



Fakulta elektrotechnická  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

## **Bakalářská práce**

Analýza využití obnovitelných zdrojů energie pro dřevostavbu roubeného typu v podhůří  
Šumavy

Autor práce: Ondřej Podzemský  
Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Škorpil, CSc

Plzeň 2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej PODZEMSKÝ**  
Osobní číslo: **E10B0337P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**  
Název tématu: **Analýza využití obnovitelných zdrojů energie pro dřevostavbu roubeného typu v podhůří Šumavy**  
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

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

1. Uveďte možnosti využití OZE pro energetické zásobování obytného objektu.
2. Zpracujte návrh využití OZE pro konkrétní dřevostavbu.
3. Zhodnoťte navržený systém po stránce energetické, ekonomické a ekologické.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie  
Konzultant bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie  
Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**



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

L.S.

  
Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem svou závěrečnou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 270 trestního zákona č. 40/2009 Sb.

Také prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální

V Plzni dne: 29. 5. 2013

Ondřej Podzemský

.....

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá analýzou využití dostupných obnovitelných zdrojů energie pro dřevostavbu roubeného typu, situovanou v podhůří Šumavy. V práci jsou popsány typy obnovitelných zdrojů energie, které mohou být pro daný objekt využity. Dále se v práci autor zabývá konkrétním návrhem systémů využívajících daných obnovitelných zdrojů energie pro nízkoenergetickou dřevostavbu. Při návrhu autor vychází ze specifických zeměpisných a klimatických podmínek zájmové lokality a okrajově se dotýká i ekonomického zhodnocení navrženého energetického systému.

## **Klíčová slova:**

Obnovitelné zdroje energie, solární energie, větrná energie, biomasa, výkon zařízení, nízkoenergetická stavba, energetická charakteristika objektu.

# **Analysis of renewable energy sources utilization for timber house in Šumava foothills**

## **Abstract:**

This bachelor work analyzes the use of available renewable energy sources for wooden building of timbered type, situated in the Šumava foothills. The thesis describes the types of renewable energy, that can be used for the object. Furthermore, the autor is dealing with specific design of the system use renewable energy sources for low-energy construction. During designing the author based on specific geographic and climatic conditions location of interest and marginally is dealing economic assessment of the proposed energy system.

## **Key word:**

Renewable energy, solar energy, wind energy, biomass, performance of equipment, low-energy building, energy characteristics of the building

# Obsah

Úvod.....	8
Cíl práce a metodika .....	9
Seznam obrázků.....	10
Seznam tabulek .....	10
1 Obnovitelné zdroje.....	11
1.1 Energie ze slunce.....	11
1.1.1 Sluneční svit v ČR – přírodní podmínky .....	11
1.1.2 Sluneční kolektory .....	12
1.1.3 Solární panely .....	15
1.1.4 Typy fotovoltaických článků .....	16
1.1.5 Druhy solárních systémů .....	17
1.2 Větrná energie .....	18
1.2.1 Vítr v ČR – přírodní podmínky.....	19
1.2.2 Větrné elektrárny .....	20
1.3 Energie z biomasy .....	23
1.3.1 Dřevo jako zdroj tepla.....	23
1.3.2 Varianty dřevní hmoty pro vytápění.....	24
2 Obecná charakteristika nízkoenergetické stavby .....	27
3 Popis lokality z hlediska možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.....	29
4 Popis a energetická charakteristika objektu.....	30
4.1 Svislé konstrukce v přízemí a podkroví.....	30
4.2 Vodorovné konstrukce .....	30
4.3 Tepelné izolace.....	31
4.4 Truhlářské konstrukce .....	31
4.5 Tepelná bilance objektu .....	31
5 Dosavadní měřená spotřeba energií a vody .....	33
6 Návrh a dimenzování zařízení pro využití obnovitelných zdrojů energie .....	34
6.1 Návrh solárního ohřevu TUV.....	34
6.2 Návrh výkonu fotovoltaického systému.....	35
6.3 Návrh výkonu větrné elektrárny.....	35
7 Ekonomické zhodnocení návrhu a posouzení možností investora .....	36
Závěr .....	37
Použité zdroje a literatura .....	39
Přílohy.....	40

# Úvod

V současné době, kdy ceny klasických energií rostou a růst budou, se stále více do popředí dostávají alternativní (obnovitelné) zdroje energie. Jejich role je přímo závislá jak na hodnocení z hlediska trvale udržitelného rozvoje, tak z hlediska ekonomických ukazatelů. V měřítku existence lidstva a jeho potřeb jde o nevyčerpatelné formy energie Slunce a Země.

Mezi obnovitelné zdroje patří především energie vody, geotermální energie, spalování biomasy, energie větru, energie slunečního záření, využití tepelných čerpadel, energie příboje a přílivu oceánů

Požadavek na maximální využívání obnovitelných zdrojů je i jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Podle výsledků průzkumu provedeného statistickým úřadem EU Eurostat považuje zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na bilanci spotřeby energie za jeden z prioritních úkolů svých vlád 90 % občanů členských zemí.

Při vstupu ČR do EU se ČR zavázala, že podíl výroby elektrické energie z alternativních zdrojů bude v roce 2010 činit 8 % celkové výroby. Podle údajů státního energetického úřadu za rok 2010 a 2011 dosáhl podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů 8,3 a 10,28 %. [5] V roce 2020 by mělo jít o 13,5 % výroby z obnovitelných zdrojů energie na celkové hrubé spotřebě energií. Podle předpokladu návrhu nové státní energetické koncepce by podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie do roku 2040 měl přesáhnout 15 %. [6]



## **Cíl práce a metodika**

Cílem této bakalářské práce je provedení analýzy využití dostupných obnovitelných zdrojů energie pro konkrétní dřevostavbu roubeného typu situované v podhůří Šumavy a provedení návrhu a dimenzování zařízení pro využití dostupných obnovitelných zdrojů energie. Výsledkem této bakalářské práce bude rovněž výchozí podklad pro zpracování diplomové práce, která se bude zabývat návrhem systému dálkového monitoringu a řízení energetické soustavy rodinného nízkoenergetického domu.

Pro samotné zpracování bakalářské práce byla využita technika sběru dat vlastním pozorováním a měřením a technika zpracování dat na základě studia dostupných dokumentů (včetně oficiálních webových stránek). Zeměpisná poloha stavby byla zjištěna prostřednictvím pozičního systému GPS, technické parametry byly určeny ze stavební dokumentace a zachyceny digitálním fotoaparátem. Hodnoty spotřeby vody, elektrické energie, dřeva na otop apod. vychází z odečtů na domovním vodoměru, z vyúčtování od distributora elektrické energie a vlastních rodinných záznamů.

## Seznam obrázků

- Obr. 1. Využití solární energie
- Obr. 2. Mapa slunečního svitu
- Obr. 3. Schéma zapojení dvouokruhového solárního systému s nuceným oběhem
- Obr. 4. Schematický řez solárním kolektorem
- Obr. 5. Princip solárního článku
- Obr. 6. Schéma zapojení ostrovního systému
- Obr. 7. Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě
- Obr. 8. Větrná mapa České republiky ve výšce 10 m nad terénem
- Obr. 9. Schéma větrné elektrárny
- Obr. 10. Větrná elektrárna s vodorovnou osou otáčení
- Obr. 11. Větrná elektrárna se svislou osou otáčení
- Obr. 12. Dělení biomasy
- Obr. 13. Kotel na kusové dřevo
- Obr. 14. Kotel na pelety

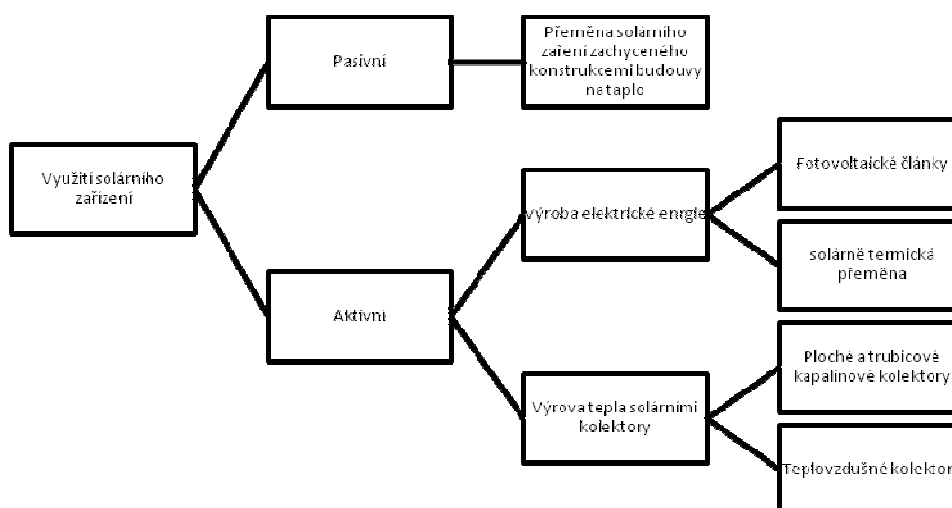
## Seznam tabulek

- Tab. 1. Výhřevnost a hmotnost dřeva při vlhkosti 20% (upraveno)
- Tab. 2. Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí
- Tab. 3. Výchozí údaje pro výpočet tepelné ztráty objektu
- Tab. 4. Měřená spotřeba energií a vody v objektu
- Tab. 5. Katalogové ceny energetických zařízení (aktualizováno k 30. 4. 2013)

# 1 Obnovitelné zdroje

## 1.1 Energie ze slunce

Energie Slunce je základní podmínkou života na Zemi. Za pomoci sluneční energie vznikají např. energie vodních toků, mořských vln, větru a energie živé hmoty (biochemická energie). Sluneční energii můžeme využívat pasivně nebo aktivně. U pasivního využití dochází k přeměně slunečního záření zachyceného konstrukcí budovy na teplo. Při aktivním využití měníme sluneční energii na teplo solárními kolektory (ploché a trubicové kapalinové kolektory, teplovzdušné kolektory) nebo vyrábíme ze sluneční energie energii elektrickou (fotovoltaické články, solární termická přeměna) viz obr. 1. [1]



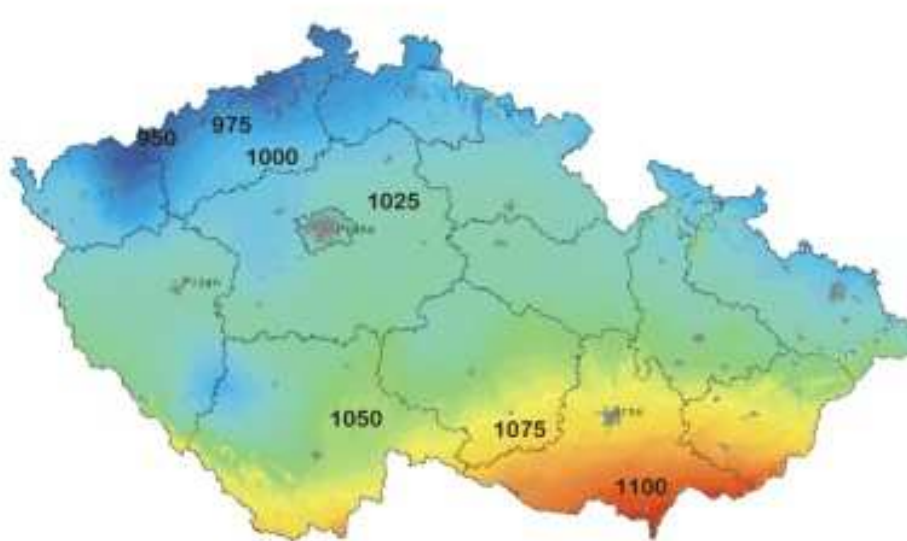
Obr. 1. Využití solární energie [1]

### 1.1.1 Sluneční svit v ČR – přírodní podmínky

Dopadající sluneční záření se skládá z přímého a rozptylového (difuzního) záření. Přímé záření je tvořeno svazky (díky velké vzdálenosti Země od Slunce jsou téměř rovnoběžné) slunečních paprsků. Difuzní záření vzniká rozptylem přímých paprsků na molekulách vzduchu, vodních kapkách nebo ledových krystálcích. Toto záření se projevuje jako světlo oblohy. [1] [3]

Množství zářivé energie dopadající za jednotku času na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům je intenzita slunečního záření  $I$ . Dále se zavádí veličina solární konstanta  $I^*$ , která je definována jako intenzita slunečního záření na hranici zemské atmosféry ve střední vzdálenosti Země a Slunce,  $I^* = 1367 \text{ W/m}^2$ . Globální sluneční záření je definováno jako množství celkového slunečního záření dopadajícího za jednotku času na jednotku plochy horizontálního zemského povrchu a je dáno algebraickým součtem intenzity přímého a difuzního slunečního záření na horizontálním zemském povrchu. [1]

V České republice je průměrný počet solárního svitu okolo 1 460 h/rok. Na obrázku obr. 2 je vidět množství dopadajícího slunečního záření v ČR na vodorovnou plochu o velikosti  $1 \text{ m}^2$ . Z obrázku lze vypožorovat, že nejnižší sluneční svit je na severozápadě ČR ( $950 \text{ kWh/m}^2$ ) a nejvyšší na jihovýchodě ( $1100 \text{ kWh/m}^2$ ). Běžně se sousední lokality od sebe liší přibližně v průměru o  $\pm 10 \%$ . [1]



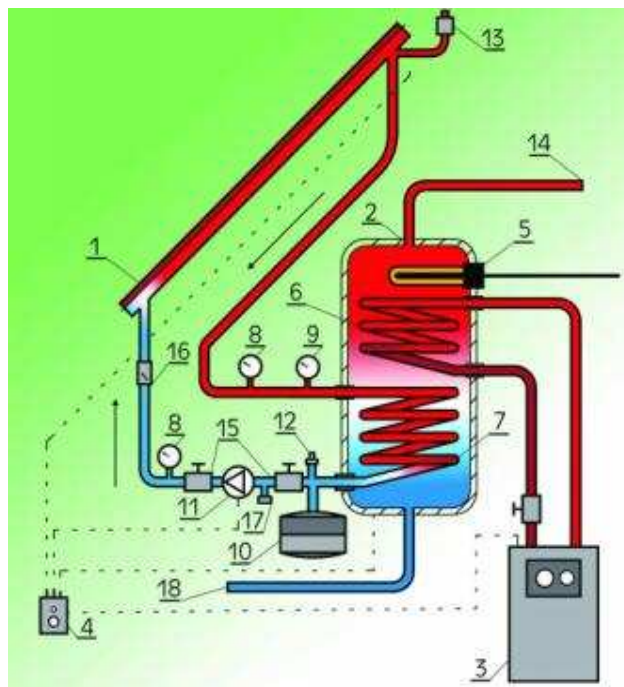
Obr. 2, Mapa slunečního svitu v  $\text{kWh/m}^2$  [7]

### 1.1.2 Sluneční kolektory

Sluneční aktivní systémy se dělí podle teplotního média na kapalinové a vzduchové (popřípadě kombinované). Skládají se z primárního a sekundárního okruhu viz obr. 3 (existují i tzv. jednookruhové kolektory). Primární okruh se skládá z kolektorů, zásobníků tepla a výměníků, spojovacího potrubí, oběhového čerpadla nebo ventilátoru,

zabezpečovacího zařízení a zařízení pro automatickou regulaci. Různé spotřebiče a rozvody teplé vody tvoří sekundární okruh. [1] [3]

1. solární kolektor
2. solární zásobník
3. kotol ústředního vytápění
4. elektronická regulace solárního systému
5. elektrické topné těleso
6. výměník tepla okruhu ústředního vytápění
7. výměník tepla solárního okruhu
8. teploměry
9. manometr
10. expanzní nádrž
11. oběhové čerpadlo
12. pojistný ventil
13. odvzdušňovací ventil
14. výstup teplé vody
15. uzavírací ventily
16. zpětná klapka
17. plnicí kohout
18. vstup studené vody z vodovodního řádu



**Obr. 3.** Schéma zapojení dvouokruhového solárního systému s nuceným oběhem [1]

Nejdůležitějším prvkem slunečních aktivních systémů jsou sluneční kolektory (absorbéry) viz obr. 4. Převádí energii záření na tepelnou energii, kterou se zahřívá teplotonosná tekutina (kapalina, vzduch). Kolektory jsou vystaveny všem nepříznivým vlivům proměnlivého počasí. Je tedy nutné věnovat pozornost konstrukci kolektorů, aby se daly spolehlivě provozovat a měly dostatečně dlouhou životnost. Konstrukce je tedy vždy kompromisem mezi teoretickými poznatky, výrobními možnostmi a ekonomickou efektivností slunečních systémů. Obecně lze kolektory dělit na ploché kolektory (absorpční plocha je stejně velká jako plocha, kterou procházejí sluneční paprsky), koncentrující kolektory (sluneční paprsky jsou na absorpční plochu soustředěny pomocí odrazové plochy, absorpční plocha je tedy menší) a vakuové kolektory (absorpční plocha je uložena do skleněné trubice s vakuem, výrazně se tím zmenší tepelná ztráta). [1] [3]



**Obr. 4.** Schematický řez solárním kolektorem [8]

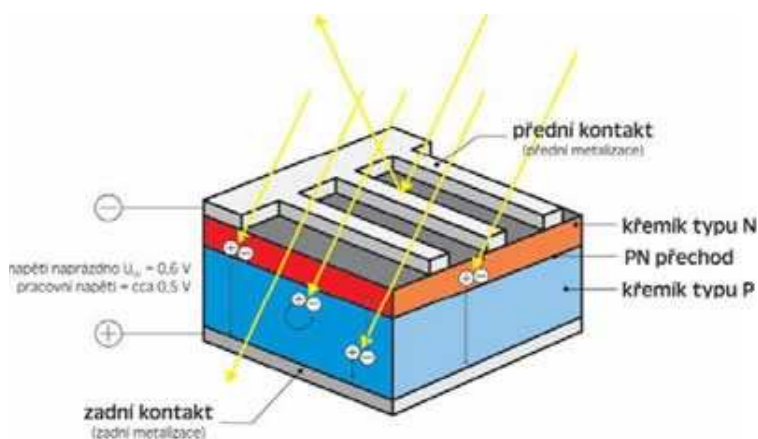
Sluneční záření není konstantní (probíhá v denních a ročních cyklech), nezbytnou součástí solárního systému je zásobník (akumulátor). Akumulátor slouží pro akumulaci tepla zachyceného kolektory v době slunečního svitu pro odběr, kdy slunce nesvítí. Akumulační látka bývá nejčastěji voda. Součástí zásobníků bývají z pravidla výměníky tepla umožňující předání energie tepla mezi okruhem kolektorů a zásobníkem a dále mezi zásobníkem a okruhem spotřebičů. Výměníky tepla dělíme na dva druhy. Výměníky umístěné přímo do zásobníku (tvoří jeden celek), nebo výměníky, které jsou umístěny mimo zásobník (tvoří samostatný prvek). [3]

Vzhledem k výše zmíněným cyklickým změnám slunečního svitu a nutností provozování primárního okruhu se zřetelem na provoz sekundárního okruhu musí být zavedena automatická regulace. Automatickou regulaci lze dělit na samočinnou regulaci, regulaci přerušováním chodu oběhového čerpadla a regulaci změnou průtoku teplotnosné kapaliny výměníkem tepla. Samočinná regulace je nejjednodušší způsob regulace s přirozenou cirkulací teplotnosné kapaliny. Používá se tam, kde lze umístit zásobník do vyšší polohy, než jsou umístěny kolektory. Při regulaci přerušováním chodu oběhového čerpadla se chod čerpadla přerušuje podle teploty kolektoru (na výstupu z kolektoru je umístěn termostat) nebo rozdílem teplot kolektoru a vody v zásobníku měřeným odporovými teploměry. V posledním případě je regulován průtok teplotnosné kapaliny ve výměníku tepla. Tuto změnu umožňuje tzv. zkratové potrubí (bypass), které spojuje vstupní a výstupní část kolektorového okruhu. [3]

### 1.1.3 Solární panely

Solární (fotovoltaické) panely slouží k přeměně slunečního záření (energie fotonů) na elektrický proud (energie pohybujících se elektronů). K této přeměně potřebuje volné elektrony a elektrický potenciál, který uvede volné elektrony do pohybu. Volné elektrony se nalézají v každém kovu a k usměrnění jejich toku potřebným směrem použijeme sluneční záření (proud fotonů). Pro lepší uvolňování elektronů při dopadu záření se používají polovodiče (dnes nejčastěji dopovaný křemík fosforem nebo borem). Elektron se v polovodiči uvolní pouze tehdy, pokud vytvoříme PN přechod. Uvolněním elektronů začne polovodič vést. Vodivost lze zvýšit zvyšující se teplotou nebo větší intenzitou dopadajícího záření. [4]

Základním prvkem je solární článek (princip viz obr. 5), který má alespoň jeden PN přechod (nejčastěji se používá velkoplošná polovodičová dioda). Na PN přechodu vzniká elektrické pole, uvádějící do pohybu volné nosiče náboje (vzniklé absorpcí světla). Vnitřní elektrické pole PN přechodu zapříčiní, že některé elektrony a díry jsou separovány. Rozdělením náboje vznikne napěťový rozdíl mezi kladnou a zápornou elektrodou solárního článku. Paralelním a sériovým pospojováním více článků dohromady vzniká solární panel. Sério-paralelní spojení se používá k docílení potřebného napětí a proudu. Solární články jsou v panelu hermeticky uzavřeny. Velký důraz je kladen na dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost panelů. [1]



Obr. 5. Princip solárního článku [1]

### 1.1.4 Typy fotovoltaických článků

Za celou dobu vývoje fotovoltaických článků bylo navrženo a vyvinuto nespočet typů a konstrukcí využívajících různé materiály. S tím souvisí i různá účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii. V současné době je u hromadně vyráběných článků účinnost mezi 14 až 16 %. Zváží-li se ohled na konstrukci a pracovní podmínky celého solárního systému je průměrná využitelnost mezi 7 až 11 %. Pro přehlednost dělíme fotovoltaické články do čtyř generací. [1] [4]

Články první generace jsou vyráběny z destiček monokrystalického křemíku s velkoplošným PN přechodem. Články tohoto typu se vyznačují dobrou účinností a dlouhodobou stabilitou výkonu. Dnes je tento typ článků stále ještě nejpoužívanější a využívá se především na velké instalace. Nevýhodou je velká náročnost výroby, při které je spotřebováno velké množství velmi čistého a tedy drahého křemíku. [4]

V druhé generaci článků se kladl důraz na zlevnění výroby, která byla dosažena snížením množství křemíku, a vznikly tenkovrstvé články. Tyto články se vyrábějí nejčastěji z amorfního, mikrokystalického nebo lykystalického křemíku. Jako tenkovrstvé články se vyrábějí např. fotovoltaické fólie, které se mohou nalepit na střechu, kde kromě funkce vyrábění elektrické energie mají také funkci nepropustné fólie. Dále mohou být součástí oblečení nebo batohu a umožňují tak napájet přenosná zařízení (mobilní telefon, vysílačka). Nevýhodou je nižší účinnost (klesá také s časem) a stabilita. [4]

Do třetí generace se zařazují fotoelektrochemické (fotogalvanické) články, polymerní články, nanostruktury ve formě uhlíkových nanotrubiček nebo nanotyčinek a v poslední řadě struktury vytvořené nanosením kvantových teček na vhodnou podložku. Tyto systémy tedy využívají k separaci nábojů jiné metody než PN přechod a jsou často vyráběny z jiných materiálů než z polovodičů. Z této generace mají hodně blízko využití moduly založené na organických polymerech. Ostatní druhy se zatím v praxi neuplatnily, protože u nich převládají problémy s nízkou účinností, malou stabilitou a životností. [4]

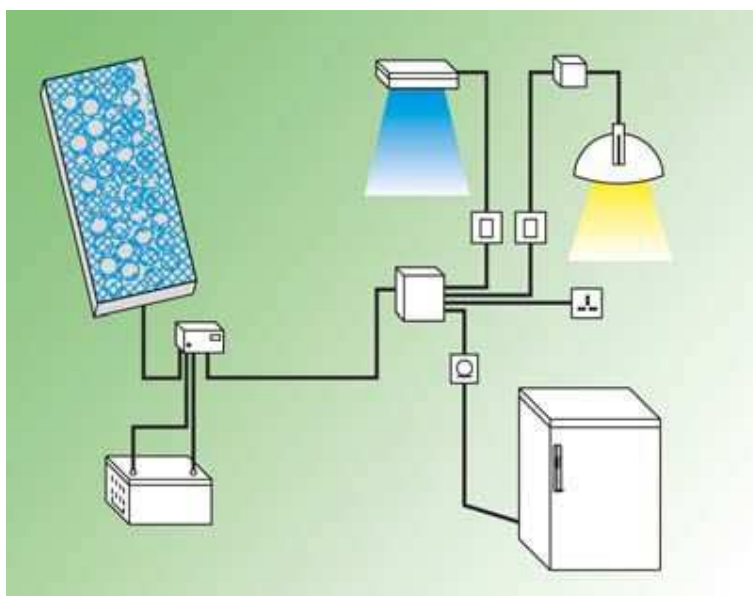
Do čtvrté generace spadají kompozitní fotovoltaické články skládané z jednotlivých vrstev. Díky této technologii jsou články schopny efektivně využít širokou část spektra slunečního záření. Každá vrstva umí využít světlo v určitém rozsahu vlnových délek. Záření, které daná vrstva nevyužije, propustí do spodních vrstev, kde je využito. [4]



### 1.1.5 Druhy solárních systémů

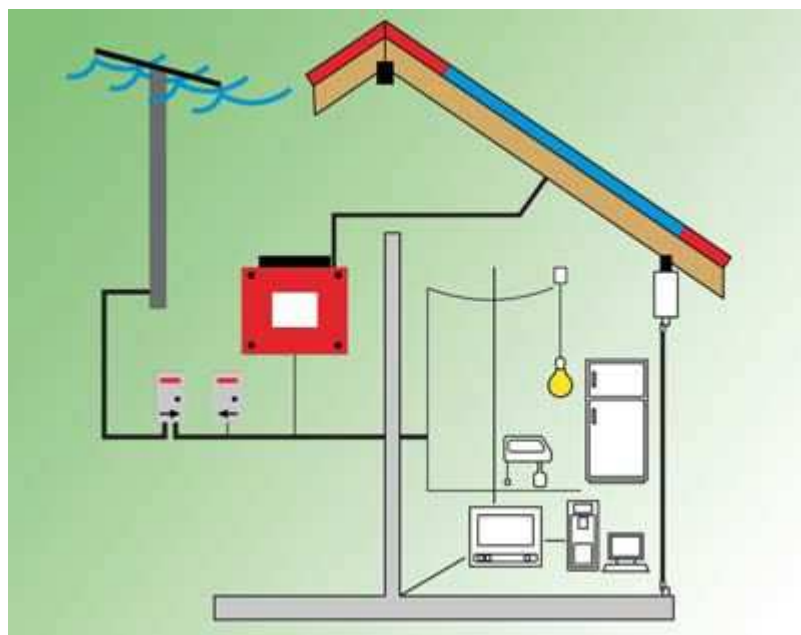
Fotovoltaický (solární) systém je sestava fotovoltaických panelů, podpůrných zařízení a spotřebičů. Mezi podpůrné zařízení patří akumulátorové baterie, regulátory nabíjení, napěťové střídače, indikační, zobrazovací, komunikační a měřicí přístroje a případně automatické sledovače slunce. Množství a skladba zařízení závisí na druhu aplikace a na konkrétním řešení. Fotovoltaický systém lze v základu dělit na systémy závislé a nezávislé na rozvodné síti. [1]

Systémy nezávislé na rozvodné síti (grid – off) nebo také ostrovní systémy (viz obr. 6) se používají v lokalitách, kde náklady na vybudování a provoz přípojky jsou vyšší než náklady na fotovoltaický systém. Tyto systémy se dále dělí na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy. Systém s přímým napájením se využívá tam, kde nevadí, že spotřebič je funkční jen po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Oproti předchozímu systému se systém s akumulací elektrické energie využívá v místech, kde je potřeba dodávat elektrickou energii i v okamžiku, kdy sluneční energie není dostupná. Musí se používat regulátor nabíjení, aby se akumulátorové baterie optimálně nabíjely a vybíjely. Hybridní ostrovní systémy používají tzv. doplňkový zdroj elektřiny. Tímto zdrojem může být např. větrná elektrárna, elektrocentrála nebo kogenerační jednotka. Tyto systémy se uplatňují v místech, kde musí být zajištěn celoroční provoz nebo tam, kde se občas používá zařízení s vysokým příkonem. [1]



**Obr. 6.** Schéma zapojení ostrovního systému [1]

Systemy závislé na rozvodné síti (grid – on) jsou připojeny na rozvodnou síť (viz obr. 7). Je-li dostatek slunečního svitu, získávají spotřebiče energii z fotovoltaických panelů a přebytečná energie je dodávána do rozvodné sítě. Po dobu slabého nebo žádného slunečního svitu je elektrická energie odebírána z rozvodné sítě. Automatickou funkčnost zajišťuje mikroprocesorové řízení síťového střídače. Připojení tohoto systému k síti musí projít složitým schvalovacím procesem u rozvodných závodů.



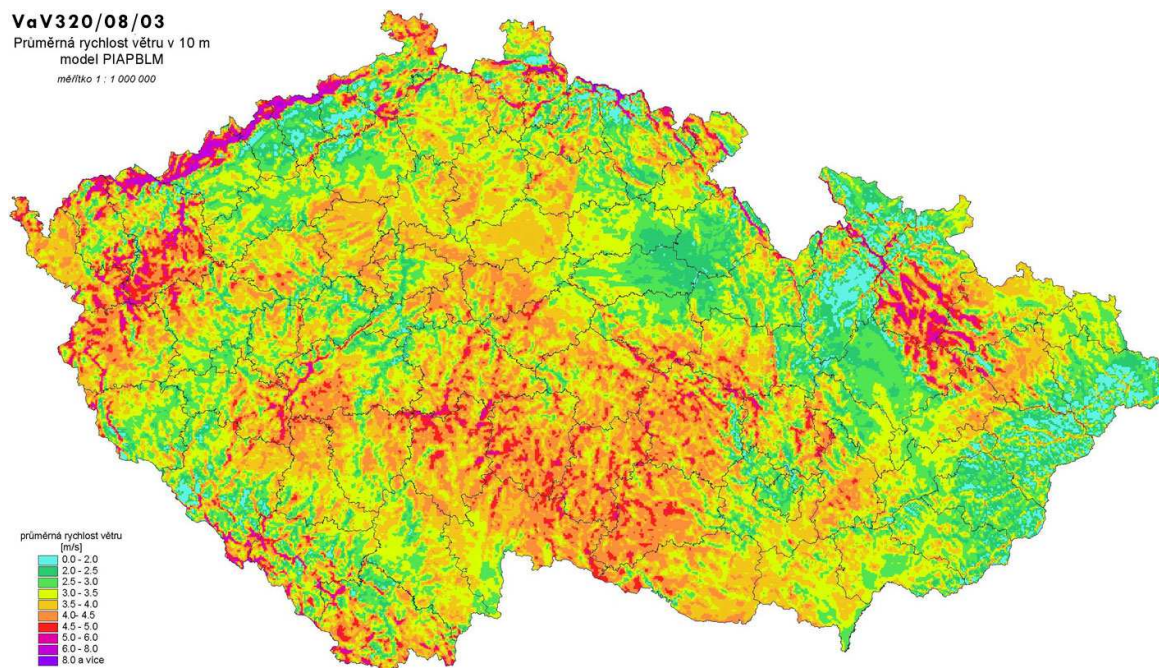
**Obr. 7.** Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě [1]

## 1.2 Větrná energie

Větrná energie vzniká dopadáním slunečního záření na povrch Země. Nakloněním rotační osy Země o  $23,5^\circ$  vzniká rozdíl absorbování tepla na pólech a rovníku. Tímto nerovnoměrným rozdělením slunečního tepla vznikají tlakové rozdíly, které zapříčiňují vznik proudění vzduchu, což je vlastně energie vzduchu. Dále je podstatný fakt, že pevninský povrch se ochlazuje a ohřívá rychleji než povrch oceánu a tím tedy vzniká cirkulace studeného a teplého vzduchu. Větrná energie se řadí do skupiny alternativních zdrojů nebo také jinak řečeno obnovitelných zdrojů energie. Tato energie byla využívána už ve starověku, kde vítr poháněl větrné mlýny, které pomocí různých převodních zařízení poháněly mimo jiné také vodní čerpadla. Postupně byla větrná energie transformována na tlakovou energii, energii páry nebo elektrickou energii.[1]

## 1.2.1 Vítr v ČR – přírodní podmínky

Česká republika je vnitrozemský stát, pro který je typické kontinentální klima. Významně se v ČR projevuje sezónní kolísání rychlosti větru, které je zapříčiněné vzdušným prouděním, typickým pro střední a severní Evropu. Vhodné oblasti pro využití větrné energie v ČR jsou lokality ve vyšších nadmořských výškách, tedy ve výškách nad 500 m n. m. V těchto výškách je průměrná roční rychlost větru vyšší než,  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Při této rychlosti začínají pracovat malé větrné elektrárny (do 5 kW). S rostoucí rychlostí větru roste i množství vyprodukované energie. Energie větru roste s třetí mocninou rychlosti větru, takže např. při rychlosti větru  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  je vyrobeno dvakrát více energie než při rychlosti větru  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Mapa průměrné rychlosti větru viz obr. 8. [1] [2]



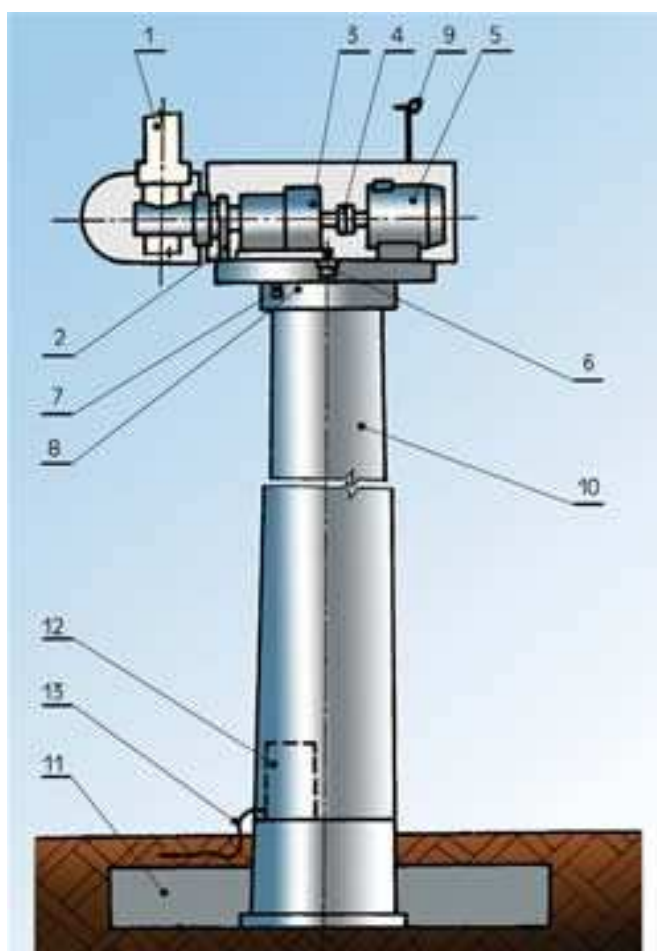
Obr. 8. Větrná mapa České republiky ve výšce 10 m nad terénem [9]

Větrná energetika využívá nevyčerpatelné kinetické energie větru. Pro využití větrného potenciálu jsou rozhodující dva základní parametry, kterými jsou průměrná rychlost větru a průměrná četnost větru. K zjištění vhodnosti dané lokality k tomu, aby na ní byla umístěna větrná elektrárna, je nejvhodnější stanovit distribuční charakteristiku, kterou získáme kontinuálním měřením rychlosti ve výšce rotoru. Toto měření by se mělo provádět minimálně rok a poté výsledky porovnat s dlouhodobými výsledky, které naměřila nejbližší meteorologická stanice. [1] [17]

## 1.2.2 Větrné elektrárny

Větrné elektrárny jsou zařízení, která přeměňují energii větru na elektrickou energii. Dělí se na elektrárny s vodorovnou osou otáčení a s kolmou osou otáčení. Oba typy se liší jen v několika mechanických a konstrukčních provedení, proto přiložené schéma větrné elektrárny je jen pro vodorovnou osu otáčení viz obr. 9, aby bylo jednodušší porozumět principu. Dále se dají rozdělit stejně jako fotovoltaické elektrárny podle způsobu připojení k rozvodné síti, a to na systémy závislé a nezávislé na rozvodné síti, tedy systémy grid - on a grid - off.

1. rotor s rotorovou hlavicí
2. brzda rotoru
3. planetová převodovka
4. spojka
5. generátor
6. servopohon natáčení strojovny
7. brzda točny strojovny
8. ložisko točny strojovny
9. čidla rychlosti a směru větru
10. několika dílná věž elektrárny
11. betonový armovaný základ elektrárny
12. elektrorozvaděče silnoproudého a řídicího obvodu
13. elektrická přípojka



Obr. 9. Schéma větrné elektrárny [1]

V praxi jsou dnes nejrozšířenější elektrárny s vodorovnou osou otáčení (viz obr. 9, 10), které pracují na vztahovém principu. Podobný princip používaly již historické větrné mlýny a větrná kola vodních čerpadel (tzv. americký větrný motor). V tomto uspořádání platí nepřímá závislost počtu listů na frekvenci otáčení, tj. čím více listů tím pomaleji se rotor otáčí. Dnes se nejčastěji používají elektrárny, které mají tři listy

(vyvinuty byly i elektrárny jedno nebo dvoulisté). Na listy rotoru působí aerodynamické síly a větrná turbína převádí tyto síly na mechanickou energii. Listy musí mít specifický profil, který připomíná profil křídla letadla. Mechanická energie je poté prostřednictvím generátoru přeměněna na energii elektrickou. Vztlakové síly rostou s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem vzrůstá s třetí mocninou. Musí být tedy zajištěna efektivní a rychle pracující regulace výkonu rotoru, aby nedošlo k mechanickému nebo elektrickému přetížení elektrárny. Elektrárny s klasickými generátory jsou vybavené planetovou převodovkou a generátor se tedy otáčí konstantní rychlostí při jakékoli rychlosti větru (obvykle se ještě používají natáčivé lopatky). Při použití výkonové elektroniky nebo vícepólového generátoru nejsou otáčky pevně dány. Rotor má vyšší účinnost a vyšší rozsah využití při různých rychlostech větru. Velikost napětí na svorkách generátoru záleží na typu a výkonu větrné turbíny. [1] [14]



**Obr. 10.** Větrná elektrárna s vodorovnou osou otáčení [10]

Větrné elektrárny se svislou osou otáčení (viz obr. 11) pracují na vztlakovém nebo na odporovém principu. Výhodou těchto elektráren je, že dosahují vyšší rychlosti otáčení a tím i vyšší účinnosti než elektrárny s vodorovnou osou otáčení. Nepotřebují detektor směru větru, protože jejich konstrukce umožňuje otáčení při jakémkoliv směru větru. Používají se spíše jako malé elektrárny doplňující např. fotovoltaické panely u rodinných domů. Pro velké výkony se nepoužívají, jelikož u nich dochází k velkému dynamickému namáhání a tím je značně zkrácena jejich životnost. [1]



**Obr. 11.** Větrná elektrárna se svislou osou otáčení [11]

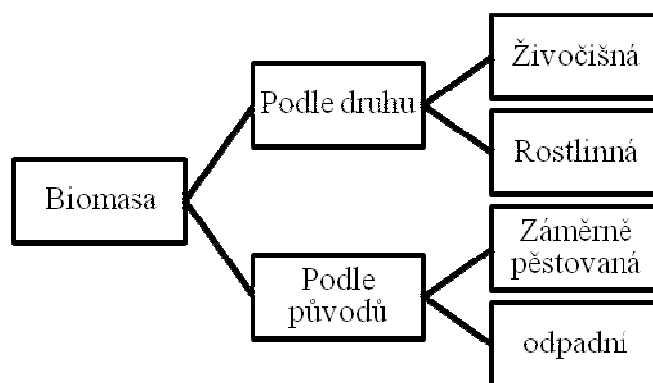
Výkony větrných elektráren se pohybují od 50 W do 4,5 MW. Záleží na typu a velikosti větrné elektrárny. Výkon u tzv. mikroelektráren se pohybuje od 50 do 1000 W, přičemž elektřinu vyrábí synchronní generátory buzené permanentními magnety. Napětí u takovýchto elektráren je 12 nebo 24 V a napájí se jím malé spotřebiče (světla, TV, chladničky). U velkých elektráren se výkony pohybují okolo 300 až 3000 kW. Takovéto elektrárny jsou určeny pro dodávání elektrické energie do rozvodné sítě. Střídavý proud o napětí 660 V se generuje v asynchronním generátoru. Největší elektrárny dosahují výšky 120 m a délku listů mají 52 m, přičemž výkon generátoru dosahuje až na 4,5 MW. K efektivnějšímu provozu se větrné elektrárny sdružují do tzv. větrných farem (5 až 30 elektráren). [1]

Důležitým parametrem u větrných elektráren je regulace výkonu. Regulace se dělí na pasivní a aktivní. Pasivní regulace (stall) se používá, pokud má větrná elektrárna pevné listy. K regulaci dochází při určité rychlosti větru, když dojde k odtržení proudnice vzduchu od listu rotoru (po odtržení dojde k snížení výkonu). Výhodou je vyšší výroba elektrické energie při vyšších rychlostech větru a také nižší pořizovací náklady. Aktivní regulace (Pitch) využívá možnosti natáčení celého listu rotoru, podle okamžité rychlosti větru. Tímto se docílí, aby celkový náběh větru byl v daném okamžiku optimální. Oproti

větrné elektrárně s pasivní regulací má tato elektrárna výhodu vyšší výroby elektrické energie při nižších rychlostech větru. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady. [1]

### 1.3 Energie z biomasy

Biomasa je organická hmota, ve které je energie uložena pomocí chemických vazeb. Energie v ní uložená je sluneční energie. Biomasa může být rostlinného i živočišného původu např. dřevo a dřevní biomasy dnes pěstované jako šlechtěné rychle rostoucí dřeviny. Rozdělení biomasy je znázorněno na obr. 12.



Obr. 12. Dělení biomasy [1]

Energii lze z biomasy získat různými technologiemi, které se dělí na suché a mokré procesy. Mezi suché procesy (termochemické přeměny) patří spalování, zplyňování a pyrolýza. Do mokrých procesů (biochemická přeměna) patří metanové kvašení, lihové kvašení a výroba biovodíku. Je třeba ještě zmínit speciální podskupinu, kterou je lisování olejů (mechanicko-chemická přeměna) a jejich následná úprava. Sem patří např. výroba bionafty a přírodních maziv. [15]

#### 1.3.1 Dřevo jako zdroj tepla

Dřevo je nejstarší zdroj energie, k topení jej používal již jeskynní člověk. Dnešní technologie nám umožňují spalovat dřevo s vysokou účinností a komfortem. Tyto vlastnosti ale zvyšují požadavky na kvalitu dřeva. Jedním ze základních předpokladů pro efektivní provoz je topení suchým dřevem. Syrové dřevo má oproti suchému dřevu vlhkost přibližně 50%, tzn., že při spalování syrového dřeva se spotřebuje přibližně polovina energie k odpaření vody obsažené ve dřevě. Tedy ke stejné účinnosti je za potřebí dvakrát víc syrového než suchého dřeva. Syrové dřevo je nutno skladovat v hranici nebo

pod přístřeškem, kde se přirozeným procesem vysuší na vlhkost okolo 20%. Takto uskladněné dřevo by mělo vysychat přibližně dva roky.

Různé dřeviny mají různou výhřevnost, ta se ale příliš neliší. Dřevo z jehličnanů má větší výhřevnost než dřevo z listnatých dřevin díky vyššímu výskytu pryskyřic. Na rozdíl od měkkého jehličnatého dřeva je dřevo z listnatých dřevin tvrdé a je v něm tedy více energie. Tvrdé dřevo hoří kratším plamenem, což snižuje množství tepla unikajícího komínem. Výhřevnost různých dřevin udává následující tabulka. [2]

Výhřevnost a hmotnost dřeva při vlhkosti 20%			
Dřevina	Výhřevnost [MJ/kg]	Výhřevnost [kW/kg]	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]
Borovice	18,4	5,1	610
Dub	15,9	4,4	820
Jedle	15,9	4,4	490
Buk	15,5	4,3	820
Smrk	15,3	4,3	520

Tab. 1. Výhřevnost a hmotnost dřeva při vlhkosti 20% [2] (upraveno)

### 1.3.2 Varianty dřevní hmoty pro vytápění

Nejpoužívanějším zařízením používaným k vytápění obytných budov pomocí dřevní hmoty jsou kotle na kusové dřevo (viz obr. 13). Nejčastěji jsou konstruované jako zplyňovací, tzn. místo dřeva se v nich spaluje dřevoplyn, který se ze dřeva uvolní v násypce kotle. Výhodou zplyňovacích kotlů je vysoká účinnost spalování a nízké emise. K palivovému dřevu se dá přidat ještě drobný dřevní odpad, štěpka nebo piliny. Pro správný chod a funkčnost kotle musí být palivo suché (vlhkost do 20 %). Systém ústředního vytápění je vhodné doplnit akumulací nádrží. V tomto případě pracuje kotel na plný výkon jen určitou dobu, přičemž se teplo akumuluje v akumulaci nádrži pro pozdější využití. Po nabití akumulaci nádrže se kotel uvede do režimu tzv. teplé rezervy. V tomto režimu má kotel nepatrný výkon a minimální spotřebu paliva, protože palivo pomalu prohořívá a nemusí se přikládat tak často, jako když kotel pracuje na plný výkon. Efektivitu systému ještě značně zvýší regulace ústředního topení, která si podle potřeby z akumulaci nádrže odebírá teplo. [2]

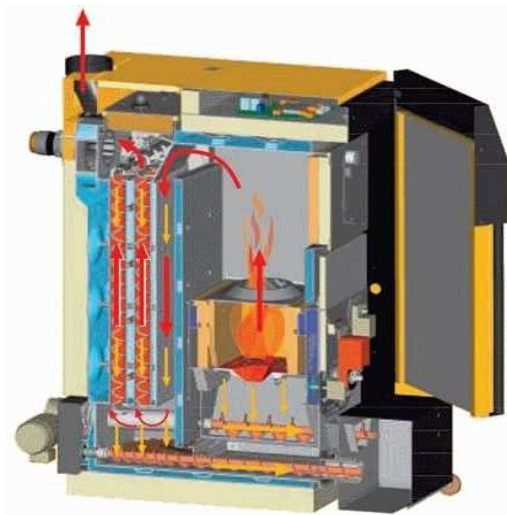




**Obr. 13.** Kotel na kusové dřevo [12]

Pro vytápění větších objektů (vícegenerační rodinné domy, penziony) je možné využít kotel na štěpku (viz obr 15.). Princip kotlů na štěpku a pelety je podobný. Pomocí šnekových dopravníků lze umožnit automatické přikládání paliva do kotle. Štěpka se jako palivo používá nejčastěji v surovém stavu, protože se obtížně suší. Při použití kotle na štěpku je nutné mít prostor pro skladování štěpky, který lze výše zmíněnými dopravníky propojit s prostorem kotelny. Také je třeba dbát na to, aby štěpka nezačala plesnivět. Kotle na štěpku jsou nevýhodné pro dobře izolované domy s malou spotřebou tepla. Také je nevýhodné konstruovat kotle pro malý objem paliva. [2]

Další možností je použití kotle na pelety (viz obr. 15). Princip kotlů na pelety a štěpku je podobný. Pelety mají vysokou výhřevnost a jsou vždy suché (zvlhnou-li, rozpadají se) a dobře se skladují. Kotle na pelety mohou stejně, jako kotle na štěpku pracovat automaticky tzn., že se palivo do kotle automaticky přidává, a také může být automaticky přepravováno ze skladovacích prostor do kotelny šnekovým dopravníkem. Pelety jsou vyráběny lisováním pilin, které se musí před lisováním dostatečně vysušit. Tento typ kotlů ale není vhodný pro vytápění rodinných domů, protože celé zařízení je velice drahé. [2]



**Obr. 14.** Kotel na pelety [13]

Je-li dům dobře zaizolován, lze pro vytápění použít např. pouze interiérová kamna nebo krb. Častěji se používají jako doplňkový zdroj tepla nebo pro tzv. vytápění pro radost, pro velice příjemný zážitek z živého ohně. Jsou-li interiérová kamna nebo krb opravdu jediným zdrojem tepla, je lepší napojit je na okruh ústředního vytápění a dodávat z nich teplo do teplovodního nebo teplovzdušného systému, který zajistí rovnoměrné vytápění budovy. Tímto způsobem lze přebytečné teplo také uskladnit v akumulární nádrži a využít ho v době, kdy není možnost přikládat palivo (např. v noci). [2]

## 2 Obecná charakteristika nízkoenergetické stavby

Výstavba a vlastní provoz nízkoenergetických budov jsou spojeny se spotřebou energie. Snaha o hospodárné využití energie a minimalizace energetických nároků s ohledem na vložené investiční náklady vede k potřebám přesného vyčíslení a posouzení variant řešení stavebně energetické koncepce. Celková potřeba energie obytné budovy se skládá z potřeb energie pro vytápění, pro větrání, pro ohřev teplé vody a pro osvětlení a provoz spotřebičů. Ukazatelem tepelného chování obytné budovy je energetická bilance, která je dána normou ČSN EN 832 – *Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění – Obytné budovy*. V normě jsou stanoveny výpočty pro předpokládanou potřebu energie obytné budovy. [16]

U nízkoenergetických budov je měrná plošná potřeba tepla na vytápění budov nižší než požadovaná normová hodnota. Podle normy ČSN 730540-2 mají nízkoenergetické stavby plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění nižší než  $50 \text{ kWhm}^{-2}\text{a}^{-1}$ . Při výstavbě nízkoenergetického domu musíme dodržet několik pravidel. U obvodových konstrukcí jsou hodnoty součinitelů prostupu tepla nižší než normově doporučené hodnoty. Počítá-li se s využitím solární energie, rekuperace tepla nebo elektrické energie u vytápění je vhodné dosahovat 2/3 normovaných hodnot. Výplně otvorů (dveře, okna) musí být těsné a součinitel prostupu tepla by neměl být vyšší než  $1,1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Dále je nutné minimalizovat tepelné mosty (místa v konstrukci, kterými uniká zvýšené množství tepelné energie) a eliminovat jejich vliv. Konstrukce budovy musí mít tzv. těsnou obálku (vzduchotěsnost stavební konstrukce). Přirozené větrání by se mělo nahradit větráním mechanickým (nuceným). To sníží energetickou náročnost celkové potřeby tepla při optimální výměně vzduchu. Vhodné je využít nucené větrání spolu s rekuperací tepla (zpětné získávání tepla) a tedy jako teplotně neutrální médium pro teplovzdušné vytápění lze využít vzduch (potřeba tepla na vytápění je malá). U nucené výměny vzduchu (větrání) lze k přehřevu přiváděného venkovního vzduchu vybudovat zemní výměník (vysoké náklady na vybudování). Nízkoenergetické domy často využívají k pokrytí tepelné potřeby pro vytápění obnovitelné zdroje energie. Je možné využít solární techniku, tepelná čerpadla, dřevo a dřevní hmoty (pelety, brikety, štěpku). Je-li zdrojem tepla plynový kotel, pak by měl být kondenzační a s širokou výkonovou regulací. Musí se počítat s tím,

že většina zařízení (systémů) pracujících na principu využívání energie z obnovitelných zdrojů vyžaduje akumulční zásobník topné vody. Důležitým faktorem je i orientace umístění oken a jejich tzv. solární zisk. Jsou-li orientovány na jih, jsou jejich sluneční zisky oproti ztrátám významné, při orientaci na východ nebo západ je zisk přibližně roven ztrátám a při orientaci na sever jsou ztráty vyšší než zisk. [16]

### **3 Popis lokality z hlediska možnosti využití obnovitelných zdrojů energie**

Posuzovaná dřevostavba se nachází v jihozápadní části České republiky v obci Žár, která leží na spojnici obcí Čkyně a Vacov. Objekt je situován na jižním svahu Kaleného vrchu (828 m. n. m.) v nadmořské výšce 696 m (GPS souřadnice: 49°7'3,85''N, 13°45'27,00''E) mapa oblasti viz příloha č. I.

Z hlediska využití sluneční energie, spadá lokalita dle obr. 2 do oblasti s ročním průměrným slunečním svitem 1075 kWh/m<sup>2</sup>. Oblast je tedy vhodná jak pro výrobu elektrické energie, tak pro ohřev teplé užitkové vody ze sluneční energie.

Posuzovaná oblast z pohledu využití větrné energie spadá do lokality s rychlostí větru pohybující se v rozmezí 4,5 až 6 m/s ve výšce 10m nad terénem viz obr. 8. V lokalitě převažují větry jihozápadního až západního směru. Uvedená dřevostavba je situována na severní straně údolí říčky Spůlky, které je orientováno ve směru V – Z, a je tak plně otevřeno převládajícím větrům.

Lokalita se nachází v podhůří Šumavy, kde se i do budoucna předpokládá zajištění dostatku palivového dřeva. Z hlediska druhového zastoupení převažují měkké jehličnaté dřeviny o výhřevnosti 4,3 až 5,1 kW/kg viz tab. 1.

## 4 Popis a energetická charakteristika objektu

Z průvodní, souhrnné a technické zprávy projektu pro stavební povolení pro novostavbu rodinného domu vypracovanou Václavem Moštěkem v srpnu 2007 byly vybrány následující relevantní charakteristiky objektu.

### 4.1 Svislé konstrukce v přízemí a podkroví

Obvodové a nosné zdivo je provedeno ze smrkových hranolů o rozměrech 98/150 mm, spoj trojitá perodrážka. Obvodové stěny rodinného domu jsou navrženy jako sendvičové:

- hranol o tloušťce 98 mm
- tepelná izolace tloušťky 100 mm se zatepleným nosným roštem
- parozábrana
- konstrukční rošt s tepelnou izolací tloušťky 40 mm
- obklad palubky tloušťky 24 mm popřípadě sádrokartonový obklad KNAUF GKBI tloušťky 12,5 mm.

Štítové zdi podkroví jsou provedeny jako rámová konstrukce (o rozměrech 140/60 mm) zateplená tepelnou izolací ORSIL v tloušťce 140 mm. Venkovní obklad je proveden tzv. selským prknem, vnitřní obklad je proveden palubkami tloušťky 19 mm, případně OSB deskou tloušťky 18 mm a sádrokartonem tloušťky 12 mm.

### 4.2 Vodorovné konstrukce

Zastropení prvního podzemního podlaží je provedeno železobetonovou deskou o tloušťce 150 mm, z betonu třídy B20, vyztuženou KARI sítí a prutovou výztuží. Zastropení prvního nadzemního podlaží je provedeno dřevěným trémovým stropem (trámy o průřezu 160/260 mm) se záklopem z palubek o tloušťce 24 mm. Veškeré viditelné části stropní konstrukce byly před osazením ohoblovány. Nosnou část stropu nad druhým nadzemním podlažím tvoří konstrukce krovu, na němž je zavěšen rošt pro sádrokarton RIGIPS, část stropu je obložena palubkami o tloušťce 19 mm.

### 4.3 Tepelné izolace

Tepelná izolace podlahy prvního nadzemního podlaží je provedena z polystyrenu EPS W20 v tloušťce dvakrát 40 mm. Zvukovou izolaci proti kročejovému hluku v podlahách druhého nadzemního podlaží tvoří ISOVER TDPT v tloušťce 15 mm, ROKWOOL v tloušťce 70 mm mezi podlahový rošt.

Obvodové stěny v druhém nadzemním podlaží jsou zatepleny tepelnou izolací ORSIL o tloušťce 100+40 mm. Střešní konstrukce je zateplena tepelnou izolací ORSIL v tloušťce 160 mm, pod kterou je položena parozábrana NICOBAR 125 + vložení přídatné tepelné izolace ORSIL v tloušťce 60 až 80 mm do konstrukčního roštu.

### 4.4 Truhlářské konstrukce

Vstupní dveře jsou ze zatepleného dřevěného masivu. Okna jsou provedená jako dřevěná EURO okna, zasklená izolačním dvojsklem (součinitel prostupu tepla  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ). Ve střeše nad schodištěm je osazeno střešní okno VELUX GGL s ventilační klapkou a izolačním dvojsklem.

### 4.5 Tepelná bilance objektu

Tepelné ztráty objektu byly vypočteny na základě ČSN 06 0210 pro teplotní oblast s venkovní výpočtovou teplotou  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  pro samostatně stojící budovu v normální nechráněné krajině. Přirážka podle orientace místností na světové strany je ve výpočtu zohledněna.

Popis konstrukce	$[\text{W/m}^2\text{K}^{-1}]$
Obvodová stěna (150 mm izolace)	0,25
Střešní konstrukce (160 mm izolace)	0,24
Podlaha nad nevytápěným 1. podzemním podlažím (80 mm)	0,5
Okna s izolačním dvojsklem	1,3
Vchodové dveře	1,5

**Tab. 2.** Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí [21]

Výše vypsane hodnoty jsou minimální, na tyto hodnoty jsou počítány tepelné ztráty

	Hodnota	Jednotka
Max. povrchová teplota na el. přímotopu	90	°C
Požadovaná průměrná teplota	20	°C
Venkovní výpočtová teplota	-15	°C
Průměrná roční teplota ve vytápěcím období	2,8	°C
Počet vytápěcích dní za rok	223	den
Průměrná intenzita výměny vzduchu	Min 0,5	h <sup>-1</sup>

**Tab. 3.** *Výchozí údaje pro výpočet tepelné ztráty objektu [21]*

Velikost vypočítaných tepelných ztrát objektu dle technické zprávy projektu stavby činí 7,8 kW.

Na kompenzaci tepelných ztrát objektu bylo navrženo vytápění elektrickými přímotopnými infrapanely (EUROTHERM TOP) a elektrickými topnými rohožemi (koupelny) o celkovém instalovaném výkonu 8,83 kW. Jako alternativní zdroj tepla byla instalována kachlová krbová kamna FINLANDIA o regulovatelném výkonu 7 až 9 kW.



## 5 Dosavadní měřená spotřeba energií a vody

Ve výše zmiňovaném objektu, byly k 31. 3. 2013 zaznamenány následující spotřeby energií a vody viz tab. 4. Spotřeba palivového dřeva byla poprvé měřená v zimní sezoně 2012/2013. Spotřeba elektrické energie je měřena od července roku 2010 a k ohřevu teplé užitkové vody od července 2012 z důvodu instalace nového zásobníku teplé užitkové vody. Spotřeba vody je měřena taktéž od července 2012, kdy bylo do studny instalováno ponorné čerpadlo. Z uvedených hodnot lze vyčíst postupný nárůst spotřeby elektrické energie v důsledku postupného zapojování nových elektrických tepelných zdrojů.

	2010	2011	2012	2013	2013*
Celková spotřeba elektrické energie (MWh)	0.354	0.540	1.782	0.917	4.00
Z toho ohřev TUV (MWh)	-	-	0.192	0.045	-
Voda (m <sup>3</sup> )	-	-	8.773	2.098	-
Dřevo – tepelný výkon (MW) topná sezóna	-	-	2.683		-

**Tab. 4.** Měřená spotřeba energií a vody v objektu

*Pozn.: rok 2013 spotřeby jsou k 31.3.*

*rok 2013\* odhad celoroční spotřeby*

## 6 Návrh a dimenzování zařízení pro využití obnovitelných zdrojů energie

V této kapitole se autor zabývá využitím dostupných obnovitelných zdrojů energie k pokrytí výše uvedené energetické náročnosti objektu. Za dostupné obnovitelné zdroje v této lokalitě lze uvažovat energii slunečního záření, větrnou energii a energii z biomasy. Následně se pokusí s využitím použité literatury a komerčně dostupných systémů vytvořit odpovídající návrh zařízení k vytvoření energeticky soběstačného objektu.

Na základě dosud známých hodnot spotřeby energie a dlouhodobé znalosti místních klimatických poměrů autor navrhuje výkon fotovoltaické elektrárny tak, aby pokryl zhruba 95 % spotřeby s tím, že větrná elektrárna bude sloužit jako doplňkový zdroj v období s nižším slunečním svitem a s vyšší četností větrů (listopad až březen). Za výchozí hodnotu celkové spotřeby elektrické energie objektu bude uvažována hodnota 6 MWh za rok.

### 6.1 Návrh solárního ohřevu TUV

Pro návrh solárního ohřevu teplé užitkové vody byl použit výpočtový program společnosti Ekosolaris a.s., který byl volně dostupný na webových stránkách společnosti. [18]. Vstupní hodnoty toho programu byly autorem bakalářské práce upraveny pro místní podmínky (průměrné měsíční teploty a intenzita slunečního záření).

V současné době k ohřevu teplé užitkové vody slouží elektrický zásobníkový ohřívač vody OKHE 125 – SMART. Pro dimenzování solárního ohřevu byly stanoveny tyto základní podmínky:

- Objem solárního zásobníku TUV – 300 l
- Stávající boiler bude zapojen do systému ohřevu TUV jako případný koncový dohřev vody (bivalentní systém)
- Solární panely budou umístěny na střeše rodinného domu se sklonem 45° a orientací na jih

Na základě provedeného výpočtu (viz příloha č. II) byl stanoven počet kolektorů na dva kusy. Navrhovaným požadavkům vyhovuje například solární systém TUV300E od firmy SOLAR POWER CZ s.r.o. viz příloha č. III.

## 6.2 Návrh výkonu fotovoltaického systému

Návrh fotovoltaického systému je omezen dostupnou plochou střechy objektu ( $48 \text{ m}^2$ , ze stávající plochy je již odečtená plocha pro panely solárního ohřevu TUV). Z dané plochy byl pomocí energetické kalkulačky [19] vypočten energetický zisk fotovoltaického systému, který činí  $5,286 \text{ MWh/rok}$  viz příloha č. IV. Uvedený výpočet je lokalizován pro Prahu, kde je počítáno s průměrnou roční intenzitou slunečního svitu  $1000 \text{ kWh/m}^2$ . Protože se sledovaná lokalita nachází v oblasti s průměrnou roční intenzitou slunečního svitu  $1075 \text{ kWh/m}^2$  činí v přepočtu energetický zisk fotovoltaického systému  $5,682 \text{ MWh/rok}$ . Výpočet je uvažován pro fotovoltaické panely o výkonu  $200 \text{ W}$ .

Jako možné řešení je možno uvažovat o fotovoltaické elektrárně od společnosti GS ENERGY [20], která je složena z 23 panelů ReneSola  $240 \text{ W}$  – poly o jednotkovém výkonu  $240 \text{ W}$  (viz příloha č. V) a celkovém výkonu  $5,57 \text{ kWp}$ . Celková předpokládaná roční produkce elektrické energie je  $5,709 \text{ MWh}$ . Navrhovaný systém splňuje předpokládaný roční energetický zisk a svými rozměry vyhovuje prostorovým možnostem střechy.

## 6.3 Návrh výkonu větrné elektrárny

Návrh výkonu větrné elektrárny je omezen pouze cenou samotného zařízení do  $300\,000,- \text{ Kč}$ . Neboť zařízení bude sloužit jako doplňkový zdroj elektrické energie v období s menší intenzitou slunečního svitu a s větší četností větrů (listopad až březen). Byl navržen větrný generátor SIMETI  $5 \text{ kWp}$  se svislou osou otáčení lopatek viz obr. [11] a příloha č. VI. Tento typ větrné elektrárny byl vybrán z důvodu nízké rozběhové rychlosti, která je dána rychlostí větru  $2,6 \text{ m/s}$ . Průměrná rychlost větru v dané lokalitě je  $5 \text{ m/s}$ . Další významné výhody výše uvedeného zařízení:

- Vysoká životnost minimálně 20 let
- Jednoduchá a rychlá montáž bez těžké techniky
- Výška umístění od  $2,5 \text{ m}$  (na budově)
- Jednoduché technické řešení
- Nízká hmotnost celého zařízení
- Výkon
- Zanedbatelné nároky na provoz a údržbu
- Bezhučnost ( $40\text{dB}$ ) a bezvibrační technologie – nízká obvodová rychlost

## 7 Ekonomické zhodnocení návrhu a posouzení možností investora

Náklady na výše uvedený návrh alternativních zdrojů energie pro zásobování rodinného domu jsou uvedeny v tab. 5. Ceny jsou aktuální k 30. 4. 2013 a jsou uvedeny bez DPH. V případě instalace energetického zařízení odbornou firmou je započítávána nižší sazba DPH, v případě montáže svépomocí je započítávána vyšší sazba DPH.

Název produktu	Katalogová cena bez DPH	Katalogová cena s 15 % DPH	Katalogová cena s 21 % DPH
Solární ohřev TUV300E	84 200,-	96 830,-	101 882,-
Fotovoltaická elektrárna 5,57kWp	233 940,-	269 031,-	283 067,-
Větrná elektrárna SIMETI 5kWp	240 000,-	276 000,-	290 400,-
Cekem	<b>558 140,-</b>	<b>641 861,-</b>	<b>675 349,-</b>

**Tab. 5.** Katalogové ceny energetických zařízení (aktualizováno k 30. 4. 2013)

Výpočet návratnosti investice do výše uvedených energetických zařízení je mimo rozsah této práce. Obecně je návratnost alternativních energetických zdrojů udávána v rozsahu 8 až 10 let solární systémy a 10 – 20 let větrné elektrárny. Vzhledem k celkové sumě investice do energetického zařízení, která není zanedbatelná, je reálný předpoklad, že jednotlivé systémy budou realizovány postupně v následujícím pořadí: Solární ohřev teplé užitkové vody, fotovoltaický systém a v neposlední řadě větrná elektrárna. V rámci připojení energetických zařízení do veřejné sítě se předpokládá využití takzvaného zeleného bonusu tj. vyrobená elektřina je přednostně spotřebovávána v místě výroby, nevyužitá je pak prodávána do sítě.

V souvislosti s růstem cen elektrické energie a tím i výkupních cen energií získaných z obnovitelných zdrojů se vyplatí realizovat investici v co nejkratším časovém horizontu. S přihlédnutím k současné finanční situaci investora bude k tomuto účelu vhodné využít některý z komerčních úvěrů orientujících se na alternativní zdroje energie tak, aby výnosy z těchto zdrojů pokryly splátky daného úvěru.

## Závěr

Bakalářská práce se zabývá návrhem konkrétních systémů využívajících obnovitelné zdroje energie využitelné pro nízkoenergetickou dřevostavbu roubeného typu. Dřevostavba se nachází v jihozápadní části České republiky v obci Žár. Objekt je situován na jižním svahu Kaleného vrchu. Oblast je vhodná pro využití sluneční energie, větrné energie a biomasy.

V rámci vytčených cílů bakalářské práce byl navržen výkon fotovoltaické elektrárny na 95% z celkové energetické spotřeby objektu. Větrná elektrárna bude sloužit jako doplňkový zdroj elektrické energie v době s nižším slunečním svitem a vyšší četností větrů. Pro fotovoltaický systém byla zvolena fotovoltaická elektrárna, která se skládá z 23 kusů polykrystalických panelů o celkovém výkonu 5,57 kWp a předpokládaném ročním výkonu 5,709 MWh. Pro větrný systém byla navržena větrná elektrárna o výkonu 5 kWp se svislou osu otáčení lopatek. Výhodou této elektrárny je nízká rozběhová rychlost, která je okolo 2,6 m/s. Pro solární ohřev teplé užitkové vody byl navržen solární systém se dvěma plochými kolektory a zásobníkem o objemu 300 l.

Z hlediska ekonomického zhodnocení jsou pořizovací náklady navrženého systému využívajícího alternativní zdroje energie relativně vysoké, avšak návratnost investice v případě solárních systémů je reálně předpokládána v rozmezí 8 až 10 let. Předpokládána doba návratnosti investice dosahuje poloviny doby zaručené životnosti navržených systémů. Návratnost investice do větrné elektrárny je výrazně delší (20 – 30 let), avšak v uvedeném případě by měla sloužit jako doplňkový zdroj elektrické energie. Praktická realizace uvažovaných systémů je závislá především na finančních možnostech investora a dostupnosti vhodných komerčních úvěrů specializujících se na alternativní zdroje energie.

Samotná realizace navržených systémů využívajících alternativní zdroje energie má významný ekonomický přínos především pro majitele objektu. Nezanedbatelný je rovněž ekologický přínos. Tento přínos spočívá zvláště v eliminaci emisí, které nemusí vzniknout při předpokládané úspoře energie. Tyto emise nebudou zatěžovat naše životní prostředí a zároveň nebude potřeba vynakládat další finanční zdroje na jejich likvidaci. Tabulka v příloze č. VII udává množství emisí, které nemusí vzniknout při realizaci navrženého systému. Měrné emise jsou vypočteny dle vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb. [22] a sdělení odboru ochrany ovzduší jímž se stanovují emisní faktory. [23]

Stanovených cílů bakalářské práce bylo dosaženo a tato může sloužit jako výchozí podklad pro realizaci systémů na využití alternativních zdrojů energie pro nízkoenergetickou stavbu v podhůří Šumavy.

## Použité zdroje a literatura

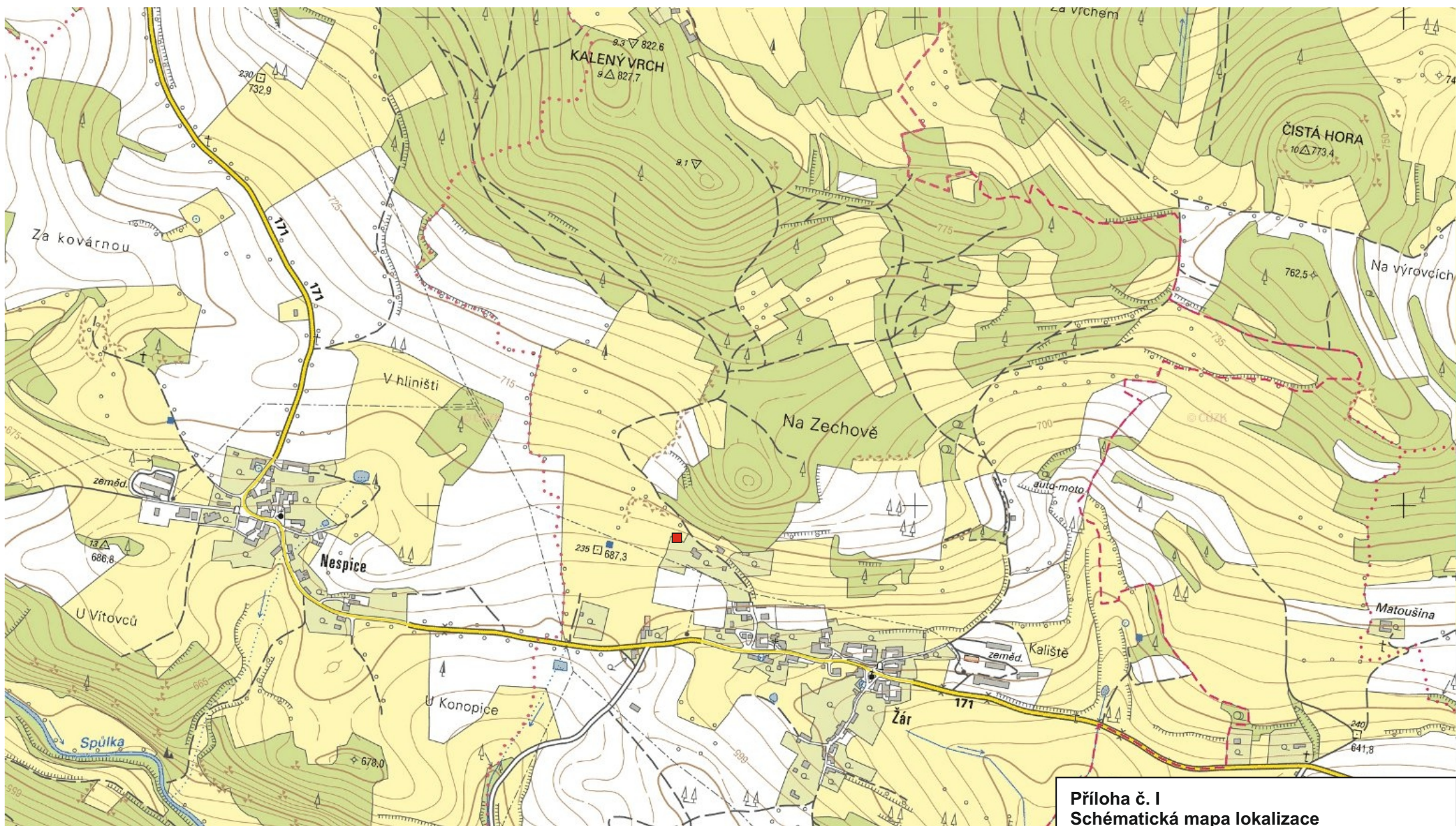
1. Beranovský, Jiří; Truxa, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno: EkoWATT :ERA, 2003. ISBN 80-86517-59-4
2. Srdečný, Karel. *Energeticky soběstačný dům*. Brno: EkoWATT :ERA, 2006. ISBN 80-7366-052-0
3. Cihelka, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha: Nakladatelství T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9
4. Murtinger, Karel; Beranovský, Jiří; Tomeš, Milan. *Fotovoltaika, elektřina ze slunce*. Brno: EkoWATT: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7
5. <http://www.solarenavi.cz/slunecni-elektrarny/elektroenergetika/podil-vyroby-elektřiny-z-oze-v-cr>
6. <http://www.mpo.cz/dokument119078.html>
7. <http://www.poagroxxl.com/solarni-energie>
8. <http://www.3energy.cz/ploche-zasklene-slunecni-kolektory-e22>
9. <http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vetru.html>
10. <http://www.hw.cz/novinky/mala-veterna-elektraren-zdroj-nevycerpatelnej-energie.html>
11. [www.genetop.cz](http://www.genetop.cz)
12. <http://www.viessmann.cz/etc/medialib/internet-global/images/press/shk-fachpresse-2011/300-dpi.Par.10432.File.File.tmp/300dpi-pb-101004-3.jpg>
13. <http://www.srubyservis.cz/aktuality-topeni-drevem---levne-topeni--1--dil-kotel-na-drevo>
14. <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/vitr/flash-model-jak-funguje-vetrna-elektrarna.html>
15. <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>
16. Počinková, Marcela; Čuprová, Danuše. *Úsporný dům*. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-96-9
17. Četkovský, Stanislav; Frantál, Bohumil; Štekl, Josef. *Větrná energie v České republice*. Brno: Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., 2010. ISBN 978-80-86407-84-5
18. <http://ekosolaris.trade.cz>
19. <http://www.energetickyporadce.cz/cs/kalkulacky-energie/fotovoltaika/vyroba-elektřiny-z-fotovoltaickeho-panelu/>
20. <http://www.gsenenergy.eu/cs/kalkulacka.html>
21. Moštěk, Václav. *Průvodní, souhrnná a technická zpráva k projektu rodinného domu*, 2007, soukromý archiv
22. Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečištění a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší
23. Sdělení ministerstva životního prostředí, odboru ochrany ovzduší, jímž se stanovují emisní faktory podle § 12 odst. 1 písm. b) vyhlášky 415/2012 Sb.

## **Přílohy**

- I. Mapa lokality
- II. Výpočet velikosti systému ohřevu TUV
- III. Specifikace systému na ohřev TUV
- IV. Výpočet systému fotovoltaiky
- V. Specifikace solárních panelů
- VI. Fotodokumentace větrné elektrárny
- VII. Ekologický přínos solárního systému



**Příloha I**  
**Mapa lokality**



**Příloha č. I**  
**Schématická mapa lokalizace**  
**nízkoenergetické stavby**

O. Podzemský, 2013

## **Příloha II**

### **Výpočet velikosti systému ohřevu TUV**

# Měsíční energetická bilance solárního systému pro průměrný rok

odklon od jižní orientace **0°**

sklon kolektorů **45°**

provoz **celoroční**



**Ekosolaris, a.s.**

Jožky Silného 2684

767 01 Kroměříž

tel: 573 330 344

fax: 573 330 343

e-mail: info@ekosolaris.cz

[www.ekosolaris.cz](http://www.ekosolaris.cz)

SEA 3.008 web

## TUV

**125** litrů

## bez akumulace

**0** litrů

vstupní teplota vody **10** °C  
 požadovaná teplota vody **55** °C  
 tepelná ztráta zásobníku a rozvodů **5** %  
 $\Delta t$  **45** °C  
 denní potřeba energie TUV **6,9** kWh

minimální teplota AKU vody **10** °C  
 maximální teplota AKU vody **95** °C  
 tepelná ztráta akumulace **20** %  
 $\Delta t$  **85** °C  
 energie k akumulaci **194,5** kWh

## vytápění

ztráta objektu  $Q_{celk}$  **7 800** W  
 venkovní teplota  $t_{e min}$  **-15** °C  
 teplota interiéru  $t_i$  **22** °C  
 doba provozu T **14** hod.

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$t_e$	-2,5 °C	-0,4 °C	2,6 °C	7,4 °C	12,8 °C	15,5 °C	17,1 °C	17,1 °C	12,7 °C	8,6 °C	2,5 °C	-1,4 °C
$t_i - t_e$	24,5 °C	22,4 °C	19,4 °C	14,6 °C						13,4 °C	19,5 °C	23,4 °C
průměrný tepelný výkon	5 460 W	4 992 W	4 323 W	3 254 W						2 986 W	4 346 W	5 215 W

minimální počet kolektorů **1** kusů

odklon od jižní orientace **0°**

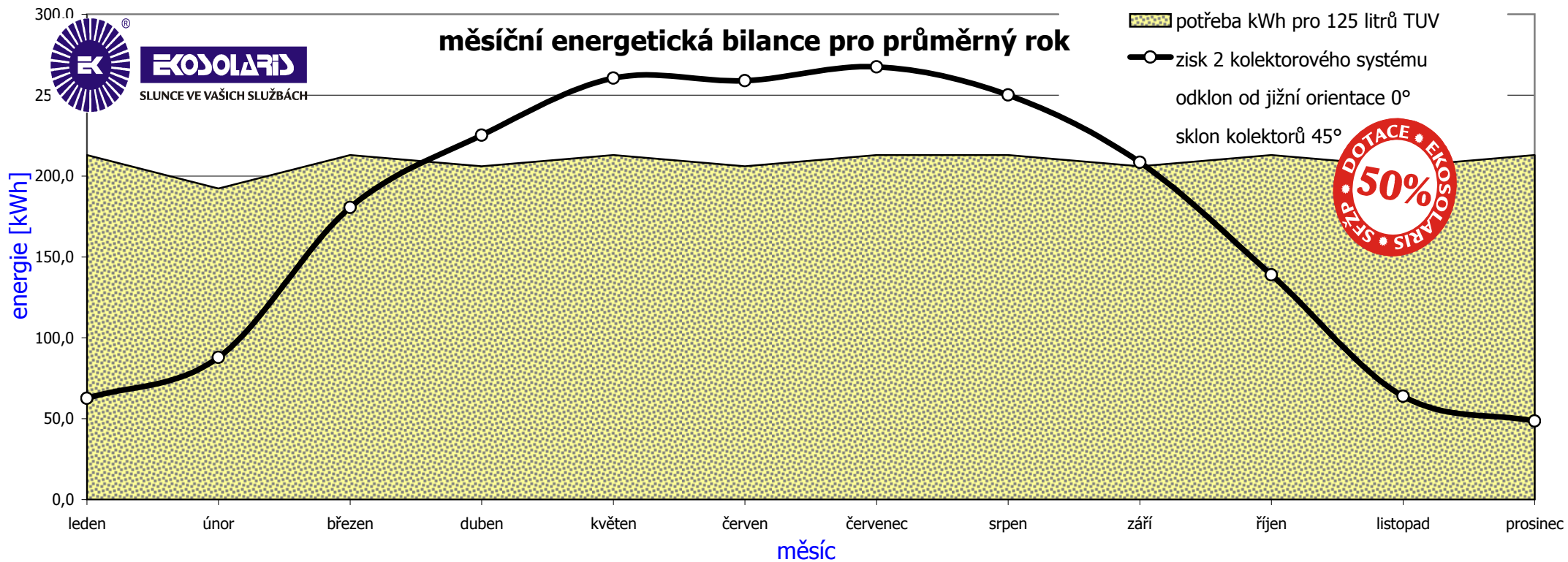
sklon kolektorů **45°**

doporučený počet kolektorů **2** kusů

počet kolektorů - Therma I. /Therma II. **2** kusů

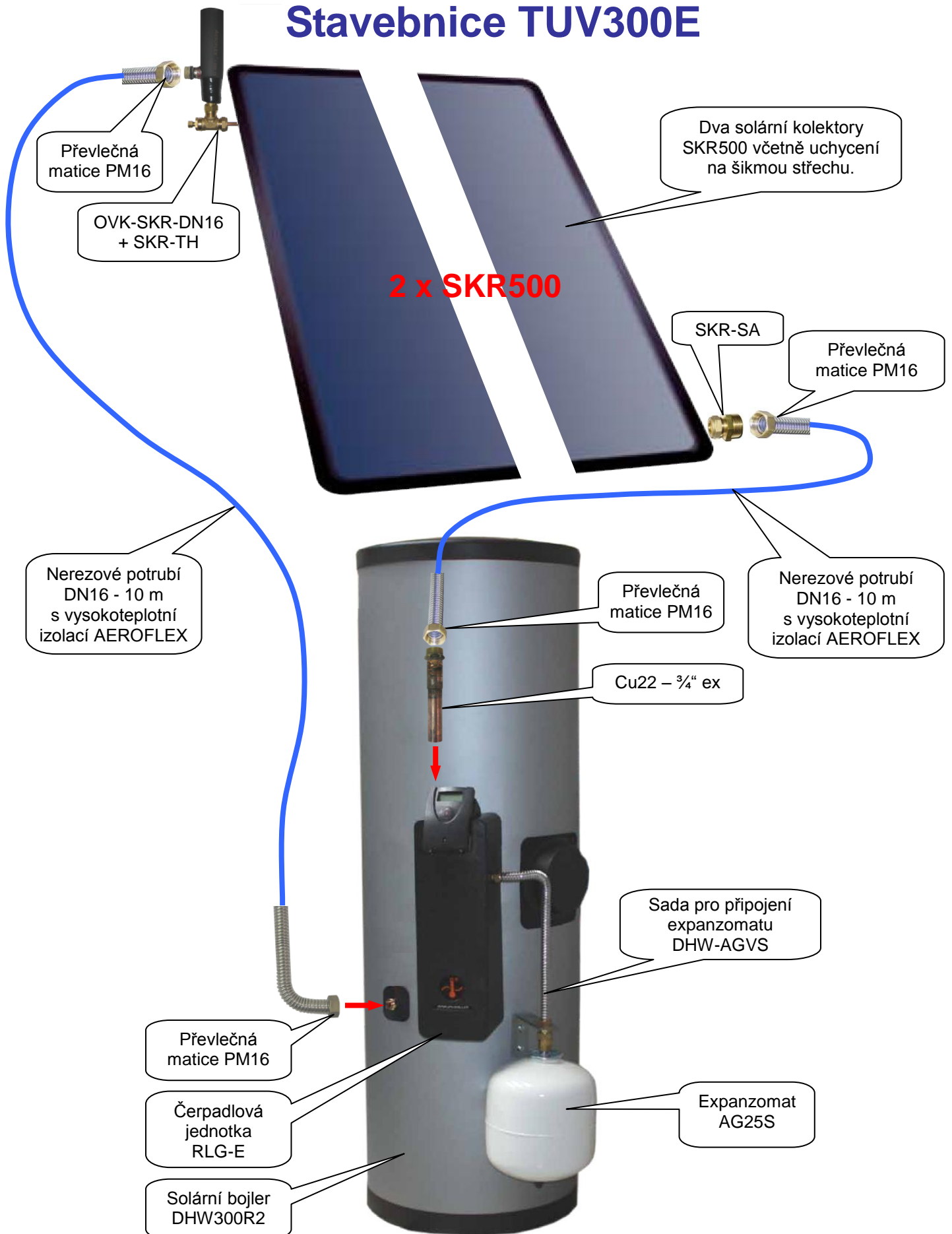
měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok
dní	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	<b>365</b>
celková energetická potřeba [kWh]	2 582,6	2 149,2	2 089,3	1 572,6	212,9	206,1	212,9	212,9	206,1	1 509,0	2 031,3	2 476,2	<b>15 461,1</b>
potřeba kWh pro 125 litrů TUV	212,9	192,3	212,9	206,1	212,9	206,1	212,9	212,9	206,1	212,9	206,1	212,9	<b>2 507,2</b>
pokrytí TUV kolektory [kWh]	62,5	87,9	180,6	206,1	212,9	206,1	212,9	212,9	206,1	139,0	63,9	48,6	<b>1 839,5</b>
pokrytí TUV kolektory [%]	29%	46%	85%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	65%	31%	23%	<b>73,2%</b>
potřeba kWh pro 0,0 m3 bazén	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
pokrytí bazénu kolektory [kWh]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
pokrytí bazénu kolektory [%]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<b>0,0%</b>
potřeba kWh pro vytápění $Q_{celk} = 7,8$ kW	2 369,6	1 956,9	1 876,4	1 366,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 296,0	1 825,2	2 263,2	<b>12 953,9</b>
pokrytí vytápění kolektory [kWh]	0,0	0,0	0,0	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>19,2</b>
pokrytí vytápění kolektory [%]	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<b>0,2%</b>
<b>zisk 2 kolektorového systému</b>	<b>62,5</b>	<b>87,9</b>	<b>180,6</b>	<b>225,3</b>	<b>260,6</b>	<b>258,9</b>	<b>267,5</b>	<b>250,1</b>	<b>208,4</b>	<b>139,0</b>	<b>63,9</b>	<b>48,6</b>	<b>2 053,3</b>
předpokládaná reálná úspora [%]	62,5	87,9	180,6	225,3	212,9	206,1	212,9	212,9	206,1	139,0	63,9	48,6	<b>1 858,7</b>
předpokládaná reálná úspora [kWh]	2%	4%	9%	14%	100%	100%	100%	100%	100%	9%	3%	2%	<b>12%</b>
předpokládaná energetická rezerva [kWh]	<b>-2 520,0</b>	<b>-2 061,3</b>	<b>-1 908,7</b>	<b>-1 347,4</b>	47,6	52,8	54,6	37,2	2,4	<b>-1 370,0</b>	<b>-1 967,4</b>	<b>-2 427,5</b>	

## měsíční energetická bilance pro průměrný rok



**Příloha III**  
**Specifikace systému na ohřev TUV**

## Stavebnice TUV300E



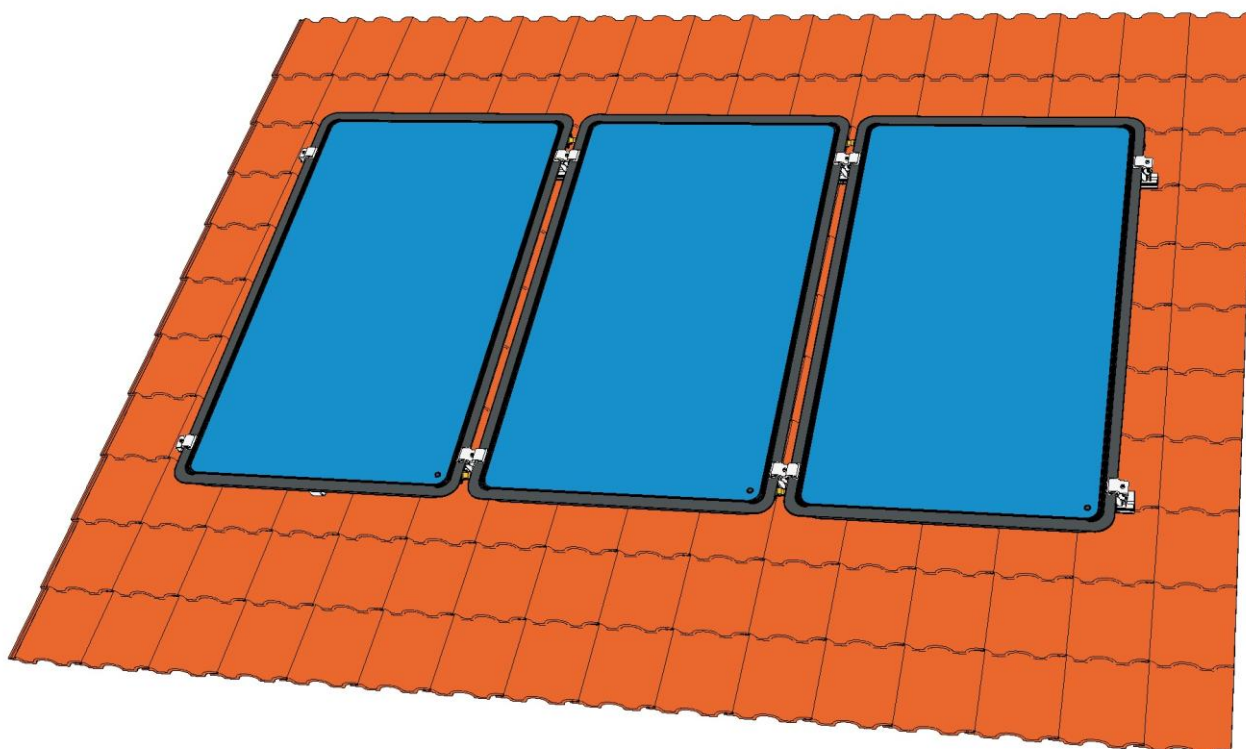
Vyobrazení jednotlivých částí solárního systému je pouze ilustrativní.  
SOLAR POWER CZ, s.r.o. si vyhrazuje právo na změnu jednotlivých komponent.

**Stavebnice TUV300E obsahuje:**

Název	Označení	Počet
Solární kolektor (2,57 m <sup>2</sup> )	SKR500(L)	2
Nosná konstrukce kolektorů	SSPR-2	1
Solární bojler 300 l, dva výměníky tepla	DHW300R2	1
Čerpadlová jednotka s řídicím systémem SKSC2	RLG-E	1
Expanzomat	AG25S	1
Sada pro připojení expanzomatu	DHW-AGVS	1
Nemrznoucí kapalina - koncentrát	FS	15 L
Nerezové potrubí	DN16	20 m
Vysokoteplotní izolace AEROFLEX	AERO 22/13	20 m
Jímka pro teplotní čidlo	SKR-TH	1
Odvzdušňovací ventil kolektoru	OVK-SKR-DN16	1
Přechod z Cu18 na DN16	SKR-SA 3/4"	1
Převlečná matice + segment + těsnění	PM16	4
Cu22 + PR 22 – 3/4" ex	Cu22 – 3/4" ex	1
Termostatický směšovací ventil vody	TBM20	1

**Uchytení solárních kolektorů na šikmou střechu**

(vyobrazení je pouze ilustrativní)





**Příloha IV**  
**Výpočet systému fotovoltaiky**




## 2013

### Kalkulačka zisku a návratnosti fotovoltaické elektrárny na střeše

Zde si můžete spočítat přibližnou celkovou pořizovací cenu, úspory, zisk a návratnost Vaší střešní fotovoltaické elektrárny v závislosti na velikosti plochy střechy a výši % vlastní spotřeby. To vše při variantách režimu Zelený bonus, nebo Přímý prodej. Výstupy si mezi sebou můžete porovnávat v závislosti na změně vstupních údajů. Veškeré hodnoty se počítají ihned po zadání.

#### Návod:

Zadejte plochu Vaší jižně orientované střechy, vyberte jestli chcete využívat režim Zelený bonus, nebo Přímý prodej. V případě výběru Zeleného bonusu nastavte % Vaší předpokládané vlastní spotřeby. Poté máte ihned k dispozici výsledek výpočtu.

<b>Plocha střechy:</b>	<input type="text" value="48"/> m <sup>2</sup>	Tip: Nezapomeňte zohlednit střešní okna, komín a zastínění. 
<b>Režim připojení:</b>	<input checked="" type="radio"/> Zelený bonus <input type="radio"/> Přímý prodej	
<b>Vlastní spotřeba:</b>	<input type="text" value="70"/> %	Odpovídá roční spotřebě: <b>3997.5 kWh.</b> 
	<input type="range"/>	Tip: Tažením posuvníku změníte % spotřeby.

### Výpočet zisku a návratnosti

Výkon elektrárny	5.57 kW	
Počet panelů	23	
Cena elektrárny	233940 Kč	
Celková produkce / 1 rok	5709.25 kWh	
Výnos ze zeleného bonusu / 1 rok	13017 Kč / rok	
Výnos z prodeje / 1 rok	1113 Kč / rok	
Úspora / 1 rok	19982 Kč / rok	
<b>Celkem výnosy a úspora za 1 rok</b>	<b>34112 Kč / rok</b>	
<b>Celkem výnosy a úspora za 20 let</b>	<b>682246 Kč</b>	
Návratnost investice	7 let	

#### Způsob výpočtu:

Výpočet vychází z využití panelů [Renesola 240W poly](#), umístěných na jižně orientované střeše se sklonem cca 35°. Ceny jsou orientační a počítány bez DPH.

Na 1 kW nominálního výkonu elektrárny je počítáno 9 m<sup>2</sup> plochy střechy. Cena elektrárny zahrnuje veškeré komponenty, práci i vyřízení administrativy. Pro výpočet je použita aktuální průměrná tržní cena 42 000 Kč bez DPH na 1 kW nominálního výkonu střešní fotovoltaické elektrárny.

Přejít na: [Porovnání přímého prodeje a Zeleného bonusu](#) [Fotovoltaická elektrárna krok za krokem](#)  
[Realizační partneři](#)

[Fotovoltaické panely](#) [Klimatizace Brno](#) [Fotovoltaika](#) [tepelná čerpadla](#) [Tepelná čerpadla](#) [Pardubice](#) [Tepelná čerpadla](#) [EKOVY](#)

**Příloha V**  
**Specifikace solárních panelů**

## 156 Series Polycrystalline

Solar Module

235W, 240W, 245W, 250W



High Module Conversion Efficiency



Easy Installation and Handling for Various Applications



Withstanding Mechanical Load up to 5400 Pa



Conform with PV Standards: IEC 61215:2005,  
IEC 61730:2004, UL 1703



ISO9001, OHSAS18001, ISO14001



We provide a 10 years material and workmanship guarantee for our modules. In addition, a 90%-power-output guarantee for 10 years and a 80%-power-output guarantee for 25 years of the modules life are provided.

**10-year**  
material & workmanship

**10-year**  
90% power output

**25-year**  
80% power output

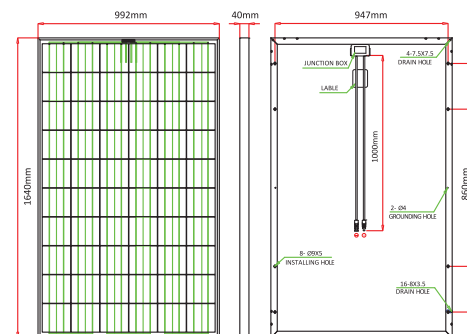


## 156 Series Polycrystalline

Solar Module

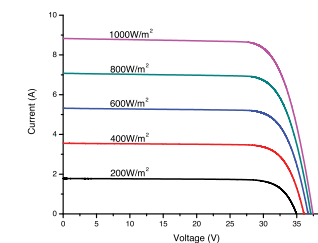
235W, 240W, 245W, 250W

### Dimension



Drawing Only for Reference

### I-V Curves



### Efficiency at Varied Irradiation

Irradiance	200W/m <sup>2</sup>	400W/m <sup>2</sup>	600W/m <sup>2</sup>	800W/m <sup>2</sup>	1000W/m <sup>2</sup>
Efficiency	15.1%	15.4%	15.5%	15.5%	15.4%

### Electrical Characteristics STC

	JC235M-24/Bb	JC240M-24/Bb	JC245M-24/Bb	JC250M-24/Bb
Maximum Power (Pmax)	235 W	240 W	245 W	250 W
Power Tolerance	0 → 5W	0 → 5W	0 → 5W	0 → 5W
Module Efficiency	14.4%	14.8%	15.1%	15.4%
Maximum Power Current (Imp)	8.03 A	8.08 A	8.19 A	8.31 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	29.3 V	29.7 V	29.9 V	30.1 V
Short Circuit Current (Isc)	8.58 A	8.64 A	8.73 A	8.83 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.0 V	37.2 V	37.3 V	37.4 V

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C)

### Electrical Characteristics NOCT

	JC235M-24/Bb	JC240M-24/Bb	JC245M-24/Bb	JC250M-24/Bb
Maximum Power (Pmax)	174 W	178 W	182 W	185 W
Maximum Power Current (Imp)	6.42 A	6.51 A	6.53 A	6.57 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	27.1 V	27.4 V	27.9 V	28.2 V
Short Circuit Current (Isc)	6.92 A	6.97 A	7.04 A	7.12 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.4 V	34.7 V	35.0 V	35.0 V

Values at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s

### Mechanical Characteristics

Cell Type	156 x156 mm Polycrystalline, 60 (6x10) pcs in series
Glass	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP65 rated, with bypass diodes
Dimension	*1640 x 992 x 40 mm
Cable Length	1000 mm
Weight	19 Kg
Installation Hole Location	See Drawing Above

### Characteristics

Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.40%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C ± 2°C

### Packing Information

Container	20' GP	40' GP
Pallets per Container	12	28
Pieces per Container	300	700

### Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000VDC (EU) / 600VDC (US)
Maximum Series Fuse Rating	20A (EU) / 15A (US)

Rev No: JC1705/2012.03 \*Contact ReneSola for tolerance specification  
CAUTION: All rights reserved. Design and specification are subject to change without prior notice.

**Příloha VI**  
**Fotodokumentace větrné elektrárny**



Celkový pohled na větrnou elektrárnu SIMETI 5 kWp. (zdroj: [www.genetop.cz](http://www.genetop.cz))

)



Detail rotoru větrné elektrárny SIMETI 5 kWp. (zdroj: [www.genetop.cz](http://www.genetop.cz))



Presentace nového typu elektrárny na veletrhu For Arch 2011. (zdroj: [www.genetop.cz](http://www.genetop.cz))



**Příloha VII**  
**Ekologický přínos solárního systému**

## Ekologický přínos solárního systému pro průměrný rok

Následně uvedená tabulka vyjadřuje kilogramy měrných emisí, které jsou vypočteny dle sdělení odboru ochrany ovzduší MŽP, jímž se stanovují emisní faktory podle § 12 odst. 1 písm.b) vyhlášky č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, přepočtem na 1MWh tepla obsaženého v palivu (údaje v kg/MWh).

palivo	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	CO [kg]	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> [kg]	tuhé částice [kg]
hnědé uhlí netříděné energetické	3,245	4,120	0,075	0,023	4,975
elektřina - 30% účinnost elektráren	10,817	13,733	0,250	0,075	16,583
hnědé uhlí tříděné	4,880	0,770	11,500	2,570	2,130
černé uhlí	1,850	0,225	6,750	1,500	1,244
topný koks	1,470	0,208	6,230	1,385	1,420
LTO	3,420	0,875	0,050	0,035	0,182
velmi LTO	0,875	0,428	0,061	0,035	0,122
dříví	0,257	0,770	0,257	0,257	3,210
zemní plyn	0,086	3,500	1,200	0,014	0,002

celkový zisk solárního systému v kWh : **7 762**

celkový zisk solárního systému v MWh : **7,8**

palivo	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	CO [kg]	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> [kg]	tuhé částice [kg]
hnědé uhlí netříděné energetické	25,188	31,979	0,582	0,175	38,616
elektřina - 30% účinnost elektráren	83,959	106,598	1,941	0,582	128,720
hnědé uhlí tříděné	37,879	5,977	89,263	19,948	16,533
černé uhlí	14,360	1,746	52,394	11,643	9,656
topný koks	11,410	1,614	48,357	10,750	11,022
LTO	26,546	6,792	0,388	0,272	1,413
velmi LTO	6,792	3,322	0,473	0,272	0,947
dříví	1,995	5,977	1,995	1,995	24,916
zemní plyn	0,668	27,167	9,314	0,107	0,017

Při předpokládaném ročním energetickém zisku výše uvedená tabulka vyjadřuje kilogramy emisí, které nemusí vzniknout při předpokládané úspoře. Tyto emise následně nemusí ohrožovat naše zhoršující se životní prostředí a zároveň nebude potřeba vynakládat další finanční zdroje na likvidaci emisí (odlučovače, uložení tuhých částic...). Měrné emise jsou vypočteny dle sdělení odboru ochrany ovzduší MŽP, jímž se stanovují emisní faktory podle § 12 odst. 1 písm. b) vyhlášky č. 415/2012 Sb., přepočtené na 1MWh tepla obsaženého v palivu (údaje v kg/MWh).