

Univerzita Palackého v Olomouci  
Pedagogická fakulta

Katedra technické a informační výchovy

Libor Stavinoha

Využití obnovitelných zdrojů energie  
v pasivním domě

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Mgr. Martin Havelka, Ph. D.

Olomouc 2014

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Všechny zdroje, internetové zdroje, prameny a literaturu, z nichž jsem při vypracování bakalářské práce čerpal, řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

Ve Valašském Meziříčí dne 10. 4. 2014.

---

podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych velice rád poděkoval panu Mgr. Martinu Havelkovi Ph. D., za odborné vedení, cenné připomínky, rady a čas, které mi poskytl při vypracování této bakalářské práce.

## Obsah

ÚVOD .....	1
I Teoretická část .....	3
1 Definice pojmů užitých v práci .....	3
1.1 Nízkoenergetický dům .....	3
1.2 Pasivní dům .....	4
1.3 Aktivní dům .....	5
1.4 Obnovitelné zdroje energie .....	5
2 Úspory tepelné energie .....	6
2.1 Způsoby zateplení domu .....	6
2.2 Zateplení vnějších obvodových stěn .....	6
2.3 Vnitřní zateplení stěn domu .....	8
2.4 Tepelný most .....	9
2.5 Vnější zateplení .....	9
3 Využití obnovitelných zdrojů energie .....	10
3.1 Vytápění .....	10
3.2 Tepelná ztráta a velikost zdroje .....	10
3.3 Ztráty v rozvodech .....	11
3.4 Ztráty špatnou regulací tepelné soustavy .....	11
3.5 Využití tepelných zisků .....	12
4 Vzduchotechnika .....	13
4.1 Větrání .....	13
4.2 Výměna vzduchu v místnosti .....	14
4.3 Rekuperace – zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu .....	14
5 Fototermika (termické kolektorové systémy) .....	15
5.1 Komponenty solárního systému .....	16
5.2 Kolektorový okruh a zásobník .....	16
5.3 Regulace .....	17
5.4 Dohřívání a omezování teploty .....	18
5.5 Koncepce systému a dimenzování .....	18
5.6 Dodatečná instalace solárního systému .....	19
5.7 Obnova zásobníku na teplou vodu a jeho zapojení do systému .....	20
5.8 Přejídné vytápění .....	21
6 Fotovoltaika .....	21
6.1 Výroba solárních článků .....	21
6.2 Autonomní systém .....	23
6.3 Hybridní systém .....	23
6.4 Systém přímo spojený se sítí .....	23
7 Energeticky úsporná a ekologická příprava teplé vody .....	24
II Aplikační část .....	25
8 Nízkoenergetický dům .....	25
9 Ekologické nízkoenergetické domy .....	25
10 Palm House firmy Andreas Messerli AG (Weitzikon Švýcarsko) .....	26
11 Rodinné domy s nízkou spotřebou energie .....	27
11.1 (Wädenswill, Švýcarsko) .....	27

11.2	Experimentální nízkoenergetický dům Fraunhoferova institutu (Německo)	28
11.3	Experimentální ekologický nízkoenergetický dům VUES Brno	30
11.4	Nízkoenergetické technologie ekodому	32
11.4.1	Podlahové topení	32
11.4.2	Fototermitická kolektorová baterie	32
11.4.3	Pomocný zdroj topení	33
11.4.4	Kapalinový akumulátor tepelné energie	33
11.4.5	Tepelné čerpadlo pro topný systém	33
11.4.6	Nárazníková vyrovnávací nádoba	33
11.4.7	Tepelné čerpadlo pro TUV (tepelnou užitkovou vodu)	33
11.4.8	Rekuperační výměník	34
11.4.9	Ventilátor	34
11.4.10	Regulační klapky vzduchotechniky	34
11.4.11	Pomocná topná plocha	34
11.4.12	Vzduchový fototermitický kolektor a suchý štěrkový zásobník	34
11.4.13	Záložní elektrický systém napájení	35
11.4.14	Měřicí a regulační systém	35
11.5	Využití a provoz Ekodому	35
11.5.1	Hlavní význam Ekodому a jeho původního projektu	35
11.5.2	Technický záměr	36
11.5.3	Výukový záměr	36
11.5.4	Výzkumný a vývojový záměr	36
11.5.6	Propagační záměr	36
11.6	Současný provoz a využití Ekodому	37
11.6.1	Projektové spotřeby energie	37
11.6.2	Současný stav provozu a využívání Ekodому	37
11.7	Závěr experimentálního Ekodому u Brna	38
12	Pasivní dům v Opatovicích v ČR	38
12.1	Vytápění domu	39
12.2	Větrání v domě	40
12.3	Ohřev TUV	40
12.4	Elektřina v domě	41
12.5	Využití dešťové vody	41
13	Novostavba na okraji Valašského Meziříčí	41
13.1	Vytápění domu	42
13.2	Větrání v domě	43
13.3	Ohřev TUV	43
13.4	Elektřina v domě	43
13.5	Využití dešťové vody	43
14	Nízkoenergetická půdní vestavba na Mikulůvce	44
14.1	Vytápění domu	45
14.2	Větrání v domě	45
14.3	Ohřev TUV	45
14.4	Elektřina v domě	46
14.5	Využití dešťové vody	46
	ZÁVĚR	47
	Seznam použitých zdrojů	49

Seznam použitých obrázků.....	49
Vysvětlivky jednotlivých symbolů .....	51
Anotace.....	52

## ÚVOD

V dnešní době lidstvo využívá především fosilní paliva a jadernou energii. Dle některých teorií je důsledkem toho zhoršování stavu životního prostředí, což se projevuje i globálně na stavu klimatu. Za této situace je přirozeným požadavkem snižování energetické náročnosti v celé sféře lidských činností a růst využívání obnovitelných zdrojů energie. Ty jsou v EU využívány na úrovni kolem 7 % celkové spotřeby energií. Tyto trendy se mimo jiné výrazně projevují také ve stavebnictví. Reakcí na růst cen energií je rostoucí podíl nových nízkoenergetických domů oproti klasickým domům v oblasti bytové výstavby.

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku využití obnovitelných zdrojů energie v nízkoenergetických a pasivních domech. Jedná se o aktuální téma vzhledem ke stavu zásob využívaných fosilních zdrojů energie. Pasivní dům je budova, která musí splňovat parametry dané normou ČSN 730540. Musí zajišťovat ochranu člověka před vnějšími klimatickými vlivy a vytváří optimální vnitřní prostředí pro trvalý pobyt uvnitř domu. Stavba domu, doba jeho užívání a provozu jsou vždy spojeny s využíváním široké škály energií. V historii lidstva byly vždy určitou měrou obnovitelné přírodní zdroje využívány a stavby domů byly přizpůsobeny klimatickým podmínkám.

Při provozu nízkoenergetického domu je dosahováno výrazných energetických úspor. Tyto úspory v domě vznikají na základě vyváženosti jednotlivých komponent, které v domě spolupracují. V době provozu je jednou z nejvýznamnějších a nejsledovanějších vlastností energetická náročnost. Myšlenka pasivních domů je výsledkem vývoje konceptu solárního domu, ve kterém se konstruktéři snažili dosáhnout úspor energií tím, že využívali velkých akumulčních zásobníků vody, ve kterých bylo ukládáno teplo ze slunce nebo vzduchu.

Cílem teoretické části práce je vytvořit poznatkovou bázi problematiky aplikace vybraných obnovitelných zdrojů energie v oblasti rodinné výstavby. Široká veřejnost dnes od sebe nedokáže odlišit rozdíl mezi nízkoenergetickým, pasivním a aktivním domem, natož pak definovat, jaké možnosti tyto domy nabízejí. Využití technologií je různorodé a tyto technologie jsou neustále zdokonalovány. Také stavební materiály jsou neustále zdokonalovány. V teoretické části práce budou popsány tyto technologie: zateplení, vytápění, větrání, rekuperace, fototermické a fotovoltaické články.

Cílem aplikační části práce je pak sestavení případové studie vybraných realizací staveb využívajících obnovitelné zdroje energie. Ve svém okolí jsem vyhledal novostavby, vážící se koncepcí a provedením k tématu práce. Jedná se o nízkoenergetickou novostavbu ve Valašském Meziříčí (je čerstvě obydlena od března 2014) a další dva domy ve výstavbě: nový pasivní dům

v Opatovicích a půdní vestavbu nízkoenergetického charakteru v rodinném domě na Mikulůvce. Koncepty domů byly navrženy tak, aby se na jejich stavbě i následném provozu dalo ušetřit. Zde máme na mysli jak úspory v rovině investic, tak zvláště v rovině provozních nákladů. Uvedené tři nízkoenergetické stavby jsou předmětem případové studie využití obnovitelných zdrojů energie v oblasti rodinného bydlení.



# I Teoretická část

## 1 Definice pojmů užitých v práci

### 1.1 Nízkoenergetický dům

Podle ČSN 730 540 – 2 jsou nízkoenergetické domy definovány tak, že mají plošnou měrnou potřebu tepla na vytápění  $e_A \leq 50 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ . Nízkoenergetické domy s plošnou potřebou tepla na vytápění  $e_A^1$  mají obvykle menší spotřebu tepla, než požaduje norma ČSN 730540 – 2. Abychom dodrželi normu ČSN, musíme při výstavbě dodržet tyto podmínky:

(1)

- U obvodových zdí musí být hodnoty součinitelů prostupů tepla menší než normově doporučená hodnota  $U_N$ . Jestli máme v plánu využívat rekuperaci tepla, elektrické energie případně solární energie u vytápění je rozumné se dostat na 2/3 normových hodnot. U nízkoenergetických budov, součinitel prostupu tepla pro střechu nebo venkovní stěny může být mezi  $0,1 - 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  (1)
- Okna dveře a jiné výplně otvorů ve vnější konstrukci musí být utěsněné. Součinitel prostupu tepla u těchto otvorů nesmí překročit  $1,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Při využívání rekuperace vzduchu nesmí součinitel spárové průvzdušnosti oken překročit hodnotu  $0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ . (1)
- Při výstavbě se snažíme eliminovat tepelné mosty a použitím izolačního materiálu snížit co nejvíce jejich vliv. (1)
- Vnější konstrukce nízkoenergetického domu musí být utěsněna. (vzduchotěsnost stavebních konstrukcí). (1)
- Tím, že v domě vyměníme klasické konvenční větrání za nucený oběh, zajistíme optimální výměnu vzduchu. Touto technologií také snížíme energetickou náročnost celkové spotřeby tepla. U nízkoenergetických budov je tato technologie ještě doplněna rekuperací tepla. Díky tomu, že potřeba tepla je malá, lze vzduch využít jako teplonosné médium pro vytápění v domě. (1)
- U nízkoenergetických domů, kde spotřeba tepla není tak velká se pro potřebu topení využívají obnovitelné zdroje energie. Zbytkové energie lze pokrýt technologiemi s nízkými výkony zdrojů. Takovými zdroji jsou: tepelná čerpadla, biomasa, solární technika, dřevo nebo výrobky z něj (pelety) případně elektrická energie. (1)
- Rozvody systémů technického zabezpečení budovy dobře izolovat a minimalizovat jejich rozsah. (1)

---

<sup>1</sup>  $e_A$  – používané symboly jsou vysvětleny ve vysvětlivkách na str. 52

- Teplou vodu ohřívát pomocí solární technologie. (1)

## 1.2 Pasivní dům

Pasivní domy jsou nízkoenergetické domy s ještě lepšími vlastnostmi. Plošná měrná potřeba tepla na celoroční vytápění je  $e_A \leq 15 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ . Při výpočtové venkovní teplotě  $-12^\circ \text{C}$  se teplotní ztráta pasivního domu pohybuje do  $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  vytápěné plochy. Klasické konvenční vytápění těchto pasivních domů se stává nepotřebným. Místnost jejíž plocha je  $15 \text{ m}^2$  nemá větší tepelnou ztrátu než  $150 \text{ W}$ . Tyto malé tepelné ztráty jde pokrýt bez použití topné soustavy. V pasivním domě je nutnost využít technologie nuceného větrání. Energetickou potřebu na vytápění lze pokrýt rekuperací vzduchu. V zimních měsících musíme mít nainstalováno zařízení pro ohřev přiváděného vzduchu. Abychom mohli říct, že bydlíme v pasivním domě, je nutné splnit tyto požadavky. Mezi tyto požadavky v souladu s prací řadíme:

- Součinitel prostupu tepla obvodových zdí je  $U \leq 0,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . (1)
- Součinitel prostupu tepla u střech je  $U \leq 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . (1)
- Výsledný součinitel prostupu tepla u oken je  $U \leq 0,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Při propustnosti energetického solárního záření  $g \geq 0,5$ . (1)
- U rekuperace (zpětném získávání tepla při větrání) má být účinnost zařízení větší než 75 %. (1)
- Podle EN 13829 má být pasivní dům dokonale utěsněn proti průvzdušnosti ve spárách oken a stěn ( $n \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$  při  $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ ). (1)
- Celkové množství energie spojené s provozem by neměl pasivní dům překročit  $120 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ . Primární energii získáváme z vnějšku pasivního domu. Primární energii násobíme faktorem energetické přeměny. Využijeme ji na provoz spotřebičů, krytí tepla nebo ohřev teplé vody. Pro elektrickou energii dnes uvažujeme s faktorem energetické přeměny hodnoty 3, obvyklá paliva 1, dálková vytápění 1,1 a obnovitelné zdroje 0. (1)
- Limit tepelných ztrát při výpočtu nepřesahují  $0,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . (1)
- Pokud v pasivním domě máme zbudovány balkóny, lodžie nebo zimní zahrady tak se většinou vyplatí je stavebně tepelně oddělit a zajistit jejich účinné větrání. (1)

Základní hledisko u pasivních domů vyžaduje důsledné přemýšlení. Stavební řešení a energetická bilance domu jsou velice úzce propojeny. V pasivních domech se nám topná sezóna díky úsporným technologiím sníží na pouhé 2 – 3 měsíce v roce. (1)

Při další fázi úsporných zařízení a technologií můžeme dokonce získat domy s nulovým, energeticky nezávislým nebo s energetickým přebytkem energie. (1)

### 1.3 Aktivní dům

Aktivní dům je budova, která v sobě má zabudovány všechny technologie pro maximální využití vnějších i vnitřních energií. Tyto technologie jsou využívány pro výrobu, přeměnu, řízení či optimalizaci všech procesů v domě. Aktivní dům je tedy vhodnou kombinací nízkoenergetických a pasivních domů. (2)

Hlavní požadavky by měl aktivní dům splňovat tyto:

- Aktivní dům musí být navržen tak, aby dokázal vyrábět dostatečné množství energie pro svoje využití (2)
- Nesmí být závislý na dodávkách energií z konvenčních zdrojů, prostřednictvím dálkových rozvodů. Nejvíce se jedná o elektřinu a plyn. (2)
- Energie musí umět vhodně používat a šetřit. (2)
- Celý aktivní dům musí šetřit životní prostředí ať už při výstavbě či pozdějším používání nebo následné likvidaci (2)
- Pro lidi, kteří v něm chtějí bydlet, musí být dostatečně komfortní a pohodlný. (2)
- Měl by podporovat zdravý život svých obyvatel. (2)

### 1.4 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie na rozdíl od uranových a fosilních paliv nazýváme obnovitelné, protože se díky slunečnímu záření a dalším procesům neustále obnovují. Přímé sluneční záření a některé jeho nepřímé formy jsou navíc z hlediska lidské existence nevyčerpatelným energetickým zdrojem energie. U jiných obnovitelných zdrojů energie například biomasy musíme znát kapacitu její obnovy, kterou nemůžeme při zachování obnovitelnosti překročit. Energetický zákon číslo 458/2000 Sb. V dnešní době (2006) tyto zdroje vymezuje jako obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie. Mezi tyto zdroje řadíme energii získanou z větru, slunečního záření, vody, vzduchu, půdy, geotermální, biomasy, kalový, skládkový plyn a bioplyn. (11)

Výše popsanou definici upřesňuje ještě vyhláška číslo 214/2001 Sb. podle které se energie dělí na:

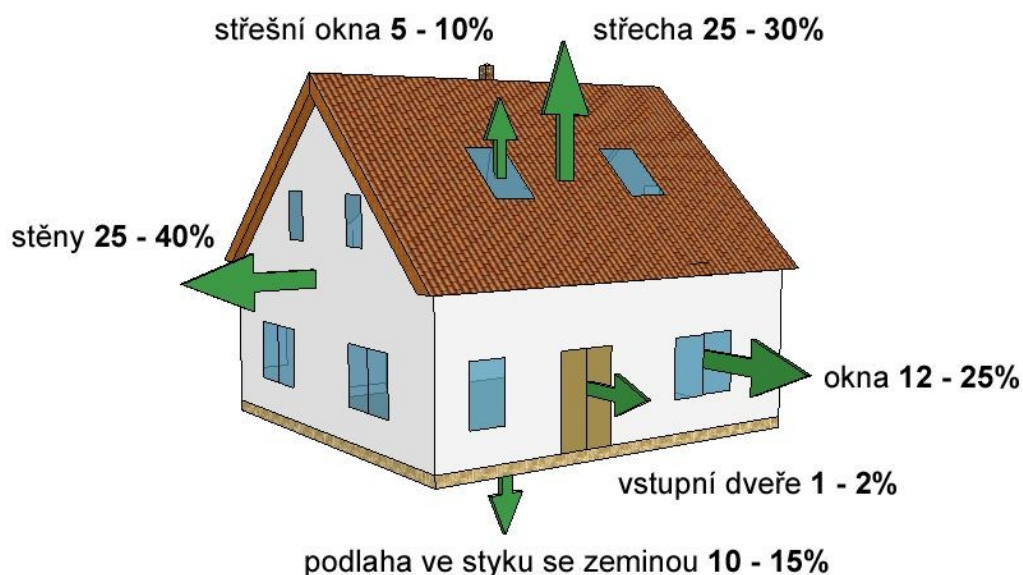
- obnovitelné energetické zdroje pro výrobu elektřiny: vodní energie do výkonu zdroje 10 MW<sub>e</sub>, sluneční energie, větrná energie, bioplyn, geotermální energie, biomasa v zařízeních do 5 MW<sub>e</sub>, palivové články. (11)
- obnovitelné energetické zdroje pro výrobu tepla: geotermální energie, sluneční energie, biomasa v zařízeních do 20 MW<sub>e</sub>, palivové články a bioplyn (11)

## 2 Úspory tepelné energie

### 2.1 Způsoby zateplení domu

Zateplení obvodových zdí se provádí, s ohledem na to jestli se jedná o novostavbu nebo spravujeme starý dům. U starého domu provádíme zateplení dodatečně přidáváním nejčastěji polystyrénu nebo skelné vaty. U novostaveb se snažíme zateplení přímo zabudovat do venkovní zdi. Podle umístění zateplení pak rozlišujeme zateplení na vnitřní a vnější. (3)

Zateplení obvodové konstrukce můžeme provést různými způsoby. Různé způsoby mají své výhody i nevýhody a je na nás obyvatelích domu si vybrat co nám nejvíc vyhovuje. Všechny výhody a nevýhody je třeba pečlivě zvážit obzvláště s ohledem na konstrukci domu, požadovaný výsledný účinek a výslednou cenu domu. Orientační vyčíslení míry energetických ztrát jednotlivými částmi konstrukce domu ukazuje obrázek č. 1 (3)



Obr. č. 1 – úspory tepelné energie (1)

### 2.2 Zateplení vnějších obvodových stěn

U obvodových konstrukcí nehraje význam pouze součinitel prostupu tepla, jak je popsáno v definicích nízkoenergetického, pasivního a aktivního domu. Velmi důležité jsou i samotné vlastnosti materiálů, ze kterých dům stavíme. Při stavbě musíme zohlednit i další vlastnosti, které nám ovlivní kvalitu vnitřního prostředí. Vlastnosti materiálů, které nejsou na první pohled vidět, jsou: setrvačnost teploty, akumulace tepla, zvuko-izolační schopnosti, difuze vodních par atp. Tyto vlastnosti se navzájem ovlivňují. Když nějakou vlastnost vylepšíme, většinou se jiná zhorší. Například, když zvolíme materiál, u kterého snížíme součinitel prostupu tepla, většinou se zhorší akumulace tepla a také jeho

zvuko-izolační schopnosti. (3)

Při návrhu domu s ohledem na dostatečnou hodnotu součinitele tepla bychom se měli zamyslet nad dobou, po kterou budeme dům vytápět podle polohy domu (klimatické oblasti). Hlavně jde o finanční investice do venkovních zdí a potřebnou dobu vytápění. (3)

Pokud propočteme náklady na tepelněizolační schopnosti vnější stěny, zjistíme, že není vhodné stěny co nejlépe tepelně izolovat. Poměr ceny stěny a ušetřené energie není nijak závratný. Pro nás jako obyvatele takového objektu je mnohem lepší poměr ceny konstrukce a ušetřené energie vyvážit. Tepelné ztráty objektu jsou celkovým součtem ztrát jednotlivých konstrukčních prvků celé obvodové stěny. (3)

U rodinného domu, který má půdorys 10 x 10 metrů je plocha zdiva asi 1/3 z celkové plochy povrchu stavby. Konstrukce podlahy a střechy jsou asi zbylé 2/3 stavby. Často se zapomíná na dostatečnou izolaci podlahy. Přitom norma předepisuje hodnotu součinitele prostupu tepla v pásu 2 metry od obvodové stěny. Tato hodnota je stejná jako pro vnější stěnu. Pro střechu je tato norma ještě přísnější. (3)

Okna a dveře způsobují v každém domě největší úniky tepla. Plocha, kterou okna a dveře plní je zhruba 10 % - 30 % fasády. Právě díky tomu jsou úniky tepla přes okna a dveře zhruba troj - pětinásobné oproti dobře izolovaným obvodovým stěnám. Úniky tepla skrz dveře jsou mírnější, zhruba dvojnásobné. Toto srovnání je ovšem pouze orientační, protože hodně záleží na výplni otvorů u obvodového zdiva (těsnění se zárubní, materiálu, výplňové tepelné izolaci a velikosti a kvalitě prosklení nebo jiné izolační výplně) a na osazení zdiva. Pokud se rozhodneme, že budeme snižovat součinitel prostupu tepla u konstrukce výplně otvorů, bude se nám cena domu zvyšovat. Cena, kterou budeme platit je mnohdy vyšší než ušetřená cena za ušetřené teplo. Na obrázku č. 2 můžeme vidět probíhající vnější zateplení stěny.(3)



Obr. č. 2 – vnější zateplení budovy (foto autor)

## 2.3 Vnitřní zateplení stěn domu

U zateplování vnitřních stěn dodatečným způsobem řešíme problémy úspory tepelné energie za cenu množství různě problematických a sporných detailů. (3)

- Vnitřní zeď, která už byla postavena, má hotovou tepelnou izolaci. To má za následek podstatně chladnější stěnu pod ní. Takto postavená stěna má za následek posunutí oblasti kondenzace směrem dovnitř. Takový způsob řešení vyžaduje instalaci parozábrany. Z tohoto důvodu nemůžeme nechat elektrokrabice ve stejné tloušťce jako má nová tepelná izolace, protože na dně elektrokrabice může kondenzovat voda. (3)
- Pokud necháme v domě starou podlahu, stropy nebo stěny bez dodatečné tepelné izolace vzniknou v těchto místech tepelné mosty. Do nich začne unikat teplo a vznikne obrovské riziko povrchové kondenzace a růst plísně. (3)
- Posunutím pásma kondenzace vodních par uvnitř objektu se daný objekt zatíží vznikem vlhkosti. S větší vlhkostí stoupá pravděpodobnost snížení životnosti objektu. (3)
- Tepelnou izolací vnitřních stěn dosáhneme snížení tepelné akumulace vnější stěny. Touto technologií dosáhneme prodloužení otopného období a větší výkyvy teplot podle závislosti na vytápění objektu a venkovní teplotě. U málo využívaných staveb (chat, rekreačních objektů) to může být výhoda ve smyslu rychlého ohřevu vnitřních prostor objektu s nižší vloženou energií (3)
- V důsledku vnitřního dodatečného zateplení stěn zmenšíme užitnou plochu místnosti. (3)

Vnitřní zateplení stěn a střechy, stříkanou pěnovou izolací je vidět na obrázku č. 4



Obr. č. 3 sádromkartonový rastr (foto autor)



Obr. č. 4 vnitřní zateplení stěn (foto autor)

Nejčastěji v praxi se vnitřní dodatečné zateplení stěn provádí „předsazenými stěnami“. Tyto stěny jsou ze sádromkartonových stavebních systémů. Sádromkartonové stěny nejvíc využijeme při půdních vestavbách. Tyto vestavby mají už jasný půdorys a sádromkartonové zdi nám rozdělí místnosti, jak si sami určíme. U takovýchto půdních vestaveb není možno měnit vnější tvář fasády použitím lepšího tepelně izolačního materiálu. (3)

Na stěnu, která už stojí, se uchytlí rošt z ocelových profilů. Do roštu se vloží tepelná izolace. Izolace je nejčastěji polystyren nebo desky z minerálních vláken. Další možnost zateplení je sádkartonovými deskami, které jsou opatřeny vrstvou tepelné izolace. Tyto sádkartonové desky se lepí do tmelu k obvodovému zdivu. (3)

Další technologie vnitřního zateplení je využití systému tepelněizolačních omítek s méně výraznou tepelněizolační schopností. Omítky mají hydroakumulační a tepelněakumulační schopnost na velmi dobré úrovni. Na navazující stěny i strop by omítka měla být přetažena v pásu šířky nejméně 50 cm. Není dobré přílišné použití velmi účinných tepelných izolací, protože ty velmi ovlivní tepelně vlhkostní poměr v původní konstrukci. To má za následek kondenzaci vodních par. (3)

Ve specifických případech, kdy řešíme zateplení členité fasády domu, můžeme využít dodatečné vnitřní zateplení za předpokladu dobrého konstrukčního návrhu. Návrh musí řešit důsledky měnícího se mechanického a teplotně-vlhkostního působení u nově zateplené konstrukce. (3)

## 2.4 Tepelný most

Tepelné mosty v budově jsou místa, kde dochází k větším tepelným tokům než v jejich okolí. Tyto místa mají chladnější povrch. Dále tepelné mosty rozdělujeme na stavební (napojení dvou konstrukcí), geometrická (roh ukončení zdi), systematická (místa s horší tepelnou izolací, například spáry), konvektivní (k přenosu dochází prouděním). Pokud v našem návrhu budovy budeme mít chyby, špatně vyřešená místa mohou způsobit až 1/3 tepelné ztráty v budově. (8)

## 2.5 Vnější zateplení

Vnější zateplení objektu je považováno za lepší variantu než vnitřní zateplení z těchto důvodů:

- Venkovním zateplením vytvoříme plášť kolem celého objektu. Nevznikají nám tepelné mosty a snížíme riziko výskytu kondenzace vodních par. Vznik kondenzace se posune z vnitřních stěn na vnější. (3)
- Vlhkostní mikroklima a tepelná akumulace místnosti zůstane na stejné úrovni než před zateplením. (3)
- Tepelná izolace chrání původní konstrukci objektu před nepříznivými účinky vnějšího podnebí. (3)

V dnešní době se nejčastěji provádí venkovní zateplení objektu buď zateplovacím systémem odvětraným, nebo kontaktním zateplovacím systémem. (3)

## 3 Využití obnovitelných zdrojů energie

### 3.1 Vytápění

U starších objektů tvoří vytápění největší finanční zátěž. Potřeba tepelné energie na vytápění objektu je několikanásobně větší než na ohřev teplé vody. U nízkoenergeticky náročných budov můžeme dosáhnout toho, že náklady na vytápění budou stejné nebo menší než při ohřevu teplé vody. Množství tepla potřebného na vytápění je určeno způsobem provozu, typem zdroje tepla, tepelnou ztrátou objektu nebo typem tepelné soustavy. Další parametry, které ovlivňují množství potřebného tepla, jsou i návrh a realizace jednotlivých částí systému v budově. (4)

### 3.2 Tepelná ztráta a velikost zdroje

Tepelná ztráta u objektů je při návrhu spotřeby tepla klíčovým pojmem. Tato tepelná ztráta vyjadřuje výkon zdroje tepla, který musíme mít, abychom v objektu měli požadovanou teplotu při nejnižší venkovní teplotě. Tato teplota je v našich podmínkách stanovena na  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (4)

Během celého roku se skutečná teplota mění a je pro každý den jiná. Skutečná teplota je závislá na rozdílu teploty mezi objektem a venkovním prostředím. Kotel, který nám slouží, jako zdroj tepla musí mít výkon odpovídající tepelné ztrátě. Pokud by výkon kotle byl menší, bude v objektu chladněji a tím pádem nám bude v objektu zima. Výkon kotle se často dimenzuje o různé teplotní přírážky, například, proto, aby se nám po delším neuzívání objektu prostor rychleji ohřál. V dnešní době už mohou tyto položky odpadnout, protože kotle dokážou pracovat nepřetržitě. V některých domech kotle ohřívají i zásobník s vodou takže musíme zase přírážky připočítat. (4)

Díky těmto technologiím zjišťujeme, že kotel pracuje na plný výkon pouze několik dní v roce. Pokud na kotli můžeme bez problémů regulovat jeho výkon je vše v pořádku. Ovšem často se setkáváme s tím, že kotle, které pracují na nižší výkon, mají menší účinnost a také horší spalování a větší emise. Setkáváme se s tím nejen u kotlů ale i u kogeneračních jednotek. (4)

Zdroj tepla by neměl být dimenzován moc velký, pokud chceme zabránit vysokým ztrátám. Obecně platí, že čím větší zdroj tím větší ztráty. Ve specifických případech můžeme zdroj tepla poddimenzovat. Jedná se o případy, kdy víme, že v zimě nebudeme vytápět všechny prostory v domě, případně se nám vyplatí pořídit si přídatný zdroj tepla (přímotop). (4)

Obvykle platí, že menší zdroj znamená menší finanční investici. Toto obecné pravidlo ovšem neplatí vždy (hlavně u topidel na dřevo). V dnešní době je výběr obrovský. U menších



tepelných zařízení může být cena i o řád vyšší. Hlavně pokud kotel kupujeme z jiné země EU. (4)

### **3.3 Ztráty v rozvodech**

Teplo se také ztrácí v domovních rozvodech. Když nebudeme tepelný rozvod dobře izolovat, každý jeho metr nám bude sloužit jako radiátor. To znamená další ztráty, protože budeme vytápět prostory, které nemusíme či dokonce ani nechceme. Tepelná energie se ztrácí každou armaturou nebo přírubou. Takto ztracené teplo je ekvivalent jednoho až dvou metrů neizolovaného potrubí. (4)

Celková ztráta tepla je v objektech většinou mezi 3 % - 5 % z potřeby tepla na vytápění. Musíme brát v úvahu, kterým prostorem bude potrubí procházet: vytápěnou místností, nevytápěným sklepem či chodbou, případně venkovním prostorem. Obecně platí, že čím chladnější je prostor, tím větší ztráty v rozvodech tepla jsou. (4)

Tímto tvrzením bychom mohli dojít k závěru, že tepelné rozvody mohou být ve vyhřívaných prostorech bez izolace. Ztráta tepelné energie v bilanci teplé vody vstupuje jako zisk do bilance vytápění. U běžných budov v topné sezóně tomu tak skutečně je. Bohužel u nízkoenergeticky náročných staveb kde počítáme každou kilowatthodinu, vadí i to. Tepelný rozvod nám sice topí do prostoru, ale jindy a jinde než chceme. (4)

### **3.4 Ztráty špatnou regulací tepelné soustavy**

Ztráty se v naší tepelné soustavě nebudou vyskytovat, pokud je náš systém správně navržen a nastaven. U soustav kde není zakomponována ekvitermní regulace teploty topné vody, je situace zcela odlišná. U tohoto typu soustav se ztráty vyskytují. Je to z důvodu nevyváženosti těchto topných soustav. (4)

Tepelná soustava musí být navržena tak, aby byl u všech otopných těles stejný rozdíl teploty mezi vstupem a výstupem. Pokud se toto děje, máme správně navrženou tepelnou soustavu. Voda musí proudit rychlostmi stejnými, které navrhl projektant. Kdyby voda někde proudila rychleji a někde pomaleji, začnou nám vznikat tepelné ztráty. (4)

Tepelná soustava musí mít regulaci teplot, protože v zimě budeme potřebovat mnohem více topit než na podzim či jaře. V minulosti se pro tuto funkci používal termostat. Ten vypnul oběh vody po dosažení určité teploty v místnosti. Jiný druh regulace spočíval v uzavření topné soustavy ventily. V obou případech docházelo ke ztrátám v tepelné soustavě. V jedné místnosti bylo přetopeno, druhá byla nevytopená. Tento problém se v současnosti řeší ekvitermní regulací. Tento systém dokáže namíchat teplou vodu podle venkovní teploty. Tím je průtok soustavou zachován, teplotní spád je na všech tělesech soustavy stejný a voda proudí podle

návrhu od projektanta. Pokud je soustava stará a nevyužívá moderní technologie ekvitermní regulace, spotřeba se zvýší až o 10 %. (4)

V jednotlivých místnostech bychom si měli nainstalovat nezávislý regulátor teploty. V místnostech kde jsou radiátory, toho dosáhneme termostatickou hlavicí umístěnou právě na radiátoru. Ventily s vnějším čidlem použijeme u podlahového topení. Toto jsou jen dva příklady využití. Existuje samozřejmě spousta dalších možností řešení. (4)

Tepelnou soustavu můžeme vyvážit také hydraulicky. Je to z důvodu, aby tělesy protékalo skutečně tolik vody, kolik projektant předpokládal. Nedostatky v regulaci soustavy se projeví hlavně v objektech, kde není potřeba tolik vytápět prostory. (4)

### **3.5 Využití tepelných zisků**

Celková cena na vytápění je nižší pokud se nám podaří sjednotit objekt a jeho tepelnou soustavu. Cena za vytápění se určuje na základě vypočtených tepelných ztrát domu a podle klimatických podmínek, kde se dům nachází. Část tepelné energie totiž získáme pouhým pobytem lidí v objektu, využíváním různých spotřebičů nebo slunečního záření prostupujícího okny. Pokud chceme tepelné zisky využít v náš prospěch a ušetřit tak za tepelnou energii, musíme u tepelné soustavy mít vhodnou regulaci. Tato regulace musí zajistit, že při takto získaném teplu omezí přísun tepla z tepelného zdroje. Vhodné je také pokud uvnitř domu jsou přítomny materiály (hmoty), do kterých lze přebytečný tepelný zisk akumulovat. Kdybychom tyto hmoty nepoužili, může se přihodit, že v některých místnostech bude přetopeno a budeme muset větrat. (4)

Zónová regulace nebo termoregulační ventily osázené hlavicemi jsou nejznámější technologie pro regulaci a využití tepelných zisků. Zónová regulace umí vypnout všechny obvody tepelné soustavy na osvětlené stěně. U podlahového topení je využití tepelných zisků problém. Ohřevem podlahy přibližně na 25 °C nedokážeme akumulovat teplo ze vzduchu s nižší teplotou. Podlahové topení má tepelnou setrvačnost. Díky setrvačnosti nemůžeme rychle omezit dodávku tepla do místnosti. Tato vlastnost se kladně promítne tím, že s větší teplotou v místnosti se snižuje výkon podlahového topení. To se děje díky klesajícímu rozdílu mezi teplotou podlahy a vzduchu v místnosti. Efektivnějším řešením je dělená tepelná soustava. Podlahová část této soustavy vyhřívá menší část vzduchu a zbytek tepla je dodáván radiátory, které mají termoregulační ventily. (4)

Na orientaci oken, typu zasklení, způsobu stínění oken a exteriéru před oknem závisí velikost teplotních zisků, získaných ze slunce. Záclony a závěsy mají na energetickou bilanci nízkoenergetického domu až nečekaně velký vliv. Záclony a závěsy, které překrývají radiátory,

nejsou vhodné. Tepelná energie z radiátorů neproudí do místnosti, ale pouze ohřívá vzduch u okna. Pokud navíc máme špatně zateplené okno tak se nám vytápění v domě prodražuje. (4)

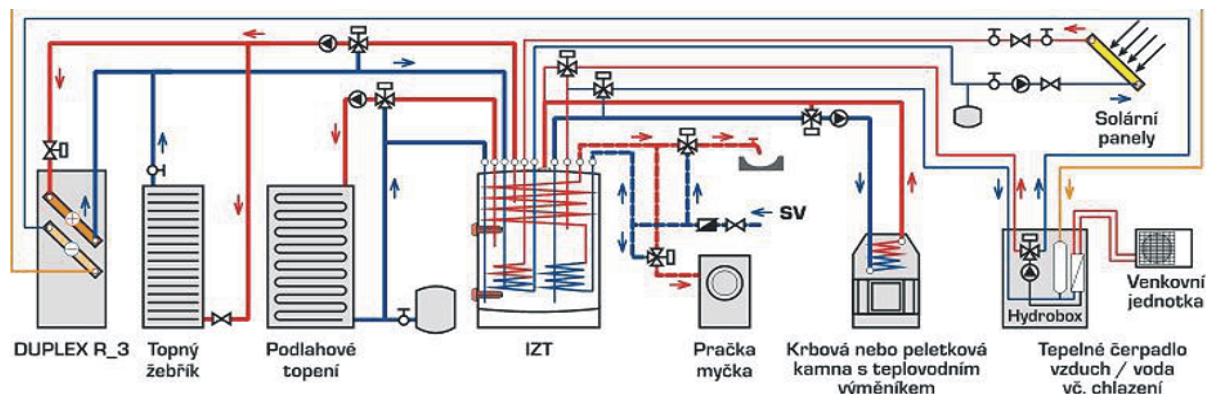
Z domácích spotřebičů máme různé tepelné zisky a využití. Pračka ohřátou vodu vypouští do kanalizace, zatímco chladnička vytápí místnost neustále. Díky tomu není možné jednoduše zjistit tepelné zisky pouze podle příkonu spotřebičů. Musíme znát, o jaké spotřebiče jde a jak se chovají. Například tepelný zisk lidí v domácnosti je 50 W – 100 W na jednoho člověka. (4)

## 4 Vzduchotechnika

### 4.1 Větrání

V budovách je velice důležité větrat. Větrání je důležité z několika důvodů. Jeden důvod je dýchání člověka. Druhým důvodem je, abychom z budovy odstranili přebytečnou vlhkost. Vlhkost v domě vzniká pobytem osob (dýchání, pocení atp.), případně naší činností (praní, vaření, žehlení atd.). Dalším důvodem je, že se z nábytku a dalšího vybavení domácnosti uvolňují různé látky nebo zplodiny z hoření. Ve starých domech se větrání provádělo přirozeným způsobem. Infiltrací a exfiltrací. Infiltrace je samovolné větrání kdy se vzduch dostává dovnitř objektu. Exfiltrace znamená samovolné větrání, kdy se znehodnocený vzduch dostává ven z objektu. Infiltrace vznikala na základě málo utěsněné kostry domu a hlavně špatně utěsněných prostor kolem dveří a oken. Rozdílem tlaků (uvnitř a vně budovy) vzniká přirozená cirkulace vzduchu. Spáry s vyšší spárovou průdušností zajišťovaly bezproblémové samočinné větrání objektu. Díky novým technologiím, jako zateplování interiérů a exteriérů nebo lepšímu zateplení oken, vznikají v budově nové požadavky na větrání. Tyto objekty přestávají samy dýchat. To znamená, že už nestačí samočinná cirkulace objemu vzduchu. Kvůli těmto problémům se nedostatečně odvádí vlhkost. Pokud nebudeme dostatečně odvádět vlhkost, začnou nám na problémových místech rašit plísně. Problémová místa jsou rohy místností nebo plochy s tepelnými mosty. Tyto problémy se vyskytují u nových staveb. Při nedostatečném větrání má majitel domu pocit vydýchaného vzduchu. Na tomto základě začíná otvírat okna a probíhá neřízené větrání. Toto větrání má za následek spoustu vyvětraného tepla. Čerstvý vzduch se musí v domě znovu ohřát. Neřízené časté větrání má za následek velkou spotřebu tepelné energie. Poměr tepelné energie pro větrání a vytápění se u nových domů s tepelně-technickými vlastnostmi mění. Až 40 % tepelné energie bude potřeba na větrání a ohřátí čerstvého vzduchu. Větrání se tímto může stát nejvyšší položkou energetické bilance ekodomu. U přirozeného větrání vzduchu pomocí oken nelze přesně regulovat množství objemového toku a nemůžeme využívat rekuperaci vzduchu.

Rekuperace je technologie, díky které získáváme z větraného vzduchu zpětně teplo. Z výše popsaných příčin dostáváme obrázek, že chybějící mechanické (řízené) větrání představuje u dnešních domů s nízkoenergetickou náročností velký problém. (1) Na obrázku č. 5 vidíme schematický rozvod řízeného větrání a teplovzdušného vytápění v domě pomocí integrovaného zásobníku tepla.



Obr. č. 5 – řízené větrání a teplovzdušné vytápění rodinných domů (2)<sup>2</sup>

## 4.2 Výměna vzduchu v místnosti

Při návrhu domu musí místnosti v ekodomu splňovat tuto podmínku:  $n_{\min} \geq n_{\min,N}$ . Tato podmínka se vztahuje na místnosti, které nejsou používány v zimním období. Hodnota  $n_{\min,N}$  je doporučená nejnižší intenzita výměny vzduchu v místnosti [ $\text{h}^{-1}$ ]. Hodnota platí pro dobu, kdy místnost není využívána. Hodnotu  $n_{\min,N} = 0,1 \text{ h}^{-1}$  pokud technologické požadavky, provozní podmínky či zvláštní hygienické předpisy nepředepisují jinak. Pokud je místnost uvnitř domu i přes zimu využívána tato doporučená hodnota se zvýší. Požadavek na doporučenou hodnotu je:  $n_N \leq n \leq 1,5 n_N$ . Hodnota  $n_N$  je požadovaná intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti [ $\text{h}^{-1}$ ]. Je vypočítaná z minimálního množství potřebného čerstvého vzduchu podle zvláštních předpisů o hygienických požadavcích. (1)

Z hygienických požadavků a z požadavků na nízkou potřebu energie vychází hodnota  $n_N$ . Hygienické požadavky mají při výpočtu větší důležitost než nízká spotřeba energie. Pro místnosti, které obýváme v zimním období je potřeba výměny vzduchu daleko větší než v neobydlených místnostech. Výměna vzduchu závisí na druhu činností uvnitř místnosti. Z hygienických předpisů vychází tato požadovaná hodnota časté výměny obvykle v rozmezí  $n_N = 0,3 - 0,6 \text{ h}^{-1}$ . (1)

## 4.3 Rekuperace – zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu

Pokud v nízkoenergetickém domě provádíme větrání buď nuceným větráním, nebo

<sup>2</sup> IZT – integrované zásobníky tepla

klimatizací pak je pro nás výhodné znovu získávat teplo z odváděného vzduchu. Kdybychom to nedělali, zbytečně bychom vypouštěli teplo se znehodnoceným vzduchem a celé větrání by se nám díky tomu prodražovalo. (1)

V objektu kde je velká míra výměny vzduchu nad  $1,0 \text{ h}^{-1}$  se instalace k rekuperaci vzduchu doporučuje. U novostaveb kde je z hygienických důvodů nebo provozních důvodů celkové množství výměny vzduchu po dobu minimálně 8 hodin denně větší než 2 hodiny pak je rekuperace vyžadována a to s minimálním účinkem 60 %. (1)

## 5 Fototermika (termické kolektorové systémy)

Sluneční kolektory jsou v dnešní době na takové technické úrovni, že bychom je mohli používat na každé budově. Díky relativně nízké ceně klasických zdrojů energie se tak dosud zatím neděje. Ovšem v této ceně z klasických zdrojů energie není započítána cena následných škod díky používání této energie. Na území ČR případně v našem mírném klimatu využíváme ohřev teplé vody kolektory hlavně v letní sezóně. Když je k topné soustavě přidán podpůrný topný systém tak můžeme tuto metodu využít i v přechodném období (jaro, podzim). V létě je sluneční energie tolik, že ohřev teplé vody zvládne slunce samo. Díky tomu až na několik chladných dní může být topení zcela vypnuto. (5)

Funkce termických solárních systémů je založena na jednoduchosti. Zachycená sluneční energie na střeše objektu je zachycena solárními kolektory a vedena dvěma trubkami. Jedna trubka je přívodní, druhá odvodní. Dohromady tvoří cirkulační okruh solárního vedení. Obě trubky vedou k zásobníku vody. Zásobník je navržen dostatečně velký, aby při normální spotřebě vody dokázal dům zásobovat 1 - 3 dny při špatném počasí. Když sluneční energie nestačí plně k ohřevu teplé vody, zapne se kotel, který vodu ohřeje na požadované stupně. Na obrázku č. 4 je znázorněno umístění a použití vakuových kolektorů. Využití vakuových trubic na střeše domu názorně vidíme na obrázku č. 6. (5)



Obr. č. 6 – Vakuové trubkové kolektory (3)

## 5.1 Komponenty solárního systému

Sluneční kolektory dokážou vyprodukovat teplo v rozmezí od 30 °C – 100 °C. Jejich účinnost je vyvozena ze sluneční energie, která na ně dopadá a na užitečné teplo, které dokážou přeměnit. Účinnost je dále přímo závislá i na teplotě a intenzitě záření. Při malých teplotách asi 30 °C – 50 °C klasické kolektory přemění sluneční energii zhruba mezi 50 W/m<sup>2</sup> a 1 000 W/m<sup>2</sup> z toho 50 % – 85 % na teplo. Když je zataženo a sluneční intenzita je malá, ale teplota vzduchu je vyšší tak konstrukčně podmíněné ztráty jsou jasně viditelné. Kolektorová účinnost klesá na 30 % - 0 %. (5)

Pro sluneční kolektory se nejčastěji používají tyto konstrukce:

Jednoduché bazénové kolektory. Tyto kolektory jsou bez krytování a transparentního povrchu. Pokud kolektory mají, takovou konstrukci jsou v praxi nazývány slunečními absorbéry. Bazénové kolektory fungují v rozsahu 20 °C – 30 °C s dobrou účinností. Jejich nejčastější využití slouží právě k ohřevu vody v bazénech. Cenově jsou výhodné. Používají se ve velkém například u veřejných bazénů či veřejných lázní kde slouží jako vhodná alternativa k olejovému nebo plynovému vytápění. (5)

Deskové kolektory se v dnešní době vyrábějí jednoduše zasklené s absorbérem záření. Tento absorbér je pokrytý selektivní vrstvou. Deskové kolektory jsou určeny pro teploty v rozsahu od 30 °C – 80 °C. Standardní deskový kolektor, při výhodných pořizovacích nákladech nám dodává dobré tepelné výnosy pro ohřev teplé vody. Tento druh kolektoru se dá jednoduše začlenit do stavební struktury objektu, kde jej chceme využít. (5)

Vakuové kolektory jsou taky známé pod názvem trubkové kolektory. Je to díky tomu, že jsou vedle sebe uloženy od vzdušně skleněné trubky. Tyto kolektory umí vyprodukovat teplo nad 100 °C. Trubkové kolektory při ohřevu vody v rozmezích mezi 45 °C – 70 °C i při nízké intenzitě slunečního záření mají lepší účinnost než deskové kolektory, které jsou finančně výhodnější. Vakuové kolektory díky této vlastnosti můžeme najít právě tam, kde deskové kolektory kvůli své formě případně velikosti lze těžko umístit. U trubkových kolektorů při umístění do objektu nesmíme zapomenout na zvláštní opatření. Takové opatření je zejména díky tomu, že teplotné médium může dosahovat teplot nad 200 °C. (5)

U nízkoenergeticky náročných domů jsou, deskové kolektory pro přípravu teplé vody daleko častěji instalovány než vakuové kolektory. Je to z hlediska finančních nákladů, nákladů na údržbu, snadnost údržby a poměru cena - výkon výhodnější. (5)

## 5.2 Kolektorový okruh a zásobník

Tepelná energie, která se zachytí a vyrobí v kolektorech je vedena kolektorovým okruhem. Z kolektorů se energie vede do zásobníku s pitnou vodou. Tepelná energie se díky

výměníku přenáší na pitnou vodu a tím dojde k jejímu ohřevu. V kolektorovém okruhu se nejčastěji používá jako teplotonosné médium směs vody a glykolu. Glykol je kapalina, která snižuje bod tuhnutí a tím zamezuje v zimních měsících zamrznutí a zničení kolektorového okruhu. Glykol zároveň zvyšuje bod varu oběhové kapaliny. (5)

Zásobník je rozdělen na zóny a tyto zóny pro správnou funkci ohřevu teplé vody by měly být dodrženy. Jedná se hlavně o tepelné vrstvení uvnitř zásobníku. Zóny jsou tři. Horká zóna nahoře, smíšená zóna uprostřed a studená zóna dole. Pokud chceme, aby zásobník dobře fungoval, musíme zabránit víření vody uvnitř zásobníku při dobíjení nebo odběru tepla. Díky této vlastnosti se zásobník konstrukčně navrhuje jako štíhlá válcovitá nádoba. Do takto navržené nádoby jsou umístěny elementy pro lepší stabilizaci případně i zlepšení přirozeného tepelného vrstvení. U zásobníku nesmíme zapomenout na dobrou izolaci, hlavně v oblasti víka a celého tepelného vedení mezi kolektory a zásobníkem. Bočně vyvedené přípoje ze zásobníku zvyšují tepelné ztráty. Lepší zásobník na vodu poznáme i podle toho, že všechny přípoje jsou vedeny ze zdola zásobníku. Dalším ochlazování teplé vody by mohlo vzniknout vlivem samotížného přirozeného oběhu. Díky tomuto zjištění se veškeré teplovodní okruhy a kolektorový okruh napojuje přes sifonové smyčky. Touto metodou se ochlazování oběhu zamezí. Většina větších prodejců komponent solárního systému nabízí prodej instalačních jednotek. Tyto instalační jednotky obsahují armatury k propojení zásobníku a kolektorů včetně čerpadla a regulace. Instalační jednotky nám pak umožní rychlou, spolehlivou, přehlednou a prostorově úspornou instalaci. (5)

### 5.3 Regulace

Nejjednodušší regulace teploty se určuje rozdílem teplot mezi kolektorovou a zásobníkovou teplotou. Když čidlo zjistí, že na výstupu z kolektoru je teplota vyšší než teplota zásobníku, sepne v kolektorovém okruhu čerpadlo. Teplotní rozdíl, při kterém čerpadlo začíná pracovat, je mezi 4 °C – 8 °C. Když je teplota na zásobníku vyšší než na výstupu z kolektoru, čerpadlo v kolektorovém okruhu čerpadlo ukončí svoji činnost. Pro ochranu před přehřátím zásobníku s vodou by měla být solární regulace vybavena omezovačem teploty, který můžeme podle potřeby regulovat. Toto opatření je důležité hlavně za naší nepřítomnosti (práce, dovolená atp.) Pokud teplota na kolektoru překročí nastavený limit, zastaví se další dodávka tepelné energie do zásobníku, ať nedojde k přehřátí. Přerušování dodávky energie se dosáhne nejčastěji vypnutím kolektorového čerpadla. Při normální sluneční intenzitě dosáhne teplota v kolektoru rozmezí 120 °C – 150 °C. Tato teplota se týká deskových kolektorů. U vakuových kolektorů teplota dosahuje přes 200 °C. Kolektory, které mají zkušební certifikát a bezpečně

jsou odzkoušené, tyto teploty bez problémů vydrží a my se nemusíme bát poškození případně zničení soustavy. (5)

#### **5.4 Dohřívání a omezování teploty**

Pokud se nízkoenergetický dům nachází někde ve stinném prostředí a my zjistíme, že nám nebude k ohřevu vody stačit pouze sluneční energie, musíme počítat s možností dohřívání vody. Při ohřevu vody pomocí systému ústředního topení se nad solární výměník namontuje druhý výměník tepla. Tento výměník při nedostatečném slunečním svitu zásobuje tepelnou energií horní část zásobníkového objemu. Případně můžeme také zvážit dohřívání vody pomocí elektrické energie, ale je to finančně nákladnější a tudíž se používá jen ve výjimečných případech. (5)

Teplota vody na místech spotřeby (sprcha, kohoutky, atd.) nesmí mít více než 60 °C. Lidé, kteří by bydleli v tomto domě, by si pak mohli snadno přivodit různé spáleniny, případně se opařit. Aby nevznikaly tyto nehody, instalují se do teplovodního vedení termostatické (decentrální) směšovací baterie. Druhá metoda regulace teplé vody je, že se nainstaluje jeden centrální termostatický směšovač. Termostatický směšovač většinou najdeme u zásobníku teplé vody. (5)

Zvětšení kolektorové plochy zhruba o 1 m<sup>2</sup> je vhodný u teplovodních sítí s cirkulací. Toto zvětšení se provádí, abychom zabránili dodatečným tepelným ztrátám. Do solárního zásobníku by měl zpětný tok cirkulace ústít asi v polovině jeho výšky. (5)

#### **5.5 Koncepce systému a dimenzování**

Dimenzováním kolektorového systému chceme dosáhnout co největších úspor. Nejlepší by bylo, kdyby nám po celý rok kolektory stačily ohřívat teplou vodu a my nemuseli nic víc na ekodomu řešit. Bohužel v našich podmínkách budeme rádi, když nám kolektorový systém vystačí na ohřev vody po celé léto, aniž bychom museli přitápět alternativním zdrojem. V letních měsících má totiž topný kotel díky dlouhým prostojům špatnou účinnost. Tato účinnost v létě dosahuje méně než 50 % díky neustálému vypínání a zapínání kotle. Nejlepší volba pro nasměrování kolektorů pokud sklon střechy dovolí je na jih. Když nejde kolektory umístit na jih, můžeme je umístit i na východ či západ. Takovéto umístění ovšem není až tak výhodné. Navíc musíme zajistit díky menší sluneční intenzitě ozáření kolektorů zvětšení ozařované plochy. Úhel sklonu kolektorů v našich středoevropských podmínkách je nejlepší při 45°. Tímto dosáhneme nejlepší využitelnosti po celý rok. Při sklonu menším než 45° dosahují kolektory lepší potencionální výnos tepelné energie ze sluneční energie pouze, ale v letních měsících. Takový potenciál ovšem často nemůže být plně využit. Když kolektory nastavíme se



sklonem větším než 45°, dosáhneme toho, že na jaře a podzimu využijeme lépe sluneční energie. Takovéto nastavení se nejvíce využívá u systémů s podporou topného systému s alternativním zdrojem energie. (5)

Pokud máme dostatek financí a rozhodneme na střechu namontovat vakuové kolektory, můžeme absorpční plochu výrazně zmenšit. Vakuové kolektory mají vyšší výnos energie z menší plochy díky jinému konstrukčnímu řešení. Tato plocha se může zmenšit až o polovinu. Ovšem tím, že se zmenší plocha, musíme do vakuových kolektorů investovat daleko více finančních prostředků než do systému s deskovými kolektory se selektivní vrstvou. (5)

Při výše popsaném dimenzování standardního kolektorového systému by měla být pokryta zhruba 60 % roční potřeby tepla pro ohřev teplé vody. Tato 60 % potřeba tepla pro ohřev odpovídá přibližně 500 kWh sluneční energie na osobu za rok. V dobře naddimenzovaných nízko energeticky nákladných domech je pokryto kolem 30 % veškerých potřeb tepla. Toto teplo se vztahuje na topení a teplou vodu. (5)

Zhotovení kompletního solárního systému s deskovými kolektory včetně zásobníku na teplou vodu se pohybují v rozmezí 31 000 Kč - 37 000 Kč za metr čtverečný. Tyto náklady jsou bez ohledu na dopravu. (5)

## **5.6 Dodatečná instalace solárního systému**

Instalace dodatečného solárního termického vybavení na budovu není náročný ani nesplnitelný úkol, zvláště pokud je v nízkoenergetickém domě nainstalované centrální zásobování teplou vodou. Jestliže někdy v budoucnu má dojít k rozsáhlé nebo částečné opravě topného systému, musíme přemýšlet tak, aby nové části solárního termického systému šly snadno zabudovat do již stávajícího systému. Z tohoto důvodu je velice výhodné hlavně při renovaci budov nainstalovat dobře izolované dvojité vedení. To se skládá ze spojovacího vedení, které má průměr 18 mm případně 22 mm. K tomu je vhodné použít ještě 20 mm až 30 mm izolace. Vedení a izolace vede mezi zásobníkem teplé vody, který je obvykle umístěn ve sklepě domu a budoucím slunečním kolektorem, umístěným na střeše domu. Dále když budeme přemýšlet nad kabelovým propojením (dvouvodičovým) pro teplotní čidlo kolektoru a případně prázdnou trubkou pro fotovoltaický systém, dosáhneme všech předpokladů pro další instalaci budoucích solárních systémů. Tento systém pak namontujeme bez bourání zdí a příček. Investice na pořízení termofotovoltaického systému výrazně klesnou. (5)

Na termické solární systémy se snažíme v nízkoenergetickém domě napojit všechny spotřebiče, které využívají teplou vodu (pračka, myčka nádobí). V dnešní době se už dokonce dají bez problémů dokoupit přípojky na teplou vodu na všechny pračky, právě k solárnímu

systemu. Taková speciální přívodní výbava stojí zhruba 5 000 Kč. Tato alternativa za 5 000 Kč je v konečném důsledku daleko levnější než vícenáklady na pořízení pračky s přípojem na teplou vodu. Myčky nádobí, vyrobené novější technologií můžeme rovnou připojit na solární okruh teplovodní sítě. (5)

### **5.7 Obnova zásobníku na teplou vodu a jeho zapojení do systému**

Při rekonstrukci případně výstavbě nového domu by zásobník na teplou vodu měl být zásadně stojacího typu. Tyto zásobníky musí být vybaveny druhým výměníkem tepla, pokud vodu budeme dohřívat od kotle. Výměník tepla je umístěn nejčastěji právě nad zásobníkem s teplou vodou. Pokud se v domě nachází plynové vytápění, můžeme umístit kotel i zásobník pod střechu. Toto umístění je zvláště výhodné pro energetické využití a hlavně nám to ušetří místo ve sklepě. Pokud nestavíme nový dům, ale renovujeme, přebudování starého zásobníku za nový je většinou jen otázkou finančních nákladů, ovšem pokud je k dispozici v domě dostatek prostoru. Dříve se používaly ležaté zásobníky. Ty nejsou pro nízkoenergetický dům vhodné, protože byly navrženy na malou kapacitu teplé vody a nemají dostatečně dobře vyřešené tepelné vrstvení. (5)

V domě se nevyplatí provoz současně solárního zásobníku a zásobníku teplé vody, který je zabudován v kotli. Vždy je lepší si podle situace vybrat pouze jednu variantu. Současné fungování se vyplatí pouze ve výjimečných případech. Fungování se nevyplatí ani tehdy, pokud máme v ekodomě zabudován solární zásobník jako předehříváč teplé vody, který je předřazen před kotlem. (5)

Když je v domě zabudováno decentrální zásobování teplou vodou, kterou kombinujeme s plynovým či průtokovým ohříváčem, můžeme doinstalovat solární systém. Solární systém můžeme doinstalovat, pokud budeme mít v objektu dostatek místa. Dostatek místa potřebujeme hlavně u odběrových míst nebo ohříváče. Pokud máme dostatek prostoru pro solární ohříváč, zabudujeme ho do systému studené vody před průtokový ohříváč. Tím dosáhneme toho, že průtokový ohříváč při nízké teplotě bude díky termostatickému řízení ohřívat vodu v solárním zásobníku až do nastavené užitečné teploty. Tato teplota může být až 60 °C. Předpokladem pro takové využití dohřevu, teplé vody v zásobníku jsou, průtokové ohříváče, kde můžeme regulovat teplotu vody. (5)

Pokud dům renovujeme, musíme udělat úpravy stávajícího systému vedení. Potřebujeme propojit vodu od solárního zásobníku k průtokovému ohříváči. U studené vody musíme zhotovit normou dané zabezpečovací zařízení jako instalaci zpětného ventilu, přetlakového ventilu atp. (5)

## 5.8 Přechodné vytápění

Na jaře a na podzim je v České republice ještě dostatek sluneční energie přes den, ale v noci mohou teploty klesnout i pod bod mrazu. Výše popsany kolektorový systém nejen, že nám ohřívá teplou vodu, ale dokáže pomoci i s vytápěním místností. Toho se dá využít nejvíce právě u domů s nízkou teplotní potřebou. Tyto budovy mají topný výkon pod 10 kW. Pokud budeme chtít vytápět i místnosti, předpokladem je nízkoteplotní vytápění s nízkými přívodními teplotami. Dále si musíme uvědomit a sladit potřebu tepla a solární výnos v rámci celého plánovaného systému. Nevýhodou velkého kolektorového systému je jeho nehospodárnost v letních měsících. Jestliže nenajdeme žádnou jinou alternativu než ohřev vody, v létě se nám projeví vysoká nehospodárnost při vysokých pořizovacích cenách. (5)

Takovéto zjištění ovšem neznamená, že by se toho i v budoucnu nedalo využít, ale ve větším měřítku. První projekty ve Skandinávii a Německu poukazují na to, že můžeme pracovat s obrovskými zásobníky teplé vody pro celé sídliště. Solární ohřev takového zásobníku dokáže pokrýt až 60 % nákladů na teplou vodu celého sídliště. Navíc letní výnos solární energie je akumulován až do zimních měsíců. (5)

## 6 Fotovoltaika

### 6.1 Výroba solárních článků

Základním prvkem k přeměně solární energie je fotovoltaický článek. Solární článek je destička, která dokáže produkovat elektrickou energii působením světla. Pokud fotovoltaický článek velice zjednodušíme, tak v principu jde o velké množství polovodičových diod, z kterých je destička sestavena. Při dopadu světla na solární článek dochází na hradlové vrstvě k vnitřnímu fotoelektrickému jevu. Hradlová vrstva je rozmezí mezi materiálem s vodivostí typu p a materiálem s vodivostí typu n. Elektrický proud je vytvářen elektrony, které jsou vybuzeny sluneční energií. Takto vybuzené elektrony slouží jako volné nosiče. Každý člověk, který by se chtěl dozvědět podrobnější informace o, tom jak fotovoltaické články fungují, si je může najít v učebnicích či příručkách o polovodičích. Na vývodech solárních článků, při osvětlení slunečním zářením najdeme elektrické napětí. (6)

V Bellových laboratořích v Americe byly vyzkoumány první solární články v roce 1954. Po vyvinutí technologie fotovoltaických článků, začaly být využívány v kosmu jako zdroje energie pro satelity. Na základě tohoto využití se jejich technologie rychle rozvíjela. Následkem toho ceny solárních článků klesaly a výkony rostly. Na základě ceny a výkonu se brzy začalo uvažovat o využití solárních článků v domácnostech a na různých komerčních budovách. Technologie fotovoltaických článků je jasným důkazem praktického využití

kosmických letů. (6)

Největší problém při výrobě solárních článků představuje vysoká čistota materiálu. Té se dosahuje několika způsoby. Všechny metody jsou, ale ještě bohužel dost drahé. Na základě těchto zjištění je technologický vývoj zaměřen na hledání správného poměru cena x výkon. (6)

Fotovoltaické články se původně vyráběly z monokrystalu stejného typu, který se používá k výrobě polovodičových prvků. Monokrystal se vyráběl krystalizací taveniny. Stejný postup se používá při výrobě mikročipů. Pro výrobu mikročipů je takový postup dostačující, ovšem pro výrobu velkoplošných panelů už moc výhodný není. Výhodou této výroby je celkem slušná účinnost přeměny světla na elektřinu. Účinnost se pohybuje kolem 12 %. Fotovoltaické články tohoto typu se proto vyrábějí spíše v menších rozměrech. Tuto technologii najdeme třeba na kalkulačkách. Jen bohatí lidé nebo instituce si mohou dovolit velkoplošné pokrytí stavby solárními články, případně kosmický výzkum. V dnešní době se uvádí, že na výrobě elektrické energie mají solární články asi 37 % podíl. (6)

Dnes jsou nejpoužívanější pro praktickou fotovoltaickou energetiku polykrystalické články. Tyto články již nejsou tvořeny pouze jedním krystalem. Polykrystalické články jsou vyráběny z většího množství křemíkových krystalů. Tyto články mají specifickou modravou kresbu. Jejich výroba je jednodušší a také levnější. Bohužel účinnost těchto článků je také nižší, přibližně kolem 10 %. Mnohem praktičtější využití se nabízí u multikrystalických článků, které jsou odrůdou polykrystalických článků. Multikrystalické články mají zvlášť velké krystaly. Účinnost těchto článků je až kolem 14 %. Pořizovací cena multikrystalických článků je levnější než cena polykrystalických článků. Na světové produkci mají polykrystalické články asi 35 % podíl. (6)

V poslední době se začínají hromadně objevovat amorfní články. Tyto články jsou vyrobené z materiálů bez krystalické struktury a nemají ani vysokou čistotu. Díky této technologii jsou značně levnější než předchozí popsané solární články. Tyto články mají dobré, ale i špatné vlastnosti. Dobré vlastnosti jsou: nízká spotřeba materiálu při výrobě, vysoké napětí naprázdno, vysoká absorpce světla. Tyto dobré vlastnosti jsou bohužel vyváženy i špatnými. Nejhorší špatná vlastnost je nízká účinnost přeměny světla na elektrickou energii (kolem 8 %). Další špatná vlastnost je určitá nestabilita při výkonu. Ve světové produkci mají tyto články podíl asi 26 %. (6)

Základní znalost typů různých solárních článků, má pro nás zásadní význam, hlavně pokud bychom si chtěli nějaký pořídit. Často se stává, že lidé, kteří by měli zájem o solární článek, si ho nemohou koupit kvůli příliš vysoké ceně. Bohužel už se možná nikdy nedoví, že šlo o solární článek pro přenosná zařízení, který by byl na střechu jejich domu zcela nevhodný.

V solárním odvětví musíme sledovat vývoj trhu a cen daleko více než v jiných oborech. Solární fotovoltaika se strašně rychle vyvíjí a ceny se mění. Na obrázku č. 7 vidíme průřez rodinného domu a schéma zapojení fotovoltaických panelů. (6)

## 6.2 Autonomní systém

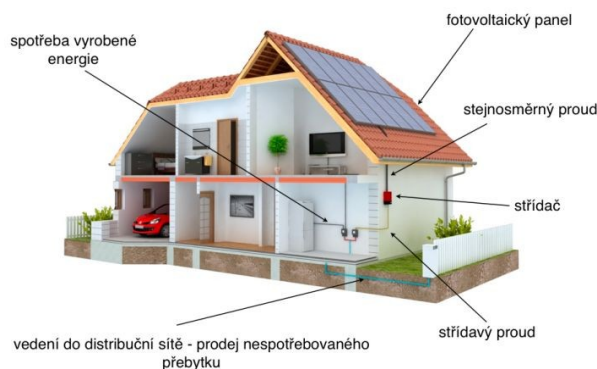
Nalezneme na místech, kde není dostupná veřejná elektrorozvodná síť. Autonomní systém obecně potřebuje akumulátory. Nejvíce ho využijeme při čerpání vody, telekomunikační a zabezpečovací systémy atp. Na čerpání vody existují systémy o výkonu 2 kW až 3 kW s příslušnými měniči. (9)

## 6.3 Hybridní systém

Tento systém obsahuje fotovoltaické pole a jeden nebo několik pomocných generátorů. Generátory jsou buď diesलगregáty nebo větrné elektrárny s jednou nebo více baterií. Hybridní systém potřebuje složitější regulátory a řídicí členy na rozdíl od jiných systémů. Složitější regulátory a řídicí prvky jsou zde pro optimalizaci vlastností všech zdrojů. Všechny prvky u hybridního systému z hlediska dlouhodobého používání v provozu jsou spolehlivé a málo poruchové. (9)

## 6.4 Systém přímo spojený se sítí

Někdy se taky používá název spolugenerující systém. Za normálních podmínek nepotřebuje akumulátor. Měnič je navržen projektantem tak, aby pracoval v celém rozsahu napětí poskytovaných fotovoltaickým polem. Fotovoltaické pole jsou spolu vzájemně propojené fotovoltaické panely. Jednoduchý systém tohoto typu má fotovoltaického pole a měnič na nízkém napětí. Pokud budeme využívat vysoké napětí (pracují se střídavým napětím vyšším než 220/380 V) je typické využití transformátorů, výkonových spínačů a ochranných prvků. U systémů spojených přímo se sítí je nutnost využití harmonické filtrace a korekce fáze. (9)



Obr. č. 7 – řešení fotovoltaických panelů (4)

## 7 Energeticky úsporná a ekologická příprava teplé vody

Na základě nových zkoušek nezávislých ústavů, které se shodují, se ukazuje, že nové sanovací systémy jsou hospodárnější při ohřevu teplé vody. Nové technologie daleko více šetří primární energii. Díky tomu méně zatěžují životní prostředí než decentralizovaná příprava teplé vody elektrickou energií. (7)

Studie, která se zabývá potenciálem úspor při výrobě proudu, dochází k následujícímu výsledku: (7)

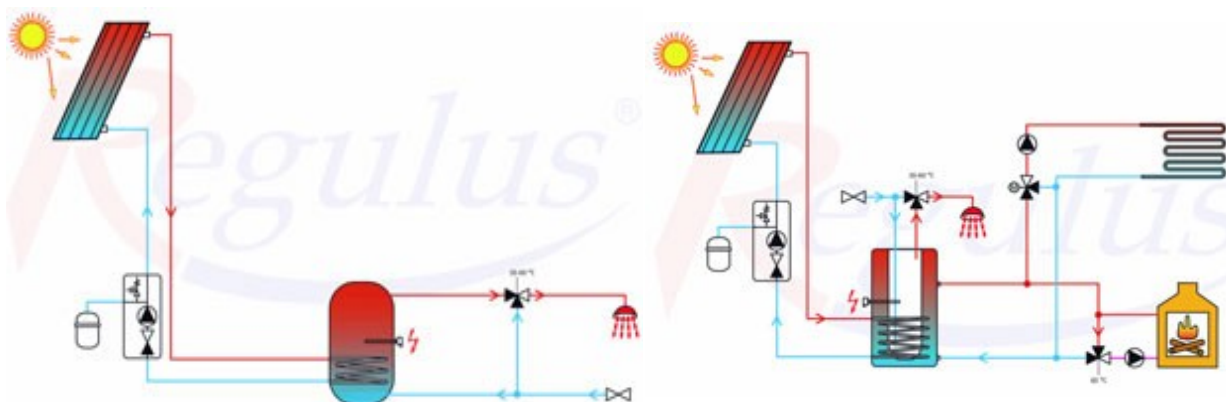
1) Decentralizovaný ohřev teplé vody elektrickou energií:

Takto ohřívání teplé vody je dražší. Teplá voda spotřebuje více primární energie než centrální příprava teplé vody, která je propojena s novým nebo sanovaným zařízením, které k přeměně primární energie využívá buď oleje či plynu. (7)

2) Se starým rozvodným systémem teplé vody se velmi těžko přizpůsobují pouze stará topná zařízení. V tomto případě se taky nedoporučuje oddělit přípravu teplé vody a připravovat ji zvlášť decentralizovaně elektricky. Než, abychom takhle špatně řešili decentralizaci teplé vody, je lepší se zaměřit na sanaci rozvodného systému a hlavně se zaměřit na výměnu kotle a hořáku. (7)

3) V nízkoenergetickém domě je velice výhodná příprava teplé vody spalováním plynu. Teplá voda spalováním plynu je velmi snadno řešitelná pomocí průtokových ohřivačů a etážového plynového topení. (7)

Pokud se na ohřev teplé vody, budeme dívat z pozice ekologie, nejlepší je provádět ohřev pomocí slunečních kolektorů. Další ohřev teplé vody pak můžeme provádět pomocí dálkových či lokálních systémů případně kombinací elektrické energie a tepla jak názorně vidíme na obrázku č. 8



Obr. č. 8 – solární set pro přípravu TUV, solární systém pro přípravu TUV a přitápění (5)

## II Aplikační část

### 8 Nízkoenergetický dům

Celosvětový rozvoj lidstva doprovází zvýšená spotřeba energie. Limity klasických zdrojů energie a zvyšování ekologických parametrů nás nutí hledat nové šetrnější technologie v této oblasti. Snažíme se využívat nové alternativní zdroje energie. Využíváme nejnovější technologie, které jsou navrženy tak, aby fungovaly s menší provozní spotřebou energie. Obrovská část energie, kterou v domě spotřebujeme je právě na jeho vytápění. Kvůli tomuto problému se maximálně snažíme snižovat spotřebu staveb a hledat nové alternativní zdroje energie k vytápění. Nízkoenergetické domy jsou navrženy tak, aby dokázaly udržet komfortní teplotu při podstatně menším energetickém přísunu než klasické stavby z minulého století. V těchto domech se také snažíme klasické zdroje energie, jako jsou: plyn, elektřina, kapalná nebo pevná paliva nahradit alternativními zdroji energie. Těmito netradičními zdroji navíc chceme zvýšit ekologii prostředí domu a jeho okolí. Těmito kroky omezíme zvyšování teploty okolí a generace škodlivin, které se podílejí na zvyšování teploty atmosféry (skleníkový efekt). Používáním vhodné kombinace těchto alternativních zdrojů můžeme dosáhnout poměrně velkých úspor spotřebované energie a tím i peněz. (9)

Nízkoenergetický dům je v podstatě normální běžná stavba domu, který je navržen a zhotoven tak, aby nedocházelo k vysokým únikům tepla. Nízkoenergetickému domu by měla stačit spotřeba energie na vytápění zhruba mezi (15 – 50) kWh/m<sup>2</sup> za rok. Takové úspory můžeme dosáhnout díky kvalitnímu návrhu a moderními stavebními postupy. Stavby jsou navrhovány podle doporučených hodnot v normě ČSN 730540. Výměna tepla ve stavbě může být řízena a můžeme využít i rekuperaci tepla. Dům se snažíme navrhnout a postavit tak, aby nám v budově nevznikaly tepelné mosty. (10)

### 9 Ekologické nízkoenergetické domy

Od druhé poloviny 20. století se stále častěji setkáváme s názvy, jako jsou: nízkoenergetické stavby s kapalinovým fototermickým solárním kolektorem a velkoobjemovým akumulátorem tepelné energie. V dnešní době tyto stavby s minimalizovanou spotřebou energie jsou mnohem složitější, díky novým technologiím. Dnes se běžně používá náročná tepelně energetická a ventilační technika. Z obnovitelných zdrojů se používá především sluneční záření, větrná energie, energie akumulovaná v biomase a geotermální energie. Spotřebu energie nadále snižujeme tak, že opakovaně využíváme energii již jednou získanou. Toho dosáhneme tak, že využijeme například výměníky tepla, které čerpají

teplo z odtékající teplé užitkové vody (TUV) a z ohřátého vzduchu. Tento ohřátý vzduch je pro zabezpečení obměny vzduchu vypouštěn ven. Tato metoda se jmenuje rekuperace tepla. Další metodou jak snížit tepelné ztráty domu je metoda superizolace. K superizolaci využijeme vhodné materiály. Mezi ně řadíme polystyren, polyuretan a minerální vlákna Superizolanty. Tyto materiály velice důkladně izolují vnější stěny (obálky) budov (střechy, stěny a základy objektu). Nové technologie okenních výplní a ráků dokáží snížit tepelné ztráty v poměru 1:4 i více. V dnešní době se objevují objekty panelákového typu vyřešené na základě materiálu s vynikajícími tepelně izolačními vlastnostmi a naráz instalovanými solárními kolektory. Čím dál častěji se také můžeme setkat s využitím fotovoltaických kolektorových solárních panelů při rekonstrukci budov. Tím, že se začaly solární panely využívat, snížila se i jejich cena. (9)

### **10 Palm House firmy Andreas Messerli AG (Weitzikon Švýcarsko)**

Tato stavba má sedm podlaží a je to správní budova mezinárodní výstavnické a propagační firmy. Stavba byla dokončena v roce 1989. Palm House má nový druh fasády s vysokou tepelně izolační schopností, novým způsobem chlazení a větrání budovy. K vytápění vnitřních prostor domu není potřeba žádná externí energie. (9)

Celkový objem budovy je 7 760 m<sup>3</sup> a plocha fasády má 1 616 m<sup>2</sup> z této plochy je 994 m<sup>2</sup> pokryto okny HIT (HighInsulation Technology) švýcarské firmy Geillinger. Vyvinutí speciálních teplotně izolačních oken byl zahájen v roce 1977. Na vývoji se podílely zahraniční firmy z Ameriky a Kanady, které spolupracovaly s americkou NASA na vyvinutí speciálních oken do kosmických stanic. Okno se skládá ze dvou vnějších skel o tloušťce 8 mm a 6 mm. Vnitřní světlost oken je 73 mm. Mezi dvěma skly je mezera a ta je vyplněna vzduchem o atmosférickém tlaku. V mezeře se dále nachází dvě polyesterové fólie opatřené polopropustnými vrstvami. Tyto vrstvy umožňují prostup viditelného záření a odrážejí infračervené záření. Obě skla i fólie jsou uloženy v kovovém rámu. Na rámu je zajištěna kompenzace tepelných dilatací, blokován vznik vlhkosti a dalších nežádoucích vlivů. Fólie byly testovány na životnost ve speciálních laboratorních podmínkách. Testem se urychlilo stárnutí fólie na 40 let. Tyto testy probíhaly v laboratořích NASA. Namontovaná okna a jejich skleněné panely zabraňují vzniku tepelných mostů. Také zabraňují tepelným ztrátám dostat se do exteriéru. Fasádní panely, které jsou shodně popsány s konstrukcí okna, kde je sklo zaměněno za neprůhlednou skleněnou desku (opaxit), vytváří ostatní část fasády. Okno i jeho rám vidíme názorně na obrázku č. 9 (9)

Na umývání fasády není potřeba žádný speciálně vyškolený člověk. Fasádu drží v čistotě pouze déšť. Takže údržba fasády je bezpracná. Činitel prostupu tepla na této konkrétní



fasádě je  $0,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Cena této fasády činí v rozmezí 1 000 – 1 400 CHF. Euro se v zemích EU začalo používat k 1. 1. 2002. V přepočtu na české koruny při kurzu k datu 4. 11. 2013 byl kurz 20,99 Kč za 1 CHF. Což činí částku 20 990 Kč - 29 386 Kč. (9)

Ohřev vnitřních prostor budovy na příjemných a požadovaných  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$  bez problémů zařizují ztráty z osvětlení, provoz počítačů a dalšího technického vybavení. Tepelná energie se získává také se z pracovníků pracujících v budově a z běžného kancelářského vybavení. Skoro celý rok není problém s topením, jen v určitých dnech je nutné větší či menší chlazení. Když venkovní teplota klesne pod  $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , nebo po zimní dovolené a v místnostech, které se nacházejí buď pod střechou či v rohu domu, je nutné místnosti vytápět. (9)



Obr. č. 9 – šesti-komorové okno H.I.T. (6)

## 11 Rodinné domy s nízkou spotřebou energie

### 11.1 (Wädenswill, Švýcarsko)

Na začátku 90 let, bylo ve městečku Wädenswill poblíž města Curychu postaveno pět rodinných dvojdomků. Těmto domům se přezdívá: „domy s nulovou energií“. Tyto rodinné domy mají velice nízkou spotřebu energie z běžně nám dostupných zdrojů pro vytápění. Dvojdomky mají předvést skutečnou využitelnost sluneční energie. Toho dosáhneme tím, že současně využijeme jak sluneční energii, ale taky použijeme nové technologie tepelně izolačních principů a energetické techniky. (9)

Z energetického hlediska je předpoklad, že dům spotřebuje 50 000 kW·h (tj. 180 GJ). Polovina dvojdomku, kde bydlí jedna rodina, by měla spotřebovat kolem 25 000 kW·h (tj. 90 GJ). Po zhruba deseti úpravách stavby a s novými technologiemi můžeme dosáhnout značné úspory a snížit roční spotřebu až 10 % původní hodnoty. Úpravy, které nám pomohou ušetřit peníze a snížit roční spotřebu jsou: do fasády zabudované integrované kolektory s využitím transparentních izolací, okna s gelovými izolačními dvojskly, rekuperace tepla, okna s dvojskly nebo trojskly plněné argonem, pěnová izolace stěn atp. Jeden z nejlepších a neúčinnějších izolačních prostředků je zvýšení tepelného odporu stěn a střechy. Na stěny i střechy se nanese vrstva 12 cm – 18 cm speciálního pěnového polystyrenu, který po určité době ztvrdne. Tento polystyren má prostup tepla  $0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Dále zavedeme vodní akumulátor s objemem  $20 \text{ m}^3$  uprostřed dvojdomku. Tímto dojde k dalším snížením úniku tepla. Celou konstrukci dovršíme použitím oken s využitím argonových trojskel. Další úspory tepelné energie můžeme dosáhnout využitím tepla, vycházejícího z kondenzátoru ledničky a rekuperací tepelné energie ze znečištěného vzduchu z digestoře nad varnou plochou sporáku v kuchyni. (9)

Velmi zajímavé se nám může u téhle speciální zástavby zdát využívání přebytečné energie. Tato přebytečná energie vzniká v solárních kolektorech. Solární energie se využívá k ohřívání pracovní náplně Stirlingova motoru. Motor takto získanou energií vyrábí elektrickou energii. Elektrická energie je díky diferenciálnímu elektroměru znovu vpuštěna do veřejné elektrické sítě. Díky Švýcarským zákonům může dodavatel takto vyrobené a poslané elektrické energie stejné množství bezplatně odebrat. K akumulaci elektrické energie je přitom využíváno přečerpávacích elektráren. (9)

## **11.2 Experimentální nízkoenergetický dům Fraunhoferova institutu (Německo)**

Tento dům je jedním z relativně novějších projektů. Stavba byla dokončena roku 1993. V roce 1995 byla provedena rekonstrukce. Jedná se o energeticky soběstačný sluneční dům ve Freiburgu v Německu. Ústav solárních energetických systémů Fraunhoferova institutu tento dům postavil jako pokusný projekt. Jedná se o dvoupatrový rodinný dům pro čtyři osoby. Půdorys stavby je  $11 \text{ m}^2$ , obytná plocha  $145 \text{ m}^2$ . Prostory na vytápění mají objem  $365 \text{ m}^3$ .

Volba stavebních technologií, materiálů a jejich tloušťka byly přímo závislé na tvaru domu a volbě solárních systémů případně jejich návrhu. Toto všechno se dlouho před započítím stavby ověřovalo při simulacích na počítačových modelech. Tento projekt stál 1,6 milionu DEM v přepočtu 21 106 622,30 Kč. Kurz k datu 4. 11. 2013 byl 13,19 Kč za jednu německou marku. Náklady na výzkum a vývoj tohoto domu byly odhadnuty

na 4 milióny DEM, v přepočtu 52 766 555,7 Kč. Tyto investice jsou i pro dnešní uživatele nepředstavitelné. (9)

Půdorys stavby je půlkruhový. Na obrázku č. 10 je to krásně vidět. Vypouklá bohatě prosklená stěna je směřována na jih. Tato stěna je vybavená žaluziemi, které jsou ovládány elektronicky. Dále je vybavena transparentními izolačními prvky. Stěna, která je orientována na sever je rovná a zvenku je obložená dřevem. Tlusté 60 cm silné stěny jsou z Opuky. (9)

Od základů je stavba izolována pěnovým sklem. Jeho vrstva činí 25 cm. Střechu pokrývá 14 m<sup>2</sup> slunečních fototermických článků pro ohřev TUV a 30 m<sup>2</sup> slunečních kolektorů o maximálním výkonu 4,2 kW. Takový výkon na tuto dobu je jedním z nejlepších na světě. Fototermické i sluneční kolektory jsou otočeny směrem na jih. Horizontální rovinou svírají úhel 40°. Takto získaná elektrická energie se shromažďuje v akumulátorových bateriích na krátkou dobu. Nashromážděná elektrická energie se využívá pro běžné spotřebiče, které najdeme v jakékoliv jiné domácnosti. V akumulátorových bateriích je střídač, který mění normální síťové napětí na střídavé napětí 220 V. Nadbytek elektrické energie slouží na výrobu vodíku elektrolýzou vody. K dlouhodobé akumulaci energie využíváme právě získaný vodík. Pro katalycký difúzní hořák je vodík také používán jako palivo. Jelikož katalycký difúzní hořák neprodukuje škodlivé spaliny, je umístěn přímo v potrubí vzduchové klimatizace, kde pracuje. V takovém případě na stavbě nenajdeme ani výměník ani komín. Díky této technologii nahrazuje vytápění domu klasickým hořícím plamenem. Všechny tyto technologie a zařízení, hlavně jejich optimální chod, zajišťuje počítač. (9)



Obr. č. 10 - nízkoenergetický dům Fraunhoferova institutu (8)

Taková stavba, je naprosto soběstačná, co se elektrické energie týče. Majitelé takhle postavenou stavbou ušetří až 90 % energie nutné k tomu, abychom vytopili stejnou stavbu bez použití stejných technologií. Spotřeba elektrické energie je pouze 321 kW·h v přepočtu pouze 1,2 GJ. Toto množství budova spotřebuje z veřejné elektrické sítě. Ostatní elektrickou energii si dům vyrobí sám ze sluneční energie. Tímto je garantováno, že teplota v domě neklesne pod 18 °C. Tato stavba je díky moderním technologiím i ekologická, protože v ní nenajdeme žádný komín a tudíž nevypouští žádné škodlivé látky při spalování tuhých paliv. (9)

Tato stavba je u odborníků hodnocena velice pozitivně. Dokonce je to tak dobře hodnoceno, že tento dům je podkladem pro tvorbu norem o ekologických nízkoenergetických domech. Všechny zde použité technologie a materiály jsou kombinovány tak, aby co nejvíce šetřily životní prostředí a dokázaly využívat v co největší míře obnovitelné zdroje energie. Bohužel taková stavba je pro běžného občana České republiky naprosto nedostupná, právě kvůli pořizovací ceně špičkových materiálů a technologií. (9)

Při návrhu a řešení nízkoenergetických staveb si musíme uvědomit, co chceme a na co máme peníze. Na jedné straně, můžeme používat hromadně vyřešené skupiny technologických principů najednou. Současně můžeme využívat akumulace elektrické energie, kolektory, moderní izolační prvky a jím podobné technologie. Jde o to, abychom důkladně zvážili komplexní zateplení celé budovy, než začneme dělat návrhy dalších energeticky aktivních technologických zařízení. Nás hlavně zajímá druhé hledisko, protože neodborným zásahem můžeme navždy zničit mikroklima dané stavby. Hlavně pokud se jedná o starší stavby. Pokud se dopustíme takovýchto chyb a neporadíme se s experty, riskujeme vznik plísní, hub, roztočů a různých dalších respiračních a kožních onemocnění. Ovšem pozor i u nové stavby potřebujeme odbornou radu experta, aby nevznikly celkové nevyvážené energetické bilance. Díky špatnému rozhodnutí by se nám mohla stavba opět prodražit. (9)

### **11.3 Experimentální ekologický nízkoenergetický dům VUES Brno**



Obr. č. 11 – Ekodům u Brna (7)

### 11.3.1 Rozvržení a cíl projektu

V České republice máme také ekologický nízkoenergetický dům VUES Brno. Tato stavba je navržena za účelem co největší úspory spotřeby elektrické energie, odebírané z normálních nám dostupných zdrojů. Další účel této stavby je minimalizace ekologických dopadů mezi prostředím budovy a blízkého okolí. Jak dům vypadá, zjistíme z obrázku č. 11. (9)

Primární cíle této stavby jsou:

1) Odebíranou energii z klasických zdrojů co nejvíce snížit. V tomto popisovaném případě to je pod 20 % původní hodnoty

2) Uskutečňovat 4 hlavní záměry. Tyto záměry jsou: technický, edukační, výzkumný a vývojově propagační. (9)

### 11.3.2 Ekodům řešení stavby

Ve firmě VUES Brno a. s. byl v letech 1990 – 1992 uskutečněn vývoj, nového ekodomu. Tento výzkum a vývoj se týkal nové stavby, u které by se využily nové energetické systémy a obnovitelné zdroje energie. Stavební plány, prováděcí technologické projekty a výběr místa pro stavbu domu byl dokončen v roce 1993. Po ročním výběru lokalit padla volba na stavební místo ve vesnici Podolí u Brna. Přesněji pak na území, kde se před lety vedla slavná Napoleonská bitva u Slavkova. Stavbu dostala za úkol postavit brněnská firma LASPON s. r. o. Práce na ekodomě začaly od pololetí roku 1994. Většina nízkoenergetických technologií byla namontována specializovanými firmami mezi lety 1995 – 1996. (9)

Stavba je postavena na ploše asi 330 m<sup>2</sup>. Obestavený celkový objem stavby činí 2 300 m<sup>3</sup>. Budova má šikmou stěnu pod úhlem 60° k vodorovné rovině. Tato stěna je postavena tak, aby mířila přesně na jih. Dům stojí v mírném svahu. Vnitřní prostory ekodomu jsou zhotoveny tak, že je můžeme rozdělit na dvě části, funkční část domu a obytnou část domu. Ve funkční části domu se nacházejí všechny technologie a zařízení pro správnou funkčnost domu. V obytné části domu můžeme normálně a trvale bydlet. Jednoduchost vnějšího pláště budovy je vyvozena z požadavku na co nejmenší členitost stěny, kvůli opakovaným tepelným výpočtům a měření tepla na budově. Jednoduchost modelu stavby byla vyrobena také proto, aby mohly vzniknout jednoduché teplotní modely ekodomu. (9)

Většina stěn, které tvoří obvod ekodomu je z plněných cihel. Tloušťka těchto stěn je 45 cm. Severní stěna domu je postavena ze železobetonu. Další zateplovací vrstva severní stěny je zhotovena z minerálních vláken. Na vnější části stěny (pohledové části) jsou dřevěné desky. Ty zároveň tvoří takzvanou uzavírací část stěny. Ze tří stran hlavně severní a přilehlé západní a východní stěny byl vybudován hutněný hliněný násyp. V násypu jsou umístěny izolující

kapalinové zásobníky. (9)

Šikmá severní stěna domu je vybudována na nosné konstrukci z předpjatých železobetonových odlehčených panelů, které se nazývají Spiroll. Tyto panely mají taktéž tepelnou izolaci z minerálních vláken. Na panelech je přibito dřevěné bednění. Střešní krytina je zhotovena z asfaltového pásu a bonnského šindele. (9)

Jižní stěna je také šikmá a je tvořena izolací z minerálních vláken. Izolace je kryta dřevěným bedněním. Jižní stěna je tvořena obdobně jako střecha (asfaltovým pásem a bonnským šindelem). Uvnitř domu, na jižní straně stěny je stěna pokryta sádrokartonovým povlakem. Na jižní stěně dále najdeme 4 výklopná okna. Tato okna jsou tvořena dvojsklem vyplněným argonovou náplní. Zbytek stěny je prosklený a tvoří ho rámy s trojsklem se vzduchovou náplní. Za rámy jsou okna, která jsou složena z dvojskla a využívají i absorpčních fólií. Vnitřní okna jsou obtékána vnitřním cirkulujícím vzduchem. Tímto efektem je vytvořen vzduchový kolektor. Na jižní stěně u stropu je hlavní fototermický sběrač slunečního záření. Po stranách fototermického sběrače jsou umístěny dvě baterie fotovoltaických kolektorů. (9)

Dva zásobníky na tepelnou energii o maximální kapacitě 100 m<sup>3</sup> kapaliny jsou umístěny na severní straně budovy. Vevnitř v budově je zabudován dělený šterkový (suchý) zásobník o maximální kapacitě 70 m<sup>3</sup>. Dělený šterkový zásobník je ohříván teplým vzduchem ze vzduchového kolektoru, který se nachází v prosklené jižní části stěny. (9)

V posledním patře domu je umístěna strojovna vzduchotechniky. Strojovna má v sobě rekuperační výměník, který odebírá přebytečnou tepelnou energii. Tato tepelná energie se získává z odvětrávaného vzduchu. Ve strojovně je také umístěn hlavní ventilátor vzduchového obvodu celé stavby. (9)

## **11.4 Nízkoenergetické technologie ekodomu**

### **11.4.1 Podlahové topení**

Stavba je vytápěna velkoplošným nízkoteplotním vytápěním. V podlahovém vytápění je přenosné teplotní medium čistá voda. Celková plocha, kterou v budově vytápíme, činí přibližně 215 m<sup>2</sup>. Ztrátový výkon byl při návrhu domu odhadnut na 11 kW. (9)

### **11.4.2 Fototermická kolektorová baterie**

Vakuovými fototermickými kolektory se získává ze slunečního záření tepelná energie. Kolektory jsou typu SOL 180 vyráběné ve firmě Stiebel – Eltron. Tato získaná sluneční energie je hlavním zdrojem tepla v budově. Plocha na, kterou sluneční energie dopadá je tvořena 24 fotovoltaickými kolektory. Kolektory jsou spojeny trvale a vždy každých 6 je spojeno paralelně. Takto vzniklo spojení 6 x 4 kolektorů a tyto bloky můžeme propojit sériově,

sérioparalelně nebo čistě paralelně díky ventilovému přepínači. Na těchto blocích také můžeme přepínat různé příkonové režimy. Jeden z těchto režimů je Tickelmanova smyčka. Rozmezí výkonu u jednoho kolektoru je od 0 do 1 360 W. Plocha, kterou potřebujeme k účinné absorpci, činí celkem 41,28 m<sup>2</sup>. (9)

#### **11.4.3 Pomocný zdroj topení**

Topný zdroj o výkonu 5 kW se používá jako pomocný zdroj topení. Tento zdroj je uložen v podlahovém systému topení před vstupem topného média do rozdělovačů. (9)

#### **11.4.4 Kapalinový akumulátor tepelné energie**

Z hlavních kapalinových zásobníků odebíráme tepelnou energii pro naši stavbu. Kapalinové zásobníky se doplní speciálními nádobami a pak je můžeme využít stejně jako dvoufázové akumulátory. Ve dvoufázových akumulátorech můžeme využít změnu skupenství voda - led. V akumulátorech využijeme i skupenské teplo zhruba kolem 60 % objemu vodní náplně. Poté taky můžeme využít energii ochlazení až do -5 °C. Koncem letní sezóny, po kterou akumulátor sbírá tepelnou energii, je maximální teplota odhadnuta v rozmezí 60 °C – 65 °C. Na začátku zimy (topné sezóny) se teplota v akumulátoru poměrně rychle zmenší. Díky tomuto jevu nebylo nutností stavět drahou tepelnou izolaci zásobníků. (9)

#### **11.4.5 Tepelné čerpadlo pro topný systém**

Po dlouhé úvaze bylo zvoleno pro naši stavbu tepelné čerpadlo typu voda - voda firmy Stiebeltron WPWE 18 K. Tento druh čerpadla má výkon 17,7 (11,7) kW, podle toho jaký má režim teplotu buď 10/35 °C nebo 0/35 °C. Tepelné čerpadlo je nainstalováno do kapalinových okruhů speciálním způsobem. Speciální způsob zapojení čerpadla do okruhu budovy nám dovolí získat vyšší tepelný faktor, než jsou hodnoty uvedené u jmenovitých hodnot čerpadla. (9)

#### **11.4.6 Nárazníková vyrovnávací nádoba**

Nádoba má objem 0,7 m<sup>3</sup>. V budově se nachází proto, aby šetřila životnost tepelného čerpadla. Vyrovnávací nádoba má za úkol plnit funkci minimalizace rozběhů tepelného čerpadla. Touto technologií dosáhneme toho, že čerpadlo se podstatně méně zapíná a vypíná. Nádoba rovněž obsahuje zálohový (pomocný) tepelný zdroj. (9)

#### **11.4.7 Tepelné čerpadlo pro TUV (tepelnou užitkovou vodu)**

Tepelné čerpadlo pro TUV bylo zvoleno od firmy Stiebel – Eltron WWK 300 HC. Je to tepelné čerpadlo typu vzduch - voda. Práce čerpadla je ohřívání užitkové teplé vody. Čerpadlo má objem zásobníku 284 l vody. Maximální příkon tohoto typu čerpadla je 410 W,

přičemž topný výkon činí 1,3 kW. Ohřev užitkové teplé vody je prováděn přeměnou tepelné energie z vnitřního tepla vzduchu v domě. (9)

#### **11.4.8 Rekuperační výměník**

Ve ventilačním okruhu experimentálního domu najdeme i rekuperační výměník. Výměník je zhotoven z trubkovnice z 1 100 vrubovaných trubíc. Já osobně bych si ji spíše představil pod lidovým pojmem husí krk. Elektroinstalační trubice (husí krk) má v našem případě průměr 16/13 mm a celkovou délku 1 500 m. Z těchto údajů nám vyjde celková plocha, na které dochází k výměně tepla kolem 150 m<sup>2</sup> o účinnosti asi 65 %. (9)

#### **11.4.9 Ventilátor**

Má za úkol obměnu vzduchu v domě. V ekodomě je použit typ RNH 630. Ventilátor zde pracuje v nízko otáčkovém režimu v rozmezí (100 – 200) otáček/min<sup>-1</sup>. Řízeným frekvenčním měničem je tento ventilátor napájen. (9)

#### **11.4.10 Regulační klapky vzduchotechniky**

Kvůli optimalizaci vzduchu v ekodomu jsou ve ventilačním systému instalovány regulační klapky vzduchotechniky. Těmito klapkami můžeme regulovat množství čistého vzduchu v místnosti a řídit nastavení poměru mezi čistým a cirkulačním vzduchem. Další možnosti nastavení jsou rozmístění vzduchu po výstupu z tepelného čerpadla určeného pro ohřev tepelné užitkové vody. Klapkami můžeme také regulovat využití stupně šterkového zásobníku tepelné energie nebo nastavení odsávání znečištěného vzduchu z hygienických zařízení. Poslední věc, kterou nastavitelnými klapkami můžeme řídit, je průchod vzduchu solárním kolektorem. Konstrukce klapky je většinou atypická a přesně dělaná na míru určité budovy, ve které bude umístěna. V Brněnském ekodomě má jedna klapka délku 6 m. Šesti metrová klapka se nachází u vzduchového kolektoru. Druhá klapka má délku jenom 3 metry a najdeme ji u šterkového zásobníku. (9)

#### **11.4.11 Pomocná topná plocha**

Přímý ohřev vnitřního cirkulujícího vzduchu nám umožňuje konvektorový otopný registr typu OR – 03 – 3000 Likov Liberec. Tento otopný registr je přímo nainstalován na systém podlahového topení. Otopný registr je vestavěný v hlavním větracím kanálu před vstupem do šterkového zásobníku. Touto technologií se provádí krátkodobé teplovzdušné vytápění ekodomu. (9)

#### **11.4.12 Vzduchový fototermický kolektor a suchý šterkový zásobník**

Obě tyto technologie jsem stručně popsal v předcházející části práce, u popisu



stavebních částí domu. (9)

#### **11.4.13 Záložní elektrický systém napájení**

Při výpadku dodávky elektrického proudu z veřejné sítě máme v domě zařízení záložního zdroje elektrické energie. Zdroj musí zajistit elektrickou energii hlavně pro napájení a monitorování řídicího počítačového systému a pohon oběhového čerpadla fototermických kolektorů. Doba, po kterou je zdroj schopný zajistit elektrickou energii je deset hodin. Záložní zdroj je vlastně akumulátorová elektrická baterie Ni – Cd o napětí 12 V a s kapacitou 640 A/h. Baterie je dobíjena ze dvou elektrických zdrojů. Jedním ze zdrojů je dvanáct fotovoltaických panelů AEG typu SP 50 W/12 V. Druhý zdroj je malá větrná elektrárna VUES VE 200 s jmenovitým výkonem 200 W. Tyto dvě technologie jsou propojeny s regulačním nabíječem a měničem firmy Solartec z Rožnova pod Radhoštěm. Obě technologie zajišťují chod náhradního elektrického zdroje. Když je baterie náhradního elektrického zdroje plně nabita, přebytečnou elektrickou energií je přihříván hlavní kapalinový zásobník. (9)

#### **11.4.14 Měřicí a regulační systém**

V celé konstrukci brněnského ekodomu najdeme velké množství speciálních na míru navržených snímačů teploty. Převodníky teploty, které se nacházejí v konstrukci, jsou typu AD 592 AN od firmy Analog devices. Na měření tepelných toků jsou použity snímače typu Alfametr 111 Drutěva. Na ventilačních kanálech jsou použity anemometry. Kromě normálních klimatických veličin, které měříme běžnými přístroji, jsou připojeny i snímače slunečního záření. Standartní meteorologickou aparaturou můžeme měřit: tlak, vlhkost, směr a rychlost větru, teplotu venkovní i vnitřní. (9)

Z přibližně 200 měřících čidel získáváme hodnoty pomocí systému, řízeného počítačem. Po získání námi požadovaných dat, dokáže počítač regulovat teplotu v domě. Počítač také ovládá na základě naměřených základních hodnot na různých místech umístěné servomotory ovládacích silových mechanismů. Těmito mechanismy se nastavují klapky ventilů a vzduchotechniky kapalinových okruhů po celém domě. (9)

### **11.5 Využití a provoz Ekodomu**

#### **11.5.1 Hlavní význam Ekodomu a jeho původního projektu**

Ekodům u Brna a jeho celý projekt byl zamýšlen jako experiment a demonstrační stavba při využití nových technologií. Konstrukteři chtěli upozornit hlavně na čtyři hlavní záměry proč takový nebo podobný ekodům vybudovat. (9)

### **11.5.2 Technický záměr**

Snahou technického řešení ekodomu bylo uskutečnit stavbu o něco většího rodinného domu. Tento ekodům měl zároveň snížit spotřebu tepelné energie, důležité pro vytápění o jednu třetinu ve srovnání se stavbou o stejné velikosti, ale vytápěné klasickým typem topení. Hlavním zdrojem energie je sluneční záření. Druhým hlavním zdrojem energie je větrná energie. Terciálním zdrojem energie je rekuperace tepelné energie, kterou získáváme z vnitřních prostor, konkrétně z odvětrávaného vzduchu nebo rekuperací odpadní teplé užitkové vody. Technologickou snahou bylo zajistit minimální tepelné ztráty ekodomu, abychom v topné sezóně nemuseli moc topit a tím ušetřili náklady na vytápění. Správným řízením jednotlivých tepelných systémů v budově, získáváme úsporu na externě dodávanou tepelnou energii. Dům je navržen a postaven po technické stránce jako experimentální stavba. V této stavbě chtěli konstruktéři využít všech zařízení, dostupných pro běžného občana. Zároveň ovšem chtěli využít co nejlepších technologií k získávání energetických zdrojů pro využití v domě. Až na druhém místě mohli technologové řešit ekonomickou stránku objektu. V prvním technologickém návrhu byl plán domu konstruktéry pojat maximalisticky. (9)

### **11.5.3 Výukový záměr**

Tento projekt studovali studenti Vysokého učení technického v Brně. Stavba se stala obrovskou laboratoří. Na vývoji a výzkumu ekodomu se podílely stavební obory, strojírenské obory a elektrotechnické obory (pozemní stavitelství a technické vybavení budov, tepelná energetika a ekologické inženýrství, solární fotovoltaika, větrné generátory, akumulátory a další.) (9)

### **11.5.4 Výzkumný a vývojový záměr**

- a) Systematické sledování energetických a dalších parametrů budovy při experimentálním provozu, sledování a vyhodnocování opotřebení a závadnosti technologického vybavení ekodomu. (9)
- b) Z vypočítaných výsledků získávat cenná data, která by byla námětem pro nové vývojové a výzkumné činnosti. Tyto poznatky dále uplatnit v oblastech výzkumu, vývoje, návrhu a výstavby nového obdobného ekodomu. Vysokoškolští pracovníci se také zaměřili na sledování místních podnebních poměrů. (9)

### **11.5.6 Propagační záměr**

Ukázat různé moderní technologické a materiálové vymoženosti, postupy a technologie, které jsou běžně k dostání na našem trhu. (9)

Projektanti a technologové se snažili o to, aby nám demonstrovali, jak se dá kombinací

a optimalizací využít ušetřená energie, případně jak již využitou energii znovu použít. Většina využitých technologií se řadí mezi obnovitelné zdroje energií. Důležité pro propagační záměr je, aby se tyto technologie dostaly do povědomí a šířily se mezi širokou veřejností ať už laickou či odbornou. (9)

## **11.6 Současný provoz a využití Ekodому**

### **11.6.1 Projektové spotřeby energie**

Podle ČSN 062010 byla vypočítána celková energetická bilance, která vychází z kontroly tepelných ztrát. Tento výpočet byl porovnán s výpočtem v projektové dokumentaci ekodому a stále se opakujícího měření při běžném chodu Ekodому. Celková energie potřebná pro vytápění a vzduchotechniku byla v projektu vypočítána na 110 GJ. Při ročním měření byla naměřena hodnota 102 GJ. Oproti výpočtu v projektu byla naměřena hodnota o 8 GJ nižší, takže v konečném důsledku byl projekt úspěšný. V ekodomě při výpočtu pro celkovou plochu podlahového topení což je asi 583 m<sup>2</sup> vyšla hodnota 0,175 GJ/m<sup>2</sup>. Hodnota 0,18 GJ/m<sup>2</sup> je horní dovolený limit pro nízkoenergetické stavby. Standardy jsou podle norem ČEA (česká energetická agentura). 0,18 GJ/m<sup>2</sup> je v přepočtu 50 kW·h/m<sup>2</sup>. Všechny tyto normované hodnoty vycházely z roku 1992. (9)

V dnešní době jsou normy pro projektování ekologických domů přísnější.

### **11.6.2 Současný stav provozu a využívání Ekodому**

Stavba ještě ani v roce 2001 nebyla zkolaudována. Na budově v té době pořád probíhaly zkušební kontrolní a provozní zkoušky. V roce 2001 byla aktivně využívána technologická zařízení především solární techniky. Plně používány byly kapalinové okruhy solárních fototermických kolektorů, kapalinových zásobníků, tepelné čerpadla a okruhy podlahového vytápění a ohřev TUV. V roce 2001 byla vzduchotechnika v rekonstrukci a v průběhu zkoušek nebyla v provozu. Základní klimatické údaje v budově i vně budovy, které zabezpečuje měřicí systém, jsou neustále monitorovány a měřeny. Ovšem tento měřicí systém byl ovládán ručně. (9)

V roce 1998/1999 byla topná sezóna v ekodomě prováděna téměř bez trvalé přítomnosti obyvatel. Na základě těchto údajů byla spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV 30,5 GJ. Tato hodnota je 25 % z projektanty navrhované roční spotřeby energie. (9)

Tím, že v domě téměř nikdo nebydlel, nebyl vytápěn komplexně. Vytápěny byly pouze určité místnosti, které tvoří celek (takzvanou zónu). Z této vytápěné zóny byly uskutečněny všechny výše popsané provozní výpočty. Výpočty prováděli pracovníci VUT pomocí simulačních počítačových programů. (9)

## 11.7 Závěr experimentálního Ekodому u Brna

Podle popsanych naměřených a spočítaných hodnot v Ekodomě vychází, že projekt prakticky splňuje požadované parametry. Tepelně-izolační vlastnosti plus jejich parametry a výkony technologických celků jsou v projektové normě. Rozmezí systematického měření teploty v jednotlivých uzlech, ekodому jako celku je v podmínkách České republiky jedinečný. Přesné měření a výpočty nejsou tak časté ani u podobných experimentálních nízkoenergetických staveb v zahraničí. (9)

Prováděním měření a celkového sledování změn v objektu získáváme solidní soubory údajů. Tyto naměřené údaje se dále využívají při novém řešení optimalizované solární techniky. Přispívají také ke zlepšení a zpřesnění klimatických údajů v oblasti ekodому. Naměřené údaje se využívají pro návrhy nových solárních systémů. (9)

## 12 Pasivní dům v Opatovicích v ČR

Jedná se o dvoupodlažní dům. Velikost domu je 5+1 o rozměrech 11,1 m x 9,1 m. Dům leží na pozemku o velikosti 1 183 m<sup>2</sup>. Zastavěná plocha je 140 m<sup>2</sup>. Plocha prvního i druhého patra je 74 m<sup>2</sup>. Měrná potřeba tepla na vytápění je podle návrhu 14 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Průměrný součinitel prostupu tepla, kostrou domu je  $U_{em} = 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Energetická náročnost domu je hodnocena podle vyhlášky 148/2007 sb. Dům patří do energetické náročnosti typu A – velmi úsporná. Vzhled domu je vyobrazen na obrázku č. 12 a 13.

Podle návrhu mají obvodové stěny součinitel prostupu tepla  $U = 0,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Podlaha terénu má  $U = 0,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Střecha má  $U = 0,11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Dům je orientován přesně na jih. V přízemí se nacházejí tyto místnosti: vstupní chodba, obývací pokoj, pracovna, kuchyň, koupelna, záchod, technická místnost a, prádelna. V prvním patře se nacházejí 2 dětské pokoje, ložnice, 2 šatny, koupelna a záchod.

Cena stavby na klíč je 5 500 000 Kč za 9 měsíců. Majitelé stavějí svépomocí, spoustu věcí si na stavbě dokážou udělat sami, tím investice stavby klesne přibližně o 1 000 000 Kč. I tak je investice do pasivního domu obrovská. Ale podle odhadu a plánů by roční investice do následujících energií neměly přesáhnout 8 000 Kč. To je ohromná úspora, vzhledem k výdajům za energie ve stávajících domech a panelových bytech. Celý tento projekt vznikl srovnáním výdajů za energie v klasickém domě. Jen plynové topení přijde na 60 000 Kč, pro důchodce je tato cena neúměrná.

Stavba pasivního domu byla započata v srpnu v roce 2011, letos by měla být dokončena a dům bude obydlen. Stavební práce probíhaly tímto způsobem: Pod domem se musela vykopat 0,5 m hluboká díra s metrovým přesahem po obvodu domu a základovou desku izolovali

pěnovým sklem. Pěnové sklo vypadá jako škvára a je vyobrazeno na obrázku č. 17 a 18. V říjnu byla hotová základní deska, která je železobetonová. Dále se začaly stavět stěny domu. Stěny jsou z polystyrénového stavebního bednění maxplus tloušťky 500 mm. V prosinci 2011 dokončili strop v prvním patře. Ten se skládá z železobetonové konstrukce (filigranové stropní desky tloušťky 160 mm). Stropem v prvním roce ukončili stavební práce a čekali do jara. V dubnu 2012 pokračovali na stavbě obvodovými stěnami druhého patra. V červenci 2012 dokončili strop druhého patra. Strop druhého a prvního patra je totožný. V srpnu 2012 dokončili střechu. Ta se skládá z klasické tesařské konstrukce, z dřevěných krokví a vrcholové vaznice. Mezikrokevní a nadkrokevní tepelná izolace je 380 mm tlustá. Dále v říjnu 2012 umístili na stavbu okna. Součástí domu je i garáž, ale ta tvoří samostatnou budovu. Do garáže nelze vejít z domu.



Obr. č. 12 boční pohled (foto autor)



Obr. č. 13 – jižní strana (foto autor)

### 12.1 Vytápění domu

V pasivním domě je projektováno kombinované vytápění. Dům bude vytápěn teplovzdušně nebo elektrickým podlahovým topením. V domě je instalován plynový kotel Geminox THRi. Celá stavba je připravena na pozdější využití solárních panelů. I když stavba ještě není dokončena, teplota v zimě neklesla pod 12 °C. Vnitřní i vnější stěny jsou zhotoveny ze speciálního polystyrénu, který se spojí a prostor mezi ním je vyplněn železobetonem. Polystyren na venkovní stěně je silnější než na vnitřní stěně. Omítky jsou normální, klasická fajnová. Nemají žádné speciální funkce (akumulace tepla). Obrázek č. 14 nám vyobrazuje zateplení vnějších a vnitřních stěn domu. Na Obrázku č. 15 vidíme základní desku domu. Do připravených železných prutů se vkládá zateplení z obrázku č. 14 a následně se zalije betonem.



Obr. č. 14 - vnější a vnitřní zateplení stěn (foto autor)



Obr. č. 15 - základová deska domu s železobetonovou konstrukcí připravenou na vnější a vnitřní zateplení. (foto autor)

## 12.2 Větrání v domě

Větrání v domě bude zajišťovat rekuperační jednotka Paul Santos F 370 DC. Okna jsou tvořena trojskly s argonovou výplní. Zajímavostí je, že sklo po dotyku rukou není studené, jak to bývá u klasických oken. Okna se otevírají, uživatelé nechtěli neotvíratelné okna. Okna mají speciální propustnost a akumulují teplo. Dveře i okna mají rám rehau geneo. U každého okna bude předokenní hliníková žaluzie. Na obrázku č. 16 je vyobrazen rekuperační rozvod. Takový rozvod je po celém domě v každé místnosti.



Obr. č. 16 - rozvod rekuperace (foto autor)

## 12.3 Ohřev TUV

Na střeše domu, která je orientována k jihu jsou dva ploché solární kolektory SUNWING T3. Kolektory a plynový kotel budou v budoucnosti ohřívat TUV. V budoucnu mají

investoři v plánu, že si pořídí tepelné čerpadlo země-voda. Další spotřebiče v domě jako pračka, myčka nádobí atp. nebudou připojeny na fototermické články, takže ohřev vody bude provádět každý spotřebič sám.

#### 12.4 Elektřina v domě

Elektřina bude odebírána z veřejné elektrické sítě. Tuto technologii majitelé řešili v době, kdy skončila dotace Zelená k úsporám. Výpočtem zjistili, že to pro ně není výhodné.

#### 12.5 Využití dešťové vody

Dešťová voda bude navedena do nádrže s vodou a tato voda bude sloužit k zalévání.



Obr. č. 17 - pěnosklo (foto autor)



Obrázek číslo 18 - detail pěnoskla (foto autor)

### 13 Novostavba na okraji Valašského Meziříčí

Novostavba je dvoupatrový rodinný dům velikosti 4+1. zastavěná plocha je přibližně 120 m<sup>2</sup>. Dům leží na pozemku velikosti 2 000 m<sup>2</sup>. Plocha prvního i druhého patra je 65 m<sup>2</sup>. Tato novostavba v sobě skrývá prvky nízkoenergetického domu, který využívá obnovitelné zdroje energií. Novostavbu si můžeme prohlédnout na obrázku č. 19 a 20.

Ve spodním patře se nacházejí tyto místnosti velký obývací pokoj s krbem, kuchyň, koupelna se záchodem a technická místnost. Ve druhém patře jsou ložnice, 2 dětské pokoje, koupelna a záchod. Pod polovinou domu je sklepní prostor.

Pozemek už investoři měli koupený dříve a podle projektu dům stál 2 000 000 Kč. Manželé jsou také moc šikovní, takže si spoustu věcí udělali sami, případně své pomocí. Cena stavby tak klesla zhruba o půl milionu korun. I do tohoto domu je počáteční investice dost vysoká. Jelikož na dům nemají propočty kolik a jak ušetří tak nemám žádné informace o ceně za roční energie. Každopádně v dnešní době topí dřevem v krbu a pozemek mají velký, takže o dřevo není nouze. Tím pádem na vytopení domu a ohřevu teplé vody ušetří určitě více jak v městském bytě.

Nedostatek informací je ovlivněn tím, že se tam manželé na začátku března 2014 nastěhovali. Tím pádem nemají spočítanou roční úsporu. Se stavbou začali v roce 2009. Stavba

trvala zhruba 4 roky a ještě teď nejsou některé místnosti dokončené. Celá stavba vznikla na nezávislosti na panelovém domě a větším soukromí. Manželka si časem na zahradě udělá i zahrádku kde bude pěstovat různé druhy ovoce a zeleniny. Na zahradě také manželé přemýšlejí nad výsadbou Japonských topolů.



Obr. 19 západní pohled (foto autor)



Obr. č. 20 východní strana (foto autor)

### 13.1 Vytápění domu

V současné době (jaro 2014) topí pouze dřevem v krbu uprostřed obývacího pokoje což vidíme na obrázku č. 21. Krb je udělán tak, že po přepnutí spínače se může ohřívat i TUV v 1 000 litrovém kotli. Krb má vývody i v horním patře, takže dokáže vytopit i horní patro. Při poklesu venkovní teploty je možné podlahové topení. Vodu do podlahového topení lze ohřát krbem nebo elektřinou. Do budoucna je plánovaný ohřev vody pomocí solárních panelů. Dům je zateplen a to 15 cm polystyrenem obloženým z venkovní strany u domu. Zeď je klasická cihla 30 cm silná, omítky jsou obyčejné, nemají žádné speciální schopnosti (akumulace tepla). Na podlaze je položen 10 cm polystyren, na kterém je po úpravě nainstalován rozvod podlahového topení. Na podlaze se nachází linoleum a při topení podlaha příjemně hřeje a není studená.



Obr. č. 21 - krb na vytápění domu a TUV (foto autor)



### 13.2 Větrání v domě

Větrání v novostavbě probíhá klasicky, okny. Nemají žádnou rekuperační jednotku. Okna jsou dvojskla Termolux K 1.1 s hlukovým útlumem 32 dB. Okna mají stíněné žaluzie zvenitř domu. Domovní dveře jsou v klasické úpravě.

### 13.3 Ohřev TUV

Na střeše budou nainstalovány fototermické články na ohřev TUV. Zatím investoři na ohřev teplé vody používají teplo vyprodukované krbem. Pokud nebudou topit, můžou využít elektrické přípojky k 1 000 litrovému zásobníku s vodou na obrázku č. 22. Pro okamžitou potřebu kuchyně je pod dřezem zabudovaný 10 litrový průtokový ohřívač (obrázek 23), a proto teplá voda v kuchyni není závislá na ostatních systémech v domě.



Obr. č. 22 – 250 l bojler a 1 000 litrový zásobník na TUV (foto autor)



Obr. č. 23 – 10 l průtokový ohřívač (foto autor)

### 13.4 Elektřina v domě

Elektrickou energii budou odebírat z veřejné sítě.

### 13.5 Využití dešťové vody

Voda ze střechy bude svedena do barelu a využívána pro potřeby domu (zalévání, úklid).

## 14. Nízkoenergetická půdní vestavba na Mikulůvce

Vesnice Mikulůvka leží na Vsetínsku. Zde se realizuje půdní vestavba do již stojícího domu. K půdní vestavbě se investoři rozhodli, z důvodu menší finanční náročnosti než je postavení nového domu.

V domě jsou dvě samostatné bytové jednotky a třetí je ve výstavbě. Dům je trojpodlažní, z toho část pod garáží je podsklepená. Velikost domu je v každém patře 4+1. V půdní vestavbě najdeme tyto místnosti: ložnice, kuchyně, dva dětské pokoje, záchod, koupelna, velký obývací pokoj, jídelna, komora. Obývací pokoj, kuchyně a jídelna vyplňují jeden prostor. Rozměry domu jsou 11 x 11 metrů. Zastavěná plocha půdní vestavby je 100 m<sup>2</sup>.

Dům byl vystavěn před asi 30 lety. To se tady ještě ani nevědělo, že nějaké pasivní domy budou existovat. Tím pádem dům není orientovaný na jih ale opět kolmo k cestě. Dům je na pozemku, kde celý den svítí slunce. V okolí není žádná stavba ani stromy, které by dům zastínily. Z tohoto důvodu se dají na střechu namontovat solární články.

Půdní vestavba není primárně konstruována jako nízkoenergetický ani pasivní objekt. Rozpočet na stavbu činí kolem 1 200 000 Kč. Po dokončení by celkové náklady za energie neměly přesáhnout 15 000 Kč za rok. Měrné tepelné kapacity půdní vestavby nebyly změřeny. Na základě použitých technologií a zkušeností pracovníků různých firem se vestavba řadí mezi nízkoenergetické objekty možná dokonce až k pasivním domům. Půdní vestavbu manželé přestavují 2 roky a letos by se chtěli nastěhovat. Opět jsou velmi zruční, takže spoustu věcí na domě dělají své pomocí. Tím také dost investic ušetřili.

Výstavba začala v srpnu 2012. Nejdříve bylo nutné zkontrolovat původní trámy (jejich nosnost). Do betonové podlahy byly navrtány otvory a do otvorů byly vloženy nosné traverzy, které pomůžou rozložit síly, které drží střechu. Pak bylo možné demontovat původní střechu a postavit vnější zdi půdní vestavby na požadovanou výšku dle projektu a tím docílit vytvoření prostor pro bytovou jednotku (obrázek 24, 25). Nová střech byla smontována mimo dům a na připravenou stavbu byla vyzvednuta jeřábem. To vše se stihlo za 3 dny. Potom byly dozděny štítové stěny a zatepleny vnější stěny. Všechno zateplení se provádělo zevnitř. Boční venkovní stěny jsou z OSB desek. Ty jsou zatepleny 16 cm a pak 10 cm vrstvou polystyrenu. Takto zateplené stěny se zakryly opět OSB deskami. Ze stropu a kolem zdí byl spuštěn hliníkový rastr na sádkartonové zdi. Kolem rastru vzniklo dalších 15 cm zateplení, kde investoři použili stříkanou pěnovou izolaci. V zimě aniž by topili, byla teplota v domě kolem 13 °C. Dále byly zabudovány okna a dveře. V těchto dnech připravují rozvody vody. Stavba by měla být, letos dokončena a připravena k nastěhování.



Obr. č. 24 – původní dům (foto autor)



Obr. č. 25 – půdní vestavba (foto autor)

### 14.1 Vytápění domu

Po důkladném prostudování všech možných dnešních technologií se manželé shodli na elektrických fóliích zabudovaných ve stropě. Na TUV budou používat bojler s kapacitou 250 l. Voda bude odebírána z veřejné sítě. V budoucnu budou řešit, jestli si pořídí solární panely na ohřev TUV.

### 14.2 Větrání v domě

V půdní vestavbě rekuperace nebude. Okna jsou trojsklo a jdou manuálně otvírat. Okna jsou plastová S 9 000 – 6 komorová se třetím těsněním. Tepelná vodivost oken je  $U_f = 0,92$ . Mezi trojsklem je vakuum.

### 14.3 Ohřev TUV

Ohřev vody bude probíhat pomocí bojleru. Dům nemá vlastní studnu a je napojen na městský vodovod. Spotřebiče pračka, myčka nádobí, pokud nebude dostupná tato technologie termických článků pro ohřev teplé vody, budou ohřívat vodu sami. U domu je postavený venkovní bazén. Vytápění vody v bazénu je zajištěno primitivním fototermickým článkem viz obrázek 26 a 27.



Obr. č. 26 - bazén s primitivním fototermickým kolektorem (foto autor)



Obr. č. 27 – detail kolektoru (foto autor)

#### **14.4 Elektřina v domě**

Elektriku budou mít napojenou z veřejné rozvodné sítě. Investoři mají domluvený tarif, kdy 20 hodin odebírají elektriku jako noční proud.

#### **14.5 Využití dešťové vody**

Využití dešťové vody je pro zalévání zahrady a květin.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo poukázat na možnosti materiálů a technologií využívající vybraných obnovitelných zdrojů energie a jejich následné využití v nízkoenergetických domech a pasivních domech. Práce je rozdělena do dvou základních částí: teoretické a aplikační.

Teoretická část je koncipována jako poznatková báze problematiky využití obnovitelných zdrojů energií v nízkoenergetických a pasivních domech. Popsány byly principy využívající jednotlivé druhy OZE a vybraná technická řešení, které využívají technologie na základě obnovitelných zdrojů energie. Byly vymezeny rozdíly mezi nízkoenergetickým, pasivním a aktivním domem. Dále byly popsány jednotlivé systémy domu: zateplení, vytápění, vzduchotechnika, rekuperace, fototermika, fotovoltaika a energeticky úsporná a ekologická příprava teplé vody.

Aplikační část je koncipována jako případová studie. Popsána jsou zde technická řešení konkrétních realizací: nízkoenergetické domy ve Švýcarsku a v Německu (při jejich stavbě byly použity technologie, které jsou dnes již částečně překonány). Dále je zařazen nízkoenergetický dům u Brna byl postaven pro vědecké experimenty, proto projektanti a realizátoři nebyli omezeni pořizovacími náklady, stavba tak představuje spíše ideální řešení.

Ve svém okolí jsem našel tři zajímavé realizace staveb, které různou měrou využívají OZE. Jedná se o čerstvou novostavbu, jeden rozestavěný dům a jednu půdní vestavbu ve starším domě ve fázi před dokončením. Všechny tři stavby mají společné to, že investoři chtěli docílit minimální investice při výstavbě a maximální úspory při provozu domu. Tyto stavby se nacházejí v okolí mého bydliště, měl jsem tak možnost prohlédnout si je a při rozhovoru s jejich majiteli jsem se seznámil s projekty, podle kterých byly stavby realizovány, s náklady na stavbu a s předpokládanými provozními úsporami.

Při rozhovorech s investory jsem dále zjistil, že nejdražší na stavbách je práce a celkové finanční náklady na pořízení technologií (fotovoltaické a fototermické články, tepelné čerpadla, stavební materiál). Osobně mě zaujalo, že v každém domě je možnost vytápět prostory elektřinou i když se všeobecně tvrdí, že elektrická energie je nejdražší způsob vytápění. Je to tím, že pokud jsou vhodnými opatřeními minimalizovány tepelné ztráty objektu, snižuje se významně i množství elektrické energie potřebné pro vytápění a faktor jednotkové ceny elektrické energie se již tak významně neuplatňuje.

Pro běžného občana jsou investiční náklady na pozemek a stavbu domu vysoké. Pokud však zvládne tyto počáteční vysoké investice, na provozních nákladech při vlastním bydlení výrazně ušetří. Vložené investiční náklady se tak postupně vrátí. Do návratnosti musíme

započítat náklady na opravu a údržbu domu a jeho zařízení.

Tato bakalářská práce poskytuje základní informace o technologiích využívajících OZE v rodinné výstavbě a o způsobech provádění renovace starších objektů s cílem snížit provozní náklady na vytápění. Investor by měl být schopen se při konzultacích s odbornou firmou dodávající technologii pro využití OZE kvalifikovaně rozhodnout, na kterou technologii se zaměří, kterou část domu se vyplatí nejvíce renovovat a kde se dá ušetřit. Přitom je třeba vzít v úvahu fakt, že vývoj stavebních materiálů a technologií využívajících OZE pokračuje rychle dopředu.

Cílem práce bylo seznámit spotřebitele s vymezenou problematikou tak, aby se v případě stavby nízkoenergetického bydlení dokázali kvalifikovaně rozhodnout v oblasti výběru typu stavby, použitých materiálů a technologií.

## Seznam použitých zdrojů:

1. POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-96-9.
2. Aktivní domy - definice a očekávání | Domy z Finska: DOMY Z FINSKA. *Aktivní domy - definice a očekávání | Domy z Finska* [online]. 2012 - 2014, 24. 3. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.domyzfinanska.cz/cz/active-houses>
3. KUŽELA, Martin. *Zdi vnější a vnitřní*. 3. vyd. Brno: Era, 2006. ISBN 880-7366-058-X.
4. SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům - realita, či fikce?* 1. vyd. Brno: ERA, 2006. ISBN 80-7366-052-0.
5. LADENER, Heinz. *Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům: Energetická a technická sanace budov v praxi*. 1. vyd. Ostrava: HEL, 2001. ISBN 80-86167-16-X.
6. NOVÁK, Jan. *Úspory energie v rodinných domech a bytech*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: GRADA, 1999. ISBN 80-7169-283-2.
7. FEIST, Wolfgang a Jobst KLIEN. *Nízkoenergetický dům: Úspory energie v bytové výstavbě budoucnosti*. 1. vyd. Ostrava: Hel, 1994. ISBN 0000.
8. Tepelný most. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 27. října 2013. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-11-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%BD\\_most](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%BD_most)
9. OREL, Vojtěch a Milan SIEGL. *Obnovitelné zdroje energie*. Druhé upravené a doplněné vydání. Praha: Fcc public s.r.o., 2001. ISBN 80-901985-8-9.
10. Nízkoenergetický dům. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 27. října 2013. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-11-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADzkoenergetick%C3%BD\\_d%C5%AFm](http://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADzkoenergetick%C3%BD_d%C5%AFm)
11. Obnovitelné zdroje energie. EKOWATT. *EIS* [online]. 1. vyd. 2006, 10. 4. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.eis.cz/problematika.php?klic=3/>

## Seznam použitých obrázků

1. EKOWATT. *Úspory energie a alternativy k běžným palivům* [online]. 1. vyd. 2010, 10. 4. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://arnika.org/uspory-energie-a-alternativy-k-beznym-palivum>
2. MOCÁK, Petr. Řízené větrání a teplovzdušné vytápění rodinných domů - Ing. Petr Mocák - projekční kancelář - agentura M - 35. *AGENTURA M-35 VZDUCHOTECHNIKA* [online]. 1. vyd. 2014, 7. leden 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné

- z: <http://www.vzduchotechnika-klimatizace-m35.cz/>
3. Solární systémy, solární panely, fototermika, fotovoltaika. *Solární systémy, solární panely, fototermika, fotovoltaika* | *Solární energie s.r.o.* [online]. 2008, 10. 4. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.solarnienergie.cz/vakuove-trubicove-kolektory/>
  4. Aktuality měsíce listopad 2009. *Aktuality měsíce listopad 2009* [online]. 2009, 10. 4. 2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.program-genius.cz/>
  5. Prowiprojekt - Úsporné systémy pro vytápění a přípravu teplé vody. REGULUS SPOL. S.R.O. *Prowiprojekt - Úsporné systémy pro vytápění a přípravu teplé vody* [online]. 2014, 14. dubna 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.prowiprojekt.cz/partneri/pr-clanky/usporne-systemy-pro-vytapeni-a-pripravu-teple-vody/>
  6. H.I.T. okna. H.I.T. *H.I.T. okna* [online]. 2011, 14. dubna [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.hitokna.cz/index.php/plast/6-komorove>
  7. Solární liga ČR - soutěž měst a obcí ve vybavenosti solární technikou. *Solární liga ČR - soutěž měst a obcí ve vybavenosti solární technikou* [online]. 2001 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.solarniliga.cz/podoli.html>
  8. NEJEDLÝ, Petr. Nová energetická politika prezidenta Obamy. Blog - Petr Nejedlý (blog.iDNES.cz). *Nová energetická politika prezidenta Obamy. Blog - Petr Nejedlý (blog.iDNES.cz)*: [online]. 2014, 13. 4. 2014 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/71425/Nova-energeticka-politika-prezidenta-Obamy.html>



## Vysvětlivky jednotlivých symbolů

$e_{\Lambda}$  – plošná měrná potřeba tepla pro vytápění

$U$  – součinitel prostupu tepla

$g$  – propustnost energetického záření

$n$  – průvzdušnost ve spárách oken a stěn

$\Delta p$  – rozdíl tlaku

$MW_e$  – mega watt elektrický jednotka elektrického výkonu

Ekvitermní regulace - regulace zdroje tepla v závislosti na venkovní teplotě

$n_{min}$  - je doporučená nejnižší intenzita výměny vzduchu v místnosti

$n_{min,N}$  - je doporučená nejnižší intenzita výměny vzduchu v místnosti určená normou

$n$  – intenzita výměny vzduchu v místnosti

absorbér – zařízení na pohlcování energie

Fotovoltaika – přímá přeměna slunečního záření na elektřinu

TUV – teplá užitková voda

Katalycký – urychlení chemických procesů přidáváním katalyzátorů

VUT – vysoké učení technické v Brně

$U_f$  – tepelná vodivost oken

IZT – integrovaný zásobník tepla

H.I.T. – high insulation technology (vysoká izolační technologie)

OZE – obnovitelné zdroje energie

CHF – švýcarský frank

DEM – německá marka

## Anotace

Jméno a příjmení:	Libor Stavinoha
Katedra:	Katedra technické a informační výchovy
Vedoucí práce:	Mgr. Martin Havelka, Ph. D.
Rok obhajoby:	2014

Název práce:	Využití obnovitelných zdrojů energie v pasivním domě
Název práce v angličtině:	The use of renewable energy sources in the passive house
Anotace práce:	<p>V teoretické části bakalářské práce jsou analyzovány obnovitelné zdroje energie v oblasti rodinné výstavby. Pozornost je zaměřena na úspory tepelné energie, způsoby vytápění, větrání, termické kolektorové systémy, využití solárních článků a energeticky úspornou a ekologickou přípravu teplé vody.</p> <p>V aplikační části jsou popsány konkrétní domy ve Švýcarsku, Německu a v České republice. Nejnovější technologie jsou využity také v nových domech v okolí Valašského Meziříčí. Jejich investoři chtěli docílit minimálních investičních nákladů při výstavbě a maximálních úspor při provozu domu. Z rozhovoru s majiteli bylo zjištěno, že nejdražší na stavbě byla práce a celkové finanční náklady na pořízení materiálů a technologií. Pokud se investoři dokázali kvalifikovaně rozhodnout v oblasti výběru typu stavby, použitých technologií a materiálů, předpokládá se, že provozní náklady při vlastním bydlení budou nízké, a tím se vložené investiční náklady postupně vrátí.</p>
Klíčová slova:	Pasivní dům, nízkoenergetický dům, aktivní dům, obnovitelné zdroje energie, investiční náklady, úspory energií, elektrická energie, tepelná energie,
Anotace v angličtině:	In the theoretical part of presented bachelor thesis renewable energetic sources are analyzed with respect to construction of

	<p>family houses. An attention is especially payed to energy saving, ways of heating, airing, termic collector systems, use of solar cells and obtaining hot water in an economical and ecological way.</p> <p>In the empirical part specific houses in Switzerland, Germany and the Czech republic are described. The up-to-date technologies were also used in several new houses in the surroundings of Valašské Meziříčí. Their investors ´main aim was to meet both minimal acquisition cost during the construction and maximum savings on running of the house. On the basis of interviews with the owners of the houses, it has revealed that the most expensive was the work on the construction and overall financial cost spent on material and technology acquisition. If the investors prove to decide competently on choosing the proper kind of house, technologies and materials, there is high probability that the cost of its operation will be low and that the invested money will be gradually saved.</p>
Klíčová slova v angličtině:	Passive House, a low-energy house, active house, renewable energy, capital costs, saving energy, electrical energy, thermal energy,
Přílohy vázané v práci:	0
Rozsah práce:	59 stran, 52 normostran
Jazyk práce:	Český jazyk