

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra technické a informační výchovy

Bakalářská práce

Iva Slezáková

Využití obnovitelných zdrojů energie v pasivním rodinném domě

Případová studie

Olomouc 2015

vedoucí práce: Mgr. Martin Havelka, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Využití obnovitelných zdrojů energie v pasivním rodinném domě - případová studie“ vypracovala samostatně, pod vedením Mgr. Martina Havelky, Ph.D., na základě vlastních zjištění, odborných konzultací a materiálů, které jsou uvedeny v přehledu použité literatury a dalších zdrojů.

V Tuněchodech, 21.4. 2015

.....
Iva Slezáková

PODĚKOVÁNÍ

Velice děkuji vedoucímu své závěrečné práce panu Mgr. Martinu Havelkovi, Ph.D., za odborné vedení mé bakalářské práce, ochotu, čas, konzultace a mnoho cenných rad a podnětů, které mé práci věnoval. Dále také velice děkuji manželovi za jeho velkou podporu.

OBSAH

Úvod	6
Teoretická část	8
1 Geotermální a nízkopotenciální energie	8
1.1 Zdroje tepla a jejich využití	8
1.1.1 Teplo z podloží	8
1.1.2 Teplo z půdy	9
1.1.3 Teplo z okolního vzduchu.....	9
1.1.4 Teplo z podzemní vody.....	9
1.1.5 Teplo z povrchových vod	9
1.2 Tepelné čerpadlo	10
1.2.1 Technický princip tepelného čerpadla	10
1.2.2 Základní typy tepelných čerpadel:.....	11
2 Solární energie	12
2.1 Fotovoltaické panely	12
2.1.1 Finanční modely využití energie z fotovoltaiky	13
2.2 Solární kolektory	14
2.2.1 Druhy solárních kolektorů	14
3 Pasivní zisky energie	16
3.1 Orientace domu.....	16
3.2 Stavební materiál - akumulace	17
3.3 Dispozice domu	17
4 Větrání se zpětným získáváním tepla	18
4.1 Princip rekuperace	18
4.2 Kondenzace rekuperace	19
4.3 Zamrzání rekuperace	19
5 Další možné obnovitelné zdroje energie a jejich využití.....	21
5.1 Energie vodních toků.....	21
5.1.1 Vodní elektrárna.....	22
5.2 Větrná energie.....	23
5.2.1 Větrné elektrárny	23
5.3 Biomasa	24

5.3.1 Druhy a třídění biomasy pro energetické využití	25
Aplikační část	27
6 Případová studie	28
6.1 Pasivní zisky energie	28
6.1.1 Situace domu – orientace pokojů vůči světovým stranám	29
6.1.2 Stavební materiál	30
6.1.3 Otvorové výplně	32
6.2 Větrání se zpětným získáváním tepla	34
6.2.1 Rekuperační jednotka	34
6.3 Geotermální a nízkopotenciální energie	35
6.3.1 Tepelné čerpadlo	35
6.4 Solární energie	36
6.4.1 Hybridní elektrárna	36
6.5 Celkové vyhodnocení OZE v rodinném domě	37
Závěr	39
Seznam literatury a pramenů	40
Obrázky – seznam	45
Tabulky – seznam	46

Úvod

Termín „obnovitelné zdroje energie“ je v posledních letech velice atraktivní. Zároveň je však k tématu obnovitelných zdrojů mnohdy přistupováno s jistou skepsí v obavách možných vyšších nákladů při zavádění technologií pro získávání energie z obnovitelných zdrojů, a také se lze setkat s nedůvěrou v jejich funkčnost. Přes veškeré negativní názory bychom se měli zamyslet, zdali by obnovitelné zdroje nemohly nahradit, nebo alespoň ve velké míře doplnit, stávající formy energie, tedy fosilní paliva a teplo z jádra.

Obnovitelné zdroje energie jsou velmi vydatné a do budoucna velice důležité formy energie, jelikož jsou nevyčerpatelné.

Naproti tomu fosilní paliva, především ropa, uhlí a zemní plyn, nevyčerpatelná nejsou a navíc jejich těžba, dobývání a využívání se nepříznivě projevují na životním prostředí a nevratně narušují ráz přírodní krajiny. Jak je známo z minulosti, z důvodů těžby uhlí bylo zrušeno několik vesnic a měst, která musela být přesunuta na jiná místa. Výroba energie z fosilních paliv rapidně zhoršuje životní prostředí, jelikož jejím vedlejším produktem je vylučování oxidu uhličitého (CO_2), jenž se podílí na vzniku skleníkového efektu. U ropy a plynu jsme převážnou měrou závislí na dodávkách z cizích zemí, které nemusí být vždy politicky stabilní nebo mohou využívat tyto komodity k politickým nátlakům.

Energie z jádra má vedle svých předností, jako jsou: provoz bez emisí, možnost zásobení palivem na delší čas v řádu let a nízké náklady na provoz, i svá úskalí. Jsou to: nákladná výstavba jaderných elektráren, nevyřešené dlouhodobé deponování jaderného odpadu, rizika havárií při výrobě energie z jádra a v neposlední řadě velké nároky na přenosovou soustavu a regulaci výkonu soustavy.

Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že je nutno se zamyslet nad tím, jak bychom mohli navýšit využití obnovitelných zdrojů energie.

Lidé využívají následující zdroje energie:

- **vodu** - v podobě vodních elektráren umístěných na vodních tocích a přehradách,
- **vítr** - kdy velkou měrou jsme se světově zaměřili na výstavbu větrných elektráren, které v České republice vzhledem k povětrnostním podmínkám nejsou tolik rozšířené,
- **energii ze slunce** - v podobě fotovoltaických elektráren a solárních kolektorů,
- **biomasu** - ať už je to spalováním dřeva, slámy, obilovin, olejnin či využívání různých druhů bioplynů,
- **geotermální energii** - pomocí geotermálních tepláren nebo elektráren, a také pomocí tepelných čerpadel.

Všechny tyto druhy energie lze jistou měrou využít v rodinných domech. Proto je vhodné se při plánování stavby nového rodinného domu zamyslet, zdali není rozumné, ekologické a ekonomické tyto obnovitelné zdroje při jeho výstavbě využít.

Tato práce se zaměří na jeden konkrétní dům, pasivní dům, který je ve výstavbě a má naprojektováno využití co největšího možného a vhodného množství energie z obnovitelných zdrojů.

Tento dům je umístěn v malé obci ve Východních Čechách na souřadnicích 49°59'3.745"N, 15°50'38.997"E. Dům je orientován jiho-jihovýchodním směrem a jeho okolní zástavbou jsou rodinné domy.

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit poznatkovou bázi problematiky využití obnovitelných zdrojů energie a aplikovat tyto metody na konkrétním případě rodinného bydlení.

Tento cíl bude naplněn realizací dílčích cílů:

- v teoretické části práce bude zpracován přehled využitelných typů obnovitelných zdrojů energie pro oblast rodinného bydlení a souvisejících technologických zařízení,
- v aplikační části práce bude předložena případová studie novostavy rodinného domu splňujícího standard pasivního domu využívajícího několik typů obnovitelných zdrojů energie.

Teoretická část

V teoretické části práce budou detailněji popsány ty obnovitelné zdroje, které jsou vhodné a ekonomicky dostupné pro využití v rodinných domech. Při výběru obnovitelných zdrojů u rodinných domů je nutné se zaměřit na hledisko jak energetické, tak ekonomické.

Dále budou v samostatné kapitole popsány ostatní obnovitelné zdroje energie, jež je vhodné použít v jiných lokalitách a na větší instalaci než je rodinný dům.

1 Geotermální a nízkopotenciální energie

Geotermální energie je nejstarší energií na naší planetě. Získává se ze zemského jádra radioaktivním rozpadem uvnitř Země. Ne v každé zemi na světě je dostatek geotermální energie, jelikož jejím největším zdrojem jsou erupce gejzírů a sopek, parní výrony a horké prameny. Tyto projevy energie se využívají ve formě tepelné energie pro vytápění, či výrobu elektrické energie (3). I když řadíme tyto zdroje geotermální energie k obnovitelným, některé z nich jsou v horizontu desítek let vyčerpatelné. Hlavní výhodou využívání geotermální energie je malý vliv na životní prostředí, jelikož po sobě nezanechává žádnou ekologickou stopu (37).

V naší republice lze tuto energii, až na výjimky, využít pouze pomocí tepelných čerpadel. Principem tepelných čerpadel je odnímání tepla z okolního prostředí a jeho přetváření na vyšší teplotní hladinu a následné předávání pro potřeby vytápění domů nebo pro přípravu teplé vody (5).

1.1 Zdroje tepla a jejich využití

1.1.1 Teplo z podloží

Pro získání tepla z podloží se často využívají hlubinné vrty. Systém hlubinných vrtů spočívá v ochlazení podloží v okolí vrtu, k čemuž slouží tepelný výměník z polyetylenového (dále jen PE) potrubí naplněného nemrznoucí směsí. Tento systém je nejrozšířenější a nazývá se **země – voda** (7). Hlavní výhodou je vynikající průměrný roční topný faktor, avšak za cenu vyšších pořizovacích nákladů. Vrty jsou zpravidla hluboké od 50 m do 150 m s minimální roztečí 10 m, aby nebyly vzájemně ovlivňovány. Vrty jsou umísťovány v těsné blízkosti

domů, někdy též pod nimi. Před zahájením realizace vrtu je vždy vhodná konzultace s geology (5).

1.1.2 Teplo z půdy

Pro využití tepla z půdy se používají půdní kolektory. Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z PE potrubí naplněného nemrznoucí směsí, které je „hadovitě“ uloženo do výkopu v zemi. Tento systém je také velice rozšířený už jen proto, že má nižší pořizovací náklady než hlubinný vrt. Je však nutné počítat s o trochu horším průměrným ročním topným faktorem. Půdní kolektory jsou umísťovány vedle staveb v dostatečné vzdálenosti od základů, aby nehrozilo jejich promrznutí. Jsou ukládány pod nezámrznou hloubku – 1,2 m až 2 m pod zemí. Minimální možná rozteč potrubí je 0,6 m, avšak doporučená rozteč je 1 m. Při zvolení plošného půdního kolektoru je nutno zvážit nižší využitelnost pozemku. Na místě uložení kolektoru nelze stavět ani vyhloubit bazén či zasadit strom (5).

Délka potrubí musí být dimenzována s ohledem na tepelnou ztrátu objektu, tedy výkon tepelného čerpadla a složení podloží.

1.1.3 Teplo z okolního vzduchu

Zdrojem tepla je také okolní vzduch. Výhodami využití tohoto zdroje energie jsou nízké pořizovací náklady, snadná instalace a poměrně dobrý průměrný roční topný faktor v oblastech s menším počtem mrazivých dnů. Při větších mrazech již není možné efektivně využívat tento zdroj a je třeba použití jiného zdroje pro dohřev (40).

1.1.4 Teplo z podzemní vody

Teplo může být získáváno i ze spodní vody, která je odebírána ze zdrojové studny a po ochlazení se vypouští do druhé studny, tzv. vsakovací. Výhodou tohoto systému je nejvyšší průměrný roční topný faktor při nejnižších nákladech, což zajišťuje relativně vysoká teplota spodní vody, která je v hloubkách větších než 10 m stálá během celého roku a pohybuje se v rozmezí 8 °C až 10 °C. Nevýhoda je, že na pozemku musí být dostatečně vydatná zdrojová studna s vodou, která nesmí být mineralizovaná (41).

1.1.5 Teplo z povrchových vod

Voda z toku nebo v rybníku se může ochlazovat tepelným výměníkem, který je umístěn buď

přímo ve vodě, nebo je zapaštěn do břehu vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. Možnost je také vodu přivádět potrubím k tepelnému čerpadlu a ochlazenou vodu vypouštět zpět. Toto řešení s sebou ale nese poplatky správci toku za odběr vody. Zásadní nevýhodou je však to, že je povrchová voda znečštěná a mineralizovaná, což zapříčiňuje zanášení výměníku a potrubí. Dalším problémem je příliš nízká teplota povrchové vody v zimních měsících, když ji nelze dále ochladit, jelikož by to vedlo k zamrznutí, a přímý odběr tedy není možný. Využívání tepla z povrchové vody je natolik specifické, že k tomu dochází jen velmi zřídka (34).

1.2 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odnímá nízkopotenciální teplo z okolního prostředí vytápěného objektu a převádí ho na vyšší teplotní hladinu a dále pak toto teplo využívá pro vytápění a ohřev vody nebo vzduchu. Zdroj energie se bere ze země, vzduchu nebo vody. Proto je tepelné čerpadlo bráno jako jeden z alternativních zdrojů obnovitelné energie (34).

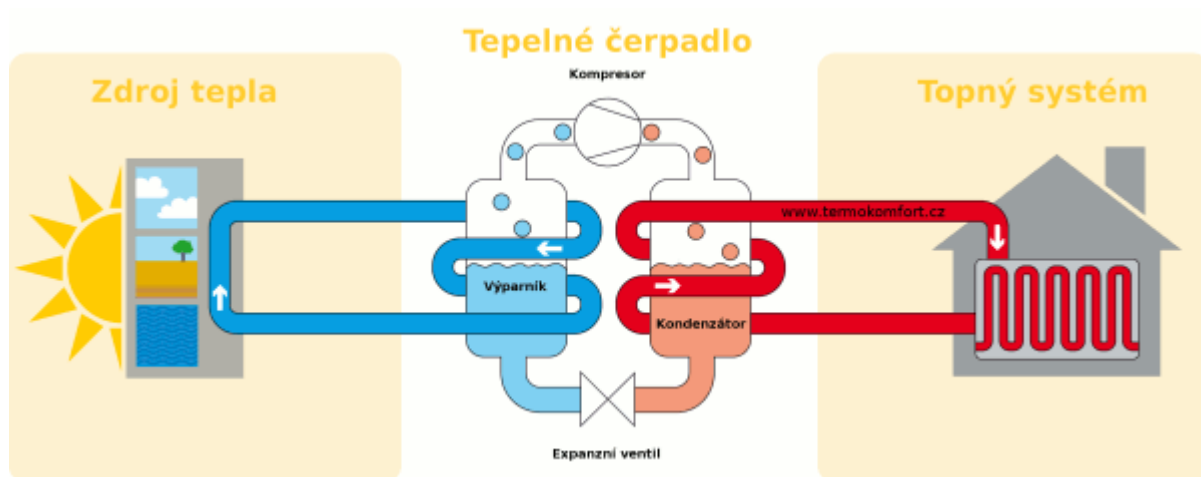
Tepelné čerpadlo se v převážné většině skládá ze dvou částí. Jedna část je venkovní a druhá vnitřní jednotka, která je vzhledově podobná plynovému nebo elektrickému kotli. Avšak pro její umístění v objektu není třeba splnit žádné zvláštní podmínky. Venkovní jednotka zajišťuje odběr tepla ze zvoleného zdroje – země, vzduch, voda. Od zdroje tepla se odvíjí vzhled a stavba venkovní jednotky tepelného čerpadla (21).

1.2.1 Technický princip tepelného čerpadla

Společnost Straub (42) uvádí přehled čtyř základních částí chladicího okruhu tepelného čerpadla, viz obrázek 1:

- výparník,
- kompresor,
- kondenzátor,
- expanzní ventil.

Při relativně nízké teplotě se odebrané teplo z venkovního prostředí ve výparníku předává pracovní látce – kapalnému chladivu. Zahřátím tohoto chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody za vyšší teploty, než za jaké bylo teplo ve výměníku odebráno. V expanzním ventilu se tento cyklus uzavírá a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku (16).



Obrázek 1: Princip tepelného čerpadla (42)

1.2.2 Základní typy tepelných čerpadel:

Volba typu tepelného čerpadla závisí na řadě faktorů: pořizovací cena, typ podloží, velikost pozemku, výkon. V případové studii (kapitola 6.3.1) se blíže věnujeme tepelnému čerpadlu země – voda s plošným kolektorem.

Quaschning (31) uvádí rozdělení tepelných čerpadel:

dle **media**, ze kterého získávají teplo na:

- tepelná čerpadla země – voda (tato čerpadla mohou energii čerpat různými způsoby: z hlubinného vrtu, z plošného kolektoru, z vodní plochy),
- tepelná čerpadla vzduch – voda,
- tepelná čerpadla vzduch – vzduch,
- tepelná čerpadla voda – voda (tato čerpadla mohou energii čerpat dvěma způsoby: ze studny, z povrchové vody),

dle požadované **provozní teploty** na:

- nízkoteplotní,
- vysokoteplotní.

2 Solární energie

Výroba energie pomocí solárního záření je velice výhodná. V mnoha zemích je dostatek slunečního svitu, což zajistí pokrytí velkého množství spotřeby energie po celý rok. V případě České republiky tomu takto není, i přes to se využití solární energie považuje za velice vhodný zdroj. Na území České republiky dopadá ročně od 945 kWh / m² do 1 139 kWh / m² slunečního osvitu (31).

Ovšem tato energie není rovnoměrně rozprostřena po dobu celého roku. Nejvíce slunečního svitu dopadá na naše území v jarních a letních měsících.

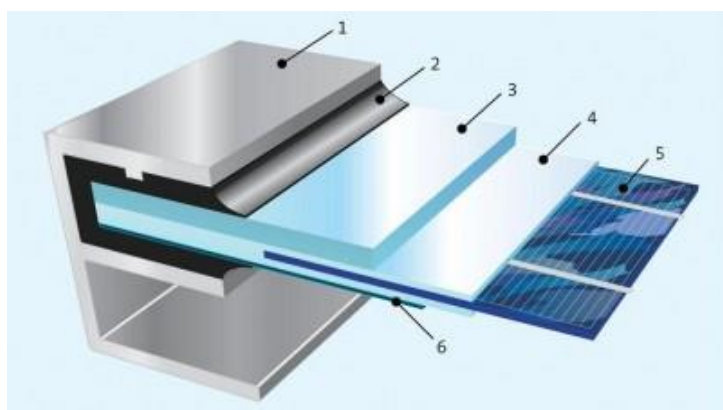
Tuto energii využíváme pro výrobu elektřiny pomocí fotovoltaických panelů a pro ohřev teplé vody používáme solární kolektory.

2.1 Fotovoltaické panely

Fotovoltaický panel se skládá z fotovoltaických článků. Dle způsobu zpracování křemíku se vyrábí různé druhy článků: monokrystalické, polykrystalické a amorfní.

Fotovoltaický článek je v podstatě polovodičová dioda. Základem článku je tenká křemíková destička s vodivostí typu P. Na té je vytvořena tenká vrstva polovodiče typu N, mezi nimi je přechod P-N. Fotony ze slunečního záření svým dopadem uvolňují z krystalické mřížky polovodiče volné elektrony a zůstávají po nich volné díry. Energie dopadajícího světla se mění na elektrickou energii (31).

Tímto způsobem vzniká stejnosměrný elektrický proud, který buď přeměníme na střídavý a připojíme do rozvodné sítě, nebo ho můžeme využít k nabití akumulátorů, případně můžeme přes topnou spirálu ohřívat vodu.



1. Hliníkový rám
2. Těsnění
3. Tvrzené sklo
4. Folie EVA
5. Článek z křemíku
6. Vodotěsná fólie z umělé hmoty

Obrázek 2: Fotovoltaický panel (27)

2.1.1 Finanční modely využití energie z fotovoltaiky

Výkup elektrické energie za dotované garantované ceny

V České republice byla do roku 2013 garantována výkupní cena za vyrobenou elektřinu z fotovoltaických elektráren, která zajišťovala návratnost pořízení soustavy a zajistila ziskovost (26).

Takto funguje naprostá většina fotovoltaických elektráren v naší republice.

Net metering

V některých státech, především v USA, používají fotovoltaické elektrárny systémem „Net metering“. Výroba elektřiny ve fotovoltaických elektrárnách je stejná jako u našich, tedy jsou napojeny na rozvodnou síť a mohou fotovoltaicky vyrobenou elektřinu do sítě dodávat, ale také ze sítě elektřinu čerpat. Hlavním principem net meteringu je účtování za vyrobenou a odebranou elektřinu. Kolik kWh elektřiny majitel fotovoltaické elektrárny vyrobí a dodá do sítě, tolik kWh elektřiny si později může ze sítě odebrat. Výhoda je tedy v tom, že vyrábí elektřinu v době, kdy celkový počet vyrobených kWh není schopen využít, například v době letních měsíců a dnů, kdy není třeba topit, a později tuto „svou“ vyrobenou elektřinu odebírá a využívá ze sítě v měsících zimních, kdy se nedostává tolik slunečního svitu, a tedy není možné fotovoltaicky vyrobit dostatečné množství elektřiny na pokrytí vlastní spotřeby (18).

Akumulace

Dalším možným využitím fotovoltaické energie je její akumulace.

Protože cena fotovoltaických panelů již klesla a elektřina z nich vyrobená je levná, nabízí se řešení v podobě akumulátorů, které jsou schopny vyrobenou elektřinu uložit v době výroby a později dodat ke spotřebě. Toto je princip **ostrovních, respektive autonomních systémů**.

Pokud je možné připojení fotovoltaické elektrárny k rozvodné síti, nabízí se hned několik využití pro takto vyrobenou elektřinu. Vyrobená elektřina se může okamžitě spotřebovat, dále se může uložit do akumulátorů pro pozdější použití, a pokud jsou již akumulátory dostatečně doplněny a nedochází k žádné další spotřebě, je možné vyrobenou elektřinu odprodat do rozvodné sítě. Naproti tomu se nabízí možnost využití elektřiny z rozvodné sítě, pokud jsou nároky na spotřebu vyšší, než je možnost odběru z vlastního zdroje. Tento systém se nazývá **hybridní elektrárna** (45). Dále je možné fotovoltaicky vyrobenou elektřinu odprodat do rozvodné sítě. U staveb postavených po roce 2013 ale již

za tržní ceny, nikoliv za dotované, jak tomu je u elektřiny vyrobené pomocí fotovoltaických elektráren vystavěných do konce roku 2013.

Hybridní elektrárna je nyní v České republice jediný přijatelný model využití fotovoltaické elektrárny pro rodinné domy, tedy pokud jsou v dostupnosti rozvodné sítě. Pokud rozvodná síť není dostupná, využije se model ostrovního systému.

2.2 Solární kolektory

Solární tepelný kolektor je zařízení vyvinuté pro pohlcení slunečního záření. Toto záření je následně přeměněno na tepelnou energii, která je předána teplonosné látce protékající kolektorem. Základním prvkem kolektoru je absorpční plocha, která se při pohlcování slunečního záření ohřívá (23).

Nejjednodušší solární kolektor je černá hadice napuštěná vodou, která se v letních horkých měsících zahřívá a může být dále využívána. Tento systém využívá mnoho domácností v místech, jako je například Florida, kde mají pro tento ohřev vody vhodné podmínky téměř po všechna roční období. Avšak v oblastech, jako je Česká republika, je nutné tento systém ohřevu vody přenést do technicky poněkud náročnějších kolektorů.

V klimatických podmínkách střední Evropy se solární systémy pro ohřev teplé užitkové vody projektují převážně s předpokladem, že sluneční energie pokryje 50 % - 60 % roční spotřeby teplé užitkové vody. V letních měsících solární systémy pokryjí téměř celou potřebu teplé užitkové vody, avšak v měsících zimních se do ohřevu musí zapojit stávající topné systémy a pokrýt zbytek ohřevu (32).

2.2.1 Druhy solárních kolektorů

Ploché kolektory

Ploché kolektory mají podstatně nižší tepelné ztráty díky skleněné přední desce. To ale zapříčiňuje odraz části slunečního světla, což je nevýhoda. Při nízkých venkovních teplotách je účinnost plochých kolektorů malá, ale při vyšších teplotách se jejich účinnost výrazně zvyšuje (36).

Vzduchové kolektory

Vzduchový kolektor je jedno ze solárních zařízení, které slouží k přitápění a temperování objektů, jejich odvlhčování. Má schopnost udržovat příjemné klima a v neposlední řadě

okysličuje vzduch uvnitř budovy. Jedná se tedy o solární panel, který slouží k přímému ohřevu vzduchu. Jakmile se vzduch zahřeje nad 30 °C, automaticky se uvede do provozu ventilátor, který nasaje chladný venkovní vzduch a vžene do místnosti vzduch ohřátý. Vzduchové kolektory jsou zajímavou alternativou pro podporu vytápění (36).

Vakuové trubicové kolektory

Trubicové vakuové sluneční kolektory se využívají zejména pro solární systémy sloužící pro vytápění a přípravu teplé vody. Absorpční vrstva kolektoru je chráněna vakuem, což zajišťuje velmi malou tepelnou ztrátu a tím se tedy nesnižuje účinnost kolektorů při nízkých venkovních teplotách a snížené intenzitě slunečního záření jako se tomu stává u kolektorů plochých.

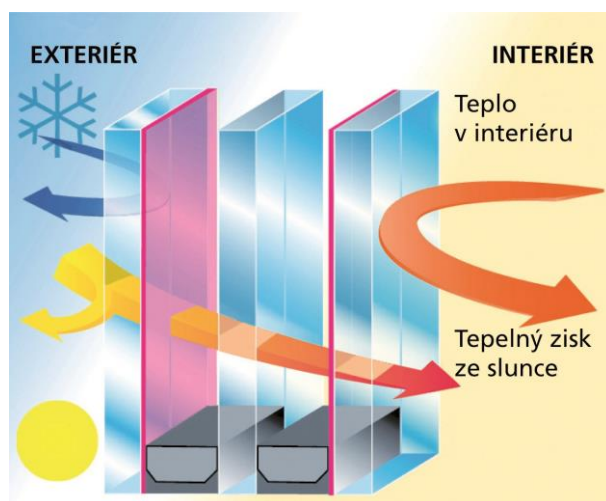
Výhodou vakuových trubicových kolektorů je výrazně vyšší energetický výnos, především v chladnějších ročních obdobích. Dále tyto kolektory vyžadují menší plochu ve srovnání s plochými kolektory. Nevýhodou jsou podstatně vyšší pořizovací náklady (33).

3 Pasivní zisky energie

Rozhodnout se postavit energeticky úsporný dům již není pouze módní záležitostí, jak se stále mnoho lidí domnívá, ale tento trend se stal součástí rozumného rozhodnutí investorů staveb rodinných domů.

Pokud se rozhodneme postavit dům co nejméně energeticky náročný, měli bychom se v první řadě zaměřit na využitím toho, co se nám přirozeně nabízí, a to je slunce. Sluneční záření vyhřeje dům bez použití jakýchkoliv nákladných technických zařízení, a to zadarmo. Avšak má to svá pravidla, která je potřeba zohlednit již při projektování stavby (29).

Obrázek 3 znázorňuje průchod slunečního záření přes výplň okna, které se v interiéru přemění na teplo, jež v interiéru zůstává. Toto je klasický příklad pasivního solárního zisku energie.



Obrázek 3: Pasivní solární zisky energie (43)

3.1 Orientace domu

Pro využití pasivního slunečního záření je zapotřebí vhodná orientace domu ke světovým stranám a dostatečně velká, kvalitní a vhodně orientovaná okna. Při výběru vhodných výplní okenních otvorů je třeba se důkladně zaměřit na prostupnost slunečního svitu a míru tepelných ztrát zasklením a konstrukcí rámu (17).

Umístíme-li velké okno na jižní stěnu domu, přinese vysoké tepelné zisky ze slunečního záření, což znamená nižší náklady na vytápění v zimních měsících. Velké zasklení jižní strany domu má však i svá rizika, jedním z nich je například nežádoucí přehřívání interiéru v měsících letních (39). Toto úskalí lze řešit zastíněním, pro které lze použít předokenní

rolety, žaluzie, markýzy a další vhodná stínidla. Ta mohou být i elektronicky dálkově ovládána, což umožní automatické optimální nastavení funkčnosti dle ročního období či denní doby. Řídicí systém koordinuje pohyb stínících prvků vzhledem k orientaci slunce vůči Zemi.

3.2 Stavební materiál - akumulace

Další způsob, jímž lze využít solární zisky, je schopnost budovy tuto energii naakumulovat a později využít.

Pro tuto možnost je zapotřebí použít masivní stavební materiály s větší akumulací schopností. Dům vystavěný z těchto masivních akumulčních materiálů poskytuje větší tepelnou stabilitu především v letním období.

Pro akumulaci energie jsou potřeba materiály, které mají vyšší tepelnou kapacitu, velkou objemovou hmotnost a dobrou tepelnou vodivost. U masivních domů tuto schopnost zajišťuje zdivo, případně i betonové stropy a podlahy.

Tabulka 1: Porovnání materiálů s ohledem na akumulaci (46)

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K]	Měrná tepelná kapacita c [J/kg.K]	Hustota ρ [kg/m ³]
vápenopískový blok	0,38	1 000	1 270
železobeton	1,58	1 020	2 400
pálená cihla	0,5	920	1 200
cihlový dutinový blok	0,23	960	800
pórobeton	0,15	1 000	650

3.3 Dispozice domu

Dále je vhodné již při projektování domu promyslet umístění jednotlivých pokojů. Je zapotřebí přihlédnout k měnící se poloze slunce dle denní doby. Ložnice je tedy vhodné orientovat na východní stranu, kde je sluneční svit v dopoledních hodinách, dětské pokoje je vhodné orientovat na stranu západní, kam sluneční svit dopadá v odpoledních a večerních hodinách, neboť právě v tuto dobu děti v těchto místnostech tráví nejvíce času. Na jižní stranu domu je vhodné umístit hlavní obytné prostory a na stranu severní technické zázemí, jako jsou kuchyně, koupelny, sklad a technická místnost.

4 Větrání se zpětným získáváním tepla

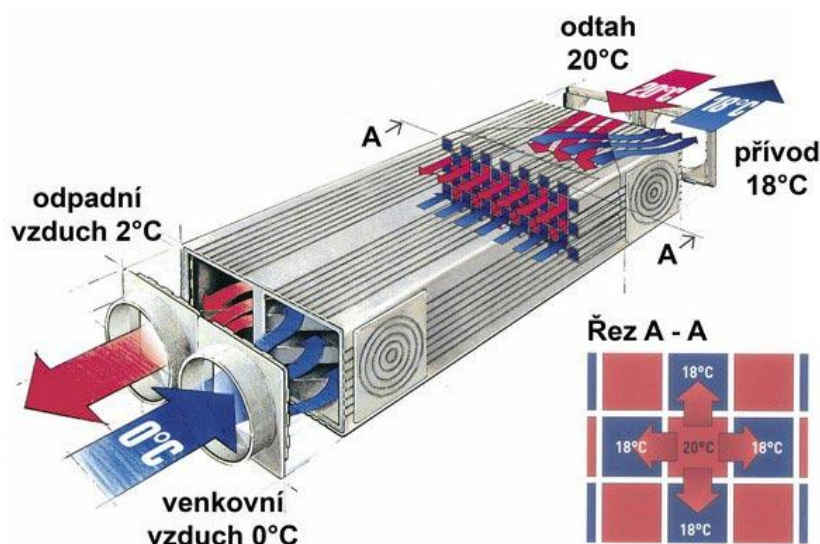
Každou budovu je nutné z hygienických důvodů větrat. To ale přináší velké tepelné ztráty (samozřejmě hlavně v zimním období). Tradičním doplňkem nových oken je takzvaná mikroventilace, která zaručuje určitý stupeň větrání. Není zde však zaručeno vždy stejné množství vyměněného vzduchu, velmi záleží na povětrnostních podmínkách (35). Budoucnost se tedy kloní k více sofistikovanému řešení, a to k nucenému větrání se zpětným získáváním tepla, tedy **rekuperací**. Toto řešení větrání domu přináší mnoho výhod. Především zaručenou trvalou hygienickou výměnu vzduchu ze všech místností v domě, úsporu až 90 % nákladů na větrání, výrazné omezení možnosti vzniku plísní a v neposlední řadě nabízí využití filtrů pro filtraci venkovního vzduchu od pylů a splodin, což omezuje vznik alergických a respiračních onemocnění uživatelů domu (4).

Aby rekuperační jednotka byla účinná, je třeba již při výstavbě budovy dbát na vzduchotěsnost obálky. Vzduchotěsnost budovy je třeba prověřit blower-door testem. Dosažení hodnoty výměny vzduchu do 0,60 objemu budovy za hodinu při tlakovém rozdílu 50 Pa je podmínkou pro získání dotace z programu „Nová zelená úsporám“ (28).

Používání systému rekuperace vytváří z domu samostatnou jednotku, která čistý vzduch rozvádí do všech částí objektu, odsává nečistoty, páru a zplodiny a zajišťuje celkovou rovnováhu a příjemné klima.

4.1 Princip rekuperace

Systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla přivádí venkovní čerstvý vzduch procházející přes rekuperační výměník umístěný uvnitř vzduchotechnické jednotky, do něhož z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch z objektu. Oba proudy vzduchu jsou od sebe zcela odděleny soustavou kanálů, aby nemohlo dojít ke zpětnému průniku pachů z odváděného vzduchu do přívodního. Teplo z odpadního vzduchu přes stěny kanálů přechází do vzduchu přívodního, který se tak předehřívá, což znázorňuje obrázek 4. Rekuperační výměníky dosahují vysokých účinností předávání tepla, až kolem 90 % (10).



Obrázek 4: Princip řízeného větrání se zpětným získáváním tepla (1)

4.2 Kondenzace rekuperace

Při ochlazení vzduchu uvnitř deskového rekuperačního výměníku pod teplotu rosného bodu, na mezi nasycení par, dochází ke kondenzaci par z odváděného vlhkého odpadního vzduchu. Na stěnách jednotlivých desek se tvoří kondenzát a samotíží odtéká. Pozitivní důsledek kondenzace je až 15% zvýšení účinnosti rekuperace vlivem zvýšení tepelného toku při uvolnění skupenského tepla vodní páry.

4.3 Zamrzání rekuperace

Při teplotách pod bodem mrazu hrozí riziko zamrzání výměníku. Riziko narůstá s klesající teplotou. Problém je způsoben ochlazováním teplého vlhkého vzduchu z interiéru, který kondenzuje a při vysokém mrazu i zamrzá (44).

Existuje několik možných opatření, jež mají svá negativa a pozitiva. Jedno z nich je automatické nastavení vypnutí zařízení při zamrznutí a vyčkání na roztání – toto je jednoduché řešení, ale funkce zařízení je nedostupná po dobu rozmrazování. Další opatření je předehřívání přiváděného vzduchu teplou vodou nebo elektřinou – funkce předehřívání vyžaduje spotřebu další energie, avšak toto opatření dovolí trvalý provoz i při vysokých mrazech. Dále je možné pro předehřev využít zemní výměník, který je umístěn v zemi

v nezámrazné hloubce (teplota půdy ve 2 m je celoročně téměř konstantní, asi 10 °C). Nevýhodou tohoto opatření jsou vysoké pořizovací náklady na vybudování zemního výměníku, a také nároky na čištění a údržbu výměníku, kterému hrozí plísně (47). Tímto posledním řešením získáme zdroj předehřátého vzduchu v zimě a nachlazeného vzduchu v létě.

5 Další možné obnovitelné zdroje energie a jejich využití

5.1 Energie vodních toků

Energie z vody historicky patří mezi nejdéle využívané formy energie nacházející se v přírodě. Nemalou mírou přispěla k vývoji civilizace. Vodu můžeme považovat za obnovitelný zdroj energie, a to relativně dostupný a čistý. V přírodě je voda nositelem energie chemické, tepelné a mechanické. Mechanická energie vod v přírodě představuje: mechanickou energii vodních srážek, ledovců, vodních toků a moří, jejím vnějším projevem jsou vlny, proudy a příliv a odliv. Z hlediska technického využití má energie vodních toků největší význam. V současnosti se energie vodních toků využívá velice efektivně ve vodních elektrárnách. Využití mechanické energie moří je zatím ve stádiu experimentů, ale lidstvo si od této energie vody slibuje vysoké výkony (7).

Téměř všechny země světa využívají vodní toky jako zdroj energie. Povětšinou je energie z vodních toků považována za doplňkovou, avšak velmi cennou energii. V minulosti se vodní energie využívala k mechanickým pohonům, avšak již několik desítek let se využívá k výrobě elektrické energie a to hlavně ve velkých hydroenergetických dílech. Na mnoha řekách byly vybudovány takzvané kaskády představující několik vodních přehrad na jednom vodním toku za sebou. Tyto kaskádovitě vybudované vodní přehrady jsou efektivně využívány pro výrobu levné, ekologicky čisté, špičkové elektrické energie. Vodní přehrady akumulují vodu pro provoz turbín a dále se jejich akumulární schopnost využívá pro ochranu před povodněmi a pro regulaci průtoku v řečišti pod přehradou.

Četně se také využívá nízkopotenciální vodní energie v malých vodních elektrárnách. V České republice se za malou vodní elektrárnu považuje elektrárna s instalovaným výkonem do 10 MW (7). Využití nízkopotenciálních zdrojů vodní energie má stále větší význam pro mnoho svých výhod. Malé vodní elektrárny jsou v porovnání s jinými běžně využívanými způsoby výroby elektrické energie nejméně nebezpečným typem elektrárny z hlediska působení na životní prostředí a citlivou přírodní rovnováhu. Za normálních podmínek mají k dispozici prakticky nevyčerpatelý a trvalý zdroj vstupní energie, mají relativně malou poruchovost, malé provozní náklady a vysoký počet provozních hodin v roce. Za určitých podmínek může být provoz malé vodní elektrárny bezobslužný a z hlediska znečištění vodních zdrojů prakticky nezávadný.

5.1.1 Vodní elektrárna

Hydroelektrárny jsou řešeny několika způsoby v závislosti na spádu a průtoku vody. Téměř všechny využívají přírodních výškových rozdílů pomocí různých technických prostředků.

Ve zdroji (31) Quaschning uvádí základní typy vodních elektráren, které jsou:

- průtočné elektrárny,
- akumulační elektrárny,
- přečerpávací elektrárny,
- přílivové elektrárny,
- vlnové elektrárny,
- elektrárny poháněné mořskými proudy.

Pro funkci vodního díla slouží vodní kola a turbíny.

Vodní kola

Vodní kola jsou používána pro nízké spády. Mají tedy nižší účinnost než turbíny, ale je možné je použít i pro zcela malé spády. Vodní kola jsou **lopatková** anebo **korečková**. Lopatková vodní kola využívají převážně kinetickou energii vody, a jsou tedy stavěna na takzvanou spodní vodu, zatímco korečková vodní kola využívají převážně potenciální energii a jsou tedy stavěna na takzvanou vodu střední a horní.

Vodní turbíny

Vodní turbíny je díky jejich konstrukci a provozu možné použít pro spády převyšující alespoň 1 m. Vodní turbína se skládá ze tří základních částí: oběžné kolo, zařízení pro přívod vody k oběžnému kolu a zařízení pro odvod vody od běžného kola (7).

Existuje mnoho turbín používaných v rozličných variantách konstrukčního řešení a projekčního uspořádání. Podle způsobu přenosu energie se turbíny dělí na: přetlakové, rovnotlaké a rovnotlakou turbínu se zavzdušňovacími otvory. Dle směru průtoku oběžným kolem se turbíny dělí na: centrifugální, centripetální, axiální, radiálně axiální, diagonální tangenciální, turbínu s širokým průtokem a turbínu s dvojnásobným průtokem.

Je mnoho typů vodních turbín. Mezi moderní turbíny patří: Francisova, Kaplanova, Bánkiho, Peltonova a Dériazova. Jako příklad netradičních a méně rozšířených turbín lze uvést například Zeusovu, Davisovu či Teslovu turbínu. Tyto netradiční typy turbín nacházejí uplatnění tam, kde použití základních typů turbín není z různých důvodů optimální (7).

Výroba elektrické energie pomocí vodní elektrárny je stále, a do budoucna jistě bude, velice výhodná díky využití obnovitelného, téměř nevyčerpatelného a trvalého zdroje energie. Vzhledem k tomu, že výstavba nové vodní elektrárny je velice nákladná, je vhodné obnovovat a rekonstruovat stávající vodní elektrárny.

5.2 Větrná energie

Využití větrné energie není nic nového, jelikož dávno v historii se používala větrná kola k zavlažování. Poté bylo využíváno větru pomocí sloupových větrných mlýnů sloužících k mletí obilí. Dále mlýny soužily jako vodní čerpadla a pro pohon strojů. Avšak v první polovině 20. století byly větrné mlýny nahrazeny parními stroji, spalovacími motory a elektromotory. Historické využívání větru se ale vrátilo v druhé polovině 20. století díky ropné krizi. Od té doby bylo zkonstruováno několik moderních zařízení využívajících větru k výrobě elektrické energie a nyní představují skutečnou alternativu fosilních a jaderných elektráren (6).

Moderní větrné elektrárny představují spolehlivý zdroj ekologicky čisté energie, jejíž výroba nezatěžuje životní prostředí žádnými odpady. Při využití větru pro pohon větrné elektrárny se nespotřebovávají žádné zdroje a nevznikají spaliny či jiné odpady (14).

Větrné elektrárny se staví v místech, kde je rychlost větru ve výšce osy rotoru vyšší než 6 m/s. Pro dobré využití větrné energie jsou vhodné výšky 40 m až 100 m nad zemským povrchem. Tvar okolního terénu hraje klíčovou roli pro rychlost větru. Výstavba není nikdy povolena v chráněných krajinných oblastech a v blízkosti obydlených území.

I když mnoho odpůrců větrných elektráren mluví o energii spotřebované pro výstavbu větrné elektrárny, je již dokázáno, že se tato použitá energie na výstavbu v krátké době amortizuje. Pozdější likvidace elektrárny je již součástí stavebního povolení a financování (7).

5.2.1 Větrné elektrárny

Nyní se nabízí již několik řešení využití větru. K porovnání si představíme dvě elektrárny, jednu s nízkým a druhou s vysokým výkonem. Obě je možné použít v krajinách jako je Česká republika, avšak jedna je vhodná pro využití pro bydlení jako ostrovní systém.

Větrné elektrárny propojené do sítí

Toto jsou elektrárny v podobě volně stojících vysokých stožárů s listy rotorů s průměrem 20 m až 110 m. Výkonnost elektrárny závisí na velikosti průměru rotoru. Čím větší průměr rotoru, tím je větší výkon elektrárny. Běžné větrné elektrárny podávají výkon 6 MW, což pokryje spotřebu elektrické energie přes 5 000 domácností. Bylo by tedy logické vyrábět co největší větrné elektrárny, avšak náklady na tak veliké stavby neúměrně vzrůstají ve svých nárocích na materiál zařízení. K tomu narůstají logistické problémy s dopravou komponentů a stavebních dílů. V současnosti se tedy nepřepokládá, že se budou vyvíjet a stavět větrné elektrárny s výkonem vyšším než 10 MW (32).

Malá větrná elektrárna - nabíječka

Jedná se o malou větrnou elektrárnu sloužící pro nabíjení akumulátorů a soustav baterií. V podstatě se jedná o „ostrovní“ systém s akumulátorem podobající se hybridní fotovoltaické elektrárně. Relativně velkého využití má v přímořských oblastech, kde nabíjí palubní akumulátory lodí v době jejich kotvení. Kromě samostatného využití jako nabíjecího zařízení lze malé větrné elektrárny dají kombinovat s ostatními obnovitelnými zdroji energie. Povětšinou se kombinují fotovoltaické moduly a větrné generátory, jež se vzájemně relativně dobře doplňují – jestliže málo svítí slunce, většinou vane silnější víta, nebo je tomu naopak (32).

5.3 Biomasa

Významným obnovitelným zdrojem energeticky využitelné energie je biomasa, v níž je uložena sluneční energie. Pojem biomasa obvykle označuje substanci biologického původu, jako je rostlinná biomasa pěstovaná v půdě nebo ve vodě, živočišná biomasa, vedlejší organické produkty nebo organické odpady (30).

Biomasa je k topení nejčastěji používána ve formě kusového dřeva. Dřevo je stále poměrně levné a dostupné, ale je nutno podotknout, že spalování kusového dřeva je náročné na obsluhu a potýká se s problémem regulace jeho výkonu. Možnost tento problém vyřešit je použití akumulční nádrže, které přebytečné teplo uloží na pozdější dobu a tím pádem může kotel pracovat v optimálním režimu po celou dobu (25).

Výhodou biomasy je nízký obsah síry, a tedy i oxidu siřičitého, ve spalínách. Jedná se

o pouhý zlomek v porovnání například s hnědým uhlím (24).

Zásadní výhodou biomasy je pochopitelně to, že jde o obnovitelný zdroj energie. Abychom získali teplo z biomasy, musíme ji nějakým způsobem spálit. Spalovat lze v zásadě jakoukoli formu biomasy, ale musí být splněny některé podmínky. Především přijatelná míra vlhkosti, vhodná velikost a forma a v neposlední řadě odpovídající zařízení na spalování (15). I když technicky lze určitou formu biomasy spalovat, ne vždy je to ekonomicky výhodné. Například semena olejnatých rostlin mají výbornou výhřevnost, ale je daleko výhodnější vylisovat z nich olej a přeměnit na palivo pro automobilové motory, nežli je spálit pro teplo. Stejně tomu je s obilím, které není z technického hlediska nikterak výhodné spálit (24).

5.3.1 Druhy a třídění biomasy pro energetické využití

Pramen (7) dělí energeticky využitelné druhy biomasy následovně:

- Biomasa ze zemědělství:
 - pěstování rostlin pro energetické účely,
 - zbytkové a odpadové látky:
 - zvířecího původu (močůvka),
 - rostlinného původu (sláma, zelené rostliny, dřevnaté odpadové látky),
 - vyčerený kal.
- Biomasa z lesnictví:
 - cukr a škrob, jež obsahují rostliny; olej, jež obsahují rostliny,
 - lesní dřevěné zbytky,
 - dřevo z dřevařského průmyslu.
- Biomasa ze skládky tuhého komunálního odpadu:
 - odpad z domácnosti (biologický odpad, papír a lepenka, sklo, směsné plasty, textil, železné kovy, hliník, PET láhve, ostatní podíl),
 - komunální odpad (odpad z domácnosti + uliční smetky + odpad ze zeleně + ostatí objemový odpad).

V současnosti je nejběžněji používaným zdrojem energie z biomasy v rodinných domech palivové dřevo. V menší míře se také můžeme setkat se spalováním slámy, což vyžaduje speciální kotle.

V sousedním Německu je již významné množství obcí provozujících centrální kotelny

spalující slámu, jež rozvody dálkového topení předávají teplo připojeným spotřebitelům. Takovéto řešení přináší mnoho výhod - vyšší účinnost než mají běžná malá zařízení instalovaná v rodinných domech, vypouštění podstatně menšího množství škodlivých látek ve spalínách do ovzduší, a pro spotřebitele je napojení na centrální kotelnu pohodlnější, jelikož o zajištění paliva a provoz se stará provozovatel centrální kotelny.

Biomasa se využívá i na výrobu elektrického proudu. Pokud je výroba proudu z biomasy centralizovaná, mluvíme o elektrárnách fungujících podobně jako uhelné elektrárny. Skupina ČEZ působící v České republice plánuje výstavbu zařízení určených ke spalování čisté biomasy.

Aplikační část

V aplikační části práce budou popsány všechny obnovitelné zdroje, které byly vybrány pro konkrétní pasivní dům, který je v této práci představen a zobrazen na obrázku 5. Budou uvedeny důvody výběru daného řešení a jejich výhody.



Obrázek 5: Pohled na dům - případové studie – jižní strana domu (Ing. arch. Lukáš Pavlík)

6 Případová studie

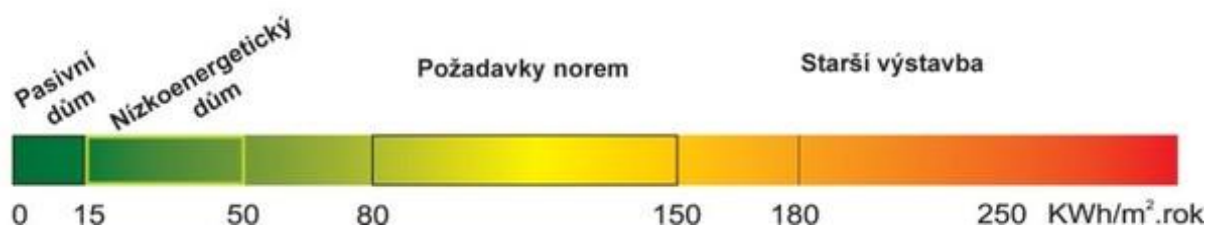
Před zahájením výstavby rodinného domu bylo pečlivě zváženo několik hledisek. Hlavním hlediskem bylo příjemné a funkční bydlení v novém domě s co nejnižšími nároky na energii, náklady na provoz a s co nejpríznivějším dopadem na životní prostředí.

Vzhledem k výše uvedenému se nabízelo řešení postavit nízkoenergetický, nebo ještě lépe pasivní dům.

Po tomto prvotním rozhodnutí následoval výběr vhodného pozemku orientovaného optimálně ke slunci, a poté již setkání s architektem pro ujasnění všech požadavků na dům a navržení vhodného řešení.

Pro rozhodnutí, jaký dům vystavět, lehce poslouží počet kWh spotřebovaných na jeden m^2 za rok. U pasivních a nízkoenergetických domů je to velice malé číslo, které nám zaručí nízké náklady na energii pro vytápění oproti starším výstavbám, které jsou kvůli velké spotřebě kWh / m^2 za rok velmi nákladné na vytápění (26).

Finanční náklady na výstavbu nízkoenergetického domu nemusí být vyšší než na výstavbu domu vyhovujícímu pouze normám, stačí důkladnější rozvaha již při samotném plánování projektu domu.



Obrázek 6: Škála energetické náročnosti domů (11)

6.1 Pasivní zisky energie

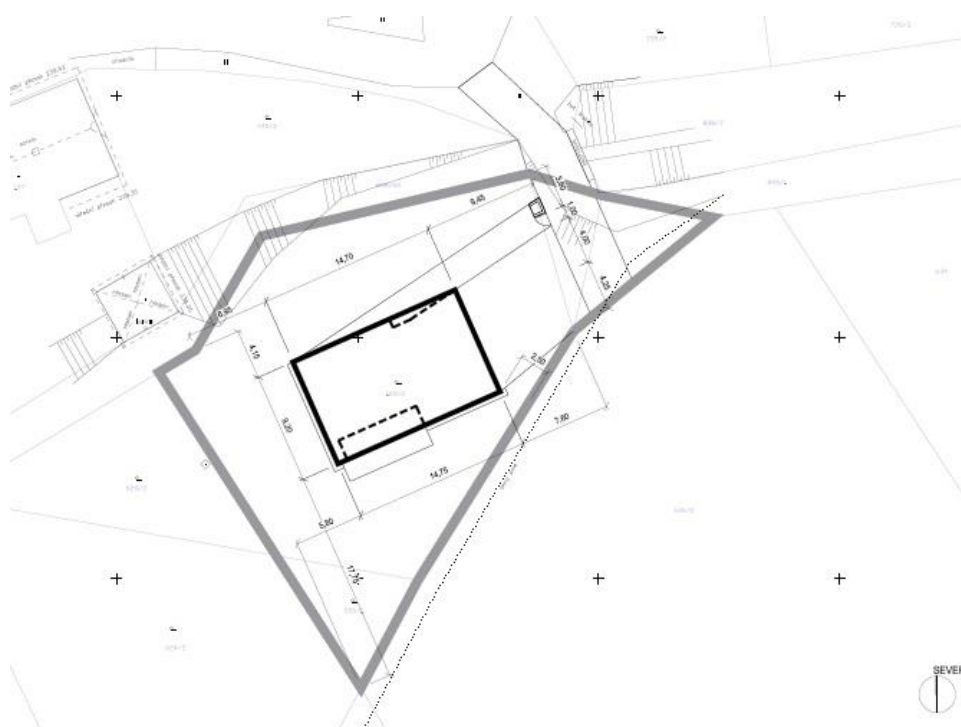
Jestliže chceme postavit energeticky úsporný dům s co nejmenšími náklady na provoz, měli bychom v první řadě využít to, co se nabízí zcela přirozeně – slunce. Sluneční svit dům vyhřeje snadno, bez použití složitých technických zařízení a bez nákladů, tedy zadarmo.

Aby pasivní zisky energie mohly být co nejefektivněji využity, musí být přizpůsoben již samotný projekt domu, vybrán vhodný stavební materiál a prvky domu. Níže bude konkrétněji popsáno.

6.1.1 Situace domu – orientace pokojů vůči světovým stranám

Pro umístění domu byl vybrán pozemek, který je dostatečně otevřený na všechny světové strany. Důležitou roli zde hraje i fakt, že v okolí domu v budoucnu neproběhne žádná další výstavba. Tím bude zaručen dostatečný přísun solární energie po celou dobu životnosti a užívání objektu.

Jedinou nevýhodou vybraného pozemku je zatrubněný meliorační potok nacházející se v severní části. Vzhledem k této skutečnosti byl oproti původnímu plánu dům posunut o několik metrů jižně a pootočen o několik stupňů k východní světové straně. Toto umístění přineslo rozšíření severní části zahrady a natočení stavby jiho-jihovýchodním směrem.



Obrázek 7: Situace domu (Ing. David Chvojka)

V celém domě bylo zváženo umístění pokojů ke světovým stranám pro využití slunečního svitu co nejefektivněji. Ložnice byly umístěny na východní stranu, dětské pokoje na stranu západní, kam dopadá slunce v odpoledních a podvečerních hodinách. Hlavní obytná místnost byla umístěna na jižní stranu a technické zázemí, jako koupelny, kuchyně a technická místnost, na stranu severní.

6.1.2 Stavební materiál

Již před zahájením výstavby je důležité zvážit, jaké materiály budou použity pro výstavbu pasivního domu. Na trhu je několik možností, a každý materiál má své výhody. U pasivních domů je velice důležité izolovat obvodové zdi, a tak od zdiva očekáváme jiné přednosti než izolační, a to schopnost akumulace tepla.

Zdivo

Pro obvodové stěny domu byly vybrány vápenopískové bloky KM Beta Sendwix. Tloušťka bloků pro obvodové stěny byla zvolena 240 mm. Tyto bloky mají vysokou akumulaci díky velké objemové hmotnosti a tepelné kapacitě. Jejich tepelná vodivost odpovídá hodnotě $\lambda_{10, dry}$ (W/m.K) = 0,61 (22).

Vápenopískové bloky jsou cenově dostupné a jsou nejpoužívanějším materiálem pro výstavbu masivních pasivních domů.

Izolace

Pro dosažení potřebného tepelného odporu obvodových stěn domu byla nadimenzována tepelná izolace Isover EPS GrayWall o tloušťce 300 mm. Tento materiál má součinitel tepelného odporu $\lambda = 0,032$ W/m.K (20).

Izolační desky Isover EPS GrayWall jsou nazývány **grafitovým izolantem**. Tyto desky obsahují monočástice grafitu: teplo je odraženo zpět ke svému zdroji, a tím se zvyšuje izolační účinek. Díky těmto vlastnostem jsou desky GrayWall nejčastěji využívány pro izolaci nově vystavovaných nízkoenergetických a pasivních domů (19).

Pro střešní plášť byly zvoleny železobetonové přepjaté panely o tloušťce 200 mm a tepelně izolační desky EPS 100 s ($\lambda = 0,04$ W/m.K) tloušťky 2 x 200 mm. Na povrch panelů byly jako parozábrana umístěny asfaltové pásy, na něž byla přilepena izolace. Jako střešní krytina byla zvolena další vrstva asfaltových pásů jako hydro-izolace zakotvená plošným lepením.

Vhodný způsob izolace střechy byl také jedním z mnoha dlouho diskutovaných a zvažovaných témat při plánování výstavby domu. Plošné lepení horní krytiny střechy bylo upřednostněno před běžným upevněním kotvami ze dvou důvodů: 1. kotvy do 400 mm izolace jsou ekonomicky nákladné, 2. navrtání kotev nezaručí vzduchotěsnost střechy pro následný „blower door“ test a budoucí užívání budovy v pasivním standardu.

Pro základy domu byla navržena monolitická železobetonová deska tloušťky 300 mm na hutněném násypu pěnového skla Geocell o tloušťce minimálně 450 mm.

Pěnové sklo je vysoce tepelně izolační a zátěž pohlcující sypká hmota v podobě granulátu vyrobená 100% recyklací starého skla. Materiál ve volném násypu má hodnotu $\lambda = 0,06 \text{ W/m.K}$ a ve zhutněném násypu $\lambda = 0,08 \text{ W/m.K}$. Dalšími vlastnostmi materiálu jsou *mrazuodolnost*, což umožňuje jeho zabudování bez dodatečného zakládání proti mrazu; *lehkost*, čímž odlehčuje základovou půdu a u mokrých půd zlepšuje vztlak; *dostatečná izolace*, neboť každý kousek granulátu je buněčně uzavřen, a proto neváže téměř žádnou vodu; *nehořlavost* – materiál třídy A1 (13).



Obrázek 8: Založení domu na pěnovém skle (autor)

Tento způsob založení domu byl zvolen i přes některé nevýhody. Především tento typ zakládání rodinného domu stále není běžný, a proto je obtížné nalézt stavební firmu, která s ním má zkušenosti, a dále cenově je tento typ zakládání náročnější.

Založení na vrstvě pěnového skla zamezí vzniku tepelných mostů, což sníží tepelné ztráty o 15 %; zajistí založení na stejnorodém podloží, což vylepší statické podmínky podloží; a zamezí vzlínání půdní vlhkosti, což je dáno vnitřní uzavřenou strukturou pěnového skla (12). Pod tímto konkrétním domem je jílové podloží, a právě to bylo důležitým faktorem při volbě tohoto typu zakládání.

Tabulka 2: Tepelné vlastnosti obvodových konstrukcí domu (Ing. David Chvojka)

	Požadovaná hodnota	Navrhovaná hodnota domu
Součinitel prostupu tepla stěn	$U_{\text{pass},20} = 0,15 - 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
Součinitel prostupu tepla střechy	$U_{\text{pass},20} = 0,15 - 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
Součinitel prostupu tepla podlah	$U_{\text{pass},20} = 0,22 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

6.1.3 Otvorové výplně

Okna

Bylo třeba na trhu nalézt co nejvhodnější a zároveň nejekonomičtější řešení. Hlavním faktorem pro výběr byla prostupnost slunečního svitu a tepelný odpor zasklení a konstrukčního rámu.

Na trhu se nabízí mnoho řešení od plastových, přes dřevěné až po hliníkové profily rámu a samozřejmě jejich kombinace. Ne všechna řešení jsou ale ekonomická.

Nakonec byla pro dům zvolena plastová okna, jelikož právě ona dosahují s ohledem na pořizovací náklady nejlepších izolačních vlastností.

Vybraná okna jsou typu DAFE Progress s izolačním trojsklem ($U_g = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) v pasivním standardu s tepelně-izolující konstrukcí s hodnotou tepelného prostupu U_w až $0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$. Konstrukční hloubka rámu je 86 mm s šestikomorovou technologií bez nutnosti použít ocelové armování. Pro parapetní profil bude použit materiál Ultrafoam 08, který má tepelný prostup rámem $U_f = 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ (8).

Zasklení domu těmito okny se zdá optimální ze všech hledisek.

Vchodové dveře

Pro pasivní dům je i výběr vhodných vchodových dveří důležitý. Na trhu je u vchodových dveří dbáno především na bezpečnost, což pro pasivní dům není dostačující. Pro pasivní dům je důležitý tepelně-izolační faktor, což ne všechny vchodové dveře splňují v požadované hodnotě.

Pro dům byly vybrány vchodové dveře v plastovém provedení typu DAFE Progress se

stavební hloubkou rámu 70 mm a stavební hloubkou křídla 92 mm. Hodnoty U_w u plných dveří jsou $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ a u dveří s prosklením $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tento typ dveří je certifikovaný systém pro pasivní domy.

Okna a dveře pasivních domů je vhodné předsadit před vnější líc zdiva, jak představuje obrázek 9. Pro toto provedení byl zvolen montážní systém DAFE Purex. Díky předsazení jsou okna posunuta směrem z interiéru, což zajišťuje ideální průběh teplotních polí, zamezí kondenzaci vlhkosti, zvýší zisk tepla slunečním zářením a také zvětší užitnou plochu uvnitř stavby.



Obrázek 9: Předsazení montáž okna – systém DAFE Purex (autor)

Součástí všech oken jsou prvky exteriérového zastínění – venkovní horizontální hliníkové rolety v kastlících skrytých v kontaktním zateplení, která mají zamezit přehřívání interiéru v letních měsících, snížit tepelné ztráty v chladných a větrných dnech a zvýšit bezpečnost domu.

Tabulka 3: Tepelné vlastnosti okenních výplní a vchodových dveří (8)

	Požadovaná hodnota	Navrhovaná hodnota domu
Součinitel prostupu tepla oken a okenních rámu	$U_{\text{pass},20} = 0,8 - 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$
Součinitel prostupu tepla vchodových dveří	$U_{\text{pass},20} = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

6.2 větrání se zpětným získáváním tepla

Pokud se při výstavbě domu použijí dostatečně tepelně izolační obvodové konstrukce, pak už energie z domu může unikat převážně větráním.

Aby bylo zabráněno těmto ztrátám, je optimální instalovat rekuperační jednotku. Je ale nutné již u projektování a realizace domu dbát na vzduchotěsnost obálky celého domu, která zaručí optimální funkčnost rekuperační jednotky.

6.2.1 Rekuperační jednotka

Na trhu je mnoho řešení pro nucené větrání domu rekuperační jednotkou.

Jedním z nich je jednotka s elektrickým předehřevem typu ATREA DUPLEX 390 EVC.4D, která byla vybrána pro popisovaný pasivní dům.

Tento systém zajišťuje řízené rovnotlaké větrání s rekuperací tepla. Teplo z odsávaného vzduchu je použito pro předehřev čerstvého vzduchu v rekuperačním výměníku při dokonalém oddělení odsávaného a cirkulačního vzduchu (4).

Systém zajišťuje přívod čerstvého filtrovaného vzduchu do obytných místností a současně odtah odpadního vzduchu z toalet, koupelen a kuchyně.

Vzduchotechnická jednotka je nainstalována ve vytápěné technické místnosti zavěšená ze stropu přes instalační systémovou desku. K sání čerstvého vzduchu s filtrem dochází přes protidešťovou žaluzii umístěnou na severní fasádě objektu, k výfuku odpadního vzduchu přes protidešťovou žaluzii umístěnou na západní fasádě objektu. Součástí vzduchotechnické jednotky je elektrický předehřev vzduchu proti zamrznutí jednotky v mrazivých dnech. Protože ve výměníku dochází ke kondenzaci vody, je vzduchotechnická jednotka napojena na kanalizaci před zápachovou uzávěrkou.

Rozvod vzduchu po objektu jde ze vzduchotechnické jednotky do rozdělovače v podhledu technické místnosti, a dále pak do jednotlivých přívodních větví.

Odtah odpadního vzduchu jde z jednotlivých větví do sběrače v podhledu technické místnosti a dále zpět do vzduchotechnické jednotky.

Rozvody větracího vzduchu jsou vedeny flexi hadicemi o průměru 160 mm – 100 mm. Jako distribuční elementy jsou použity stropní talířové ventily.

6.3 Geotermální a nízkopotenciální energie

Pro vytápění domu se nabízí několik variant. Některé jsou velice dostupné, pokud jde o náklady na zařízení, ale s většími náklady na energii samotnou. Dále byla zvářena i pracnost získávání levnějšího způsobu dodávky energie – např. zajištění dřeva a jeho zpracování na požadovanou velikost, zabere několik dní ročně. Dále je třeba řešit skladování dostatečného množství dřeva, tak aby mohlo alespoň rok schnout. Nemluvě o spalování, tedy o vytváření emisí, které zhoršuje životní prostředí.

Alternativní možností obnovitelného zdroje je geotermální energie, konkrétně využití tepelného čerpadla.

Po důkladném zvážení všech možností vytápění domu byl vybrán systém získávat energii pomocí **tepelného čerpadla**. Po tomto rozhodnutí byl zvažován typ tepelného čerpadla. Do úvahy přišly ekonomické a energetické vlastnosti tepelných čerpadel. Vzhledem k poměrně nízké tepelné ztrátě objektu mohlo být instalováno tepelné čerpadlo vzduch – voda s nižší účinností, ale kvůli hluku vytvářenému venkovní jednotkou a s ohledem na horší účinnost tohoto typu tepelného čerpadla bylo nakonec rozhodnuto pro typ **země – voda**. Nejekonomičtější je typ plošného kolektoru, který byl upřednostněn před typem hlubinného vrtu.

Je pravda, že když se pro dům s nízkou tepelnou ztrátou zvolí nákladnější typ tepelného čerpadla, tedy zde vybraný typ země – voda, jeho návratnost bude přes 20 let. Přesto je to stále výhodné, jelikož počáteční vyšší náklady zaručí nízké provozní náklady na teplo, a také vyšší spolehlivost.

6.3.1 Tepelné čerpadlo

Vzhledem k nízkým tepelným ztrátám objektu – 3,9 kW (-12°C) bylo v objektu rodinného domu instalováno tepelné čerpadlo typu Alpha Innotec WZS 61H s výkonem 6,0 kW ($0/35^{\circ}\text{C}$).

Takto dimenzované tepelné čerpadlo pokryje svým výkonem 99,4 % celkové roční spotřeby energie pro vytápění, při bodu bivalence -7°C .

Jedná se o tepelné čerpadlo země – voda využívající nízkopotenciální teplo ze země z plošného kolektoru. Součástí tepelného čerpadla je vestavěné topné těleso o výkonu 6 kW.

V topném období bude tepelné čerpadlo využíváno jako zdroj tepla teplovodní otopné soustavy o tepelném výkonu 6 kW (při teplotě primárního okruhu 0°C a při teplotě výstupní

topné vody až 45 °C) (2).

V letním období bude tepelné čerpadlo sloužit jako zdroj tepla pro ohřev vody, který bude probíhat ve vestavěném zásobníku o objemu 200 l.

Další výhodou tepelného čerpadla instalovaného v domě je možnost využití nízkého tarifu za elektřinu D56. Jedná se o levnější, takzvaný „noční proud“ po dobu 22 hodin denně. Po tuto dobu celý dům spotřebovává elektřinu za nízkou sazbu, a tím se stává instalace tepelného čerpadla více výhodnou (21).

6.4 Solární energie

V minulosti byly solární elektrárny rodinných domů v České republice zvýhodněny dotacemi. To se ale od počátku roku 2014 změnilo a nyní již nejsou dotovány žádnou podporou. I přes to může být instalace solární elektrárny výhodná z několika hledisek. Vyrobenou solární energii lze nejen ihned spotřebovat, ale také uložit do akumulčních baterií anebo odprodat za tržní cenu (ne již za cenu dotovanou, jak tomu je u solárních elektráren vystavěných před rokem 2014).

Díky nabití elektřiny do akumulátorů se dům stává částečně nebo zcela elektricky soběstačným a tedy nezávislým na rozvodné soustavě.

6.4.1 Hybridní elektrárna

Pro rodinné domy se nyní nabízí možnost instalovat hybridní fotovoltaickou elektrárnu, což bylo zvoleno i pro tento představovaný dům. Tato elektrárna snižuje závislost na distribuční soustavě a šetří náklady. Je to vlastně ostrovní systém zálohovaný běžnou elektrickou sítí. Vyrobená elektřina je spotřebována přímo na místě a další energie potřebná v domě se doplňuje z distribuční sítě (9).

Hlavním důvodem pro zvolení instalace hybridní elektrárny do tohoto konkrétního pasivního domu, po odhlédnutí od pořizovacích nákladů, bylo získání energie z čistého zdroje - slunce, což umožňuje okamžitou spotřebu vyrobené energie anebo uložení přebytečné energie do akumulátorů pro pozdější využití.

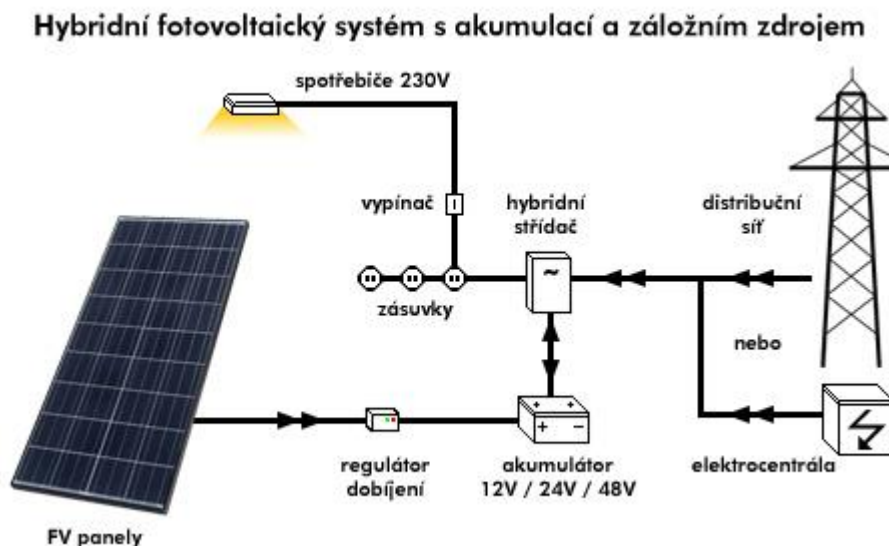
Nyní se návratnost hybridní elektrárny odhaduje na dobu její životnosti, avšak benefitem je soběstačnost a jistota přístupu k elektrické energii i v případě velkého výpadku jako je „black out“.

Je předpokládáno, že v době výměny akumulátorů budou dostupné akumulátory s větším

počtem vybíjecích cyklů a vyšší kapacitou za stejnou či nižší pořizovací cenu.

Také cena fotovoltaických panelů klesá, což v budoucnu umožní levnější navýšení výkonu elektrárny.

Pro zvolený typ hybridní elektrárny byly použity monokristalické fotovoltaické panely a olověné akumulátory.



Obrázek 10: Hybridní elektrárna (38)

6.5 Celkové vyhodnocení OZE v rodinném domě

Dům byl naplánován a vystavěn jako pasivní, což znamenalo, že bude využívat co nejvíce obnovitelných zdrojů energie a bude co nejehospodárnější k potřebě energie pro provoz.

V první řadě bylo počítáno s využitím pasivních zdrojů energie, a tak byla stavba na pozemek co nejoptimálněji umístěna vzhledem ke slunci. Pasivní zisk energie ze slunce je čerpán velkoplošnými okny na jižní fasádě.

Jako hlavní zdroj energie pro vytápění bylo zvoleno tepelné čerpadlo země – voda s plošným kolektorem. Tento typ čerpadla má velkou účinnost, a tak jsou náklady na vytápění nízké. Využití biomasy v podobě dřeva bylo pro pracnost a časovou náročnost jeho získávání a využívání zamítnuto. Topit zemním plynem nebylo ani zvažováno, jelikož zemní plyn je fosilní palivo a politika zemí, odkud je těžen nezaručuje stálé dodávky. Pro tento typ pasivního domu je kvůli vysokým cenám za pautál při jeho nízké spotřebě neekonomický.

Využití větru v obydlené oblasti není vhodné, a navíc větrné podmínky v lokalitě stavby neumožňují výstavbu ani větrné elektrárny malého typu. Proto tedy energie z větru není využita. Ani využití energie z vodních toků nebyla možná, jelikož v okolí tohoto domu teče pouze meliorační potok, který nemá dostatečný spád ani průtok pro energetické využití. Pro tento pasivní dům bylo zvoleno využití solární energie pomocí fotovoltaických panelů připojených do soustavy hybridní elektrárny. Tento typ energie je čistým zdrojem energie, jež se dá ihned spotřebovat. Napojení na soustavu hybridní elektrárny zvyšuje soběstačnost a dále zajistí přístup k elektrické energii uložené do akumulátorů i v době velkého výpadku, jako je „black out“.

V domě byl instalován systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, kde je odpadní teplo využíváno pro předehřev čerstvého vzduchu přiváděného do domu. Není tedy nutné větrat okny, a tak neuniká teplý vzduch bez využití ven, jako tomu je u klasických staveb. Rekuperační jednotka zajišťuje neustále čerstvý vzduch v objektu.

Všechny výše uvedené využívané obnovitelné zdroje energie napomáhají komfortnímu bydlení, snižují náklady na energie a provozem nezatěžují životní prostředí.

Požadavky na energetickou spotřebu domů se zpřísňují, a tak v nadcházející době budou nízkoenergetické a pasivní domy standardem, což je pozitivní pro další generace.

Závěr

Obnovitelné zdroje energie jsou neodmyslytelné téma této doby a hlavně budoucnosti. Využívání obnovitelných zdrojů energie přispívá ke zlepšení životního prostředí, anebo alespoň ke zmírnění jeho zátěže.

Právě o výše uvedeném pojednává tato bakalářská práce. Je v ní představeno několik způsobů využití obnovitelného zdroje energie, což ukazuje, jak je možné eliminovat emise a ušetřit náklady za energii.

Využití obnovitelných zdrojů bylo popisováno ve dvou rovinách:

1. **teoretická** část práce tvořící poznatkovou bázi problematiky, kde jsou představeny obnovitelné zdroje energie využitelné převážně pro rodinné bydlení, a k tomu jsou představeny i další obnovitelné zdroje, jejichž využití v rodinných domech není tak obvyklé,

2. **aplikační** část práce prezentující případovou studii rodinného domu, který byl vybudován v pasivním standardu. V této části jsou představeny obnovitelné zdroje energie, které jsou v domě využívány a objasněny důvody pro jejich výběr. Dále jsou představena konkrétní řešení a technické parametry vybraných prvků zvolených pro výstavbu domu, a také prvků instalovaných. Na závěr aplikační části bylo zhodnoceno využití obnovitelných zdrojů v konkrétním pasivním domě.

Skrze tuto práci je poukázáno na to, že je možné využít obnovitelné zdroje pro stavbu úsporného domu určeného pro bydlení, avšak zachovat komfort užívání. Je také zdůrazněno, že již před samotným začátkem výstavby je třeba zvážit způsob vytápění domu, a i dle této skutečnosti naprojektovat dům.

Po prostudování a popsání problematiky byly cíle splněny.

V této bakalářské práci je prezentován soupis internetových zdrojů a literatury, z kterých bylo čerpáno, a také technické příručky uvedených výrobků. Dále jsou uvedeny tabulky vlastností konkrétních materiálů a výrobků a obrázky pro ilustraci popisovaných témat.

Seznam literatury a pramenů

1. 123ENERGO, *Rekuperace* [online]. 2015 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z:
<http://www.123energo.cz/rekuperace/>
2. ALPHA INNOTECH, brožura. *Tepelná čerpadla země / voda*, Tepelná čerpadla AIT s.r.o., Praha.
3. ALTERNATIVE ENERGY. *Renewable energy* [online]. 2014 [cit. 2015-2-25]. Dostupné z: <http://www.altenergy.org/renewables/renewables.html>
4. ATREA, brožura. *Duplex*, Atrea s.r.o., Jablonec nad Nisou.
5. BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2003. ISBN 80-86517-59-4.
6. BOYLE, Godfrey. *Renewable energy*. 2nd ed. New York: Oxford University Press in association with the Open University, 2004. ISBN 0199261784.
7. BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802-x.
8. DAFE PLAST, *Okna Progress* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z:
<http://www.okna-progress.cz/produkty/okno-progress.php>
9. DOLEŽEL, Michal. NAZELENO. *Hybridní fotovoltaická elektrárna – časem bude v každém domě* [online]. 2014 [cit. 2014-11-25]. Dostupné z:
<http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/hybridni-fotovoltaicka-elektrarna-casem-bude-v-kazdem-dome.aspx>
10. DUFKA, Jaroslav. *Větrání a klimatizace domů a bytů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0222-3.

11. ECOWATT, *Zásady výstavby nízkoenergetických domů* [online]. 2014 [cit. 2014-11-14].
Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>
12. GEOCELL PĚNOVÉ SKLO, *Izolace základové desky nepodsklepené* [online]. 2014 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.penove-sklo.net/izolace-zakladove-desky-nepodsklepene/>
13. GEOCELL, brožura. *Informační katalog s parametry pěnové sklo Geocell*, Ecotechnic, s.r.o., Pardubice.
14. GIPE, Paul a Paul GIPE. *Wind power: renewable energy for home, farm, and business*. Rev. and expanded ed. White River Junction, Vt.: Chelsea Green Pub. Co., 2003. ISBN 1931498148.
15. GRYGERA, Filip a Alice KUPČEKOVÁ. *Bydlete úsporně: jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2857-2.
16. HOŘEJŠÍ, Ing. Miroslav. TZBINFO. *Tepelná čerpadla pro každého (I)* [online]. 2002 [cit. 2002-04-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
17. HUDEC, Mojmír, *Pasivní rodinný dům*, Grada Publishing, a.s., Praha, 2008. ISBN 8024725550.
18. CHEN, C. *Physics of solar energy*. Hoboken, N. J.: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 978-0-470-64780-6.
19. ISOVER SAINT-GOBAIN, Isover GPS GrayWall [online]. 2014 [cit. 2014-11-12].
Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-eps-greywall>
20. ISOVER, Saint-Gobain, *Technický list Isover EPS Gray Wall*, Isover Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., Praha.

21. KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
22. KM BETA, brožura. *Zdicí systém Sendwix - Technická příručka*, KM Beta a.s., Hodonín.
23. MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-3525-2.
24. MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy*. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008. ISBN 978-80-7366-115-1.
25. MURTINGER, Karel. NAZELENO. *Možnosti vytápění: Čím můžete topit? A za kolik?* [online]. 2009 [cit. 2009-07-28]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/moznosti-vytapeni-cim-muzete-topit-a-za-kolik.aspx>
26. NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga group, 2009. ISBN 978-80-8076-077-9.
27. NEOSOLAR. *Solární panely* [online]. 2015 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: http://www.eshop.neosolar.cz/solarni_panely
28. NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM. *Rodinné domy* [online]. 2014 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
29. PASSIPEDIA, *Planning* [online]. 2014 [cit. 2014-09-18]. Dostupné z: <http://www.passipedia.org/planning>
30. PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
31. QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.

32. QUASCHNING, Volker. *Renewable energy and climate change*. Hoboken, N. J.: Wiley, 2010. ISBN 9780470747070.
33. QUASCHNING, Volker. *Understanding renewable energy systems*. Sterling, VA: Earthscan, 2005. ISBN 1844071367.
34. ROBUR, *Heat pumps and comparison*, [online]. 2015 [cit. 2015-3-17]. Dostupné z: <http://www.robur.com/technology/heat-pumps-comparison/page-2.html>
35. RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Klimatizace a větrání*. 1. vyd. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-30-6.
36. SCHULZ, Heinz a Dorota CHWIEDUKOVÁ. *Teplo ze slunce a země: energeticky úsporné topné systémy s podzemními zásobníky tepla, slunečními absorbéry a tepelnými čerpadly*. 1. čes. vyd. Ostrava-Plesná: HEL, 1999, s. 123. ISBN 8086167097.
37. SKUPINA ČEZ, *Geotermální energie* [online]. 2014 [cit. 2014-11-06]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>
38. SOLARENVI, *Hybridní fotovoltaický systém* [online]. 2015 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://www.solarenavi.cz/a-7-hybridni-fotovoltaicky-system.html>
39. SRDEČNÝ, Karel a František MACHOLDA. *Úspory energie v domě*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0523-0.
40. SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům - realita či fikce?*. 2., aktualiz. vyd. Praha: EkoWATT, 2007. ISBN 978-80-7366-103-8.
41. SRDEČNÝ, Karel. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009. ISBN 978-80-7212-518-0.
42. STRAUB. *Funkce tepelného čerpadla* [online]. 2014 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.straub.cz/tepelna-čerpadla-pro-bytove-a-rodinne-domy/>

43. TEPLLO Z PŘÍRODY. *Pasivní solární zisky* [online]. 2010 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.teplozprirody.cz/page/3>
44. TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2061-6.
45. TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3832-1.
46. TZBINFO, *Parametry materiálů* [online]. 2015 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html
47. ZIKÁN, Ing. Zdeněk, TZBINFO, *Zpětné získávání tepla a větrání objektů* [online]. 2010 [cit. 2010-03-22]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

Obrázky – seznam

Obr. 1: Princip tepelného čerpadla (42).....	11
Obr. 2: Fotovoltaický panel (27).....	12
Obr. 3: Pasivní solární zisky energie (43).....	17
Obr. 4: Princip řízeného větrání se zpětným získáváním tepla (1).....	19
Obr. 5: Pohled na dům případové studie – jižní strana domu (Ing. arch. Lukáš Pavlík).....	11
Obr. 6: Škála energetické náročnosti domů (11).....	26
Obr. 7: Situace domu (Ing. David Chvojka).....	27
Obr. 8: Založení domu na pěnovém skle (autor).....	29
Obr. 9: Předsazení montáž okna – systém DAFE Purex (autor).....	31
Obr. 10: Hybridní elektrárna (38).....	35

Tabulky – seznam

Tabulka 1: Porovnání materiálů s ohledem na akumulaci (46).....	17
Tabulka 2: Tepelné vlastnosti obvodových konstrukcí domu (Ing. David Chvojka).....	30
Tabulka 3: Tepelné vlastnosti okenních výplní a vchodových dveří (8).....	32

Anotace

Jméno a příjmení:	Iva Slezáková
Katedra:	Katedra technické a informační výchovy
Vedoucí práce:	Mgr. Martin Havelka, Ph.D.
Rok obhajoby:	2015

Název práce:	Využití obnovitelných zdrojů energie v pasivním rodinném domě Případová studie
Název práce v anglickém jazyce:	Usage of renewable energy sources in passive family house Case study
Anotace práce:	Bakalářská práce se zabývá problematikou obnovitelných zdrojů energie a jejich využitím. V teoretické části práce je zpracován přehled využití typů obnovitelných zdrojů energie především pro oblast rodinného bydlení a souvisejících technologických zařízení. Část aplikační prezentuje případovou studii novostavby rodinného domu splňující standard pasivního domu využívajícího několik typů obnovitelných zdrojů energie. V závěru práce je vypracováno celkové vyhodnocení obnovitelných zdrojů energie v rodinném domě.
Klíčová slova:	obnovitelné zdroje energie, pasivní dům, ekologie, ekonomický provoz rodinného bydlení
Anotace v anglickém jazyce:	Bachelor thesis deals with matters of renewable energy sources and their usage. In the theoretical part of the study is the usage overview of the types of renewable energy sources, especially for family housing and related technological equipment. The application part presents a case study of a family house which meets the passive house standards and uses several types of renewable energy sources. In the conclusion of the thesis is draw up an overall evaluation of renewable energy in the family house.
Klíčová slova v anglickém jazyce:	renewable energy sources, passive house, ecology, economic operation of family housing
Rozsah práce:	46
Jazyk práce:	český