

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra ekonomiky**



**Bakalářská práce**

**Obnovitelné zdroje energie a jejich možnosti -  
pasivní domy**

**Autor: Michaela Kočová**

**Vedoucí práce: Ing. Michal Malý, PhD.**

**© 2011 ČZU v Praze**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Michaela Kočová**

obor Provoz a ekonomika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Obnovitelné zdroje energie a jejich možnosti - pasivní domy**

### Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše (charakteristika obnovitelných zdrojů, využití obnovitelných zdrojů v domácnostech, možnosti financování pasivních domů)
4. Výsledky (finanční porovnání pasivního a standardního domu, verifikace a doporučení)
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů
7. Přílohy

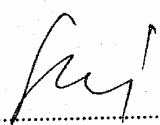
Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

- 1) Augusta Pavel a kol.: Velká kniha o energii, 1. vydání, Praha: nakladatelství L.A. Consulting Agency, 2001, ISBN: 80-238-6578-1
- 2) Balák, Rudolf: Nové zdroje energie, 2. přeprac. vydání, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989
- 3) Hájek, Miroslav a kol.: Obnovitelné zdroje energie pro venkov i teplárenství, 1. vydání, Praha: Parexpo, 2005 ISBN: 80-7212-345-9
- 4) Motlík, Jan a kol.: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, 1. vydání, Praha: České energetické závody, 2007 ISBN: 978-80-239-8823-9
- 5) Petráš, Dušan a kol.: Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie, 1. vydání, Bratislava: Jaga group, 2008 ISBN: 978-80-8076-069-4
- 6) Bárta, Jan: Pasivní domy : 2007: sborník z konference Pasivní domy 10.-11. 10. 2007 Brno, 1. vydání, Brno: Centrum pasivního domu, 2007 ISBN: 978-80-254-0126-2

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Malý, Ph.D.**

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

  
.....  
Vedoucí katedry



  
.....  
Děkan

V Praze dne: 11. 3. 2010

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Obnovitelné zdroje energie a jejich možnosti – pasivní domy“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.3.2011

\_\_\_\_\_

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu této bakalářské práce panu Ing. Michalovi Malému, PhD. za jeho cenné rady a podporu při zpracovávání mé bakalářské práce. Děkuji i Kateřině Dubské, projektantce ze společnosti Quickhouse, za její ochotu a trpělivost při zodpovídání dotazů.

# **Obnovitelné zdroje energie a jejich možnosti – pasivní domy**

---

## **Renewable sources of energy and their possibilities - passive houses**

### **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývá problematikou obnovitelných zdrojů energie a možnostmi jejich využití. V teoretické části charakterizuje jednotlivé obnovitelné zdroje a popisuje principy zařízení, díky kterým je možné tyto obnovitelné zdroje využít. Dále je v práci zanalyzováno využití obnovitelných zdrojů v domácnostech. V závěru teoretické části je vymezen pojem pasivní dům a parametry, které musí splňovat. Praktická část bakalářské práce porovnává pasivní dům a normální dům. V této části jsou porovnávány počáteční náklady na pořízení s ohledem na dotace a rozdíly mezi náklady na provoz pasivního a normálního domu. Pro vypracování analytické části byl zvolen modelový pasivní dům, pro který byly vymezeny náklady na pořízení a roční náklady na vytápění. V závěru práce je vyhodnocení nákladové analýzy pasivního a normálního domu, ve kterém byl stanoven závěr, že v případě poskytnutí dotací se investice a náklady na vytápění pasivního domu po deseti letech budou rovnat stejným nákladům pro normální dům.

### **Summary**

This bachelor thesis deal with renewable energy sources and possibilities of their use. The theoretical part characterizes individual renewable energy sources and describes principles of devices which make it possible to use these renewable sources. The study also analyzes use of renewable sources in households. In conclusion of the theoretical part is defined the term of passive house and the parameters to be met. The practical part of thesis compares the passive house and normal house. This part compares initial cost of acquisition with regard to subsidies and operating costs between passive and normal house. For elaboration practical part of thesis was selected a model passive house, for

which were defined initial costs and annual heating costs. The conclusion evaluates the cost-analysis of passive and normal house in which is concluded that when granting subsidies investment and the cost of heating will be equal the same costs for normal house after ten years.

### **Klíčová slova**

energie

zdroj

pasivní dům

dotace

náklady

### **Keywords**

energy

source

passive house

subsidies

costs

## **Obsah:**

1. ÚVOD.....	9
2. CÍL PRÁCE A METODIKA.....	11
2.1 CÍL PRÁCE.....	11
2.2 METODIKA.....	12
3. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	15
3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ZDROJŮ ENERGIE.....	15
3.1.1 Tradiční zdroje energie.....	15
3.2 CHARAKTERISTIKA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ.....	16
3.2.1 Energie vody.....	16
3.2.3 Energie větru.....	23
3.2.4 Energie odpadních paliv (biomasa).....	26
3.2.5 Geotermální energie.....	28
3.3 VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V DOMÁCNOSTECH.....	30
3.3.1 Technické parametry pasivního domu.....	30
3.3.2 Využití obnovitelných zdrojů v pasivních domech.....	32
3.4 MOŽNOSTI FINANCOVÁNÍ PASIVNÍCH DOMŮ.....	33
4. ANALYTICKÁ ČÁST.....	34
4.1 ANALÝZA NÁKLADŮ PASIVNÍHO A NORMÁLNÍHO DOMU.....	34
4.1.1 Náklady na stavbu.....	34
4.1.2 Náklady za komponenty.....	35
4.1.3 Dotace.....	36
4.1.4 Náklady za vytápění a elektrickou energii.....	37
5. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	40
6. ZÁVĚR.....	45
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	47
8. PŘÍLOHY.....	49
8.1 Seznam obrazových příloh.....	49
8.2 Seznam použitých zkratk.....	58



# 1. ÚVOD

„Celosvětové zvyšování životní úrovně na základě rozvoje ekonomiky je provázáno trvale rostoucími nároky na spotřebu energie. Při uvažovaném ekonomickém růstu a zvyšování počtu obyvatelstva by se měla kolem roku 2000 spotřeba energie zvýšit asi na trojnásobek dnešní úrovně. Zůstává však otázkou, zda v budoucnosti dokážeme tyto požadavky v celém rozsahu uspokojit. V současné době je světová výroba energie kryta asi z 80% využíváním fosilních paliv. Zásoby ropy, zemního plynu a uhlí jsou však vyčerpitelné.“ (BALÁK, R., 1989) Již z této knihy z roku 1989 je patrné, že problém vyčerpitelnosti klasických zdrojů energie je velice naléhavý.

„V přírodě se energie vyskytuje nebo nachází v surové podobě, kterou označujeme jako energii primární. Hlavními zdroji primární energie světa jsou uhelná ložiska, ropná a plynová pole, ložiska uranových rud.“ (AUGUSTA, P., 2001) Tyto zdroje energie se ale musí dále upravovat do podoby, kterou známe jako energii každodenní spotřeby, chemickým zušlechťováním a koncentrací v plynárnách, koksárnách a rafinériích. Přírodní paliva obsahují mnoho nežádoucích látek, které velkou měrou znečišťují životní prostředí. Neekologické je totiž nejen jejich spalování, ale především i jejich těžba. Například povrchové doly pro těžbu uhlí mění ráz krajiny a znehodnocují půdu. Těžba ropy je provázána mnoha riziky, jako je například dnešní ropná katastrofa v Mexickém zálivu. Velkou starostí pro lidstvo se jeví i problematika ukládání jaderného odpadu. „Kdybychom jadernou energetiku využívali celosvětově celé příští století, stalo by se hromadění radioaktivního odpadu pro život na Zemi vážným a nebezpečným problémem.“ (BALÁK, R., 1989)

Problém ochrany životního prostředí je celosvětový a nevyhýbá se ani našemu státu. Stát vynakládá nemalé částky ze státního rozpočtu na ochranu životního prostředí a proto je i v jeho zájmu najít takový zdroj energie, který by prostředí nepoškozoval tolik, jako spalování fosilních paliv. Při spalování různých druhů paliva uniká do ovzduší obrovské množství tepla a oxidu uhličitého a tím vzniká často zmiňovaný skleníkový efekt.

Obnovitelné zdroje bývají označovány za ekologicky čisté, ve skutečnosti je právě jejich ekologická čistota velmi problematická. Například při realizaci slunečních elektráren

na Sahaře, které by jistě měly vysokou účinnost, by ekonomické náklady dosahovaly velice vysokých částek.

Dnes, v 21. století se zdá, že člověk již přišel na část řešení, které napomáhá ke snížení spotřeby vyčerpatelných zdrojů energie pomocí zdrojů obnovitelných. Stále aktuálnější je využívání netradičních, tedy obnovitelných zdrojů energie z vody, větru, slunce a země. Je to energie, která je na Zemi všude dostupná, někde méně, někde více přístupná (například energie slunce nemá všude stejnou „sílu“). Je levná a neustále se obnovující. *„Typickým příkladem obnovující se energie je koloběh vody v přírodě. Vodní zdroje jsou sice vázány na určité místo jako tradiční zdroje energie, jsou také omezeny co do velikosti a množství, avšak neustále se doplňují a obnovují. U těchto zdrojů se hlavně využívá polohová (potenciální energie příslušející poloze dané soustavy, která se rovná práci potřebné k přenesení soustavy z nulové polohy do polohy předepsané) a pohybová energie (kinetická energie pohybu dané soustavy) tekoucích vod, vodních srážek apod. Po vyčerpání potenciální a kinetické energie odtéká do moří, kde má nejnižší potenciální energii. Původní energii však voda získává opět působením slunečního záření, tj. odpařením z moře a navrácením se zpět na místa vysoké potenciální energie. Tento uzavřený koloběh je jedním z nevyčerpatelných zdrojů energie na Zemi.“* (BALÁK, R., 1989)

Obnovitelné zdroje se dnes využívají nejen pro „velkovýrobu“ energie, ale stále častěji pronikají do odvětví stavby rodinných domků, kde se využívají pro energetickou samostatnost a nezávislost stavby, tzv. pasivní domy. V posledních letech vývoj pasivních domů zaznamenal značný vzestup a pokrok. Právě v souvislosti se stoupajícími cenami energií je pasivní dům čím dál více ekonomicky zajímavý. V poslední době dochází nejen k intenzivnímu vývoji a zlepšování materiálů a technologií pro stavbu pasivního domu, ale i k dostávání se myšlenky pasivního domu a jeho fungování v praxi do povědomí široké veřejnosti.

## **2. CÍL PRÁCE A METODIKA**

### **2.1 CÍL PRÁCE**

Hlavním cílem práce je provést rozbor nákladů pasivního domu, tedy dokázat či vyvrátit, že pasivní dům má pro svůj provoz (tedy spotřebu elektrické energie a vytápění) nižší roční potřebu výdajů než normální dům a tyto výdaje do 10 let vykompenzují vyšší pořizovací cenu pasivního domu s vybranými komponenty. To znamená, že součet celkových nákladů na pořízení a ročních nákladů na provoz se bude po odečtení úspor a dotací za 10 let rovnat u pasivního domu stejným výdajům u domu normálního.

Hlavního cíle bude dosaženo pomocí dílčích cílů:

Dílčí cíl č. 1

- klasifikace a charakteristika obnovitelných zdrojů

Dílčí cíl č. 2

- charakteristika a princip zařízení využívajících obnovitelné zdroje

Dílčí cíl č. 3

- vymezení použitelnosti obnovitelných zdrojů v domácnostech

Dílčí cíl č. 4

- charakteristika technických parametrů pasivního domu

Dílčí cíl č. 5

- analýza možností dotací pro pasivní domy a obnovitelné zdroje energie

Dílčí cíl č. 6

- analýza nákladů na pořízení stavby, komponentů a ročních nákladů na vytápění a elektrickou energii pasivního a normálního domu a jejich následná komparace a analýza úspor ročních nákladů na provoz pasivního domu

## 2.2 METODIKA

Práce je rozdělena na dva samostatné celky.

První část je teoretická, popisující situaci v oblasti obnovitelných zdrojů a vymezující důležité teoretické pojmy z oblasti technologie stavby pasivních domů. Je zpracovávána pomocí analýzy dostupných zdrojů, jejichž hlavním nebo vedlejším tématem jsou obnovitelné zdroje. Použity byly i informace z vymezené odborné literatury, která se věnuje problematice zdrojů energie jako takových (jaderná, tepelná, atd.). Pro větší přesnost pochází některé informace i z internetových zdrojů, jako například obrázky a schémata pro hlubší proniknutí do tématu či pochopení principu zařízení.

Zvláštní zpracování vyžadovala část práce o pasivních domech. Mimo odbornou literaturu bylo využito i konzultací s projektantem, který vycházel ze svých vlastních zkušeností.

Pro druhou, analytickou část práce bude použito analýzy dostupných zdrojů, tedy internetových zdrojů společností, které poskytují dotace na stavbu pasivních domů a které se zabývají nabídkou komponentů pro stavbu pasivního domu.

Prvním krokem pro porovnání hypotetické výhodnosti pasivního domu před normálním domem je analýza identifikace nákladů, tedy přibližné vyčíslení pořizovací ceny normálního domu. Vyčíslení ceny bude provedeno z informací poskytnutých projektantem. Tato hodnota bude porovnána se zjištěnou přibližnou cenou pasivního domu, která již bude zahrnovat i pořizovací ceny komponentů, jako jsou solární panely, tepelná čerpadla, rekuperátory atp., ale nebude zmenšena o dotace. Pro tuto metodu bude nutná analýza trhu s komponenty pro pasivní domy. Pro tento modelový pasivní dům jsou vybrány tyto komponenty: kotel na pelety k přitápění a k ohřevu teplé vody, solární panely fotovoltaické k výrobě elektrické energie a rekuperátor vzduchu, který též slouží k vytápění a k výměně vzduchu v hermeticky uzavřeném pasivním domě. Pro normální dům bude zvoleno vytápění pomocí kotle na dřevo a uhlí, doplňkového nákupu tepla od společnosti zabývající se prodejem tepla do domácností, vše rozváděno pomocí ústředního topení, a ohřev teplé vody bojlerem na elektrickou energii. Tyto počáteční investice jsou

zvoleny jako typičtí zástupci vytápění, ohřevu vody a získání elektrické energie pro srovnání pasivního a normálního domu. S těmito komponenty budou spojeny i budoucí náklady na nákup topného materiálu, zde pelet a dřeva a uhlí, a elektrické energie.

Dalším krokem bude podrobnější rozpracování možnosti dotací – tedy od koho lze čerpat a za jakých podmínek. Na vybraném typu pasivního domu bude ilustrováno, kolik peněz lze získat zpět pomocí dotací. Protože je v současné době pozastaveno přijímání žádostí o dotace v programu Zelená úsporám, bude práce rozdělena do dvou variant. První varianta bude počítat s dotacemi, které by byly reálné před pozastavením, a druhá varianta bude o tuto část ochuzena, tedy tyto dvě varianty budou porovnáním finančních možností s dotacemi a bez nich.

Dále by mělo být zohledněno, jak pasivní dům bude šetřit peníze majitelům v budoucnosti, zejména například za odkup vyrobené elektrické energie elektrárenskými společnostmi (je-li toto možné), úsporu nákladů na vytápění a ohřev teplé vody. Tyto úspory budou spočítány na základě informací poskytnutých projektantem nebo z volně dostupných internetových zdrojů, na kterých by měly být uvedeny kalkulátory úspor. Tato metoda bude zpracována pomocí analýzy nákladů, která identifikuje náklady a poměruje hodnotu nákladů a úspor za předpokladu, že je tato hodnota měřitelná v peněžních jednotkách. Výsledkem této kalkulace nákladů bude návratnost investice, která bude finanční analýzou přímých finančních investic a provozních nákladů a příjmů. Práce tedy porovná náklady (a úspory) na vytápění, ohřev teplé vody a bonus za prodej elektrické energie u pasivního domu s daty z Českého statistického úřadu (jsou-li takováto data k dispozici) pro provoz domácností žijících v normálním domě. Nebude-li možné provést porovnání s daty z Českého statistického úřadu, bude provedeno porovnání metodou spotřebitelského průzkumu. Touto metodou bude vybrán rodinný dům s výše uvedeným způsobem vytápění a ohřevu teplé vody, kde budou spočítány náklady za vytápění zahrnující nákup dřeva a uhlí a odkupu tepla od společnosti dodávající teplo rodinným domům. Dále bude připočítána cena za elektrickou energii spotřebovanou v tomto domě.

Pomocí analýzy nákladů budou tyto náklady a výnosy (úspory) propočítány pro 4, 10 a 15 let dopředu, pro zjištění návratnosti investice do pasivního domu. Předpokládá se, že náklady za vytápění a elektrickou energii v pasivním domě budou mnohem menší než stejné náklady v normálním domě.

Přibližná kalkulace tedy bude vycházet z informací ze stránek společností a z informací poskytnutých projektantem.

Pro současné problémy s dotacemi bude vypracována varianta první, která bude porovnávat výše uvedené náklady či úspory mezi pasivním domem, na který byly poskytnuty dotace, a normálním domem. Druhá varianta porovná pasivní dům, na který dotace poskytnuty nebudou, a normální dům. Následně budou obě varianty porovnány mezi sebou.

## 3. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ZDROJŮ ENERGIE

Veškeré zdroje energie na Zemi je možné rozdělit do tří základních skupin, a to na zdroje tradiční, obnovitelné a trvalé.

#### 3.1.1 Tradiční zdroje energie

Tradiční zdroje energie jsou vyčerpatelné, protože jejich množství je omezené a stálou těžbou se nezadržitelně zmenšují jejich zásoby, a jsou vázány na určité místo. Do této skupiny zdrojů patří fosilní paliva tuhá, kapalná a plynná.

Tuhá paliva jsou zastoupena rašelinou, uhlím a koksem, přičemž pro energetické účely je nejdůležitější hnědé uhlí sloužící k výrobě tepla a elektrické energie. „*V celosvětovém průměru se uhlí využívá z 90 až 95% jako palivo a z 5 a 10% jako chemická surovina.*“ (BALÁK, R., 1989)

Kapalná paliva jsou zastoupena ropou a jejími produkty.

Plynné palivo je například zemní plyn, který je ideálním palivem pro vysokou výhřevnost.

Jako významný zdroj energie nesmí být opomenuta energie jaderná, která se získává v atomových elektrárnách štěpením izotopů uranu, plutonia a dalších. „*Jaderné palivo je velice efektivní, z 1g <sup>235</sup>U vznikne úplným štěpením 75 600 MJ tepelné energie.*“ (BALÁK, R., 1989)

#### 3.1.2 Trvalé a obnovitelné zdroje energie

Některé starší publikace (BALÁK, R., 1989) přísně rozdělují obnovitelné a trvalé zdroje energie, přičemž mezi obnovitelné zdroje řadí pouze koloběh vody v přírodě a jeho využití polohové a pohybové energie pomocí vodních turbín.

Novější publikace (AUGUSTA, P., 2001), (PREGIZER, D., 2009) tyto rozdíly stírají a uvádějí společný pojem obnovitelné zdroje, kam zahrnují již zmiňovanou energii

vodních zdrojů, geotermální energii, sluneční energii, energii větru, energii odpadních paliv bioplyn a biomasu a energii moře, například vlnění, přílivu a odlivu a tepelná energie oceánů a moří.

## 3.2 CHARAKTERISTIKA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

### 3.2.1 Energie vody

Energie z vodních zdrojů je ekologicky čistá a relativně levná. „*Voda v přírodě může být nositelem tří druhů energie. A to mechanické, vnitřní energie tepelného pohybu molekul a chemické.*“ (AUGUSTA, P., 2001) Chemická energie vody se projevuje při vzniku solných roztoků. Jejím praktickému využití ale brání malá koncentrace této energie. Využití vnitřní energie vody je založeno na teplotních rozdílech různých vrstev vody a z nich plynoucích rozdílech v hustotě. V tropických pásmech může být rozdíl mezi teplotou vody v hlubinách a na sluncem vyhřívané hladině 20 až 30 °C (tzv. teplotní gradient). I přes fakt, že denně absorbuje 60 milionů km<sup>2</sup> tropických moří sluneční energii srovnatelnou s 40 miliardami topného oleje, je tento způsob využití energie vody stále ještě nepříliš účinný a ve fázi vývoje. (HÁJEK, 2005)

Mechanická energie vody je prakticky využívána již od pradávna. Vodní stroje využívají tři druhy energie – energii pohybovou (neboli kinetickou – danou prouděním vody), tlakovou (danou přetlakem vody vůči okolnímu prostředí) a polohovou (potenciální – danou tíhou vody).

Vodní stroje využívající mechanické energie vody mohou být blíže rozděleny na:

- vodní kola
- mlýny
- pístové vodní motory
- vodní turbíny.



## **Vodní kola**

První zmínky o využívání vodních kol pocházejí z Číny a Indie, kde se používala ke zvedání vody při zavlažování a také jako pohon k mlýnům již před tisíciletími.

*„V principu se vodní kola dělí na lopatková a korečková. Lopatková kola využívala výhradně kinetickou energii vody působící na rovné lopatky. Pracovala se spodním nátokem (na spodní vodu), tj. byla do vodního toku ponořena svou spodní částí a otáčela se v opačném směru proudu.“* (AUGUSTA, P., 2001) Je tedy patrné, že při nižším stavu vody docházelo k vynoření kola a tím k jeho zastavení. Účinnost energetické přeměny se u lopatkových kol pohybuje mezi 20 až 60%. Naopak *korečková kola* využívala (jako jediný typ stroje) především polohovou energii vody. Otáčení kola je způsobováno tíhou vody nateklé do korečků (dřevěných truhlíků po obvodě kola) středním nebo horním nátokem. (AUGUSTA, P., 2001) Účinnost korečkových kol je poměrně vysoká, 60 až 80% a navíc nejsou závislá na stavu vody. Stavba náhonu je však náročná.

## **Mlýny**

Mlýny jsou většinou spojovány s pohonem vodních kol. Klasickým typem je mlýn nábrežní, který využívá proudu buď přímo, nebo pomocí náhonu. Naopak na velkých tocích se uplatňuje mlýn lodní, který je umístěn na velké plavoucí lodici, takže klesaly a stoupaly současně s hladinou a kolo tedy mělo stále stejný ponor.

## **Pístové vodní motory**

Pístové vodní motory využívají k energetické přeměně tlakovou energii vody. Přeměňují ji na energii pohybujícího se pístu, jehož střídavý pohyb se pak klikovým hřídelem převádí na potřebný pohyb rotační. Na píst stroje se přivádí voda pod značným tlakem, někdy dokonce střídavě na obě strany pístu, takže funguje jako dvoučinný. Pístové stroje vytlačil až mnohem výkonnější parní stroj, ovšem až po boji, protože jejich provoz byl pochopitelně levnější. (HÁJEK, 2005)

## **Vodní turbíny**

Dlouhodobou snahou zvýšit účinnost vodních kol se jako výsledek vědeckého bádání a přesných výpočtů zrodily vodní turbíny. Rozlišují se turbíny reakční (přetlakové), které

využívají kinetickou i tlakovou energii vody, a turbíny akční (rovnotlaké), které využívají převážně energii kinetickou.

„ *Vodní turbínu v dnešním pojetí propočtl v polovině 18. století Leonard Euler (1707 až 1783) z Basileje. Jeho teoretické závěry z oboru vodních turbín byly realizovány teprve v letech 1826 a 1827 francouzskými vynálezci Bourdinem a Fourneyronem. V roce 1835 zkonstruoval Benoit Fourneyron (1802 až 1867) vodní turbínu o výkonu 29 kW pro spád vody 108 m pro město ST. Blasien. Potom následovaly turbína Francisova (1849), Peltonova (1890), Kaplanova (1913) a Dériazova (1955).*“ (BALÁK, R., 1989)

Porovnávat vzájemné kvality konstrukcí různých turbín je nepřesné, protože jde v podstatě o individuální řešení závisující na typu vodního toku, pro který jsou určeny. *Peltonova turbína* je určena pro velké vodní spády, tedy především pro prudké horské řeky a horní toky velkých řek. Voda protékající oběžným kolem je při vstupu na oběžné lopatky i při výstupu z nich pod stejným (atmosférickým) tlakem, je tedy rovnotlaká, neboli akční. Oproti tomu *Francisova turbína* je vhodná pro získávání energie z malých a středních spádů a je turbínou přetlakovou, neboli reakční. Nevýhodou Francisovy turbíny jsou poměrně nízké otáčky, které se před zapojením ke generátoru musí zvyšovat složitými převody, což snižuje celkovou účinnost stroje. Tento problém pomohl vyřešit vznik *Kaplanovy turbíny* (obr. 1). Ta je totiž charakteristická možností nastavování lopatek rozváděcího i oběžného kola, čímž je zvýšen počet otáček. (MOTLÍK, 2007)

Vodní turbíny jsou technicky nejdokonalejší mechanické motory vůbec, jejich účinnost dosahuje až 95% a provoz je přitom zcela ekologicky čistý. „ *Nejvýkonnější soustrojí (Francisova turbína – alternátor) na světě s výkonem 836 MW bylo instalováno roku 1998 v Grand Coulle Dam (USA). Hmotnost rotoru je 800 t, průměr statorového věnce 22 m.*“ (AUGUSTA, P., 2001)

### **Vodní elektrárny využívající turbíny**

Ze stavebního hlediska je každá elektrárna unikátním dílem, protože podle daných podmínek musí být vybavena přivaděči vody, vtokovým objektem s ochrannými česlicemi nebo i vyrovnávacími komorami. V některých podmínkách jsou nutné i lapače písku či štěrku. Spád vody musí být soustředěný, což se řeší stavbou přehrad, náhonů, derivačních kanálů, štol a šachet podle jednotlivých typů. Všechny vodní elektrárny neohledně na druh

konstrukce totiž využívají především potenciální energii vody. Ve vodní elektrárně voda roztáčí turbínu, která je na společné hřídeli s elektrickým generátorem.

Kromě turbín jsou tedy základním prvkem vodní elektrárny generátory, které přeměňují mechanickou energii otáčení turbín na energii elektrickou. Generátor se musí otáčet stále stejnými otáčkami, aby vyráběný elektrický proud měl požadovaný stálou frekvenci 50 Hz. Když je síť přetížena, otáčky generátoru klesají a je třeba je velice rychle zvýšit zvětšením průtoku vody v turbíně. Proto musí být systém vybaven poměrně náročným systémem regulačních prvků, jako jsou snímače a regulátory. Největší vodní elektrárna na světě je Itaipu, jejích 18 turbín vyrobí za rok 75 TWh elektrické energie. (HÁJEK, 2005) Vodní elektrárny neznečišťují ovzduší, nedevastují krajinu a povrchové a podzemní vody těžbou a dopravou paliv a surovin, jsou bezodpadové a nezávislé na dovozu surovin a jsou vysoce bezpečné.

### 3.2.2 Energie Slunce

Sluneční energie je základním a nezastupitelným činitelem podmiňujícím existenci lidstva. I když Země dostává pouze jednu miliardtinu energie vyzářené Sluncem, na každý  $1 \text{ m}^2$  sluncem ozářené plochy naší planety dopadá v podobě tepelných, světelných a ultrafialových paprsků výkon kolem 1 kW. Sálavý, neboli zářivý výkon Slunce je asi  $3,87 \cdot 10^{23} \text{ kW}$ , tj. 378 tisíc triliónů kilowattů, z čehož na Zemi dopadá  $173 \cdot 10^{12} \text{ kW}$ , tj. 173 biliónů kilowattů. (BALÁK, R., 1989) Takové množství energie získává Slunce termonukleární reakcí, tedy syntézou atomových jader některých lehkých prvků, jako je například vodík a hélium. Při této fúzi se za velmi vysokých teplot z jader lehkých tvoří jádra těžká. Při této termonukleární reakci se uvolňuje velké množství tepla, které lze využít k výrobě energie elektrické, protože opakem termojaderné reakce je štěpná reakce atomů těžkých prvků, například uranu a plutonia, které se v jaderných elektrárnách využívají k výrobě tepelné energie.

I když je tato energie dopadající na Zemi čistá a věčně se obnovující, její nevýhoda spočívá v její „řídkosti“. Užitečný zdroj tepla nebo elektřiny ze Slunce je totiž závislý na střídání dne a noci a přechodu mračen. Lidé v Indii, rovníkové Africe, Jižní Americe a Číně využívají sluneční teplo přímo, a to k vaření v černých smaltovaných nádobách vložených do ohniska parabolického zrcadla natočeného proti Slunci. (PETRÁŠ, 2008)

V principu jsou dva způsoby využití sluneční energie.

- nepřímo
- přímo

### **Nepřímá přeměna**

Nepřímá přeměna je založena na získání tepla pomocí slunečních sběračů. V ohnisku sběračů se buď umístí termočlánky, které mění teplo v elektřinu, nebo se využívá zachyceného tepla k ohřívání vody. (obr. 2)

Přeměna energie slunečního záření na teplo akumulované ve vodě nebo v jiném teplotonosném prostředí se využívá k ohřevu vody a k vytápění obytných, zemědělských nebo průmyslových budov. Sluneční záření proniká skleněnou deskou kolektoru do sběrače, v němž se pohlcuje a zahřívá látka v trubkách. Tepelné záření ze sběrače nemůže uniknout, takže je v něm teplota daleko vyšší, než v okolním vzduchu. Například i zahradnický skleník je jednoduchým sběračem tepla. Kolektory pro ohřev vody a vytápění se umísťují na jižní části střech nebo na venkovní stojany. Nejlepších výsledků dosahují v létě při sklonu 30° od vodorovné roviny a v zimě při sklonu 50 až 60°.

Oproti tomu termoelektrická přeměna spočívá na tzv. Seebeckově jevu, který nám říká, že zahříváním dvou různých kovů v místě jejich spoje vzniká na jejich volných koncích termoelektrické napětí. Spojením těchto volných konců prochází obvodem termoelektrický proud. (BALÁK, R., 1989) Účinnost termoelektrického článku závisí na vlastnostech obou kovů.

### **Přímá přeměna**

Je založena na tzv. fotovoltaickém jevu, který byl poprvé pozorovaný již před sto dvaceti lety. Jde o jev, při kterém částice světla neboli fotony dopadají na fotovoltaický článek, kde se při dopadu z fotonu uvolňují elektrony. Ty jsou pomocí polovodičové struktury přeměněny na stejnosměrný proud. Tento jev může nastat pouze v několika typech polovodičů, například v křemíku nebo germaniu. „ Na přechodu dvou polovodičů, z nichž jeden vykazuje elektronovou vodivost (typ N) a druhý (typ P) se vyznačuje vodivostí děrovou (díry si představujeme jako putující kladné náboje), se náboje rozdělí na protilehlé

strany. Vrstva N se nabíjí záporně, vrstva P kladně. Propojením kovových kontaktů obou destiček přes zátěž se náboje vyrovnávají a obvodem protéká stejnosměrný proud, přímo úměrný osvětlené ploše článku a intenzitě dopadajícího záření.“ (AUGUSTA, P., 2001) Fotovoltaický článek je tedy tvořen nejčastěji tenkou destičkou z křemíku, která je z jedné strany obohacena o atomy trojmocného prvku (např. bór) a z druhé strany o atomy pětimocného prvku (např. arzen). Když na destičku dopadnou fotony, záporné elektrony se uvolňují a zbývají kladně nabitě díry. Přiložíme-li na obě strany destičky elektrody a spojíme je drátem, začne protékat elektrický proud. (WWW.ALTERNATIVNI-ZDROJE.CZ) <sup>1</sup>

Jeden cm<sup>2</sup> dokáže vyrobít proud okolo 12 mW (miliwattů). Fotovoltaického jevu využívají zařízení různých výkonů, od nepatrného výkonu například v kalkulačkách, až k výkonu o mnoha MW ve fotovoltaických elektrárnách.

### **Fotovoltaická elektrárna**

Každá fotovoltaická elektrárna se skládá z určitého množství *solárních panelů, měničů a konstrukčních prvků*, jednotlivé elektrárny se liší pouze výkonem.

*„Solární panely tvoří spolu se střídači napětí a kabelovým propojením elektrotechnickou část fotovoltaické elektrárny. Fotovoltaické panely jsou prostorově nejnáročnější částí systému a zároveň prvkem, který je nejvíce vystavován mechanickým a klimatickým vlivům.“* (WWW.SOLARCENTER.CZ)<sup>2</sup> Jádrem fotovoltaických panelů tvoří výše zmíněné fotovoltaické články. Fotovoltaické pole je větší počet fotovoltaických panelů. Jeho výstupní stejnosměrný proud a napětí určuje počet použitých fotovoltaických panelů a způsob jejich zapojení. Fotovoltaické pole je vždy dimenzováno tak, aby odpovídalo výkonu měniče napětí, který je k poli připojen. *„Sítové měniče napětí zajišťují*

---

<sup>1</sup> zdroj: <http://www.alternativni-zdroje.cz/slunecni-solarni-elektrarny.htm> (citováno 10. 6. 2010)

<sup>2</sup> zdroj: <http://www.solarcenter.cz> (citováno 10. 6. 2010)

*konverzi stejnosměrného napětí a proudu na střídavý se síťovou frekvencí 50 Hz. Jejich účinnost je až 98%. Nezbytnou součástí měničů jsou ochranné prvky a systém automatického odpojení od sítě, který nejde své opodstatnění v případě výpadku sítě nebo přepětí v síti.*<sup>3</sup> (WWW.SOLARCENTER.CZ)

*Konstrukční prvky se řídí určitými požadavky. Solární elektrárna může být umístěna na střeše budovy, ale i v terénu. U obou případů je ale nutné vytvořit nosnou konstrukci pro upevnění fotovoltaických panelů tak, aby byla v optimálním sklonu a orientaci k dopadu slunečního záření.*

### **Sluneční tepelná elektrárna**

Ve sluneční tepelné elektrárně se sluneční záření mění na elektrickou energii ve velkém měřítku. V podstatě jde o tepelnou elektrárnu, která potřebné teplo získává přímo ze slunečního záření. Kotel neboli absorbér sluneční elektrárny je umístěn na věži v ohnisku velkého ohniskového sběrače, na který se soustřeďuje sluneční záření pomocí mnoha otáčivých rovinných zrcadel, tzv. heliostatů. V kotli se tak ohřívá například olej, ze kterého se ve výměníku získává horká pára, která pohání turbínu. Turbína pohání generátor, který vyrábí elektrický proud.

### **Akumulace energie**

Velkým problémem ve využití solární energie je technologie jejího dlouhodobějšího skladování v době, kdy nemůže být vyráběna (např. v noci).

Nejznámějším, jednoduchým, ale málo účinným způsobem je akumulace tepelné energie v izolovaných nádobách s vodou, z nichž tepelná energie i přes poměrně dobrou izolaci uniká již po pár dnech.

Mnohem účinnější jsou tzv. solné akumulátory, které při stejném objemu udrží více tepla. Na rozdíl od vody se v nich obsah nejen zahřívá, ale i mění své skupenství. „*Průmyslové solné akumulátory jsou plněny Glauberovou solí, která se při 32 °C začíná*

---

<sup>3</sup> zdroj: <http://www.solarcenter.cz> (citováno 10. 6. 2010)

*zbavovat vody a rozpouští se. Do 1 m<sup>3</sup> pevné náplně lze akumulovat teoreticky až 358 MJ tepelné energie. Nabíjení a vybíjení se provádí pomocí trubek s olejovou náplní. Při nabíjení solného akumulátoru se do trubek vhání horký olej a sůl se začne postupně tavit až do úplného nabití. Při odebírání tepla se chladný olej teplem solné náplně ohřívá a sůl začíná postupně krystalizovat. Průmyslové akumulátory tohoto typu dokáží zadržet energii kolem 1 MWh.“ (BALÁK, R., 1989) Nespornou výhodou přeměny solární energie ve fotovoltaických člancích je to, že proces probíhá bez paliva a sluneční energii přeměňuje přímo na elektrickou. Provoz fotovoltaické elektrárny nevytváří žádné emise, hluk ani odpad. Nevýhodou sluneční energie v porovnání s energií jadernou nebo tepelnou je její závislost na střídání dne a noci a délce tohoto cyklu. Nedořešené je právě skladování energie na delší období.*

### **3.2.3 Energie větru**

Přeměna kinetické energie větru v energii mechanickou byla v Evropě známa již od středověku, avšak největší rozvoj zaznamenala v 18. a 19. století (z té doby je známo přes 260 větrných mlýnů v Evropě). V posledních letech se ale Evropa k využívání větrné energie vrací, protože je to poměrně jednoduchý způsob výroby elektrické energie oproti ostatním obnovitelným zdrojům, které jsou svým charakterem vhodné spíše pro výrobu tepla.

Větrná energie představuje energii proudění vzduchu vůči zemskému povrchu, tedy větru, který vzniká díky teplotním rozdílům různých oblastí atmosféry. Zemská atmosféra je totiž stále neklidná a otáčivý pohyb naší planety způsobuje pravidelné proudění vzduchu nad mořem i nad pevninou. Pravidelnost tohoto proudění nepříznivě ovlivňuje střídání teplot i tepelné rozdíly mezi mořem a pevninou, horami a údolím, zalesněnými a holými plochami a další komplikované meteorologické jevy, takže v proudění vzduchu dochází velmi často k nepravidelnostem, které mohou vést až k větrným bouřím. V tropických a subtropických pásmech je proudění naopak pravidelné. Směrem k rovníku proudí pasáty a v horních vrstvách antipasáty opačným směrem. Jihovýchod Asie je vystaven půlročnímu střídání monzunů a antimonzunů vanoucích z moře na pevninu a naopak. Pohyb větru je převážně vodorovný a je charakterizován jednak směrem odkud vane a jednak silou nebo rychlostí podle Beaufortovy stupnice (obr. 3) (AUGUSTA, 2001).

„ Využitelný výkon větru na naší planetě se odhaduje asi na 3 TW, což představuje přibližně třetinu kapacity současné světové potřeby. Do roku 2000 byl ve světě instalován výkon větrných elektráren asi 6 tisíc MW, což při koeficientu ročního využití v energetické bilanci odpovídá 1 200 MW.“ (AUGUSTA, P., 2001) Energie větru se nedá využít při nízkých rychlostech větru, protože vůbec neroztočí motor, ale ani při příliš vysokých rychlostech, při kterých hrozí v případě větrných elektráren poškození stroje. Optimální je rychlost větru mezi 3 až 26 m s<sup>-1</sup>. I přes tyto problémy je historie využití větru jako zdroje energie velice dlouhá. Zpočátku bylo využití omezeno pouze na pohon lodí pomocí plachet, ale později přišly na řadu i větrné motory.

Využití větrné energie je tedy realizováno pomocí dvou způsobů:

- plachty
- větrné motory

### **Plachty**

Lod' je bezesporu jeden z nejstarších dopravních prostředků, protože lodě vybavené plachtami brázdily moře již v Egyptě před 5 tisíci lety. (AUGUSTA, P., 2001)

Plachty využívají kinetické energie větru ke svému pohybu, což skrývá obrovskou nevýhodu, a to fakt, že tyto lodě jsou plně závislé na větru. To je také důvod, proč byly plachetnice jako nespolehlivé vyřazeny loděmi poháněnými párou. Vítr ve své době poháněl i suchozemská vozidla. Například v Nizozemsku, kde je jen málo bezvětrných dnů, se plachtami poháněla i vozidla s více než 25 pasažéry. Ze severních oblastí jako je Kanada, jsou známy oplachtěné sáně používané na zamrzlých jezerech.

### **Větrné motory**

Základní rozdělení větrných motorů je podle polohy osy otáčení. Motory s *vertikální osou* se otáčejí v důsledku nesoúměrnosti aerodynamických sil k rovně procházející osou motoru, změnou polohy lopatkových ploch během otáčky nebo užitím zakřivených lopatek. Moderní konstrukce využívají vztlakové síly větru. Účinnost těchto motorů je přibližně 18 až 38%. Mnohem rozšířenější jsou motory s *horizontální osou*, u kterých vzniká točivý moment v důsledku využití vztlakové síly při obtékání profilu lopatek



proudem vzduchu. Na té straně lopatky, na kterou fouká směr větru, se zmenšuje rychlost vzdušného proudu a tedy ke zvýšení tlaku. Na druhé straně lopatky je vyšší rychlost a vzniká podtlak. Proto je velmi důležité směřovat motor přímo do směru větru, k čemuž slouží větrné kormidlo pevně spojené s tělesem rotoru. Účinnost těchto motorů dosahuje až 48%. (HÁJEK, 2005)

Jednoduché větrné motory (pravděpodobně s vertikální osou) se užívaly v Číně, Egyptě, Babylónii, později na Krétě k čerpání vody a mletí obilí již před naším letopočtem. Motory s horizontální osou se objevily asi ve 4. či 3. století př. K. v Alexandrii. Do Evropy se dostaly patrně díky křížáckým válkám nebo prostřednictvím Arabů z Pyrenejského poloostrova. (AUGUSTA, P., 2001)

Nejvíce se větrné motory rozšířily v Nizozemsku, kde byl téměř zaručen dostatek energie pravidelným a silným větrem vanoucím od moře. Označení mlýny ale není příliš přesné, protože byly užívány především k čerpání vody.

Moderní doba nahradila klasické větrné motory především elektřinou, současně se však zrodila myšlenka vyrábět elektřinu právě větrnými motory. (AUGUSTA, P., 2001)

### **Větrné elektrárny**

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie (na podobném principu turbogenerátoru pracuje jak klasická, tak vodní či jaderná elektrárna). Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly; listy proto musí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídel letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu. (WWW.ALTERNATIVNI-ZDROJE.CZ)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> zdroj: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm> (citováno 11. 6. 2010)

Výroba elektřiny větrem je poměrně nákladná, i přesto, že vítr fouká zadarmo. Je to způsobeno vysokou počáteční investicí a drahou údržbou velkého množství jednotlivých motorů potřebných k dosažení požadovaného výkonu.

Větrná energetika neprodukuje tuhé či plynné emise a odpadní teplo, ani ke svému provozu nepotřebuje vodu. Větrná elektrárna s vyšším požadovaným výkonem však potřebuje ale obrovskou rozlohu. Často zmiňovanými nevýhodami pro větrné elektrárny jsou hluk, rušení televizního signálu, rušení zvěře a narušení krajinného rázu. Tato vytýkaná negativa jsou dnes spíše neopodstatněná. Hluk dnešních větrných elektráren je již nízký a navíc při větrném počasí zaniká v hluku samotného větru, jako je například šumění stromů. Navíc jsou elektrárny stavěny v dostatečných vzdálenostech od obydlí. S tím souvisí i nepodstatnost tzv. stroboskopického efektu (vrhání pohyblivých stínů při nízkém postavení Slunce nad obzorem) a odlesky od pohybujících se lopatek, která jsou minimalizována matným nátěrem. Rušení televizního signálu může nastat pouze v blízkém okolí elektrárny, avšak závisí na pozici televizního vysílače, elektrárny a domů, které mají anténu. Narušení krajinného rázu je problémem subjektivním. „ *Pokud jsou větrné elektrárny dobře naplánované a postavené, nepředstavují pro ptáky a jiná zvířata vážné nebezpečí. Hustota zvěře na území s elektrárnami zůstávala stejná, nebo se dokonce zvyšovala. Z průzkumu mezi myslivci Dolního Saska vyšlo najevo, že nespátřují ve větrných elektrárnách vážné zdroje rušení domácí nízké zvěře.*“ (WWW.ALTERNATIVNI-ZDROJE.CZ) <sup>5</sup>

### **3.2.4 Energie odpadních paliv (biomasa)**

Živá hmota neboli biomasa, vzniká přímo nebo nepřímo působením sluneční energie při fotosyntéze a je v ní uložena energie slunce. Za základní zdroj biomasy se totiž považují zelené rostliny, které jsou schopné za pomoci světelné energie Slunce zachycené v zeleném barvivu vytvořit sacharidy a následně bílkoviny.

---

<sup>5</sup> zdroj: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm> (citováno 11. 6. 2010)

Biomasa je tedy definována jako hmota organického původu. V souvislosti s energetikou jde především o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zbytky zemědělské výroby včetně exkrementů užitkových zvířat a biomasu cíleně pěstovanou.

Rozlišujeme biomasu suchou (např. dřevo) a mokrou (např. tzv. kejda – tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou). Základní technologie zpracování se dělí na suché procesy (termochemická přeměna) jako je spalování, zplyňování a pyrolýza a procesy mokré (biochemická přeměna), které zahrnují anaerobní vyhnívání (metanové kvašení za nepřístupu vzduchu), lihové kvašení a výrobu biovodíku. Zvláštní podskupinu potom tvoří lisování olejů a jejich následná úprava, což je v podstatě mechanicko-chemická přeměna (např. výroba bionafty a přírodních maziv). (WWW.ALTERNATIVNI-ZDROJE.CZ) <sup>6</sup>

Ze dřeva v podobě polen, štěpků a pilin, ze zbytků zemědělských plodin či pevných městských odpadků se působením vysokých teplot za omezeného přístupu vzduchu uvolňují hořlavé plynné složky, to je tzv. pyrolýza. Zbytkem po zplyňování dřeva může být dřevěné uhlí. Využívají se rychlerostoucí stromy, jako je topol, vrba, olše, akát a platan.

Dalším palivem je sláma a celá obilní hmota, tedy sláma i se zrnem, zejména se jedná o slámu obilovin a olejnin (řepka olejka), k nimž se mohou přidávat i sklizené nežádoucí plevele s velkým růstovým a energetickým potenciálem, jako je například konopí seté nebo křídlatka.

Do seznamu povolených energetických rostlin patří celá řada jednoletých, dvouletých i vytrvalých druhů, jako je např. laskavec, konopí seté, sléz přeslenitý, pupalka dvouletá (...) (WWW.CEZ.CZ)<sup>7</sup> Tyto suché plodiny se lisují do kvádrů nebo válců o hmotnosti kolem 500 kg. Topeniště na spalování biomasy jsou obvykle dvojstupňová ohniště vybavená dohořivací komorou a je vyžadován přívod primárního, sekundárního a někdy i terciárního vzduchu, odlučovače úletu a rozměrné podavače paliva.

---

<sup>6</sup> zdroj: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm> (citováno 12. 6. 2010)

<sup>7</sup> zdroj: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html> (citováno 13. 3. 2010)

Při spalování biomasy se uvolňuje energie, oxid uhličitý a voda. Oproti spalování fosilních paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci CO<sub>2</sub>, který patří mezi tzv. skleníkové plyny. Produkce CO<sub>2</sub> ze spalování biomasy je neutrální, protože množství tohoto plynu uvolněné do ovzduší spalováním je přibližně stejné jako to, které je zpětně vázáno do rostlin v zemědělských a lesních porostech nebo na tzv. energetických plantážích. Nízký je rovněž obsah uvolňovaných oxidů síry (0 až 0,1% síry má dřevo nebo sláma oproti hnědému uhlí, které obsahuje někdy i více než 2%). Množství vznikajícího NO<sub>x</sub> lze kontrolovat např. úpravou teploty spalování. (WWW.CEZ.CZ) <sup>8</sup>

Fermentací, tedy vyhníváním a kvašením biomasy v uzavřených nádržích vzniká bioplyn (dřívější název kalový plyn). Kyselinotvorné bakterie mění složité tuky, bílkoviny a uhlovodíky na jednoduché rozpustné látky, které se dále přeměňují na metan, oxid uhličitý a malé množství dalších plynů. Celý proces probíhá ve fermentačních reaktorech při optimální teplotě 37 °C. Konečný produkt (bioplyn) se po vyčištění shromažďuje v plynojemu a slouží potom k vytápění nebo k pohonu plynových motorů.

### 3.2.5 Geotermální energie

Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek. Geotermální energie je v nitru Země zachována od jejího vzniku po celou dobu geologické historie. Projevem této tepelné energie jsou též erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. Pro člověka je tato forma energie vhodná pro využití k vytápění objektů nebo pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Na některých místech je teplotní spád až 55 °C na jeden kilometr hloubky, běžný je však spád 3 °C na 100 metrů hloubky. Geotermální elektrárny se staví zejména ve vulkanicky aktivních oblastech, kde využívají k pohonu turbín horkou páru stoupající pod tlakem z gejzírů a horkých pramenů. (WWW.CEZ.CZ)

---

<sup>8</sup> zdroj: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html> (citováno 13. 3. 2010)

Geotermální zdroje se dělí do tří skupin:

- pole suchých par
- pole mokrých par
- nízkoteplotní pole

### **Geotermální elektrárny na suchou páru**

Tento typ elektrárny je nejjednodušší a dosahuje lepší účinnosti než ostatní. Používá se v místech, kde je snadné z nevelkých hloubek pomocí navrtaných sond a sběrného potrubí odvádět páru pod přirozeným tlakem s teplotou 200 až 250 °C. Pára vede po zbavení se kapiček vody přímo do turbín.

### **Geotermální elektrárny na mokrou páru**

Tyto elektrárny pracují v lokalitách, kde lze navrtáním získat vydatné zdroje horké vody s teplotou od 180 do 380 °C. „ *V odtlakovací nádrži se po snížení tlaku část vody změni na páru, využitou k pohonu turbín. (...) Elektrárny tohoto typu vyžadují vzhledem k agresivním látkám ve vodě i v páře potrubí, čerpadla a turbíny z drahých legovaných ocelí a nerezů.*“ (AUGUSTA, P., 2001)

### **Nízkoteplotní pole**

Tato metoda je využívána k vytápění objektů, bazénů, skleníků apod. pomocí tepelných čerpadel. Nejčastěji je tepelnými čerpadly využívána energie Země, ale existují i další typy tepelných čerpadel (obr. 4). Obecně pracuje tepelné čerpadlo na principu (obr. 5) získávání energie z okolního prostředí, kterou předává dál. V hlubinném vrtu (asi 150 m hloubky) nebo v potoce jsou ponořené trubky, ve kterých koluje médium vyznačující se nízkým bodem varu (např. izobutan, freony či jiné nemrznoucí kapaliny). Při stlačování pístem se médium zahřeje asi na 60 °C kompresním teplem. Část tepla pak předává v kondenzátoru domácímu topnému okruhu, obvykle přes trubkový výměník. Médium tedy odebírá okolnímu prostředí teplo, které vydává do topného okruhu, a pohyb média je uskutečňován pomocí elektromotoru, který pohání kompresor. (AUGUSTA, P., 2001)

*Z půdy* se teplo odebírá plošným vodorovným kolektorem nebo z vrtů. Trubky plošného kolektoru se obvykle pokládají do hloubky 1 až 2 metry ve smyčkách s určitou roztečí. Velikost plochy má být asi trojnásobkem plochy vytápěné. Do země se ukládá i výměník, v němž obíhá nemrznoucí směs.

*Z podzemní vody* je voda čerpána ze studně do výměníku u objektu. *Z povrchové vody* se teplo získává pomocí trubkových výměníků, které jsou vloženy přímo do vody. Proto musí být oběh plněn ekologickou nemrznoucí směsí.

*Z okolního vzduchu* se teplo získává prostřednictvím výměníku, který je vložen do přirozeného nebo umělého průtoku vzduchu. Tento způsob se nazývá rekuperace.

### **3.3 VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V DOMÁCNOSTECH**

Většina obnovitelných zdrojů je využitelná nejen v elektrárnách pro výrobu elektřiny, ale stávají se čím dál víc oblíbené díky své využitelnosti v rodinných domech. Jsou oblíbené především pro úsporu energie na vytápění, kterou přinášejí spolu s jinými vlastnostmi takto navržených domů. Obnovitelné zdroje lze využít jak v obyčejném normálním domě (například k vytápění vody v bazénu), tak i v domech pasivních a nízkoenergetických, které se dnes stávají velmi moderními.

#### **3.3.1 Technické parametry pasivního domu**

Pasivní dům je z hlediska laického pohledu dům, který nepotřebuje topení a je dokonale izolovaný. Vytápí se převážně pomocí slunečního záření a rekuperací vzduchu (získávání tepla z vnějšího teplého vzduchu pomocí tepelného čerpadla). Maximální zůstatková potřeba tepla je max. 15 kW m<sup>2</sup>/rok, v podstatě jde o teplo, které musíme dodat navíc. Při splnění této podmínky nemusí být v domě topná soustava, ale musí být vyřešeno tzv. zbytkové vytápění. Zbytkové teplo se v pasivních domech řeší nejlépe odkupem elektrické energie z obnovitelných zdrojů (fotovoltaická energie, solární energie přeměněná na elektrickou energii) nebo přitápěním peletkovým kotlem a topením peletkami (lisovaný dřevní odpad). Pasivní domy by měly odrážet i ekologický dopad na

prostředí, proto by měly být navrženy z materiálů z obnovitelných zdrojů, jako je například dřevo (sendvičové, vícevrstvé dřevostavby). Není tomu tak u všech použitých materiálů na stavbě, ale ty ostatní, neobnovitelné musí být alespoň recyklovatelné. (TYWONIAK, 2005)

V současné době se řeší vývoj materiálů z obnovitelných zdrojů, aby vyhovoval všem ekonomickým, ekologickým a technickým požadavkům pro stavbu pasivního domu.

Mezi hlavní zásady pro stavbu pasivního domu patří:

- orientace a tvar budovy
- vynikající tepelná izolace
- vzduchotěsnost obvodového pláště
- rekuperace vzduchu

### **Orientace a tvar budovy**

Budova pasivního domu musí být natočena hlavní fasádou na jižní stranu, aby bylo co nejvíce využito získávání tepla ze sluneční energie. Dům by měl být samostatně stojící a nezastíněný ostatními budovami.

Celková spotřeba energie budovy se určuje poměrem *celkové plochy obvodového pláště* ( $m^2$ ) / *obestavěný objem budovy* ( $m^3$ ). Nejlepší tepelnou ochranou je omezení tepelných ztrát objektu. Efektivní je tedy zmenšení ochlazovaných konstrukcí na minimum. Každý výčnělek, výstupek, balkón zhoršují energeticky příznivý tvar budovy. Ideálním tvarem by tedy byla koule, což je nerealizovatelné. Vhodným tvarem pro stavbu rodinného pasivního domu je krychle. Tvar domu musí co nejlépe přijímat sluneční záření a jižní fasáda musí mít co největší plochu, nejlépe co nejvíce prosklených ploch, které se zhodnotí v zimních měsících při slunečných dnech. (obr. 6) (TYWONIAK, 2005)

### **Tepelná izolace**

Všechny konstrukce pasivního domu (obvodové stěny, střechy a podlaha) musí být tepelně izolované od okolního prostředí, aby se minimalizovali tepelné ztráty. Pro dosažení požadovaných tepelně izolačních vlastností se používá materiál, který má co

nejnižší tepelnou vodivost. Obvodové stěny se nejčastěji dělají jako sendvičové konstrukce, které jsou tvořeny vnější a vnitřní omítkou, zdivem a tepelnou izolací. (obr. 7) Samotná tepelná izolace se vybírá podle několika kritérií, mimo jiné i podle toho, jaký má vliv na životní prostředí, jak jsou dostupné suroviny, ze kterých se materiály vyrábí, jaké jsou náklady na výrobu a zda se dá materiál recyklovat. (TYWONIAK, 2005)

Zároveň u pasivního domu musí být co nejvyšší prostupnost slunečního záření okny, i když právě ta jsou typickým zdrojem tepelných ztrát.

### **Vzduchotěsnost obvodového pláště**

Pro pasivní dům je toto kritérium velice důležité, protože dodatečně se nedá zvýšená netěsnost a únik tepla nahradit zvýšením topením. Proto musí být dům hermeticky uzavřený a maximálně utěsněný, aby nikde neunikalo žádné teplo. Kvalitu utěsnění obvodového pláště se kontroluje tzv. blower door testem (obr. 8) Měřicí zařízení obsahuje kovový rám, plastovou membránu, ventilátor a tlakoměr. Vše se nainstaluje do vchodových dveří nebo okna a pomocí ventilátoru se vytvoří podtlak nebo přetlak. Množství vzduchu vehnaného dovnitř nebo ven se měří a po vyhodnocení se případné ztráty hledají pomocí termovizní kamery nebo přístrojem na měření rychlosti proudění vzduchu. (PREGIZER, 2009)

### **Rekuperace**

Rekuperace je založena na získávání zpětného tepla z ohřátého vnitřního vzduchu a předání tepla přiváděnému čerstvému studenému vzduchu. Rekuperační jednotka zajišťuje kompletní přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu. (obr. 9) Aby nedocházelo ke kondenzaci par kvůli faktu, že pasivní dům je hermeticky uzavřený, musí v něm fungovat toto nucené větrání. Účinnost větrací jednotky musí být minimálně 85%, tzn., že musí být odebíráno a předáváno minimálně 85% celkové výměny vzduchu. (TYWONIAK, 2008)

### **3.3.2 Využití obnovitelných zdrojů v pasivních domech**

Pasivní dům se v chladném počasí neobejde bez vytápění, i když je dům prakticky vytápěn domácími spotřebiči díky tepelné nepropustnosti. Zbytkové vytápění a příprava teplé užitkové vody je tedy nezbytná. Ke zbytkovému vytápění se používá tepelné



čerpadlo nejčastěji kombinované se solárními panely. Dalším způsobem jak přitápět je vytápění pomocí krbových kamen na dřevo s vlastním přívodem vzduchu, se systémem klapek a regulací teploty. Systém komínu a kouřovodu musí být vzduchotěsný.

### 3.4 MOŽNOSTI FINANCOVÁNÍ PASIVNÍCH DOMŮ

Na stavbu pasivního domu je možné dostat dotaci, která má finančně podpořit celý projekt. Jedná se o program Zelená úsporám. Program Zelená úsporám je zaměřen na podporu instalací zdrojů na vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energie, ale také investic do energetických úspor při rekonstrukcích i v novostavbách. V Programu bude podporováno kvalitní zateplování rodinných domů a bytových domů, náhrada neekologického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla, instalace těchto zdrojů do nízkoenergetických novostaveb a také výstavba v pasivním energetickém standardu. ([WWW.ZELENAUSPORAM.CZ](http://WWW.ZELENAUSPORAM.CZ))<sup>9</sup>

Dotační program je rozdělen do tří základních částí:

- Úspora energie na vytápění (celkové nebo dílčí zateplení)
- Výstavba v pasivním nízkoenergetickém standardu
- Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a přípravu teplé vody (výměna neekologického vytápění za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná čerpadla, instalace těchto zařízení, instalace solárně-termických kolektorů)

Některé kombinace opatření jsou zvýhodněny dotačním bonusem.

Oprávněnými žadateli o podporu jsou vlastníci a stavebníci rodinných a bytových domů, kteří dům využívají k bydlení nebo k poskytnutí bydlení třetí osobě. Z Programu je možné podpořit pouze takové výrobky, zařízení a technologie, které jsou uvedené v Seznamu výrobků a technologií a pouze služby takových firem, které jsou uvedeny v Seznamu odborných dodavatelů.

---

<sup>9</sup> zdroj: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu/> (citováno 15. 6. 2010)

## 4. ANALYTICKÁ ČÁST

### 4.1 ANALÝZA NÁKLADŮ PASIVNÍHO A NORMÁLNÍHO DOMU

#### 4.1.1 Náklady na stavbu

Tato část práce bude analyzovat náklady na pořízení stavby normálního a pasivního domu. Vyčíslení těchto nákladů je nezbytné pro porovnání ekonomické efektivity pasivního domu. Otázka nákladů na pořízení byla projednána s projektantem.

Tabulka č. 1 – Náklady na stavbu normálního a pasivního domu

	Náklady na 1 m <sup>2</sup>	Náklady na stavbu 10mx10m
Normální dům	18 000,- Kč	1 800 000,- Kč
Pasivní dům	22 000,- Kč	2 200 000,- Kč

(Zdroj: Projektant ze společnosti Quickhouse)

V tabulce č. 1 je jednoduchý přehled nákladů na stavbu normálního a pasivního domu. Do této ceny je již započítáno jednoduché vybavení, jako jsou například schody, protože udaná cena platí pro dům s patrem. Cena pasivního domu je za stavbu s izolací, zatím však bez dotací za výstavbu v pasivním nízkoenergetickém standardu. Při porovnání cen obou staveb je patrný rozdíl 400 000,- Kč. K těmto prvotním nákladům musíme připočítat náklady za pořízení komponentů, které byly zvoleny na začátku, tedy u pasivního domu za koupi a instalaci kotle na pelety s připojením na ohřev vody, solárních panelů a rekuperátoru a u normálního domu za kotel na dřevo a uhlí, ústřední topení a bojler.

#### 4.1.2 Náklady za komponenty

V této části práce jsou uvedeny vybrané komponenty pro modelový pasivní dům i pro normální dům. Tyto komponenty byly vybrány tak, aby u obou domů pokryly tytéž potřeby, tedy vytápění, ohřev teplé vody a elektrickou energii, a aby mohla být provedena komparace návratnosti investic.

Tabulka č. 2 – Ceny za komponenty\*

	Pasivní dům	Normální dům
Kotel na pelety KP11 s přípojkou na topnou a vratnou vodu <sup>10</sup>	114 000 Kč	X
Fotovoltaické panely EMMVEE Solar <sup>11</sup>	81 600 Kč/kWp	X
Rekuperátor ThermWet <sup>12</sup>	75 000 Kč	X
Kotel na dřevo a uhlí 36 kW <sup>13</sup>	X	35 280 Kč
Bojler OKC125 <sup>14</sup>	X	9 688 Kč
<b>Celkem</b>	<b>417 480 Kč</b>	<b>44 968 Kč</b>

(Zdroj: Autorka podle níže uvedených zdrojů)

\*Uvedené ceny jsou včetně DPH

V tabulce č. 2 jsou uvedeny pořizovací ceny komponentů, zahrnující i cenu za jejich montáž a uvedení do provozu. Celková cena za komponenty u pasivního domu je součet jednotlivých cen komponentů, přičemž u fotovoltaických panelů je cena počítána pro instalovaný výkon 2,8 kWp, proto je celková cena za panely 2,8\*81 600 Kč. Pro vybrané

---

<sup>10</sup> zdroj: <http://espoko.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=2455> (citováno 5. 3. 2011)

<sup>11</sup> zdroj: <http://www.novatrix.cz/produkty/fotovoltaicke-elektrarny/rodinne-domy/zakladni-informace.htm> (citováno 5. 3. 2011)

<sup>12</sup> zdroj: <http://thermwet.cz/ceniky> (citováno 5. 3. 2011)

<sup>13</sup> zdroj: <http://www.vase-stavba.cz/p/9707/dakon-kotle-na-drevo-uhli-fb.html> (citováno 5. 3. 2011)

<sup>14</sup> zdroj: <http://www.dzd.cz/cs/cenik/#kombinovane> (citováno 5. 3. 2011)

komponenty u pasivního domu je patrná jejich finanční náročnost oproti komponentům pořizovaným do normálního domu.

#### 4.1.3 Dotace

V rámci programu Zelená úsporám je možné čerpat na výstavbu pasivního domu dotace, které mají podpořit výstavbu takovýchto domů po celé České republice. V oblasti B program Zelená úsporám podporuje výstavbu nových rodinných domů splňujících pasivní energetický standard. Podporována je i změna stavby stávajících rodinných domů do pasivního energetického standardu.

Program Zelená úsporám podporuje také zpracování projektů a výpočtů nezbytných pro realizaci opatření. O tuto podporu se žádá současně s žádostí o investiční podporu. Tato podpora je podmíněna schválením žádosti o podporu investiční akce.

Momentálně je program Zelená úsporám pozastaven od 29. října 2010 do neurčita, to znamená, že je pozastaven příjem žádostí na dotace. Je totiž potřeba doposud podané žádosti vyhodnotit a zpracovat, čímž bude zajištěno, že všechny žádosti budou řádně posouzeny a zkontrolovány. Poslední aktualita ze serveru Zelená úsporám je prozatímní pozastavení dotací úplně. 07.02.2011 - Ministerstvo životního prostředí upřesňuje informace zpravodajského portálu Aktuálně.cz, který uvádí, že program Zelená úsporám je pro letošní rok uzavřen a nebude již přijímat žádné nové žádosti.

*„Nejdřív musíme vyřídit žádosti, které již byly podány a na které jsou peníze. Neumím v tuto chvíli říct, jaká konkrétní suma to je, protože stále není několik tisíc žádostí vyhodnoceno. Teprve potom budeme vědět, kolik reálný deficit je,“* upřesňuje ministr životního prostředí Tomáš Chalupa.

Ministerstvo životního prostředí vyhodnotí zbytek podaných žádostí. Během následujících 3-4 týdnů pak bude možné určit, zda dojde ke krácení dotace a pokud ano, tak o kolik. Informace o uzavření programu jsou v současné době předčasné. (WWW.ZELENAUSPORAM.CZ)<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> zdroj: <http://www.zelenausporam.cz/clanek/193/1171/informace-mzp-k-situaci-v-programu-zelenausporam/> (citováno 5. 3. 2011)

Tabulka č. 3 – Výše dotace na pasivní dům

Podporované opatření	Výše podpory
B - RD v pasivním energetickém standardu	250 000 Kč/RD
C.1/C.2 - Zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou paliva – instalace nového zdroje tepla	95 000 Kč

(Zdroj: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/613/vyse-podpory-pro-rodinne-domy/>)

V tabulce č. 3 jsou zachyceny dotace pro vybraný pasivní dům a jeho komponenty. V případě tohoto modelového pasivního domu, který bude využívat kotel na pelety, fotovoltaické panely a rekuperátor, jsou dotace poskytovány na samotný dům v pasivním energetickém standardu ve výši 250 000 Kč na jeden rodinný dům a na zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou paliva, tedy vybraný kotel na pelety. Na fotovoltaické panely a rekuperátor dotace poskytována není.

#### 4.1.4 Náklady za vytápění a elektrickou energii

Tato kapitola vyčíslí průměrné náklady na vytápění a elektrickou energii u pasivního a normálního domu. U normálního domu jsou do nákladů na vytápění zahrnuty průměrné roční platby za dřevo, uhlí a vytápění od společnosti poskytující teplo. Pro ilustraci jsou zde uvedena i data z Českého statistického úřadu, která jsou však nepřesná pro účely kalkulace nákladů pro tuto práci.

#### Normální dům

Tabulka č. 4 – Náklady na vytápění a energii normálního domu podle ČSÚ

Náklady za vytápění a energii v domácnosti za rok	na 1 osobu (Kč)	Na 4člennou rodinu (Kč)
Elektrická a tepelná energie, plyn, paliva	1 845,-	7 380,-
Elektrická energie	5 899,-	23 596,-
Plynná paliva	4 222,-	16 888,-
Plyn ze sítě	4 175,-	16 700,-
<b>Součet</b>	<b>16 141,-</b>	<b>64 564,-</b>

(Zdroj: [http://czso.cz/csu/2010ediciplan.nsf/t/46002FCEB3/\\$File/30011012.pdf](http://czso.cz/csu/2010ediciplan.nsf/t/46002FCEB3/$File/30011012.pdf))

V tabulce č. 4 jsou zachycena data z Českého statistického úřadu. Tato data jsou součástí Statistiky rodinných účtů z tabulky 1. b – Domácnosti podle postavení osoby v čele. V původní tabulce jsou uvedena průměrná peněžní vydání na osobu za rok 2009. Tabulka udává. Jelikož data z Českého statistického úřadu jsou poněkud zkreslená faktem, že částky jsou uvedené za jednu osobu (tím se zvyšuje částka při násobení pro čtyřčlennou rodinu), bude nutné tato data považovat pouze za ilustrační a místo těchto dat uvést data zjištěná vlastním spotřebitelským průzkumem.

Tabulka č. 5 – Náklady na vytápění a energii 4členné rodiny v normálním domě

Náklady 4členné domácnosti za rok (Kč)	
Vytápění společností Neva s.r.o.	8 000,-
Uhlí	4 000,-
Dřevo	4 000,-
El. energie od společnosti Eon	25 000,-
<b>Součet</b>	<b>41 000,-</b>

(Zdroj: Autorka)

V tabulce č. 5 jsou uvedena data ze spotřebitelského průzkumu týkající se nákladů na vytápění a elektrickou energii. Konkrétně se jedná o roční náklady na uhlí, dřevo, vytápění společností, která dodává teplo do celé obce, a elektrickou energii od společnosti Eon.

### **Pasivní dům**

Díky tomu, že pasivní domy využívají k vytápění jednak jejich téměř dokonalou izolaci a k přitápění obnovitelné zdroje energie, měl by pasivní dům mít menší náklady na vytápění, než normální dům. Spotřeba pelet za sezonu je udávána 600 kg.<sup>16</sup>

Pasivní domy mající solární panely mají možnost prodeje vyrobené elektrické energie a její zpětný nákup za zvýhodněnou cenu.

---

<sup>16</sup> zdroj: <http://www.ecoflame.cz/dotace-na-kotel-usporne-pasivni-domy/> (citováno 5. 3. 2011)

Tabulka č. 6 – Náklady a úspory na vytápění v pasivním domě

	Náklad/rok
Cena za 1kg pelet <sup>17</sup>	4 Kč
Náklady na vytápění peletami	600*4=2 400 Kč
Spotřeba elektrické energie <sup>18</sup>	1 511,23 kWh
Vlastní vyrobená el. energie	2 556 kWh
Přebytek el. energie	1 044,77 kWh

(Zdroj: Autorka podle níže uvedených zdrojů)

V tabulce č. 6 jsou zachycené roční náklady na zbytkové vytápění v pasivním domě a průměrná spotřeba elektrické energie za rok. Tato průměrná spotřeba je součtem spotřeby za světlo, rekuperátor, spotřebiče v domácnosti a ztráty rozvody, přičemž největší podíl má na spotřebě elektrické energie provoz spotřebičů, naopak v ní není započítáno vytápění a ohřev teplé vody, což je zajišťováno kamny na pelety a rekuperátorem. Tento modelový pasivní dům má průměrnou spotřebu elektrické energie 1 511,23 kWh/rok, ta je však pokryta vlastní výrobou fotovoltaickým panelem. Vlastní výroba dokonce převyšuje potřebu, proto je možné přebytečnou energii odprodat dodavateli za státem garantovanou cenu.

U tohoto modelového pasivního domu je odhadované množství vyrobené elektřiny fotovoltaickým panelem 2 556 kWh/rok, což při udávané ceně odkupu 11,28 Kč/kWh je 28 831,68 Kč/rok.<sup>12</sup> Cena 11,28 Kč/kWh je státem garantovaná cena, za kterou musí dodavatel vykoupit energii z fotovoltaického systému po dobu 20 let.<sup>19</sup> Zde tento přebytek tvoří 1 044,77 kWh/rok, což je při ceně 11,28 Kč/kWh 11 785 Kč za rok. Tato cena bude započítána do celkové výhodnosti pasivního domu jako úspora, tedy bude od nákladů odečtena.

Dále je v tabulce č. 6 uvedena spotřeba pelet za sezonu, tedy za rok, a cena, za kterou se toto množství pořídí, tedy celkový roční náklad na provoz peletových kamen.

<sup>17</sup> zdroj: <http://www.prodej-pelet.cz/?page=cenik> (citováno 5. 3. 2011)

<sup>18</sup> zdroj: <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/soutez/houdova.pdf> (citováno 5. 3. 2011)

<sup>19</sup> zdroj: <http://www.pfsolar.cz/fotovoltaik.html> (citováno 5. 3. 2011)

## 5. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Z výše uvedených zdrojů a propočtů byly stanoveny ceny a výdaje v pasivním i normálním domě.

### Zhodnocení variant výběru

Pro stanovení ceny za stavbu pasivního a normálního domu byl vybrán modelový dům 10x10 metrů s patrem. Cena byla zjištěna od projektanta a zahrnuje již běžné vybavení domu, jako jsou schody, podlahy a jiné. Pro porovnání cen komponentů byly vybrány takové komponenty, které charakterizují pasivní nebo normální dům, tedy pro pasivní dům kotel na pelety, fotovoltaické panely a rekuperátor. Konkrétní ceny komponentů vycházejí z ceníků společností, které se zabývají prodejem a instalací vybraných zařízení. Kotel na pelety byl vybrán od společnosti Esel Technologies, s.r.o., která je dodavatelem automatických kotlů Ponast. Tyto kotle procházejí neustálým vývojem pro dosažení maximální ekonomiky provozu. Společnost je zaměřena na vytápění a její sortiment je velice široký. Vybrána byla pro výhody, které nabízí, mezi něž patří cenová kalkulace zdarma, široký výběr kotlů od různých výrobců i kompletní realizace a instalace prováděnou do jednoho pracovního dne. Fotovoltaické panely jsou u tohoto modelového pasivního domu instalované s výkonem 2,8 kWp, což je hodnota navržená projektantem z důvodu pokrytí spotřeby. Pro modelový pasivní dům, který má vnější výměru 10x10 metrů, je tato varianta optimální vzhledem k velikosti plochy, na kterou je možné panely instalovat. Společnost Novatrix s.r.o. byla vybrána po doporučení projektantem jako spolehlivý partner zabývající se obnovitelnými zdroji energie, energetickými audity a návrhy energetických systémů od roku 2007. Je dodavatelem technologických celků pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů, která je šetrná k životnímu prostředí. Společnost dále nabízí veškerý poradenský servis a díky dodávání všech komponentů, jako jsou měniče a podpůrné a jistící prvky, je jejich servis kompletní. U fotovoltaických panelů je zaručovaná životnost 15-20 let, což je doba, kdy je panel nejvýkonnější. Doba životnosti panelů je důležitá pro návratnost investice do systému oproti státem garantované ceně za odkup elektrické energie. Rekuperátor byl vybrán od společnosti ThermWet s.r.o., která je ryze českou společností, fungující na trhu od roku 2009. I přes krátkou dobu působnosti má firma dlouholeté zkušenosti v oboru rekuperace



vzduchu. Firma vznikla oddělením od společnosti AVP Real s.r.o., která má v tomto oboru dlouholeté zkušenosti. Firma ThermWet byla vybrána především proto, že je odborným dodavatelem Zelená úsporám. Kotel na dřevo a uhlí značky Dakon byl vybrán z on-line obchodu [www.vasestavba.cz](http://www.vasestavba.cz), který garantuje nejnižší cenu na trhu a dodává materiál po celé České republice díky tomu, že jeho sklady jsou téměř v každém větším městě. Obchodu dodávají zboží významní výrobci či distributoři, proto je možné porovnávat ceny u různých typů vybavení. Bojler od společnosti DZ Dražice byl vybrán díky kvalitám společnosti, které jsou zaručeny dlouholetou tradicí. Družstevní závody Dražice jsou největším výrobcem ohřívačů vody v České republice, o čemž svědčí i dominantní podíl na trhu, a vyváží své výrobky do téměř dvaceti zemí světa. DZ Dražice fungují na trhu již od roku 1956 a nabízí široký sortiment ohřívačů vody.

## Zhodnocení analýzy nákladů

Tabulka č. 7 – Porovnání výdajů v pasivním a normálním domě

	Pasivní dům	Normální dům
<b>Počáteční investice</b>		
Náklady na stavbu	<b>2 200 000 Kč</b>	<b>1 800 000 Kč</b>
<b>Cena komponentů</b>		
Kotel na pelety	114 000 Kč	X
Fotovoltaické panely	228 480 Kč	X
Rekuperátor	75 000 Kč	X
Kotel na dřevo a uhlí	X	32 280 Kč
Bojler	X	9 688 Kč
<b>Počáteční investice celkem</b>	<b>2 617 480 Kč</b>	<b>1 841 968 Kč</b>
<b>Dotace</b>		
Dotace na RD v pasivním energetickém standardu	250 000 Kč	X
Dotace na instalaci nového zdroje tepla - kotel na pelety	95 00 Kč	X
<b>Dotace celkem</b>	<b>345 000 Kč</b>	<b>0 Kč</b>
<b>Cena za pořízení stavby a komponentů po odečtení dotací</b>	<b>2 272 480 Kč</b>	<b>1 841 968 Kč</b>
<b>Cena za pořízení stavby a komponentů bez dotací</b>	<b>2 617 480 Kč</b>	<b>1 841 968 Kč</b>
<b>Náklady na vytápění, ohřev vody a elektrickou energii</b>		
Uhlí		4 000 Kč/rok
Dřevo		4 000 Kč/rok
Teplo od společnosti Neva s.r.o.		8 000 Kč/rok
Pelety	2 400 Kč/rok	
El. energie od společnosti Eon		25 000 Kč/rok
Odprodaná el. energie (přebytek)	-11 785 Kč/rok	
<b>Náklady celkem</b>	<b>-9 385 Kč/rok</b>	<b>41 000 Kč/rok</b>

(Zdroj: Autorka)

Tabulka č. 7 analyzuje jak počáteční výdaje a investice, tak i budoucí náklady na vytápění, ohřev vody a spotřebu elektrické energie srovnatelně v obou domech. Z této tabulky je patrné, že počáteční investice do pasivního domu je v případě, že byly využity dotace, 2 272 480 Kč, což je o 430 512 Kč více, než počáteční investice na stavbu a vybrané komponenty normálního domu. V případě, že dotace poskytnuty nebudou (kvůli

pozastavení přijímání žádostí o dotace), budou tyto počáteční investice za stavbu a komponenty pasivního domu 2 617 480 Kč, což je o 775 512 Kč více, než za normální dům.

Budoucí náklady na vytápění a elektrickou energii jsou v tabulce vyčísleny za jeden rok, tedy lze odhadnout, jaké budou tyto náklady za budoucí 4 roky. V případě pasivního domu je v tabulce uvedena hodnota ročního nákupu pelet 2 400 Kč a přebytek vyrobené energie, která bude odprodána za 11 785 Kč. Celkem tedy lze říci, že v pasivním domě se po pokrytí potřeby elektrické energie a po nákupu pelet náklady sníží na – 9 385 Kč, což znamená, že náklady budou nulové a částka 9 385 Kč bude navíc připočítávána jako forma zisku. Do budoucna to tedy znamená, že zatímco v normálním domě budeme ročně platit za vytápění a elektrickou energii 41 000 Kč, což je 164 000 Kč za 4 roky, v pasivním domě budeme každý rok v plusové hodnotě 9 385 Kč, což je 37 540 Kč.

Tabulka č. 8 – Budoucí náklady ve vztahu k počáteční investici

	Pasivní dům	Normální dům
Cena s dotacemi	<b>2 272 480 Kč</b>	<b>1 841 968 Kč</b>
Cena bez dotací	<b>2 617 480 Kč</b>	<b>1 841 968 Kč</b>
Budoucí náklady za vytápění a el. energii následující <b>4 roky</b>	-37 540 Kč	164 000 Kč
<b>Celkem s dotacemi</b>	<b>2 234 940 Kč</b>	<b>2 005 968 Kč</b>
<b>Celkem bez dotací</b>	<b>2 579 940 Kč</b>	<b>2 005 968 Kč</b>
Budoucí náklady za vytápění a el. energii následujících <b>10 let</b>	-93 850 Kč	410 000 Kč
<b>Celkem s dotacemi</b>	<b>2 178 630 Kč</b>	<b>2 251 968 Kč</b>
<b>Celkem bez dotací</b>	<b>2 523 630 Kč</b>	<b>2 251 968 Kč</b>
Budoucí náklady za vytápění a el. energii následujících <b>15 let</b>	-140 775 Kč	615 000 Kč
<b>Celkem s dotacemi</b>	<b>2 131 705 Kč</b>	<b>2 456 968 Kč</b>
<b>Celkem bez dotací</b>	<b>2 476 705 Kč</b>	<b>2 456 968 Kč</b>

(Zdroj: Autorka)

Tabulka č. 8 zobrazuje budoucí náklady, které jsou u pasivního domu v záporné hodnotě, protože je to částka, kterou dům „vydělá“ na prodeji přebytečné elektrické energie, tedy se jedná o výnos. V tabulce je ukázán přehled cen, které se zaplatí za určitý druh domu s ohledem na faktor času. Tyto ceny jsou pouze odhadem, za předpokladu neměnných cen

energie. Tabulka ukazuje ceny, které se celkem zaplatí za 4, 10 a 15 let, zohledňuje příjem u pasivního domu a variantu s poskytnutím i neposkytnutím dotací.

## 6. ZÁVĚR

Dílčí cíl č. 1 se zabýval problematikou obnovitelných zdrojů energie, jejich klasifikací a charakteristikou. V této části jsou popsány tradiční zdroje energie a vymezeny obnovitelné zdroje energie.

Dílčí cíl č. 2 charakterizuje principy zařízení, které jsou schopny obnovitelné zdroje využívat a přeměňovat je na požadovaný druh energie, např. teplo či elektrický proud.

Dílčí cíl č. 3 se zaměřuje na využití obnovitelných zdrojů v domácnostech, především v pasivních domech. Obnovitelné zdroje lze využít i v rodinných domech, které nejsou označeny jako pasivní, ale pro účely této práce takovýto případ analyzován nebyl, aby byl skutečně porovnán pasivní a normální dům.

Dílčí cíl č. 4 vymezuje technické parametry pasivního domu, které musí splnit pro to, aby mohl nést označení pasivní. Byly charakterizovány parametry, jako je orientace a tvar budovy, tepelná izolace, vzduchotěsnost obvodového pláště a rekuperace vzduchu. Tato část vyžadovala zvláštních konzultací s projektantem.

Dílčí cíl č. 5 se týká dotací, které jsou bohužel v tuto chvíli pozastaveny, respektive je pozastaveno přijímání žádostí o dotace. Možnosti těchto podpor jsou zanalyzovány v literární rešerži i v analytické části.

Dílčí cíl č. 6 je rozpracován v analytické části, kde je uvedena kalkulace nákladů a analýza úspor. Nejprve byly určeny náklady za konkrétní položky a pomocí nich byla provedena komparace nákladů pasivního a normálního domu. Tato část práce kalkuluje i s možnými úsporami, které v tomto případě vznikají odprodejem elektrické energie.

V úvodní kapitole byly zkoumány obnovitelné zdroje energie a jejich možnosti a vzhledem k charakteru práce byla tato kapitola zaměřena na využití obnovitelných zdrojů v domácnostech. Byly popsány parametry pasivního domu a principy jeho fungování.

Hlavním cílem této práce bylo porovnat finanční náklady pasivního a normálního domu. Na začátku bylo vymezeno, že součet celkových nákladů na pořízení a ročních

nákladů na provoz se bude po odečtení úspor a dotací za 10 let rovnat u pasivního domu stejným výdajům u domu normálního.

Z výše uvedených tabulek a popsaných skutečností je možné vyvodit závěr, že pasivní dům je oproti normálnímu výhodnější v případě, že na něj byly uznány dotace, ale je výhodnější až v okamžiku, kdy se cena zaplacená i s budoucími náklady dostatečně sníží příjmy z odprodané elektrické energie. Tento okamžik podle odhadů nastane po 10. roku využívání pasivního domu, jak je vidět z tabulky č. 8. Výše uvedený cíl nedokázal, že investice do pasivního domu má návratnost nižší než 10 let od uvedení do provozu. V případě, že na dům budou poskytnuty dotace, je možnost vyrovnání vyšší, protože dotace výrazně sníží pořizovací cenu. Zvláštní pozornost se musí věnovat případu, že program Zelená nebude obnoven a dotace poskytnuty nebudou. V tomto případě se pasivní dům stává finančně náročným na počáteční náklady, které nebudou kompenzovány prodejem elektrické energie dříve než za 15 let. Tyto vysoké počáteční náklady jsou zapříčiněny drahými komponenty, které byly vybrány. Nejnákladnější z komponentů je zařízení fotovoltaických panelů, avšak v případě této investice a tohoto modelového pasivního domu postačí jejich instalovaný výkon na pokrytí potřeby elektrické energie domu a navíc v dalších letech je odprodejem této energie výrazně snížen roční náklad na provoz domu. Z výše uvedených tabulek vyplývá skutečnost, že odprodej elektrické energie může být i výnosem. Fotovoltaický panel je navíc komponentem, na který dotace poskytovány nejsou, i přes to je výhodné je v tomto případě pořídit. Kotel na pelety je druhou výraznou položkou v kalkulaci nákladů. Na kotel na pelety jsou poskytovány dotace, proto je výrazný rozdíl mezi náklady bez poskytnutí dotací a s poskytnutím, konkrétně částka 95.000 Kč. I přes to, že kotel na pelety spotřebovává materiál, který se musí nakoupit podobně jako dřevo či uhlí, nejsou tyto náklady na nákup topiva zdaleka tak vysoké jako náklady na vytápění dřevem či uhlím. Práce tedy ukázala, že investice do pasivního domu je poměrně vysoká a doba její návratnosti není tak krátká, jak práce předpokládala. I přes to by v budoucnu mělo být obnovitelných zdrojů v domácnostech využíváno více než dnes, a to kvůli ekologickému aspektu. Jejich šetrnost k životnímu prostředí je nesporná a v dnešní době nezanedbatelná. V této práci však vliv na životní prostředí zohledněn není, i když by mohl vést k větší výhodnosti pasivního domu díky faktu, že jeho vliv na životní prostředí je minimální.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AUGUSTA Pavel a kol.: Velká kniha o energii, 1. vydání, Praha: nakladatelství L. A. ConsultingAgency, 2001, ISBN: 80-238-6578-1
2. BALÁK, Rudolf: Nové zdroje energie, 2. přeprac. vydání, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989
3. BÁRTA, Jan: Pasivní domy: 2007: sborník z konference Pasivní domy 10. - 11. 10. 2007 Brno, 1. vydání, Brno: Centrum pasivního domu, 2007, ISBN: 978-80-254-0126-2
4. HÁJEK, Miroslav a kol.: Obnovitelné zdroje energie pro venkov i teplárenství, 1. vydání, Praha: Parexpo, 2005, ISBN: 80-7212-345-9
5. MOTLÍK, Jan a kol.: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, 1. vydání, Praha: České energetické závody, 2007, ISBN: 978-80-239-8823-9
6. PETRÁŠ, Dušan a kol.: Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie, 1. vydání, Bratislava: Jaga group, 2008, ISBN: 978-80-8076-069-4
7. PREGIZER, Dieter: Zásady pro stavbu pasivního domu, Grada Publishing, Praha, 128 stran, 2009, ISBN: 978-80-247-2431-7
8. TYWONIAK, Jan a kol.: Nízkoenergetické domy 2, Grada Publishing, Praha, 204 stran, 2008, ISBN: 978-80-247-2061-6
9. TYWONIAK, Jan a kol.: Nízkoenergetické domy, Grada Publishing, Praha, 200 stran, 2005, ISBN: 80-247-1101-X

elektronické zdroje:

1. <http://www.alternativni-zdroje.cz/slunecni-solarni-elektrarny.htm>(citováno 10. 6. 2010)
2. <http://www.solarcenter.cz> (citováno 10. 6. 2010)
3. <http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm> (citováno 11. 6. 2010)
4. <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm> (citováno 12. 6. 2010)
5. <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy.html> (citováno 13. 6. 2010)
6. <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu/> (citováno 15. 6. 2010)
7. <http://espoko.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=2455> (citováno 5. 3. 2011)

8. <http://www.novatrix.cz/produkty/fotovoltaicke-elektrarny/rodinne-domy/zakladni-informace.htm> (citováno 5. 3. 2011)
9. <http://thermwet.cz/ceniky> (citováno 5. 3. 2011)
10. <http://www.vase-stavba.cz/p/9707/dakon-kotle-na-drevo-uhli-fb.html> (citováno 5. 3. 2011)
11. <http://www.dzd.cz/cs/cenik/#kombinovane> (citováno 5. 3. 2011)
12. <http://www.zelenausporam.cz/clanek/193/1171/informace-mzp-k-situaci-v-programu-zelena-usporam/> (citováno 5. 3. 2011)
13. <http://www.zelenausporam.cz/sekce/613/vyse-podpory-pro-rodinne-domy> (citováno 5. 3. 2011)
14. [http://czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/t/46002FCEB3/\\$File/30011012.pdf](http://czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/t/46002FCEB3/$File/30011012.pdf) (citováno 5. 3. 2011)
15. <http://www.ecoflame.cz/dotace-na-kotel-usporne-pasivni-domy/> (citováno 5. 3. 2011)
16. <http://www.pfsolar.cz/fotovoltaik.html> (citováno 5. 3. 2011)
17. <http://www.prodej-pelet.cz/?page=cenik> (citováno 5. 3. 2011)
18. <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/soutez/houdova.pdf> (citováno 5. 3. 2011)



## **8. PŘÍLOHY**

### **8.1 Seznam obrazových příloh**

Obr. č. 1 - Kaplanova turbína

Obr. č. 2 - Jednoduchý solární technický systém k ohřevu vody s přídatným ohřevem

Obr. č. 3 - Beaufortova stupnice síly větru

Obr. č. 4 - Klasifikace tepelných čerpadel

Obr. č. 5 - Princip tepelného čerpadla s elektrickým pohonem

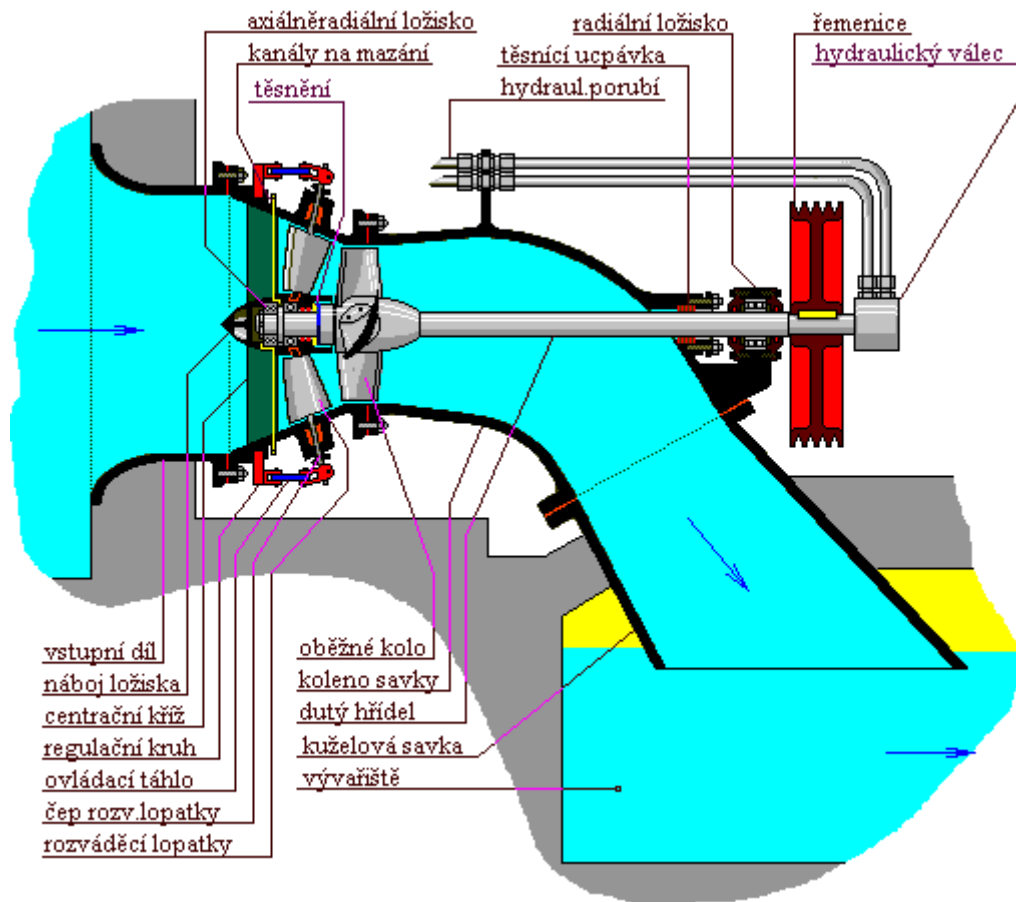
Obr. č. 6 - Ideální sklon slunce na prosklené plochy

Obr. č. 7 - Příklady skladeb obvodových stěn

Obr. č. 8 - Blower door test

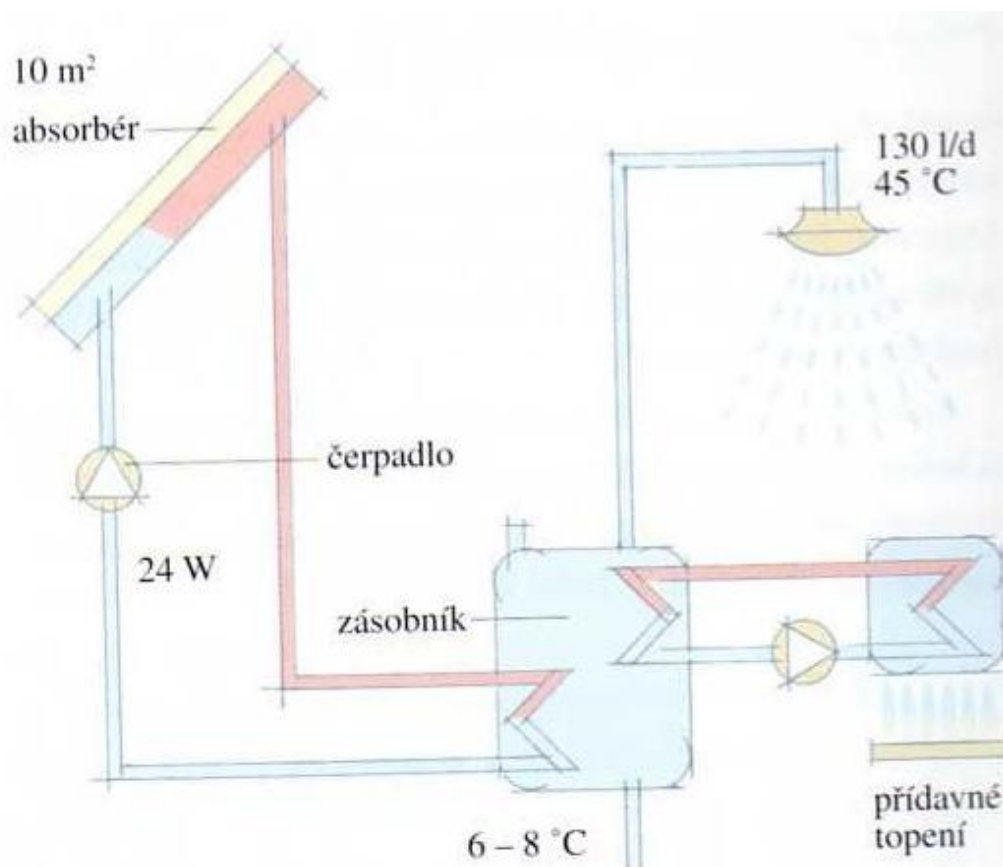
Obr. č. 9 - Schéma rekuperační jednotky se zpětným získáváním tepla

Obr. 1 – Kaplanova turbína



(Zdroj: [www.energetika.cz](http://www.energetika.cz))

**Obr. 2 – Jednoduchý solární technický systém k ohřevu vody s přídatným ohřevem**



**Zdroj:** (AUGUSTA, P., 2001)

**Obr. 3 – Beaufortova stupnice síly větru**

<i>Beaufortův stupeň</i>	<i>Označení a rozpoznávací znaky větru</i>	<i>Rychlost</i>	
		<i>(ms<sup>-1</sup>)</i>	<i>(km h<sup>-1</sup>)</i>
0	Bezvětří; kouř stoupá kolmo vzhůru	0,0 - 0,2	1
1	Vánek; směr větru je pozorovatelný podle pohybu kouře, vítr však ještě nepůsobí na větrnou korouhev	0,3 – 1,5	1 - 5
2	Slabý vítr; je cítit ve tváři, listí stromů šelestí, obyčejná korouhev se začíná pohybovat	1,6 – 3,3	6 – 11
3	Mírný vítr; listí stromů a větvičky v trvalém pohybu, vítr napíná praporky a slabě čerí hladinu stojaté vody	3,4 – 5,4	12 - 19
4	Dost čerstvý vítr; zvedá prach a útržky papíru, pohybuje slabšími větvemi stromů	5,5 – 7,9	20 - 28
5	Čerstvý vítr; listnaté keře se začínají hýbat, na stojatých vodách se tvoří menší vlnky se zpětnými hřebeny	8,0 – 10,7	29 – 38
6	Silný vítr; pohybuje tlustými větvemi, telegrafní dráty sviští, deštník působí nesnáze	10,8 – 13,8	39 – 49
7	Prudký vítr; pohybuje celými stromy, znesnadňuje chůzi	13,9 – 17,1	50 – 61
8	Bouřlivý vítr; ulamuje větve, znemožňuje chůzi proti němu	17,2 – 20,7	62 – 74
9	Vichřice; způsobuje menší škody na stavbách (strhává komíny a krytinu střech)	20,8 – 24,4	75 – 88
10	Silná vichřice; vyskytuje se na pevnině zřídka, vyvrací stromy, působí škody na obydlích	24,5 – 28,4	89 – 102
11	Mohutná vichřice; vyskytuje se velmi zřídka, působí rozsáhlé zpustošení	28,5 – 32,6	103 - 117
12	Orkán; ničivé účinky (odnáší střechy, demoluje těžké objekty)	32,7	118 a výše

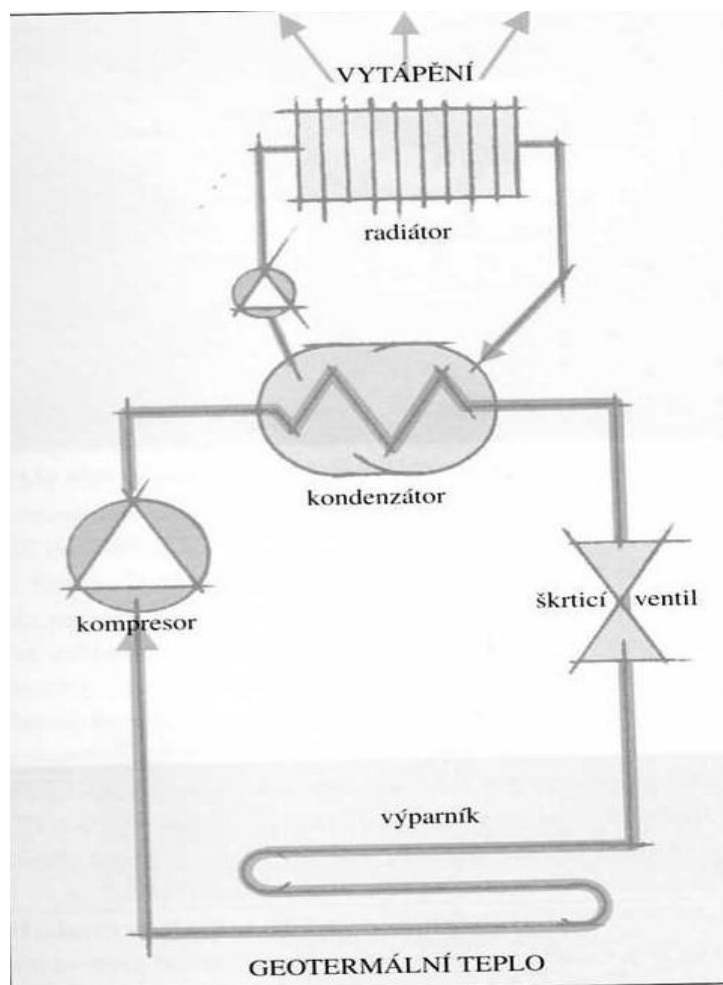
**Zdroj:** (BALÁK, R., 1989)

**Obr. 4 – Klasifikace tepelných čerpadel**

Zdroj tepla	Teplovodní médium		Označení tepelných čerpadel
	Zdrojová strana	Topná strana	
1.voda	voda	voda	voda – voda
2.voda	voda	vzduch	voda – vzduch
3.vzduch	vzduch	voda	vzduch – voda
4.vzduch	vzduch	vzduch	vzduch – vzduch
5.zemní teplo	solanka	voda	země – voda
6.zemní teplo	solanka	vzduch	země – vzduch
7.sluneční energie	solanka	voda	slunce – voda
8.sluneční energie	solanka	vzduch	slunce - vzduch

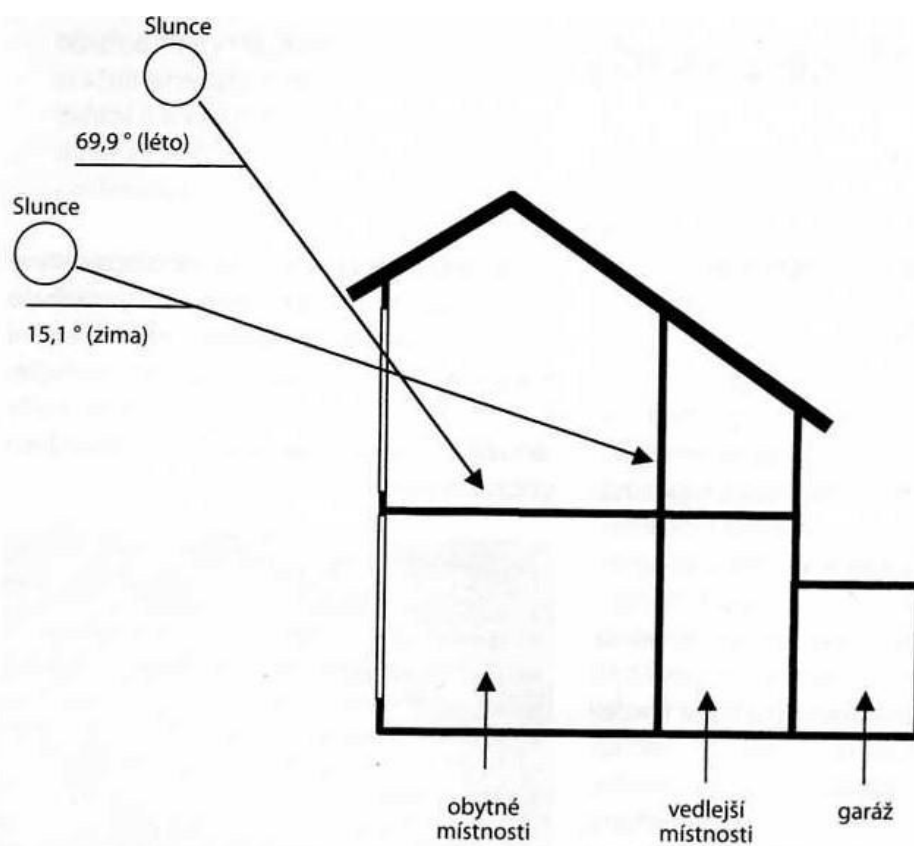
**Zdroj:** (BALÁK, R., 1989)

**Obr. 5 – Princip tepelného čerpadla s elektrickým pohonem**



**Zdroj:** (AUGUSTA, P., 2001)

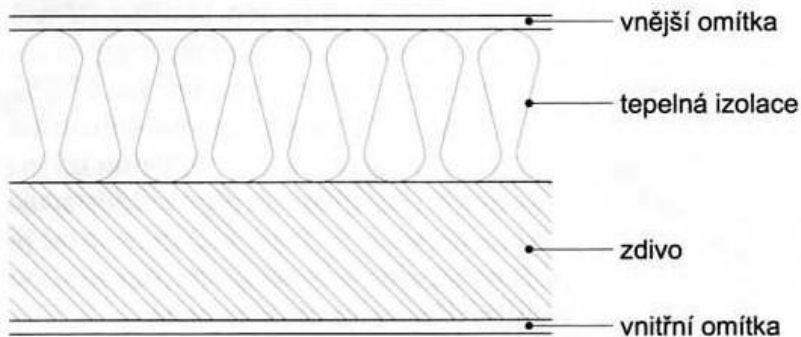
Obr. 6 – Ideální sklon slunce na prosklené plochy



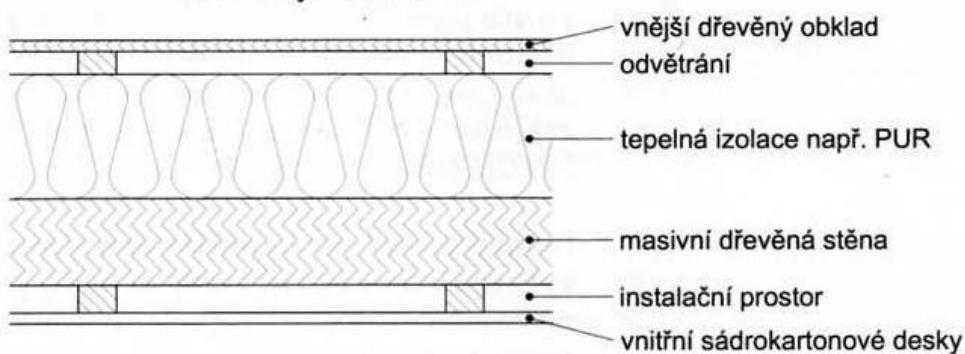
Zdroj: (PREGIZER, D., 2009)

## Obr. 7 – Příklady skladeb obvodových stěn

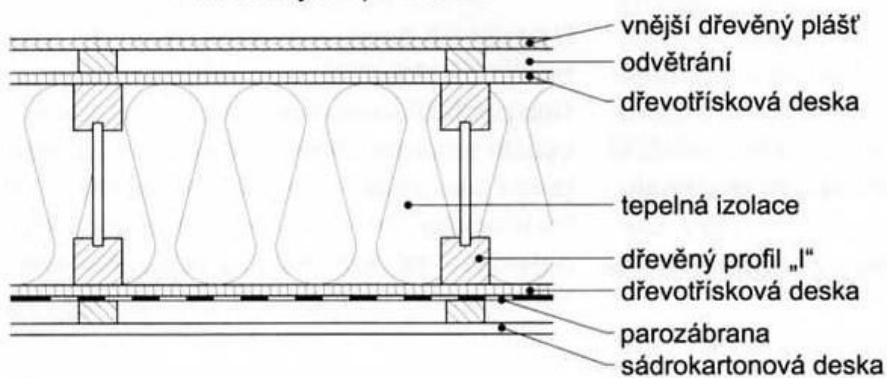
**Skladba 1:** Zdivo s vnějším kontaktním tepelně izolačním systémem (tzv. zateplovací systém)



**Skladba 2:** Masivní dřevěná obvodová stěna s vnější tepelnou izolací a dřevěným obkladem



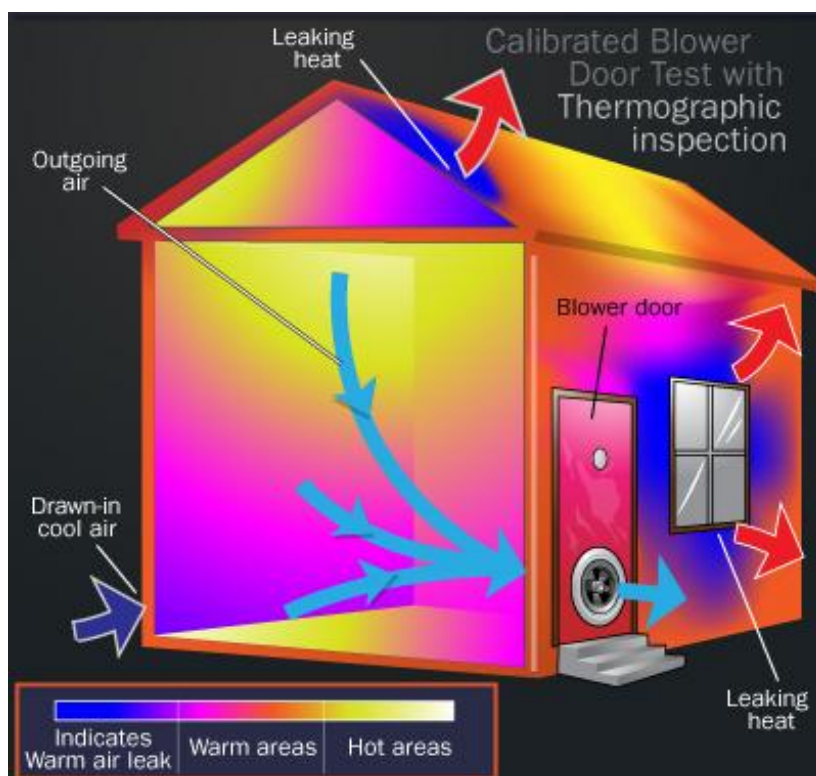
**Skladba 3:** Stěna z dřevěných I profilů s tepelnou izolací a dřevěným opláštěním



**Zdroj:** (PREGIZER, D., 2009)

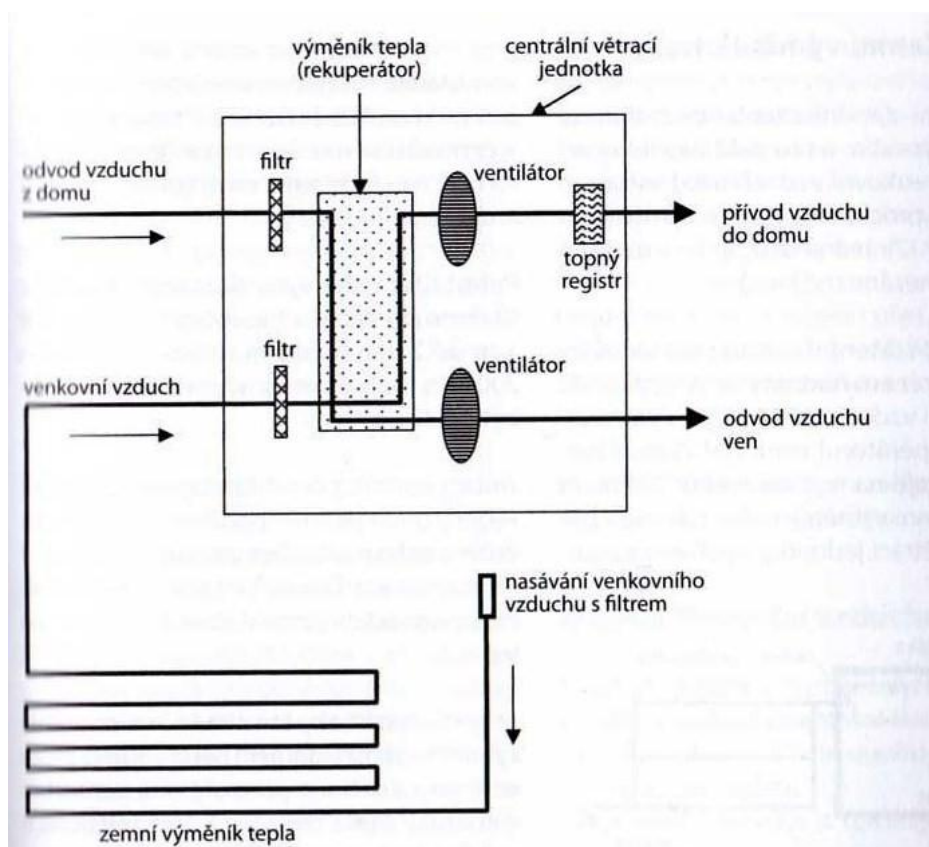


Obr. 8 – Blower door test



Zdroj: [www.vaseenergie.cz](http://www.vaseenergie.cz)

Obr. 9 – Schéma rekuperační jednotky se zpětným získáváním tepla



Zdroj: (PREGIZER, D., 2009)

## 8.2 Seznam použitých zkratk

$^{235}\text{U}$  – uran

MJ – megajoule

kW – kilowatt

obr. – obrázek

MW – megawatt

t – tuna

TWh – terawatthodina

Hz – hertz

mW – miliwatt

MWh – megawatthodina

TW – terawatt

$\text{ms}^{-1}$  – metr za sekundu

$\text{CO}_2$  – oxid uhličitý

$\text{NO}_x$  – oxidy dusíku

kWp – kilowattpeak (jednotka špičkového výkonu)

RD – rodinný dům

ČSÚ – Český statistický úřad