks (Kč)	Množství	Cena celkem (Kč)
Rozvodečová skříň RZB-3N72-B	3 109	1	3 109
Jistič 6 A jednofázový	47	2	94
Jistič 10 A jednofázový	84	2	168
Jistič 16 A jednofázový	82	8	656
Proudový chránič, 2P, 25A, 30 mA ABB	547	1	547
Elektroinstalační krabice	61	15	915
Svodič přepětí SPBT12-280/3 B+C	3 391	1	3 391
CYKY-J 3x2,5	18	150	2 700
CYKY-J 3x1,5	11	150	1 650
			<b>Celkem: 13 230 Kč</b>

Tabulka 4.II Náklady na součásti pro realizaci chytré elektroinstalace (ceny vč. DPH)

Materiál	Cena za 1 ks (Kč)	Množství	Cena celkem (Kč)
Kabel sběrníkový KSE224	2 285	2	4 570
Modul řídicí 3270-C16100	9 201	1	9 201
Modul napájecí 3270-C16900	5 458	1	5 458
Modul komunikační 3270-C16200	10 989	1	10 989
Modul GSM 3270-C16500	14 364	1	14 364
Modul spínací 4x10 A 3270-C47100	4 271	1	4 271
Modul spínací 1x10 A 3279-C17100	1 270	5	6 350
Modul spínací 4x16 A 3270-C47200	4 360	1	4 360
Modul výstupů 4x 0 10 V 3270-C47800	3 564	1	3 564
Modul stmívací 2 x 300 W 3270-C27900	4 687	2	9 374
Modul spínací pro termohlavice,	4 274	1	4 274



řadový 3270-C67600			
Snímač pohybu automatický 3272E-A18100 01	964	2	1 928
Snímač tlačítkový jednonásobný 3271E-A48900	1 425	11	15 675
Snímač tlačítkový jednonásobný s RF 3271E-A28800	2 800	3	8 400
Termostat prostorový 3274E-A58200	1 930	3	5 790
Snímač rychlosti větru 3279-C18040	4 353	1	4 353
Modul žaluziový vestavný 3279-C17400	3 160	3	9 480
Snímač osvětlení vestavný	2 556	3	7 698
Vysílač ruční	1 550	1	1 550
			<b>Celkem: 131 649 Kč</b>

Ceny jednotlivých komponent jsou přejaty ze stránek výrobce, který je udává včetně 21% DPH. Za předpokladu že by návrh nezahrnoval chytrou elektroinstalaci, cena by za elektroinstalační materiál byla 13 230 Kč viz. tabulka *Tab 4.I*. Jedná se o cenu za vnitřní elektroinstalaci, náklady na elektrickou přípojku zde nejsou zahrnuty. Rozdíl oproti chytré elektroinstalaci je relativně značný, která vyjde o 131 649 Kč draž. Náklady na chytrou elektroinstalaci jsou však adekvátní s přihlédnutím k velkému přínosu v oblasti komfortu, ergonomie a zabezpečení.

## 4.2 Kalkulace systému pro ohřev TUV

Tabulka 4.III Pořizovací náklady systému pro ohřev TUV (ceny vč. DPH)

Materiál	Cena za 1 ks (Kč)	Množství	Cena celkem (Kč)
Kolektor Vitosol 100-FM SV1F	19 780	3	59 340
Nosná konstrukce Vitosol	4 600	3	13 800
Zásobník OKC 200 NTRR/SOL	13 839	1	13 839
Čerpadlo WILO YONOS PICO 25/1-6	3 039	1	3 039
DeltaSol CS Plus	4 249	1	4 249
Expanzní nádoba 18l Reflex S 18/10Bar	1 612	1	1 612
Armatury + trubky	15 432	1	15 432
50 l kapaliny SOLAREN	916 (10 l)	5	4 580
			<b>Celkem: 115 891 Kč</b>

Celkové náklady na pořízení solárního systému ve výši 115 891 Kč lze snížit v případě přidělení státní dotace Nová zelená úsporám, která pro solární termický systém na přípravu teplé vody činí 35 000 Kč [39]. Pro výpočet finanční návratnosti je třeba znát energetickou náročnost na ohřev teplé vody konvenčním způsobem. Podle výzkumu ČVUT je na ohřátí teplé vody pro čtyřčlennou rodinu 22 kWh/den, což při průměrné ceně elektřiny 3,71 Kč/kWh vychází na 81,62 Kč denně [40].

Navržený systém s kolektory o ploše 6,9 m<sup>2</sup> jsou teoreticky schopné za období března až října dodat energii průměrně 10,12 kW denně což je 2 428 kWh viz. kapitola 2.1.3. Měsíce listopad až únor se neuvažují jelikož systém dodává velmi malé množství energie. Vyjádřeno na finance, za elektřinu ušetřenou na ohřev vody bude úspora činit zhruba 9 000 Kč. Při pořizovacích nákladech 115 891 Kč by se návratnost investice dala očekávat za 13 let provozu. V případě využití dotace Nová zelená úsporám v plné výši by se návratnost zkrátila na zhruba 9 let.

### 4.3 Kalkulace fotovoltaického systému

Tabulka 4.IV Pořizovací náklady fotovoltaické elektrárny (ceny vč. DPH)

Materiál	Cena za 1 ks (Kč)	Množství	Cena celkem (Kč)
FV panel AmeriSolar 255W	4 345	10	43 450
Střídač SMA SunnyBoy 2.5 1VL	26 619	1	26 619
Kabel LamSolar R 4	22	15	330
Elektroměr Solar Monitor SM2-RM	4 378	1	4 378
Rozvaděčová krabice	6 854	1	6 854
Svodič EEZ SVBC-12	2 897	1	2 894
Svodič SVF1000-2VB	5 605	1	5 605
			<b>Celkem: 90 130 Kč</b>

Celkové náklady na FVE jsou celkem 90 130 Kč viz. tabulka Tab. 4.III. V ceně není zahrnuta cena za instalaci. Pro určení návratnosti investice je třeba znát výkupní ceny přebytečné elektřiny, která závisí na smluvní dohodě mezi majitelem elektrárny a dodavatelem elektřiny. V roce 2017 se výkupní cena pohybuje okolo 0,4 Kč/kWh [41], dříve bylo možno uplatňovat zelené bonusy, to však není pro elektrárny postavené po roce 2014 možné. Dále je třeba znát průměrnou cenu jedné kilowatthodiny která v roce 2017 činí 3,71 Kč/kWh [42]. Při realizaci FVE lze zažádat o Státní dotaci Nová zelená úsporám stejně jako v případě realizace pro solární ohřev TUV. Dotace dosahuje až 55 000 Kč pro FVE

s možností využití přebytku na ohřev TUV, což je v navrhovaném systému možné. Pro získání dotace je zapotřebí splnit následující podmínky:

- elektrárna musí generovat minimálně 1 700 kWh/rok,
- podíl vlastní spotřeby z vyrobené energie je 70%,
- objem zásobníku na TUV je 80 l na každý kWp. [43]

Na základě tabulky *Tab. 2.II* kde je vidět teoretická roční produkce elektrické energie v objemu 2 840 kWh, to znamená že nejpesimističtější roční výnos z FVE celkem zanedbatelných 1 136 Kč pokud by nebyla domem odebírána žádná elektřina. Bude-li předpoklad že se spotřebuje 80 % vyrobené elektřiny, výnos by pak byl 8 657 vzhledem k neodebrané elektřině ze sítě. Návratnost investice do FVE by se dala očekávat tedy mezi 10 – 11 lety bez získané dotace. V případě její získání lze návratnost snížit až polovinu. FVE by měla mít životnost cca 25 let, investice se tedy vyplatí.

## 5 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout komplexní řešení v oblasti chytré elektroinstalace, solárních systémů a zateplení nízkoenergetického domu a to včetně elektrické přípojky a ochrany před atmosferickým přepětím. Jako provedení chytré elektroinstalace jsem vybral řešení sběrníkovým, modulárním systémem Ego-n od firmy ABB. Toto řešení přináší řadu chytrých funkcí, které lze snadno programovat či upravovat přidáváním nových modulů. Celkové náklady na toto řešení sice značně převyšují cenu za konvenční elektroinstalaci avšak jedná se o adekvátní příplatek za komfort a nové funkce. Pro připojení domu k elektrické síti jsem na základě výpočtu zvolil kabel CYKY-J 5x10 a hlavní třífázový jistič 32 A.

V další části práce jsem provedl návrh solárních systémů na ohřev vody a výrobu elektrické energie při uvažování optimální orientace a sklonu střechy. Na ohřev TUV jsem zvolil systém ohřevu pomocí solárních kolektorů, jehož ekonomická návratnost je zajištěna především v případě získání dotace. Pro výrobu elektrické energie jsem navrhoval fotovoltaickou elektrárnu jako on-grid systém za použití polykrystalických panelů s fixním uchycením o celkovém výkonu 2,55 kWp. Z ekonomického hlediska je za současného právního rámce se FVE vyplatí jen za předpokladu že se vyrobená elektřina z větší části spotřebuje, zpětný odprodej do sítě v současnosti přináší zanedbatelný zisk. Došel jsem tedy k závěru, že je výhodnější pro ohřev TUV využít elektrický ohřev z fotovoltaických systémů.

V poslední části jsem vytvořil návrh na zateplení domu podle norem pro získání statutu nízkoenergetického domu. Řešil jsem zateplení základů, stropů, obvodových stěn a volbu oken. Na základě výpočtového programu jsem potvrdil že navržené izolace splňují požadavky norem na nízkoenergetický dům, jelikož vyšla hodnota roční spotřeby energie na vytápění 36,8 kWh/m<sup>2</sup>·rok. Roční úspora oproti nezateplenému domu tak vyšla o více než 130 kWh/m<sup>2</sup>·rok což sníží náklady na vytápění až o 70% za předpokladu využití efektivního větrání rekuperační jednotkou. Dům by s takovým zateplením dostal energetický štítek třídy B.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Energeticky efektivní domy. Stavebniny-rychle.cz [online]. [cit. 2016-9-03]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/energeticky-efektivni-domy.html>
- [2] SMART HOME jako standard moderního bydlení. Geniální dům [online]. [cit. 2016-9-08]. Dostupné z: <http://www.genialnidum.cz/smart-home-jako-standard-moderniho-bydleni/>
- [3] IQ elektroinstalace ABB [online]. [cit. 2016-9-18]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=10219>
- [4] Tiskové materiály, ABB Elktro-praga, Ego-n – Návrhový a instalační manuál, 5. vydání, 103 s.
- [5] Inteligentní elektroinstalace obytného domu. KKE ZČU [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: [http://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old\\_web/\\_files/projekty/enazp/11/IUT/057\\_Inteligentni\\_elektroinstalace\\_obytneho\\_domu\\_-\\_P1.pdf](http://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/_files/projekty/enazp/11/IUT/057_Inteligentni_elektroinstalace_obytneho_domu_-_P1.pdf)
- [6] Výpočtový program Sichr. OEZ [online]. [cit. 2017-01-16]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/sluzby/vypoctovy-program-sichr>
- [7] Katalog hromosvodových součástí DEHN 2015/2016 [online]. 2015, 43 [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: [http://www.produktydehn.cz/images/katalogy/hromosvody/pokapitolach/Katalog\\_Hromosvody\\_Blitzplaner.pdf](http://www.produktydehn.cz/images/katalogy/hromosvody/pokapitolach/Katalog_Hromosvody_Blitzplaner.pdf)
- [8] Ochrana solárních panelů a připojených zařízení před bleskem a přepětím. ELEKTRO [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/ochrana-solarnich-panelu-a-pripojenych-zarizeni-pred-bleskem-a-prepetim—14488>
- [9] SWdownload. Kníška [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: <http://www.kniska.eu/software/swdownload>
- [10] ČSN EN 62 305-1-3 – Ochrana před beskem (únor 2012)
- [11] Tkotz, Klaus, a kol. : *Příručka pro elektrotechnika*, Praha, Europa-Sabotáles cz, 2006, 624 s.
- [12] Typy solárních kolektorů. *Tbz info* [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [13] Komponenty solárního systému. *Tbz info* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1955-komponenty-solarneho-systemu>
- [14] Solární zásobníky. *Tbz info* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/137-solarni-zasobniky>
- [15] Přímé využití sluneční energie. *Tbz info* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fotothermalni-kapalinove-kolektory-i>
- [16] ČSN EN 15316-3-1 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy (červenec 2010)
- [17] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha: T. Malina, 1994, 203 s. ISBN 80-900-7595-9.
- [18] Projekční podklady a pomůcky - Návrh slunečních kapalinových kolektorů. *Katedra technických zařízení budov*, [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=8>

- [19] Vitosol 100-F. *VISSMANN* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/solarni-systemy/ploche-kolektory/vitosol-100fm.html>
- [20] Územní teploty v roce 2015. *ČHMÚ* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
- [21] Solární systém pro ohřev vody a přitápění. *Solární systémy* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.solarni-system.eu/ohrev-vody>
- [22] Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. *Odborné časopisy* [online]. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/konstrukce-a-vyroba-fotovoltaickych-clanku-a-panelu—10310>
- [23] Fotovoltaika. *W.E.B větrná energie* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: [http://www.vetrna-energie.cz/energie-zivlu/slunce\\_11](http://www.vetrna-energie.cz/energie-zivlu/slunce_11)
- [24] FVE panel. *Stresniinstalace.cz* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.stresniinstalace.cz/fotovoltaika/fve-panel/>
- [25] Měniče napětí. *Solarnistavebnice.cz* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://www.solarnistavebnice.cz/obsah.jsp?n=Menice-napeti&dyid=13>
- [26] Fotovoltaické elektrárny. *Solarenvi* [online]. [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: [solarenvi.cz](http://solarenvi.cz)
- [27] PVGIS. *Photovoltaic software* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://photovoltaic-software.com/pvgis.php>
- [28] Jednofázový střídač SMA SunnyBoy 2.5. *Solární experti* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/jednofazovy-stridac-sma-sunnyboy-2-5/>
- [29] Jednofázový střídač SMA SunnyBoy 2.5. *SMA* [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.sma.de/en/products/solarinverters/sunny-boy-15-25.html>
- [30] Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [31] Pozemní stavitelství IV. *FAST* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/12.html>
- [32] Pasivní domy: Tepelné izolace. *Mpo-efekt* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/03\\_tepelna\\_izolace.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/03_tepelna_izolace.pdf)
- [33] Zásady výstavby nízkoenergetických domů. *EkoWATT* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>
- [34] Vybíráme okna do pasivního domu. Na co si dát pozor? *Slavona* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.slavona.cz/prakticke-informace/vybirame-okna-do-pasivniho-domu-na-co-si-dat-pozor.html>
- [35] ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budov (listopad 2002) ve znění změny Z1 (2005).
- [36] Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. *TZB-info* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [37] Jak postavit nízkoenergetický dům - 4. část (základy a podlaha, ploché střechy). *Etm* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.etm.cz/index.php/alternativni-zdroje/562-jak-postavit-nizkoenergeticky->

dum-4-cast

- [38] On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám. TZB-info [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uzpor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [39] Nová zelená úsporám 2016 - 3. výzva pro rodinné domy. *Solarenavi* [online]. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/a-79-nova-zelena-usporam-2016.html>
- [40] Solární ohřev vody - vyplatí se? *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-ohrev-vody-vyplati-se.aspx>
- [41] Za kolik dodavatelé vykupují elektřinu z fotovoltaiky? *Finance CZ* [online]. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/477630-vykup-fotovoltaicke-elektriny/>
- [42] Aktuální cena elektřiny. *Energie123* [online]. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- [43] Stát začal nabízet dotace na fotovoltaiku. *Solarniexperti* [online]. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/dotace-zelena-usporam-na-fotovoltaicke-elektrarny/>

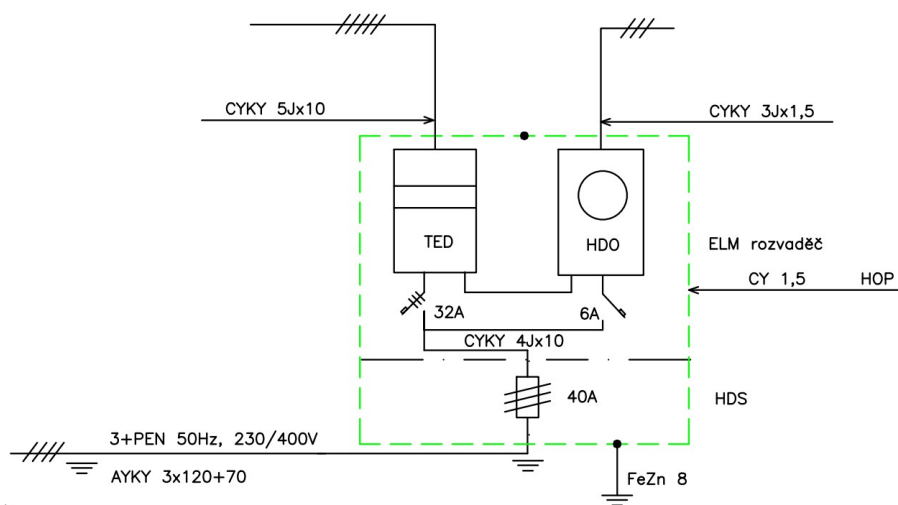
## **Seznam příloh**

- Příloha A: Elektroměrový rozvaděč
- Příloha B: Zakreslení bleskosvodu + situace
- Příloha C: Technický list solárního kolektoru
- Příloha D: Technický list fotovoltaického panelu
- Příloha E: Energetická náročnost na vytápění domu
- Příloha F: Projekt elektroinstalace
- Příloha G: Zapojení domovního rozvaděče



# Přílohy

## Příloha A – Elektroměrový rozvaděč



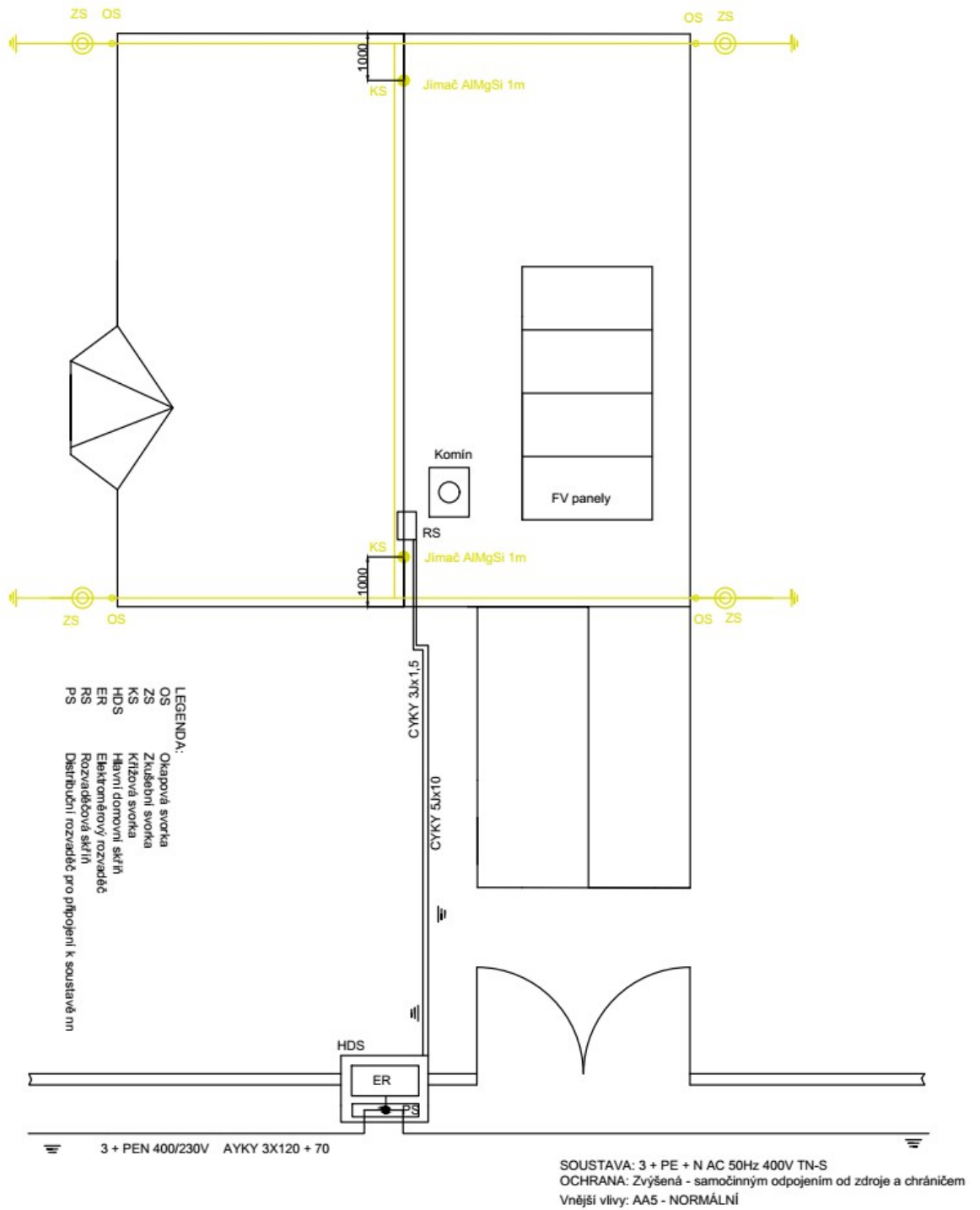
**LEGENDA:**

HDO – Hromadné dálkové ovládání HDS – Hlavní domovní skříň  
 TED – Trojfázový elektroměr  
 dvousazbový

Napěťová soustava:  
 3 + PEN 50 Hz 400/300 V TN-C  
 3 + PE + N 50 Hz 400/300 V TN-S

Vypracoval:	Kreslil:	Kontroloval:	Diplomová práce	
Pavel Mulač	Pavel Mulač			
Obec: Ptzeň	Obec: Ptzeň			
Investor:			Formát:	1A4
Stavba:			Datum:	12.1.2017
Rodinný dům			Účet:	
			Zakázka č.:	
			Arch. číslo:	
Název:			Měřítko:	Čís. výkresu:
Elektroměrový rozvaděč			1 : 50	3

**Příloha B – Zakreslení bleskosvodu + situace**



Vypracoval:	Kreslil:	Kontroloval:	Diplomová práce	
Pavel Mulač	Pavel Mulač			
Obec: Píseň	Obec: Píseň			
Investor:			Formát:	A4
Stavba:			Datum:	12.1.2017
Rodinný dům			Účel:	
			Zakázka č.:	
			Arch. číslo:	
Název:			Měřítko:	Čís. výkresu:
Bleskosvod + situace			1 : 50	2

## Příloha C – Technický list solárního kolektoru

## Vitosol 100-FM, typ SV1F/SH1F, a Vitosol 100-F, typ SV1B/SH1B (pokračování)

## 2.2 Technické údaje

Kolektory se dodávají se dvěma různými povlaky absorberu. Typ SV1B/SH1B má speciální povlak absorberu, který umožňuje použití kolektorů v regionech v blízkosti pobřeží.

**Upozornění**

Při použití kolektorů Vitosol 100-FM, typ SV1F/SH1F, v těchto regionech odmítá firma Viessmann jakoukoli záruku.

Vzdálenost od pobřeží:

- Do 100 m:  
Používejte výhradně typ SV1B/SH1B.
- 100 až 1000 m:  
doporučeno použití typu SV1B/SH1B

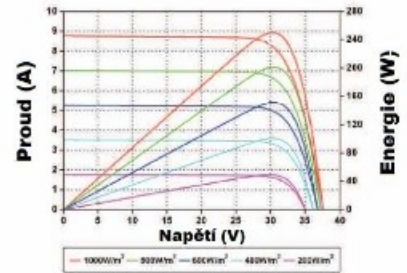
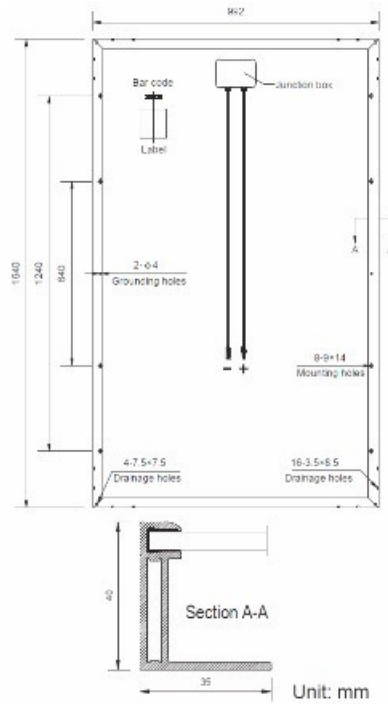
## Technické údaje

Typ		SV1F <sup>†</sup>	SH1F <sup>†</sup>	SV1B	SH1B
<b>Celková plocha</b> (potřebná pro podání žádosti o dotace)	m <sup>2</sup>	2,51	2,51	2,51	2,51
<b>Plocha absorberu</b>	m <sup>2</sup>	2,32	2,32	2,32	2,32
<b>Plocha apertury</b>	m <sup>2</sup>	2,33	2,33	2,33	2,33
<b>Vzdálenost mezi kolektory</b>	mm	21	21	21	21
<b>Rozměry</b>					
Šířka	mm	1056	2380	1056	2380
Výška	mm	2380	1056	2380	1056
Hloubka	mm	72	72	72	72
Následující hodnoty se vztahují na plochu absorberu:					
– Optická účinnost	%	80,3	80,3	75,4	75,4
– Koefficient ztráty tepla k <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K)	3,675	3,675	4,15	4,15
– Koefficient ztráty tepla k <sub>2</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,037	0,037	0,0114	0,0114
Následující hodnoty se vztahují na celkovou plochu:					
– Optická účinnost	%	74,3	74,3	69,2	69,2
– Koefficient ztráty tepla k <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K)	3,691	3,691	3,81	3,81
– Koefficient ztráty tepla k <sub>2</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,037	0,037	0,010	0,010
<b>Tepelná kapacita</b>	kJ/(m <sup>2</sup> · K)	4,7	4,7	4,5	4,5
<b>Hmotnost</b>	kg	41,5	41,5	43,9	43,9
<b>Objem kapaliny</b> (teplonosná kapalina)	l	1,83	2,4	1,67	2,33
<b>Připustný provozní tlak</b> (viz kap. „Solární expanzní nádoba“)	bar/MPa	6/0,6	6/0,6	6/0,6	6/0,6
<b>Max. klidová teplota</b>	°C	145	145	196	196
<b>Výkon výroby páry</b>					
– Vhodná montážní poloha	W/m <sup>2</sup>	0 <sup>†2</sup>	0 <sup>†2</sup>	60	60
– Nevhodná montážní poloha	W/m <sup>2</sup>	0 <sup>†2</sup>	0 <sup>†2</sup>	100	100
<b>Přípojka</b>	Ø mm	22	22	22	22

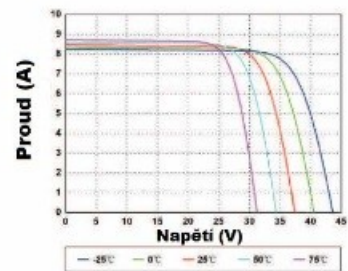
## Technické údaje pro stanovení třídy energetické účinnosti (štítek ErP)

Typ		SV1F/SH1F <sup>†</sup>	SV1B/SH1B
<b>Plocha apertury</b>	m <sup>2</sup>	2,33	2,33
Následující hodnoty se vztahují na plochu apertury.			
– Účinnost kolektorů η <sub>col</sub> při teplotním rozdílu 40 K		60	57,0
– Optická účinnost v kolektoru	%	80	75,4
– Koefficient ztráty tepla k <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K)	3,659	4,14
– Koefficient ztráty tepla k <sub>2</sub>	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>2</sup> )	0,037	0,0114
<b>Faktor úhlové korekce IAM</b>		0,91	0,89

**Příloha D – Technický list fotovoltaického panelu**



Křivka proudu-napětí a křivka napětí-energie při různém ozáření



Křivka proudu-napětí při různých teplotách

**TEPLOTNÍ PARAMETRY**

Jmenovitá provozní teplota článku (NOCT)		45°C ±2°C
Teplotní koeficient P <sub>max</sub>		-0,43%/°C
Teplotní koeficient V <sub>oc</sub>		-0,33%/°C
Teplotní koeficient I <sub>sc</sub>		0,056%/°C

**Elektrická data při STC**

<b>Jmenovitý výkon (P<sub>max</sub>)</b>	240W	245W	250W	255W	260W	265W	270W	275W
<b>Napětí naprázdno (V<sub>oc</sub>)</b>	37.7V	37.9V	38.0V	38.1V	38.2V	38.3V	38.4V	38.5V
<b>Zkratový proud (I<sub>sc</sub>)</b>	8.57A	8.66A	8.75A	8.83A	8.90A	8.98A	9.06A	9.15A
<b>Jmenovité napětí (V<sub>mp</sub>)</b>	29.9V	30.1V	30.3V	30.5V	30.7V	30.9V	31.1V	31.3V
<b>Proud při jm. výkonu (I<sub>mp</sub>)</b>	8.03A	8.14A	8.26A	8.37A	8.47A	8.58A	8.69A	8.79A
<b>Účinnost panelu (%)</b>	14.75	15.06	15.37	15.67	15.98	16.29	16.60	16.90

STC: Ozáření 1000W/m<sup>2</sup>; teplota článků 25°C, AM1.5

**Elektrická data při NOCT**

<b>Jmenovitý výkon (P<sub>max</sub>)</b>	177W	180W	184W	188W	191W	195W	199W	202W
<b>Napětí naprázdno (V<sub>oc</sub>)</b>	34.7V	34.9V	35.0V	35.1V	35.2V	35.3V	35.4V	35.5V
<b>Zkratový proud (I<sub>sc</sub>)</b>	6.94A	7.01A	7.09A	7.15A	7.21A	7.27A	7.34A	7.41A
<b>Jmenovité napětí (V<sub>mp</sub>)</b>	27.2V	27.4V	27.6V	27.8V	27.9V	28.1V	28.3V	28.5V
<b>Proud při jm. výkonu (I<sub>mp</sub>)</b>	6.51A	6.57A	6.67A	6.77A	6.85A	6.94A	7.04A	7.09A

NOCT: Ozáření 800W/m<sup>2</sup>; okolní teplota 20°C, rychlost větru 1m/s



Evitech, s.r.o.  
K Libuši 5/22  
14800 Praha

Tel: 734 233 243  
E-mail: solarnipanely@sunwave.cz  
info@eshopelektronika.cz

www.sunwave.cz  
www.eshopelektronika.cz

## Příloha E – Energetická náročnost na vytápění domu

### ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

Stav objektu	Měrná potřeba energie
Před úpravami (před zateplením)	170 kWh/m <sup>2</sup>
Po úpravách (po zateplení)	36.8 kWh/m <sup>2</sup>

### ZELENÁ ÚSPORÁM - VÝŠE PODPORY PRO

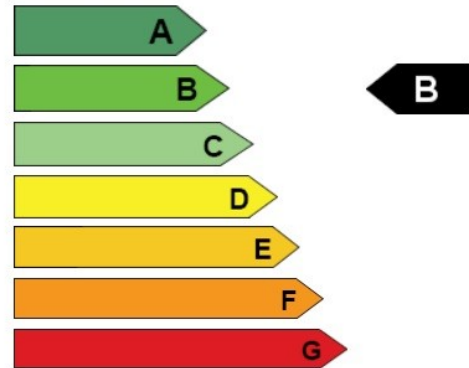
RODINNÉ DOMY ▾

Úspora: 78%

Máte nárok na dotaci v rámci části programu A.1 - celkové zateplení.

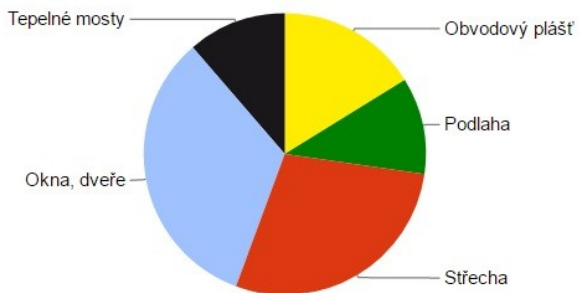
Dotace ve vašem případě činí 2200 Kč/m<sup>2</sup> podlahové plochy, to je 436700 Kč.

### ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY



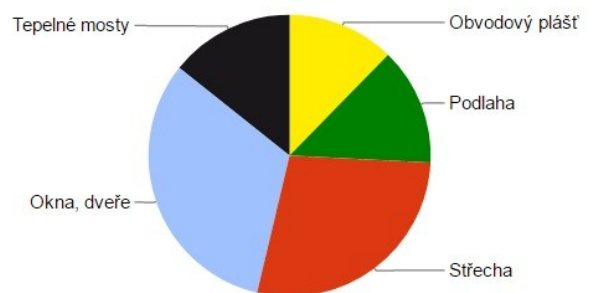
### STAVEBNĚ - TECHNICKÉ HODNOCENÍ

#### Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi - před zateplením



Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	1 617
Podlaha	1 112
Střecha	2 835
Okna, dveře	3 308
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	1 132
Větrání	5 870
--- Celkem ---	15 874

#### Tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi - po zateplení



Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	390
Podlaha	428
Střecha	885
Okna, dveře	1 015
Jiné konstrukce	0
Tepelné mosty	453
Větrání	1 043
--- Celkem ---	4 214