

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energeticky nezávislý rodinný dům

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

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

Jméno a příjmení: **Bc. Martina ŠAFAŘÍKOVÁ**
Osobní číslo: **E15N0094P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Energeticky nezávislý rodinný dům**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování:

1. Vysvětlíte typy energetického využití rodinných domů. Zaměřte se zejména na energeticky nezávislé domy.
2. Popište základní technické uspořádání těchto staveb.
3. Zhodnoťte energetickou náročnost a potřeby pro modelovou situaci.
4. Navrhněte vhodný způsob krytí energetických potřeb zvoleného modelu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Seminář Pasivní domy Plzeň - sborník, Envic, 2008

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Bělik, Ph.D.

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2017

Doc. Ing. Jiří Hamrma, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na návržení energeticky nezávislého rodinného domu. Pro optimalizaci jsou zvoleny dva modely rodinných domů a dvě odlišné rodiny. K výpočtu energetické náročnosti slouží vlastní sestavený výpočetní program v prostředí MATLAB. Pro pokrytí energetických ztrát je počítáno s rozdílnými energetickými zdroji. Závěr práce obsahuje zhodnocení, že trhem nabízená tepelná čerpadla a rekuperace, které mají náklady na energie snížit, nejsou pro energeticky nezávislý rodinný dům vhodná.

Klíčová slova

Energeticky nezávislý rodinný dům, alternativní zdroje energie, energetická bilance, tepelné čerpadlo, rekuperace, fotovoltaická elektrárna

Abstract

The master thesis is focused on designing energy independent family house. Two models of houses and two different families are chosen for the optimalization. A computer program in the MATLAB environment compiled especially for this thesis is used for the energy performance calculation. To cover the energy loss, different energy sources are taken into account. In conclusion, the thesis evaluates heat pumps and heat recovery offered on the market, which are supposed to reduce energy costs, however, they are not suitable for the energy-independent family house.

Key words

Energy-independent family house, alternative energy sources, energy balance, heat pump, recuperation, photovoltaic power station

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 17.5.2017

Martina Šafaříková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D. za cenné informace a metodické vedení práce. Ráda bych také poděkovala rodině za podporu.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1. TYPY RODINNÝCH DOMŮ	10
1.1 POŽADAVKY NOREM NA BUDOVY	10
1.2 STARŠÍ VÝSTAVBY	11
1.3 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM	12
1.4 PASIVNÍ DŮM	12
1.5 AKTIVNÍ DŮM	17
1.6 OSTROVNÍ DŮM	19
2. TECHNICKÉ USPOŘÁDÁNÍ STAVBY	21
2.1 PODSTATY VÝSTAVBY OBJEKTU	21
2.2 VOLBA POZEMKU	21
2.3 VELIKOST DOMU, JEHO TVAROVÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	22
2.4 OBVODOVÁ STRUKTURA STAVBY	22
2.4.1 Tepelné mosty.....	23
2.4.2 Okna a dveře.....	24
2.5 STROPY A PODLAHY.....	25
2.6 STŘECHA	25
2.7 TECHNICKÉ SYSTÉMY BUDOV	26
2.7.1 Vzduchotechnika	26
2.7.2 Vytápění	28
2.7.3 Spotřebiče	30
3. ENERGETICKÁ NÁROČNOST A POTŘEBY PRO MODELOVOU SITUACI	31
3.1 ZTRÁTY	31
3.1.1 Ztráty na ohřev vody.....	31
3.1.2 Ztráty prostupem.....	32
3.1.3 Ztráty větráním.....	32
3.1.4 Ztráty elektrickými spotřebiči	33
3.2 ZISKY	33
3.2.1 Vnitřní tepelné zisky.....	33
3.2.2 Zisky ze slunečního záření.....	34
3.2.3 Zisky z vnitřních zdrojů tepla.....	34
3.2.4 Zisky fotovoltaickými panely a solárními kolektory	34
3.2.5 Vytápění	36
3.3 BILANČNÍ SCHÉMA.....	38
4. NÁVRH KRYTÍ ENERGETICKÝCH POTŘEB ZVOLENÉHO MODELU	39
4.1 MODELOVÁ SITUACE	39
4.2 STAVBA	41
4.2.1 STAVBA I.....	43
4.2.2 STAVBA II.....	51
4.3 NÁKLADY	57
ZÁVĚR	59
PŘÍLOHY	63

Seznam symbolů a zkratek

CPT	Celková potřeba energie
CRPE	Celková roční potřeba energie
EpP PZ.....	Energie pro pohon pomocných zařízení
EpP TC.....	Energie pro pohon tepelného čerpadla
FV... ..	Fotovoltaický
FVE.....	Fotovoltaická elektrárna
IV FVE.....	Instalovaný výkon fotovoltaické elektrárny
MATLAB.....	Matrix laboratory
NkO AN.....	Náklady k ohřátí akumulční nádoby
PeE v OS.....	Potřeba elektrické energie v otopné soustavě
PZ.....	Pokrytí ztrát
REN	Roční energetické náklady
RZE na VaOTV .	Roční zisk energie na vytápění a ohřev teplé vody
SDT	Skutečné dodané teplo
TČ	Tepelné čerpadlo
UN,20.....	Požadované hodnoty
Upas,20	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy

Úvod

Energie je neodmyslitelně hlavním tématem dnešní civilizace. Bez jejího užívání by bylo nemožné existovat a fungovat, proto je snaha o přenášení a zavedení energie do všech míst na Zemi. Dnešní moderní svět je založen na možnosti komunikace, zisku informací a elektrické energie z jakkoliv vzdáleného místa od zdroje energie.

Výroba a zisk energie je jedním z hlavních předmětů celosvětových diskuzí. Lidé se snaží minimalizovat náklady na zisk, i když výroba a spotřeba neustále roste. Zásoby neobnovitelných zdrojů energie se neustále snižují a zisk z obnovitelných zdrojů není dostatečný na pokrytí spotřeby nynější poptávky. Proto má využití a zisk energie neoddiskutovatelný vliv na mikroklimatické změny na Zemi. A v důsledku toho je snaha snížit využívání energie. Je ovšem nutné uvědomit si, že nároky na energii záleží na každém uživateli, regionálních podmínkách a hlavně na životním prostředí. Jsem si tedy zcela jistá, že minimalizace využití energie je budoucností vyřešení energetického problému.

Hlavním bodem v této diplomové práci je zaměření se na snižování energetické náročnosti v rodinných domech a snaha o nalezení řešení tohoto problému. Důvodem jsou vysoké a neustále rostoucí náklady na údržbu a provoz obydlí, jež způsobují nekomfortní užívání rodinných domů obyvateli.

Výsledkem mé diplomové práce je podrobný popis, jak navrhnout samostatně energetický dům a zda je možné ho realizovat. Pro energeticky nezávislý dům jsem propočítala různé způsoby pokrytí ztrát energií. Práce je rozdělena do dvou částí, kdy v první se věnuji teoretickým popisům a výpočtům pro správné navržení domu a v druhé části se konkrétně věnuji dvěma stavbám, které jsou konstrukčně i kompozičně rozdílné, aby bylo patrné, jak moc se stavby energeticky liší, a pokud je vůbec možné budovy navrhnout, aby splňovaly podmínku energetické nezávislosti.

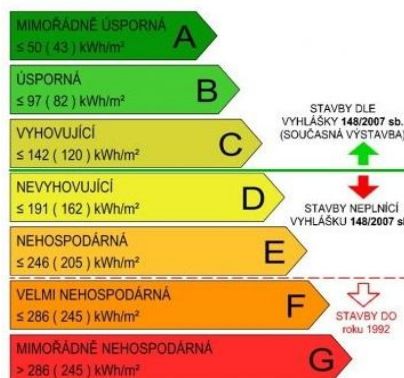
1. Typy rodinných domů

Hlavním důvodem rozvoje energeticky úspornějších až energeticky samostatných domů je rostoucí cena energií a snaha lidí šetřit zdroje energie. Základním prvkem v šetření výdajů na energie je stavbu dostatečně zaizolovat, tedy použít správné materiály, proti úniku tepla a udržení správné regulace teploty obývaných místností a celkového objektu. Proto je důležité si na začátku projektu rozmyslet a spočítat výdaje na energie a samotné investice do zdrojů energie.

Nároky budovy jsou nejen výhřev obyvatelných místností, ale je také ohřev vody či provoz elektrospotřebičů v domácnosti. Pro nejnižší náklady je hlavní volba pozemku. Jeho orientace, struktura a nabídka vlastních zdrojů. Například jižně orientovaný pozemek v mírném svahu s vlastním zdrojem vody je ideální volba, jelikož nám zajistí nejvyšší možný zisk pasivní sluneční energie.

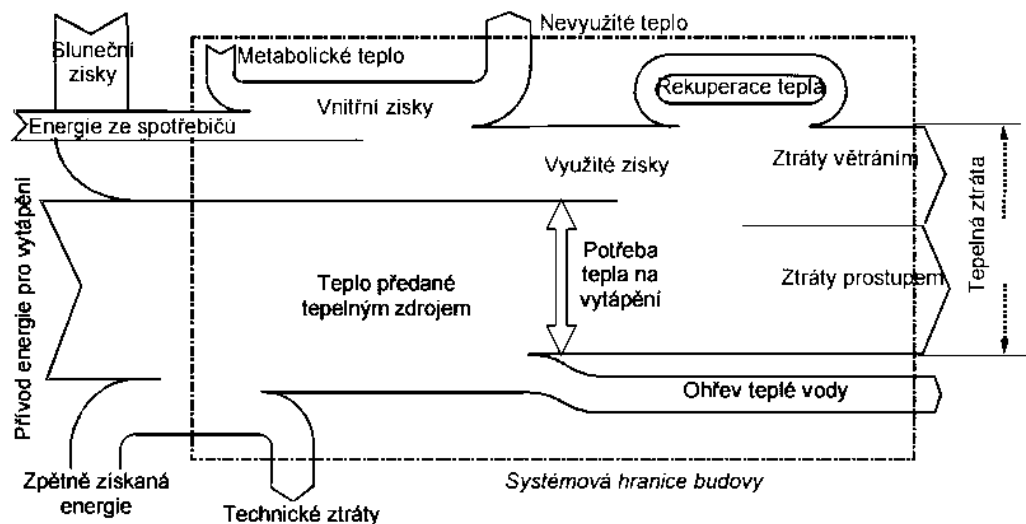
1.1 Požadavky norem na budovy

Energetickou náročnost budovy lze zjistit pomocí výpočtu výstavby a vlastního provozu budovy. Poměrně přesné posouzení roční energetické spotřeby lze nalézt v normě ČSN EN ISO 13790, jež předepisuje metodu pro určení energie. Ta je nezbytná k pokrytí požadavku energie na větrání, ohřev vody či vytápění budovy. Stupeň energetické náročnosti a energetický štítek byly zavedeny pro celkovou informovanost veřejnosti. Energetický štítek budovy na rozdíl od stupně energetické náročnosti nám ukazuje, jaká je tepelná a izolační schopnost obálky budovy. Podle plnění hospodárné spotřeby energie můžeme energetickou náročnost klasifikovat do sedmi skupin od mimořádně úsporné budovy až po mimořádně nevyhovující.



Obr. 1.1 Klasifikace energetické náročnosti budov [2]

Energetická bilance nám určuje tepelné chování budovy. V našem klimatu je pro přesnější výsledek energetické bilance výhodnější si ji rozdělit do časových úseků, například měsíců. V roční energetické bilanci budov počítáme se ztrátami větráním, propustností tepla do okolí na druhou stranu je možné mít zisk z příjmu okolního tepla, zisk tepla vnitřními tepelnými zdroji či solární zisky. [1]



Obr. 1.2 Energetická bilance domu [3]

1.2 Starší výstavby

Při výstavbě starších objektů nebylo dbáno na energetickou hospodárnost. Stavby se prováděly z jakýchkoli dostupných levných materiálů za účelem rychlého obydlení. *“Průměrná měrná potřeba konečné energie na provoz stávajících budov se pohybuje okolo 180 až 250 kWh/m² za rok a klesá jen velmi pozvolna“*. [4]

Dnes je prováděna rekonstrukce těchto budov, neboť se stále vyplatí jejich rekonstrukce, zateplování a opravy izolace, než jejich úplné odstranění. Do celkových nákladů nebyly zahrnuty následné opravy a rekonstrukce, z toho důvodu nebylo správné při návrhu budov řešit i minimalizaci následujících nákladů, tedy navrhnout budovu energeticky úspornou, zohlednit orientaci budovy, volbu pozemku, tvar samotné stavby, použití hmoty na obvodové zdi budovy a správná volba kvalitního a izolačně správného materiálu u větracích otvorů a dveří. Samozřejmě se mělo také respektovat využitelnost budovy, správné pracovní podmínky jako jsou osvětlení, hlučnost či tepelná pohoda, náročnost budovy na údržbu a její dlouhověkost, popřípadě její recyklovatelnost.

Nezanedbatelná pozornost by se měla věnovat správnému zvolení postupů při snížení energetické náročnosti, neboť by mohlo docházet k přílišnému utěsnění budovy a postupnému vzniku plísní a nekvalitního pracovního prostředí. Je tedy nezbytné zajistit dostatečné větrání a odvlhčení starší výstavby. Řešením tohoto problému může být zakomponování rekuperační jednotky, jež přivede filtrovaný čerstvý vzduch a odvede nežádoucí použitý vzduch s vlhkostí, pokud je to ze stavebních a technických důvodů možné. Tato finanční investice se vyplatí do budoucna, jelikož nejen ušetří náklady na energie, ale také zlepšit tepelnou pohodu a ovzduší bydlení. [4]

1.3 Nízkoenergetický dům

Rozvoj nízkoenergetických domů první generace začal v 70. letech 19. století v důsledku ropné krize. Při výstavbě nových domů se klade důraz na snížení energetických nároků. Projektanti se zaměřili na využívání energie ze Slunce a tím došlo k vývoji slunečních kolektorů a stěn, které byly úplně nebo jen částečně prosklené. Přes den se teplo akumulovalo do stěn stavby, které tvořil kámen či pálená cihla. Jako výraznou nevýhodu shledávám to, že byla opomenuta správná izolace těchto budov, v noci a ve dnech s nízkou teplotou docházelo k velkému úniku naakumulované energie zpět do ovzduší. Evropa se snažila nízkoenergetické stavby tvořit raději z tradičních materiálů, neboť byla zasažena krizí méně, což to vedlo k dlouhodobější životnosti staveb.

Druhá generace nízkoenergetických domů již kladla větší důraz na tepelnou izolaci, kvalitu použitého materiálu, správnou cirkulaci vzduchu ve stavbě a umístění stavby. Tyto domy se začaly stavět v severských státech. [5]

“Předpoklad pro užití názvu nízkoenergetický dům musí stavba splňovat roční měrnou spotřebu tepla na vytápění od 15 do 50 kWh/m²“. [3]

1.4 Pasivní dům

Pasivní dům a jeho samotné pojetí vzniklo ve Švédsku. Zde byly postaveny první nízkoenergetické domy s velmi dobrou tepelnou izolací s ventilací ovzduší a kvalitními okny. V návaznosti na to, byly mezinárodní výzkumnou skupinou postaveny čtyři testovací pasivní domy v Německu. Později byly použity k obývání, kdy data z náročnosti využití energií a chování uživatelů potvrdila přínos stavby jako pasivního domu. V důsledku toho započal

rozvoj pasivních domů, které jsou stavěny i dnes. Oblibu získaly u uživatelů hlavně díky dlouhodobému ušetření nákladů, neboť již od začátku stavby je dopodrobna promyšlen kvalitní materiál stavebních prvků a náročnost energií stavby jako takové. [5]

“Abychom stavbu mohli nazvat pasivním domem, je nutné, aby splňoval jedinou podmínku, tedy že roční měrnou spotřebu tepla na vytápění nesmí překročit nad 15 kWh/m²“.
[3]

Současné domy velice často vyzařují velké množství tepla, neboť byly navrženy se špatnou izolací, větráním a využitím energií. Na rozdíl od nich spotřebují pasivní domy několikrát méně energie na vytápění a přitom je bydlení v nich pohodlné a kvalitní. Pasivní domy jsou základem pro splnění budoucích norem o energetické náročnosti budov. Jejich nízká energetická náročnost je založena na dokonalé izolaci a co nejúčinnějším využití tepla. Tím lze dosáhnout i nižší spotřebu energie a přitom k tomu není nutné využití složitých technologických procesů. Základem je dokonalé zateplení domu bez tepelných mostů. Největší tepelné mosty vznikají okolo rámu oken, proto je důležité klást důraz na správné zvolení a navržení oken s izolovanými rámy, které budou teplo v domě udržovat.

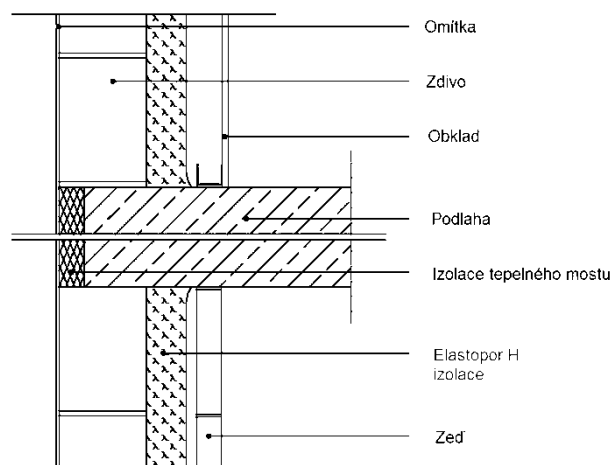
Jádrem domu je uměle vytvořené větrání, ze kterého je teplo získáváno zpět. Toto nám zajišťuje rekuperace, která přivádí čerstvý vzduch z venku, ale ten je již ohřátý od vzduchu, který je „použitý“ a odváděný ven z domu. Tím je zabezpečena stálá teplota ve všech místnostech a nikde nevzniká průvan. Aby byla zajištěna správná funkce rekuperační jednotky, je významné klást důraz na správnou těsnost konstrukce domu. V důsledku špatné těsnosti nemusí dojít jen ke špatné tepelné izolaci, ale i k narušení konstrukce a postupnému narušení stavu domu. Proto se těsnost kontroluje již při výstavbě domu tlakovou zkouškou, kdy se do oken a dveří osadí velkopřůměrový ventilátor, který provede v domě přetlak a podtlak při tlakovém rozdílu 50 Pa. Výsledkem je zjištění, kolik vzduchu do domu proudí netěsnostmi.

Tepelné zisky pasivních domů jsou částečně zajištěny slunečním zářením procházejícím okny do domu, spotřebiči a teplem vyzařovaným ze samotných obyvatel domu. Tyto tepelné zisky většinou postačí na dostatečnou tepelnou pohodu a díky tepelné izolaci nikam neunikají, tím není nutné stálé vytápění otopnými systémy.

Správně promyšlený návrh pasivního domu je základním prvkem. K procesu vybrání nejlepšího výsledku ze všech možných je využitím návrhového nástroje Passive House Planning Package, jenž je často využíván architekty a projektanty pasivních domů pro výpočet energetické bilance a optimalizace návrhu. Promyšlením projektu od úplného začátku je možné ovlivnit nejen kvalitu a komfort bydlení, ale i finanční otázku domu. Výběr tvaru, velikosti, orientace podle světových stran, umístění stavby podle dispozice pozemku, konstrukční řešení, rozmístění oken a dveří kvůli dostatečnému přílivu denního světla, návrh vytápění, větrání a kvalitní materiály jsou základní věci k promyšlení správného návrhu.

Ovšem není hlavní podřídit vše nízké energetické náročnosti na úkor kvality bydlení a nesprávného zastavění pozemku. Klíčovou roli zde hrají zkušenosti architekta či projektanta v návrhu a jednání se zákazníkem, neboť vše by mělo být navrženo tak, aby byl zákazník spokojen. Dispoziční řešení budovy určuje energetickou náročnost. Nejlepším tvarem budovy je koule, avšak ta není v praxi využitelná, proto je nejčastěji použitelný tvar kvádrů. Budova by měla mít orientaci na pozemku takovou, aby zde byl dostatečný přístup solárních zdrojů, tedy nezastínění ničím v okolí. Cenu a energetickou náročnost ovlivňuje i optimalizace větrání a tepelných rozvodů, zajištění minimalizace tepelných mostů.

Celková obálka musí být dostatečně zaizolovaná, tloušťka se určuje výpočtem (většinou 30-40 cm), zaizolovány musí být dobře i podlaha a střecha domu. Aby byla izolace provedena správně, je nutné klást důraz na nespárovost, bezpřestupovost a souvislost vrstvy. Lze použít jakýkoliv materiál, avšak je nutné zajistit dostatečný odpor průchodu tepla, takže při levnějším materiálu je nutné zvýšit tloušťku vrstvy.



Obr. 1.3 Masivní zdivo se zateplovacím systémem [28]

Typy materiálů pro stavbu obvodových konstrukcí mají široký výběr. Záleží na obyvateli domu či finančních schopnostech. Je možné ke stavbě použít beton, cihly nebo dřevo. U masivních konstrukcí je výhoda zadržení tepla, naopak u dřevostaveb je výhodou rychlost stavby. Nakonec je však nejdůležitější šířka, neboť by měla být co nejmenší při dosažení požadovaných izolačních schopností. U zděné kostry je přednostní mít stěnu co nejtenčí, aby se mohla co nejlépe využít izolační vrstva. Tím se ušetří zastavěná plocha domu a finance.

Tepelnou izolaci je možné zvolit si podle cenové dostupnosti, jako možnosti se nabízejí umělé izolanty, jako jsou polystyrén či minerální vlna, nebo přírodní materiály, jako jsou ovčí vlna, lněné či konopné izolace apod.

Nejdůležitějším prvkem pasivního domu je okno, neboť to je zdrojem přirozeného světla a tepelné energie. Okno je podstatně tenčí než obvodové zdi, proto zde nejčastěji dochází k únikům tepla. Musíme tedy dát velký pozor, aby zde nevznikaly tepelné mosty v okolí rámu a oken samotných. Okno by mělo být tvořeno z kvalitních materiálů a propustnost skla by měla být co nejmenší, velice časté je trojsklo vyplněné plynem. Potom můžeme říci, že okna tvoří jakýsi solární kolektor, který přivádí světlo a teplo a podstatně snižuje náklady na vytápění. Z tohoto důvodu je nutná vhodná orientace, materiál a velikost oken. Nejideálnější orientací je jih, neboť toto umístění nám zajistí největší zisk sluneční energie, dále je přípustné i jihovýchodní či jihozápadní poloha. Na ostatní světové strany by mělo být umístěno oken co nejméně. Úspory energie jsou největší, pokud je prosklená jižní strana z 1/3 celkové stěny, při větší ploše se může vnitřní prostor přehřívat a kazit tepelnou pohodu. Velká okna bychom mohli v létě regulovat pomocí stínících zařízení, tedy žaluziemi, roletami, horizontální přesahy nebo markýzi, avšak je to více finančně náročné.

Hlavním znakem pasivního domu je těsnost obálky, neboť zde nesmí konstrukcí docházet k úniku teplého či prostupu studeného vzduchu, čímž by docházelo k vstupu vlhkosti do domu, její kondenzace a poté postupný růst plísní či poškození konstrukce. Hlavním větracím systémem je rekuperace a její správnou funkci zajistíme spojitou vzduchotěsnou obálkou celého objektu. Při použití masivních materiálů při stavbě konstrukčních zdí je těsnost zajištěna vrstvou stejnoměrné omítky bez poškození. U dřevostavby jsou pro těsnost použity OSB desky. Při vyplnění spár nestačí použít pouze polyuretanovou pěnu, je nutné spáru dostatečně utěsnit i páskou tmelem či fólií, a to nejen spáry u oken a dveří. V dobu, kdy je na stavbě ještě možné provádět opravy, jako různé montáže či snížení podhledů, se provádí test

těsnosti budovy. Pokud by bylo po dokončení stavby zjištěno poškození netěsnosti či nesprávné provedení, byla by oprava velice složitá a nákladná.

Větrání uživatelem u pasivního domu není vůbec potřeba, neboť veškerou výměnu vzduchu provádí řízené odvětrávání se ziskem tepla z odpadního vzduchu. V důsledku toho nevniká do stavby hluk a nevzniká zde průvan, což by narušovalo pohodlnost bydlení. V důsledku řízeného větrání je do obydlí vpouštěn studený čistý vzduch, který je hnán do výměníku tepla, kde dochází k jeho ohřátí vzduchem odpadním. Do místnosti se tedy dostane vzduch, který je čerstvý s minimálním rozdílem teploty a nezpůsobuje průvan ani prach. Díky rekuperaci je také v domě minimum hluku z okolního prostředí. Podmínkou správné funkčnosti je dokonale navržený systém větrání. Systém by měl být po domě veden co nejkratší cestou bez zbytečných zákrut a ohybů, také by zde mělo být navrženo vhodné místo pro umístění filtrační jednotky a tepelného výměníku. Nejčastěji je tato soustava dělena do tří oblastí. Přívod vzduchu by měl být veden na vhodné místo, kde nemůže dojít k zakrytí či narušení přívodu, v obytné místnosti. Rekuperační jednotka vedoucí vzduch přes chodby či schodiště, musí být navržena tak, aby byla vhodně zakomponována. Poslední oblastí je odtah znečištěného vzduchu z obydlí.

V pasivním domě jsou při správném návrhu a použití vhodných materiálů minimální tepelné ztráty, ani v zimním období tedy není nutné výrazně využívat otopný systém. Už samotní obyvatelé domu a využívání spotřebičů zajistí dostatek tepla. Ohřev vody je tedy jediným problémem v pasivním domě. Avšak na jeho řešení máme několik možností. Jedním z východisek je ohřev vody elektrickým proudem. Toto řešení je nákladné při pořizování a není zde jistota cen do budoucnosti i při nízké ceně provozních nákladů. Jinou alternativou je zabudováním kotle na pevná paliva či plynná paliva se zásobníkem tepla do pasivního domu. Ovšem cena nákladů na kusové dřevo či plyn je do budoucna také nejistá, neboť jde o fosilní paliva, která mohou být v budoucnu vytěžena. Dřevo je výjimkou, zde je možné vlastnit zdroj, tedy les, ale jeho zásoba také není nekonečná a navíc je nutné dodat práci k jeho zpracování. S levnými provozními náklady by mohlo být také použito jako zdroj tepelné čerpadlo. Princip ohřevu vody je založen na dohřátí vody, kdy je jen několikrát za den nutné plně ohřát zásobník vody a poté podle potřeby je pouze dodáván topný výkon pro jeho dohřev. Nejčastěji zásobník tepla kumuluje více zdrojů dohromady po celý rok. Je tedy možné investovat do solárních kolektorů, krbových vložek s teplovodním výměníkem či kotle. Akumulační nádrž vody má poté různé využití, nejen ohřev vody na užití, ale i průtok

teplé vody v žebříkách umístěných v koupelnách nebo teplovzdušné vytápění podlah. Proto může použít náhradní obnovitelné zdroje energie, které jsou sice nákladné při pořízení, avšak návratnost je brzká a nejsme závislí na dodávkách primární energie.

Další významný podíl na celkové energetické náročnosti pasivního domu hrají samotné spotřebiče. V dnešní době spotřebiče pracují s velkou úsporou energie. Podle návrhu a přání uživatele se nejčastěji volí do pasivních domů spotřebiče s třídou A+ a lepší, úsporné zdroje světla, promyšlené připojení myčky či pračky, neboť pokud máme efektivní ohřev tepla, není nutné, aby si spotřebiče vodu ohřívaly samy. A omezení použití spotřebičů s pohotovostním režimem.

Při výčtu těchto všech podmínek je nutné mít dobře promyšlené, zda chceme v takovém domě bydlet. Vyšší počáteční investice do kvalitních materiálů, spotřebičů, zdrojů energií, je návratná do několika málo let, neboť pasivní dům si nestavíme krátkodobě. Do budoucna tvoří jistotu a částečnou nezávislost na vyvíjejících se cenách energií, které pravděpodobně stále porostou. Nejdůležitější je důsledné promyšlení návrhu, protože zbytečné složitosti zvyšují náklady na stavbu pasivního domu. [6]

1.5 Aktivní dům

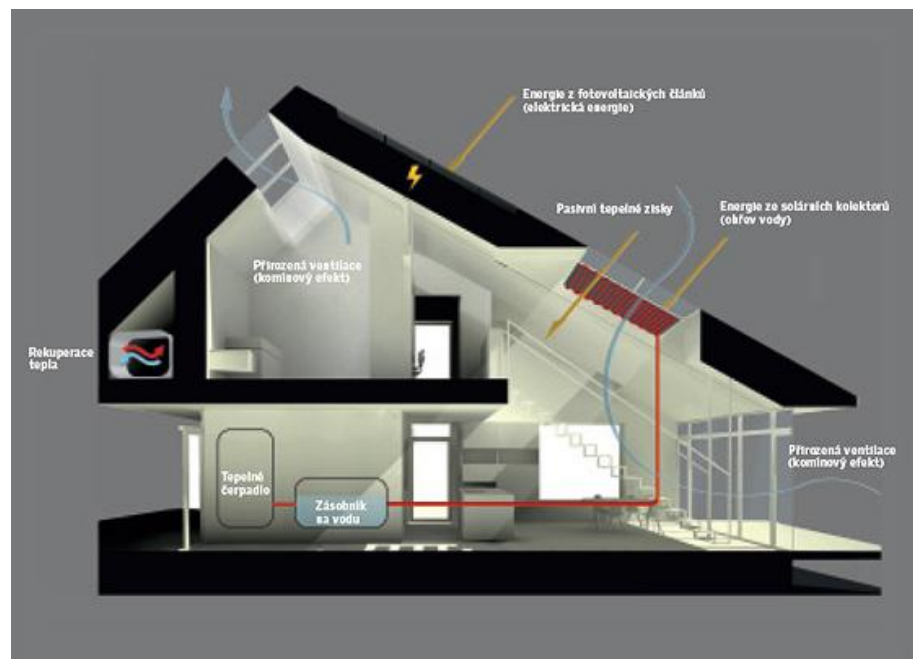
Aktivní dům se od pasivního příliš neliší, neboť jeho základním principem je také promyšlený návrh výstavby, použití kvalitního materiálu a využití alternativních zdrojů energie. Hlavní podmínkou pro splnění termínu aktivní dům je ta, že stavba bude nejenom energeticky nenáročná, ale bude dokonce přebytek energie vyrábět. Hlavním obnovitelným zdrojem energie je zde Slunce. V důsledku velkého využití sluneční energie je dům schopen pokrýt vlastní náklady na energii a navíc je schopen energii vracet zpět do sítě.

Stavba aktivního domu a jeho využívání je podmíněna nulovým zanecháním uhlíkové stopy do okolí, tedy nevytváření žádné emise CO₂ a to po celou životnost aktivního domu. Proto jsou na stavbu vybírány materiály, které tuto podmínku splňují. Aktivní dům je v návrhu orientací stavby, větrání, vytápění a prosvětlenosti velice podobný pasivnímu domu. Je zde kladen větší důraz na využití slunečního záření, tedy orientace domu, tak aby byl co nejvíce prosvětlen přirozeným světlem a jím i vytápěn. Poté je zde velice časté použití solárních kolektorů, které zajišťují ohřívání vody a fotovoltaických panelů, které slouží k výrobě energie. Pro vytápění a ohřev vody je možné využít kotel, jehož zdrojem jsou

biopaliva, jako jsou dřevo či biomasa. Aktivní domy mají vytvářet tepelnou a světelnou pohodu a kvalitní bydlení pro uživatele, proto je zde použit kvalitní a ekologicky nezávadný materiál, většinou dřevěná rámová konstrukce z nosníků s tepelnou izolací z minerální vlny.

Dokonale izolovaná okna, jejichž rozloha tvoří až 40 % plochy podlahy v domě, zaručují postačující množství slunečního svitu a tím přirozeného světla v domě. Vnitřní klima domu a regulace teploty jsou zajišťovány pomocí čidel a termostatu, které mohou automaticky otevírat a zavírat okna či usměrňovat rekuperační jednotku. Prostřednictvím využití čidel a počítače je možná kombinace otevírání oken a samostatné rekuperace, která je hlavně využita v chladném období, kdy je nutné zbytečně neplýtvat teplým vzduchem a ve výměníku teplo z „použitého“ vzduchu předat vzduchu čerstvému. [7]

V roce 2009 v Dánsku byl postaven první aktivní dům s názvem Home for Life. Dům využívá solární kolektory o ploše 6,7 m² k ohřevu užitkové vody i na samotné vytápění budovy. Fotovoltaické panely o celkové ploše 50 m², které vyrobí zhruba 5000 kWh za rok a to i přes to, že Dánsko není země bohatá na velké množství slunečního svitu. Většinu roku stačí fotovoltaické panely na pokrytí energetické náročnosti domu, ale zbytek měsíců (v zimě, kdy je slunečního svitu nedostatek) je nutné si energii dokupovat. A to i přesto, že dům je vybaven jen nutnými nejlepšími úspornými spotřebiči. V důsledku toho je ušetřeno až o 1000 kWh ročně. [8]



Obr. 1.4 Dánský aktivní dům Home for Life [29]

1.6 Ostrovní dům

Ostrovní dům je stavba energeticky nezávislá, tedy není připojena k okolní rozvodné síti. To znamená, že je energie získávána přímým využitím obnovitelné energie, nejčastěji pomocí fotovoltaických panelů.

Celková jeho funkce musí být uzpůsobena k provozu, přičemž musí být velikost proudu vstupující do spotřebičů regulována. Spotřebič je v provozu pouze po dobu dostačujícího přísunu síly slunečního svitu. Velice nákladnou a do budoucna více využívanou možností je akumulace získané energie. Když výroba fotovoltaickým systémem převyšuje její spotřebu, je tato energie ukládána do akumulátoru na pozdější dobu, když intenzita Slunce je nedostatečná pro výrobu energie. Největším problémem je nízká kapacita akumulátoru a jeho vysoké náklady na zařízení. Při návrhu akumulátoru by se mělo počítat s kapacitou větší než je skutečná kapacita potřebné energie a měl by být brán zřetel na jeho dlouhou životnost. Pomocným systémem v ostrovním domě můžou být kogenerační jednotky, jako jsou solární kolektory či tepelná čerpadla. Proto je nutné si projekt ostrovního domu pečlivě promyslet a navrhnout dostatečnou rezervu zisku energie, aby byl schopen pokrýt veškeré požadavky domácnosti.

Hlavním a nejdůležitějším aspektem ostrovního domu je přístup k vlastní vodě. Bez zajištění vody na pozemku by byl provoz velice obtížný. Zpracování kalů, tedy provoz kanalizace, může zajišťovat vyvážecí jímka či kořenová čistírna odpadních vod. Do čistírny ústí veškerá odpadní voda z domácnosti, tj. odpadní voda z kuchyně, koupelny a WC. Jinou možností na využití tzv. šedé vody, tedy veškeré odpadní vody ovšem bez fekálií a moči, je její biologické vyčištění v aktivační nádrži a možnost dalšího použití takto vyčištěné vody, například jako užitkové vody či k zalévání pozemku.

Pokud je ostrovní dům dokonale izolován a tepelné mosty jsou zde minimální, není nutné příliš investovat do výtopných zařízení. K samotnému vytápění objektu můžeme použít rekuperační jednotku, kotel na dřevo či teplovodní krbovou vložku, které nám současně se solárními kolektory vytvoří teplo a zároveň ohřeje i naakumulovanou vodu. Rozvod tepla po domě může být přirozeným prouděním či použitím stropních ventilátorů.

Větrání objektu je možné řešit pomocí rekuperace, avšak musíme počítat s energetickou náročností této jednotky. Proto je výhodné větrat promyšleně okny a dveřmi, případně použít čidla s řízeným počítačem.

V důsledku toho je nutné si propočítat i finanční náročnost celkové stavby a jejího provozu. Aby ostrovní dům fungoval, je nutné podstoupit určité kompromisy komfortu bydlení. Využívání elektrické energie si rozložit na používání v časech, kdy je její výroba nejvyšší. Je tedy vhodné do domu zavést inteligentní technologii, která se částečně postará o správný chod domu. Akumulátor by měl být umístěn na vhodném místě a je potřeba myslet na to, že zabere určitý prostor společně s akumulací nádrží. [9]

V roce 2015 byla v České republice založena firma věnující se projektům a stavbě ostrovních domů. Ve spolupráci se studenty se na pěti projektech snaží navrhovat a realizovat ostrovní domy, které by mohly být do budoucna stavěny pro veřejnost. Hlavním cílem projektu je inovace, ekologická čistota stavby samotné a určitý standard životní úrovně užívání ostrovního domu. [10]



Obr. 1.5 Vítězný projekt studenta soutěže Český ostrovní dům [10]

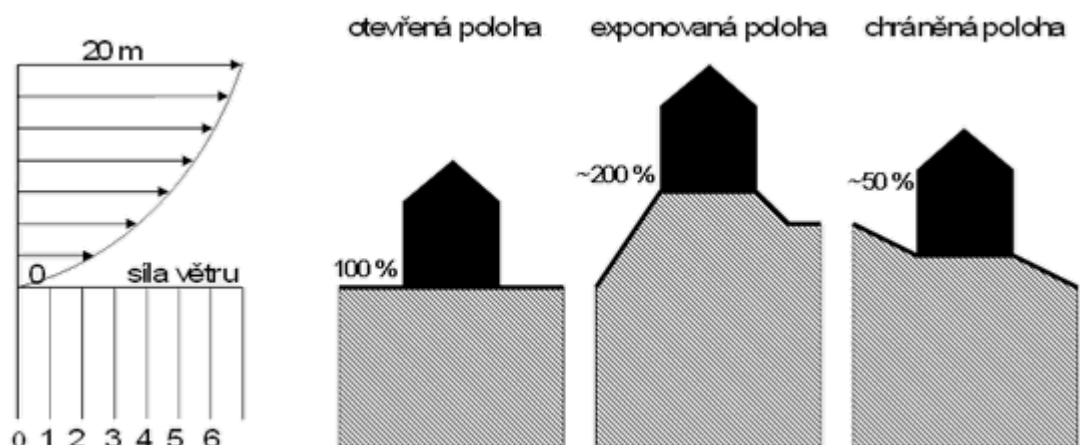
2 Technické uspořádání stavby

2.1 Podstaty výstavby objektu

Pro správnou volbu typu stavby je nutné se zaměřit na několik podstatných věcí, které je nutné řešit před samotným návrhem stavby. Vytvoření celkové koncepce energetických vlastností budovy ovlivňujeme úsporou energií již v přípravné fázi stavby. Základem je představa o finančním rozpočtu stavby a její ekonomické hledisko do budoucna. Další zásadou je vhodný výběr pozemku, jeho členění a umístění budovy na něj. Budova musí mít také přijatelný tvar a umístění ke světovým stranám. Vnější obálka budovy by měla splňovat dokonalé podmínky vzduchotěsnosti a vysoké tepelně izolační schopnosti, aby nedocházelo ke vzniku tepelných mostů. Klíčovým prvkem návrhu je i účelné umístění solárních panelů či fotovoltaických kolektorů.

2.2 Volba pozemku

Prvním krokem ke snížení energetické bilance stavby je výběr pozemku s patřičnými podnebnými podmínkami v konkrétním místě. Výhodou pozemku jsou okolní kopce či dostatečně vysoká okolní vegetace, které zabrání neblahým vlivům větru a tím dosáhneme redukce tepelných ztrát. Také umístění stavby ke směru, kde převládá vítr, nám tyto ztráty snižuje. Dále by měl vítr stavbu „obtékat“, aby byly tepelné úniky jen velmi malé.



Obr. 2.1 Typy pozemků [31]

Měli bychom počítat s tím, že s narůstající nadmořskou výškou nám roste teplota na 100 m přibližně o 0,5 °C. Při dostatečně zalesněné krajině bude teplota okolí stálá, navíc je zde

zadržována voda, jež ovlivňuje vlhkost vzduchu v okolí a zajišťuje nám snížení hluku, krytí před nepotřebně velkým množstvím slunečního záření a vlivem větru.

Nejvíce slunečního záření nám dopadá na jižně orientované svahy, a proto bychom měli tuto skutečnost využít a umístit zde fotovoltaické panely nebo solární kolektory, ale hlavně prosklenou část budovy, díky níž budou tepelné zisky vysoké. Snížení výkyvů teplot lze dosáhnout přítomností vodní plochy v okolí stavby, pomocí akumulace a vysoké tepelné vodivosti vody. Zaměřit bychom se také měli na mlhy, neboť jejich častý výskyt by mohl způsobit růst řas na povrchu stavby. [11]

2.3 Velikost domu, jeho tvarové a dispoziční řešení

Nejvhodnějším tvarem budovy je co nejmenší vnější ochlazovaná plocha k vytápěnému prostoru. Proto je příhodnější mít konstrukci domu bez členitostí, jako jsou zalomení fasády či arkýře. Teplotně kompenzační prostory s malými či vůbec žádnými okny, jež nemusejí být plně vytápěny, například garáž, schodiště nebo komora, a vytváří vyrovnávací zónu mezi obytnými místnostmi a vnější částí, jsou lepší umístit na severní stranu. Na jižní stranu je výhodnější umístit často užívané obytné prostory, které jsou nejvíce vytápěny velkou plochou zasklení. Celková rozloha oken a prosklených částí fasády, by měla splňovat maximálně $\frac{1}{4}$ celkové plochy obvodových konstrukcí. Podle doby užívání jsou ostatní místnosti, jako ložnice a pokoje situovány na ostatní světové stany, nejlépe na jihozápad až západ. [11]

2.4 Obvodová struktura stavby

Návrh obvodového pláště domů nám značně ovlivňuje energetickou hospodárnost stavby. Cihly či jejich alternativa v podobě keramických tvárnic jsou nejčastěji použitým materiálem při stavbě obvodových zdí. Struktura tvárnic by měla být tvořena uspořádáním vzduchových mezer tak, aby její rezistence odporu tepla byla co největší. “Pokud chceme jednu vrstvu zdiva bez přídavného zateplení, je vhodné zvolit tepelně izolační cihly, kde při tloušťce stěny 500 mm lze dosáhnout součinitele prostupu tepla $0,19 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ se společným použitím tepelně izolační malty a omítky“. [11]

Sendvičové konstrukce jsou použity na vícevrstvá zdiva. Vápenopískové cihly tvoří interní nosní vrstvu a vnější vrstvy představují minerální vlna nebo pěnový polystyren. V dnešním stavitelství je nejvíce využíván pórobeton, jehož komponenty jsou křemičité

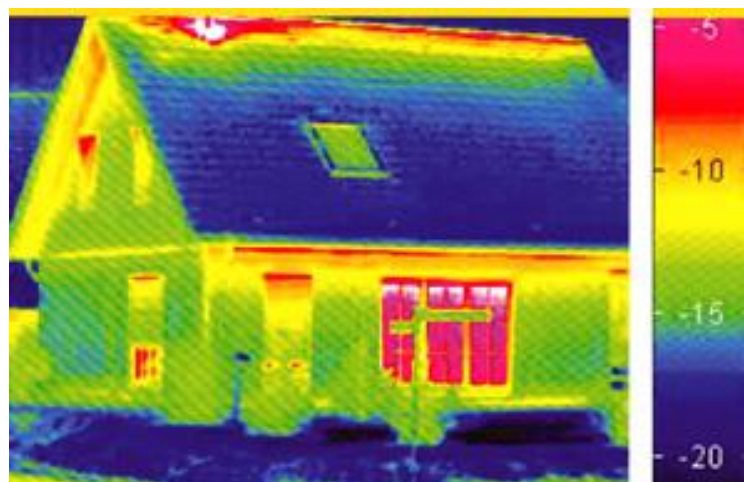
písek, vápno a cement. Dobrá izolační schopnost a nízká hmotnost je zajištěna plynatvornými látkami. Pórobeton je snadno opracovatelný, ale i křehký a má horší zvukové vlastnosti. Jeho součinitel prostupu tepla je srovnatelný s pálenou cihlou, avšak je nutné kvůli jeho objemově pohlcující vlhkosti zvolit externí izolaci.

Podle realizace celkového zateplení stavby se odvíjí návrh otopného systému, jenž může být díky tomu projektován na nižší požadavek tepla. Podle velikosti součinitele prostupu tepla se dimenzuje síla tloušťky tepelné izolace. Tepelnou izolaci lze provést kontaktní zateplovací soustavou, jež může být aplikována na vnější nosnou konstrukci. Tato izolace se skládá z polystyrenu či desek tvořených mikrovlákny. Pro ucelení je nutné nanést penetrační nátěr, který neumožňuje vznik trhlinek na vrchní omítce. Výhodou je snižování výskytu tepelných mostů, nesnižuje velikost místností a chrání obvodové zdi stavby. Odvětranou zateplovací soustavou či speciální tepelně izolační omítkou.

2.4.1 Tepelné mosty

Vznikem tepelných mostů dochází ke značné ztrátě tepla a v důsledku teplotní rozdílnosti dochází v místě k srážení vodních par a tedy k růstu plísní. Ucelenost tepelně izolačního obalu stavby nám zajistí nejnižší přítomnost tepelných přechodů.

Tepelné mosty lze eliminovat použitím tepelně izolačního materiálu na místech, jako jsou napojení nosných a obvodových zdí stavby budovy, přechod konstrukce domu do jiného tvaru či osazení oken a dveří. [11]



Obr. 2.2 Tepelné mosty identifikované termokamerou [30]

2.4.2 Okna a dveře

Rámy výplně otvorů by měly být asi 30 mm zapuštěny do tepelně izolační vrstvy nebo by měly být situovány do obvodových stěn v rovině s tepelně izolační vrstvou. Tepelná izolovanost a těsnost spáry obklopené postraní částí rámování otvoru ve stěně a rámem výplně otvoru musí být účelně splněna. Výplně otvorů jsou totiž nejslabší částí obalové konstrukce.

Velikost, druh a umístění oken by mělo být navrženo a zvoleno podle nároků na snížení tepelných ztát, správnou výměnou vzduchu a dostatečné zajištění solárních zisků. Fixně spojený obvodový plášť s okenním rámem, a okenní křídlo s výplní tvoří strukturu okna jako takového. Na základě materiálu, ze kterého je vyroben okenní rám a křídlo můžeme okna zhotovit ze dřeva, kovu, plastu či tyto látky kombinovat. Jedno okenní křídlo se skleněnou tabulí představuje jednoduché okno. Toto okno je nedostatečně tepelně izolační a proto se nehodí do podnebných podmínek s nutností sezónního vytápění. Špaletové okno tvoří vnější a vnitřní křídla, mezi ně je umístěna špaleta, tedy dřevěná část. Dříve ve vniklé mezeře mezi křídly cirkuloval studený vzduch, a proto byla jednoduchá skla nahrazena izolačními dvojskly se zlepšeným těsněním, které mají lepší tepelně izolační vlastnosti. Nejčastěji využívaným typem okna je jednoduché okno s izolačním zasklením. Při použití dvojskla či trojskla vypadá profil okna robustní. Zkosený tvar střechy lze osadit střešním oknem, které nám zajistí osvětlení místností, avšak může způsobovat při špatném navržení přehřátí prostoru.

Je možné do oken zasadit různé druhy skel, například skla čirá, reflexní skla, jež pohlcují a odráží záření, nebo skla selektivní, které mají nízkou emisivitu.

Okna jsou většinou zdrojem osvětlení místností, proto na jihovýchod, jih a jihozápad navrhujeme okna velká. Na ostatní světové strany navrhuje okna co nejmenší nebo žádná. Okna je možné využít jako zdroj pasivní energie ze slunečních paprsků. Jeho umístění je na jih a většinou se využije typ okna špaldový. Zde se v mezeře ohřívá vzduch a ten je odváděn do zásobníku. Tyto okna nejsou určena k výměně vzduchu jejich otevřením. Pokud nám okny proudí nepříznivé množství tepla, je možné ho regulovat stínícími prvky. Nejběžnější jsou vnitřní rolety, ale také žaluzie či předokenní rolety a markýzy.

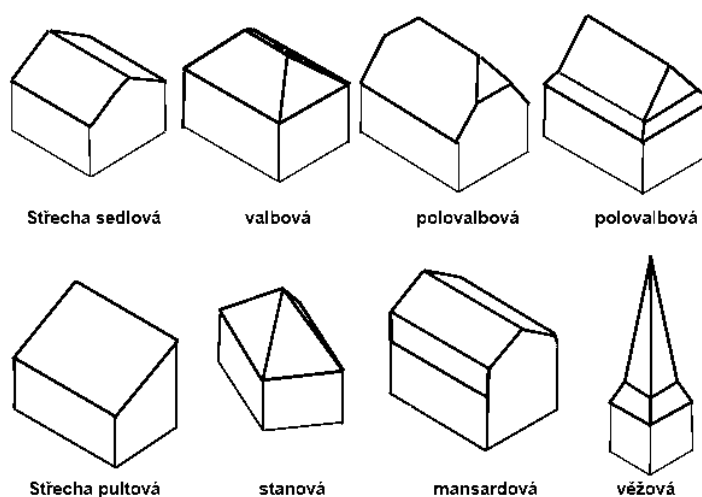
Dveře domu by měly být mechanicky a klimaticky odolné, pevné proti vniknutí, neměly by tvořit tepelné mosty a propouštět nepříjemné zvuky z okolí. Dveře oddělující místnosti by měly plnit funkci podle rozmístění, například tepelně izolační dveře vedoucí na chodbu či dveře izolující nežádoucí zvuk. [11] [21]

2.5 Stropy a podlahy

Jednotlivá podlaží budovy jsou rozdělena stropy a podlahami, jejichž funkcí je izolovat zvuk a teplo, tvořit objekt pevným a zajistit bezpečí v případě požáru. Podlaha je tvořena nosnou stropní konstrukcí, na níž navazuje izolační podlahový povlak, dále se umístí roznášecí vrstva a jako poslední nášlapná vrstva, jež může být tvořena různými typy podlah od keramických dlažeb přes lina a parkety až po plovoucí podlahy.

2.6 Střecha

Nosná střešní kostra a vrstvy střešního pláště tvoří nedílnou součást stavby - střechu. Střecha chrání stavbu před vlivem počasí a uceluje celkovou stavbu. Hlavní funkcí střešního pláště je, aby tepelně izolační funkce nebyla zhoršena vlhkostí. Základem je tedy odvod zkondenzovaných par a vlhkosti do odtokových částí, proto je důležité dbát na správný náklon střechy a její složení. Čím členitější střecha je, tím horší vlastnosti má.



Obr. 2.3 Typy střech stavby [32]

Většina střech se skládá ze stejných částí a liší se pouze tvarem. Na bednění neboli obklad tvořený většinou z dřevěných latí se umístí parozábrana s tepelnou izolací, jež zajistí stabilní teplotu vnitřku stavby a minimální únik tepla. Dále je možné větrat vzduchovou

mezerou, kde se odvádí vodní páry. Vzduchovou mezeru a kontralatě s provětráváním dělí pojistná hydroizolace. Poslední součástí je krytina umístěná na latování.

U šikmých střech je nejčastějším typem použití sedlová střecha, složená ze dvou střešních rovin s přímočarým hřebenem a dvěma štíty. V lokalitách s nižším úhrnem srážek je možné použít plochou střechu, jejímž možným typem je i střecha valbová s valby místo štítů. Střecha musí být navržena tak, aby co nejlépe plnila své vlastnosti, ale také aby nezatěžovala svou robustností a složitostí obvodovou konstrukci stavby, a aby unesla případné solární či fotovoltaické systémy. [11]

2.7 Technické systémy budov

Technické vybavení ovlivňuje energetické požadavky stavby. Předpisy a pokyny umístění jednotlivých zařízení pro splnění nízkenergetických podmínek mají dopad na řešení dispozice objektu. V důsledku toho je nutné mít návrhy již na začátku stavby a správně s nimi pracovat.

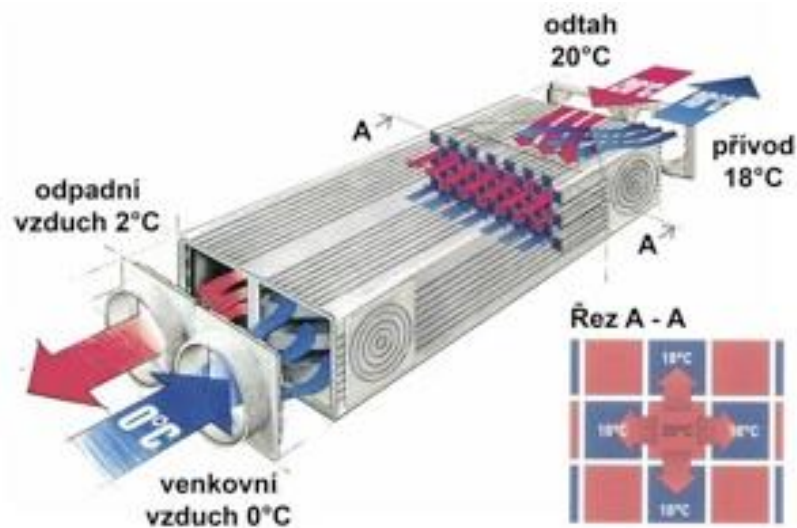
2.7.1 Vzduchotechnika

Větrání je nepostradatelnou součástí domů, neboť díky tomu jsou odváděny vlhkosti produkující člověkem a jeho aktivitami, látky uvolňující se z vybavení místností nebo zplodiny způsobené hořením. Přirozený způsob větrání v moderních stavbách již nefunguje, izolací a zateplením stavby nedochází k přirozené cirkulaci vzduchu špatným těsněním obálky. Nedostatečné větrání obytných prostorů může mít za následek kondenzaci vody a vznik plísní.

Přirozený čerstvý vzduch tedy můžeme do místností přivádět řízeným větráním, kterého dosáhneme pomocí příslušných systémů, nebo větráním mechanických, což je otevírání oken. Při častém větrání se mění teplota vnitřního prostředí vlivem vnější teploty. V zimě je nutné přivedený vzduch ohřát a tím pádem nám roste spotřeba tepelné energie, naproti tomu v létě vpouštíme do místností nepříjemně teplý vzduch, který se snažíme různě ochladit. Systém může obstarat výměnu vzduchu v jedné místnosti teda lokální či v celém objektu tedy centrální.

Podtlakové větrání pouze vzduch odvádí. Instaluje se do místností s nejvíce znečištěným vzduchem, jako jsou koupelny a kuchyně. Ventilátor odvede vzduch a pomocí mírného odklonění křídla okna či mřížkami ve stěně přivede vzduch čerstvý. V tomto případě je nutné vzduch znovu ohřát otopným systémem, z toho důvodu je tento systém neúčelný a neúsporný. Digestoř je kuchyňský odsávač většinou umístěný nad sporákem, jenž vodní páry a nepříjemné zápachy odvádí pryč z místnosti. Odtahová digestoř znečištěný vzduch odvede do venkovního prostředí. Jiným typem je recirkulační, kde vzduch projde filtry, a poté se vrací zpět. Pokud nejsou filtry pravidelně čištěny či měněny jsou nefunkční.

Dílčí místnosti s nejbližším propojením venkovního prostředí reprezentují lokální jednotky s rekuperací tepla. Systém je složen z ventilátoru, rekuperačního výměníku a filtrů. Je nutné mít k dispozici systém pro vytápění vracejícího se vzduchu, neboť v zimním období dochází k tepelným ztrátám. Centrální systémy s ovládanou výměnou vzduchu mohou měnit množství vzduchu podle podmínek uživatele, celkový přivedený vzduch je filtrován a tím je zabráněno prašnosti v místnostech, vzduch je sekundárně ohříván teplem z odváděného vzduchu. Lze i regulovat vlhkost a je možné do centrálního systému s řízeným přívodem a odvodem vzduchu přidat výměníky pro chlazení. [11] [20]



Obr. 2.4 Teplotní výměník rekuperační jednotky [12]

Klimatizace je úprava vzduchu chlazením uzavřených obývaných prostor většinou při zvýšené okolní teplotě. Chladícím zdrojem může být vzduch, voda či chladivo. Stroj stlačující chlazený vzduch změní skupenství chladiva. Kompresor, expanzní regulační zařízení, výparník a zařízení na srážení par ochlazováním jsou hlavními komponenty chladícího

okruhu klimatizace. Přenosné chladicí zařízení lze připojit na běžnou zásuvku, neboť součástí chladicího okruhu je kompresor společně s kondenzátorem. Klimatizační zařízení zabudovaná v oknech či stěnách mají kondenzátor umístěn venku a naopak výparník je situován v místnosti. Obrácený chod je nově u jednotek možný, tedy že nám může sloužit i jako tepelné čerpadlo. [11] [20]

2.7.2 Vytápění

Na celkovou spotřebu energie domácnosti má nejvyšší vliv vytápění budovy. Pro efektivní vytápění musíme znát tepelné ztráty a snažit se je minimalizovat. Tepelné ztráty jsou tvořeny prostupem a větráním. Tepelné ztráty prostupem můžeme snížit důkladným zateplením stavební konstrukce a eliminací tepelných mostů. Větrání nám mění v místnostech stavby čerstvý vzduch za vzduch „použitý“. Proto je větrání důležité, avšak je nutné větrat efektivně, aby nedocházelo k velkým ztrátám.

Jednotlivě se měnící teplota místností v domě a celoročně nestálé teplotní podmínky v okolí vyžadují soustavu, která na tyto podmínky bude správně zpětně působit, ať už je to otopný systém s ústředním zdrojem nebo lokální topná tělesa. Zdroj nebo zdroje pro vytápění, ohřev vody a větrání musejí reagovat na potřebu tepla a tato celková představa musí být zohledněna při samotném návrhu. Otopný systém s ústředním zdrojem nebo lokální topná tělesa.

Ohřev teplé vody můžeme mít nezávislý na otopné soustavě, nebo ho může obstarat zdroj tepla. Veškeré ztráty větráním musí zdroj tepla pokrýt. Je možné větrat pomocí manuálního otevření okna na nezbytně nutnou dobu či větrat rekuperační jednotkou či tepelným čerpadlem, které nám čerstvý vzduch předeřádává a tím snižuje energetické náklady na vytápění.

Systém na vytápění je složen z čerpadla, které rozvádí pomocí potrubí a technického zařízení na jeho regulaci teplo do otopných ploch, jež odevzdávají přenesené teplo ze zdroje do jednotlivých místností. Způsob přenosu může být sáláním nebo prouděním. Konvekční tělesa mohou mít různý tvar, avšak nejčastěji je to tvar deskový. Důležité je těleso navrhout tak, aby při umístění stačila dostatečně vytápět požadovanou místnost i při nejnižší venkovní teplotě. Otopný systém musí být vybaven regulačním ventilem se schopností se uzavřít.

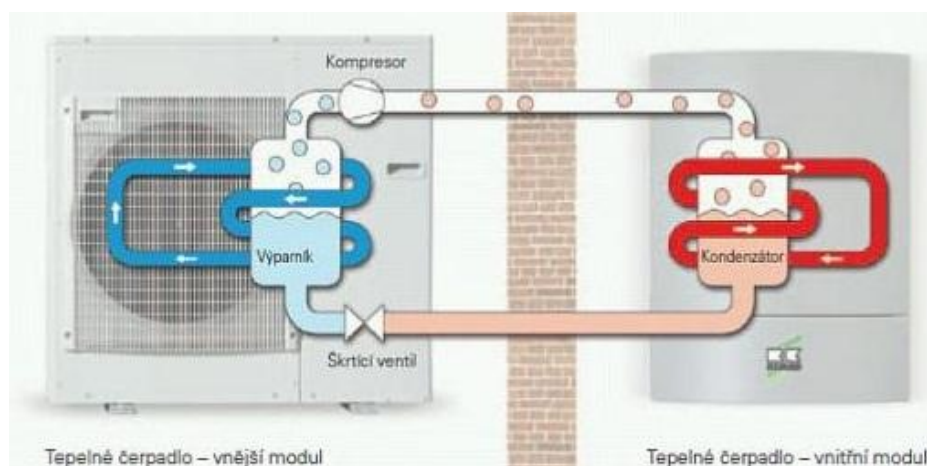
Zabezpečovací zařízení, představující pojistný ventil a membránovou expanzní nádobou, musí být hlavním prvkem kotle.

Jedním z druhů topiv může být zemní plyn. Při nízkoenergetickém nároku na energie by byl kotel předimenzován a spotřeba paliva by zbytečně rostla.

Mezi obnovitelné druhy paliva patří dřevo, materiál ze dřeva a biomasa. Jejich spalování je závislé na akumulaci tepla do separovaného zásobníku, neboť tyto zdroje mají vysoký výkon s nesnadnou regulací. S přidáním akumulární nádrže je tento otopný systém velice výkonný jak na získání tepla, tak na ohřev vody. Přídavný zdroj může představovat krb či krbová kamna doplněná teplovodním výměníkem. Omezujícím činitelem je fakt, že do krbu se musí manuálně přikládat. Tím je vzniklé teplo závislé na přítomnosti uživatele, i přesto že jsou v dnešní době používané samosplynovací vložky, které vydrží dlouhou dobu sálat teplo. Využití tohoto zdroje je podmíněno dostupností jeho zdroje, například vlastní les, a možností uskladnění, neboť dřevo by mělo pro vyšší výhřevnost alespoň rok vysychat.

Přímotopný, akumulární nebo kombinovaný systém využívající elektrickou energii je nejdostupnějším, nejlevnějším a nejlépe reagujícím na okamžitou potřebu tepla druhem topiva.

Tepelná čerpadla zužitkovávají přírodní teplo, jež získávají z odpadního či okolního vzduchu, podzemního tepla či vody. Avšak potřebují elektrickou energii jako zdroj pro provoz. [11]



Obr. 2.5 Tepelné čerpadlo [13]

Využití solární energie pomocí systému s kolektory je možnost jak nečinně využít sluneční energii, většinou využitou k ohřevu teplé vody a její akumulaci. Při správné velikosti zásobníku vody a solárního systému podle počtu členů v domácnosti, mohou být náklady na energii pro ohřev vody při celoročním provozu sníženy až o polovinu. [11]

2.7.3 Spotřebiče

Podle druhu bydlení, životního stylu a požadavků uživatele jsou domácnosti vybaveny různě náročnými spotřebiči na energii. Provozování a výběr typu spotřebičů, které jsou úsporné, mají velký dopad na ušetření elektrické energie. Nejvyšší nároky na elektrickou energii mají spotřebiče, které jsou zapnuté stále. Z tohoto důvodu by bylo výhodné, kdyby tyto přístroje měly co nejnižší příkon.

Dále můžeme energií ušetřit, pokud ostatní spotřebiče budeme využívat rozumně. Například ve varné konvici budeme vařit jen potřebné množství vody, při nepřítomnosti v místnosti budeme zhasínat a nebudeme mít na přístrojích nastavený pohotovostní režim. Pomocí inteligentního ovládání spotřebičů je možné výrazně snížit náklady na energii. Pro ušetření na osvětlení je možné do stavby domu zakomponovat světlíky, jež nám budou do místnosti přivádět přirozené světlo. Hlavní podmínkou pro ušetření je volba vhodného tarifu sazby elektrické energie. [11]

3 Energetická náročnost a potřeby pro modelovou situaci

Základní členění staveb podle normy ČSN 73 0540-2 závisí na potřebě tepla na vytápění. Proto můžeme ostatní energetické náklady budovy, jako je ohřev vody či spotřebiče, pro základní rozdělení zanedbat.

Celosvětový rozvoj nízkoenergetických domů má za následek, že jsou velice propracované a dalo by se říci, že dnes jsou standardní stavbou. Oproti tomu energeticky nezávislé domy jsou důsledkem velké vzdálenosti od elektrických sítí, kde by bylo ekonomicky nevýhodné budovat přípojku.

Dle vlastních zkušeností jsou roční nároky na energie běžné domácnosti 2 až 3 MW. Pro určení celkové potřeby energie stavby je nutné stanovit energetickou bilanci. Od zajištěného příjmu energií se odečtou energie pro tepelné ztráty, ohřev teplé vody, napájení spotřebičů a popřípadě ventilace.

3.1 Ztráty

Celková měrná spotřeba tepla nám určuje, jak energeticky náročnou stavbu máme. Podle výsledku ztrát energie můžeme navrhnout optimální zdroj vytápění, či zda se vyplatí instalovat fotovoltaické panely.

3.1.1 Ztráty na ohřev vody

Podle normy ČSN 60 0320 Ohřívání užitkové vody je denní spotřeba 82 l na osobu při teplotě 55 °C. Při sprchování se průměrně využije 25 l vody na osobu, oproti tomu ve vaně je to až 85 l. Z rovnice 3.1 můžeme vypočítat, kolik je potřeba množství tepla pro ohřev určitého objemu vody:

$$E = 1,163 \cdot V \cdot (t_1 - t_2) [\text{kWh}] \quad (3.1)$$

kde:

V ... objem vody [m³]

t₁ ... teplota teplé vody [°C]

t₂ ... teplota studené vody [°C] (uvažujeme průměrně 12,5 °C)

3.1.2 Ztráty prostupem

$$E_{vp} = h_1 \cdot [(A_j \cdot U_j) + (A_o \cdot U_o \cdot b_o) + (A_s \cdot U_s \cdot b_s) + (A_z \cdot U_z \cdot b_z) + (A_n \cdot U_n \cdot b_n) + 0.1 \cdot A] [\text{kWh} \cdot \text{a}^{-1}] \quad (3.2)$$

kde je:

h_1 ... činitel zahrnující délku otopného období a průměrný rozdíl teplot mezi vnitřním a vnějším prostředím. Ze vztahu $h_1 = 5,81 \cdot (t_i - 3,8)$, lze činitel vypočítat pro různou vnitřní teplotu

A_j ... plocha stěnových konstrukcí na rozhraní vnějšího prostředí [m^2]

A_o ... plocha výplní otvorů (oken), uvažuje se maximálně 25% obvodových konstrukcí [m^2]

A_s ... plocha střechy [m^2]

A_z ... plocha konstrukcí přilehlých k zemině [m^2]

A_n ... plocha konstrukcí proti nevytápěným prostorům [m^2]

A ... součet ploch všech uvažovaných konstrukcí [m^2]

b ... činitel teplotní redukce [-]:
výplně otvorů (okna): $b_o = 1,15$
střechy nad vytápěným prostorem $b_s = 1$
konstrukce přilehlé k zemině $b_z = 0,40$ (u stěny přes 3 m)
konstrukce oddělující nevytápěný prostor $b_n = 0,57$.

U ... součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

3.1.3 Ztráty větráním

$$E_{vv} = h_2 \cdot V_a [\text{kWh} \cdot \text{a}^{-1}] \quad (3.3)$$

kde:

V_a ... vzduchový objem budovy, $V_a = 0,8 \cdot V$ [m^3]

h_2 ... činitel zahrnující délku otopného období a průměrný rozdíl teplot mezi vnitřním a venkovním vzduchem, s uvažovanou intenzitou výměny vzduchu $0,5 \text{ h}^{-1}$. Ze vztahu $h_2 = 0,81 \cdot (t_i - 3,8)$, lze činitel vypočítat pro různou vnitřní teplotu

3.1.4 Ztráty elektrickými spotřebiči

Nejen osvětlení, ale i používaná elektronika v domě nám způsobuje ztráty elektrické energie. Pro úsporu je nutné vybírat spotřebiče co nejúspornější, jež poznáme podle hodnot příkonu na štítku a v případě potřeby je vyměnit. Největším spotřebitelem energie jsou spotřebiče instalované v kuchyni.

Tab. 3.1 Příkony elektrických spotřebičů [Převzato z [vlastní zdroj]]

Spotřebič	Příkon [W]
Pračka se sušičkou	2 200
Žehlička	1 000
Mikrovlnná trouba	900
Chladnička s mrazničkou	430
Myčka	820
Nabíječka na mobil	1,3
Indukční plotýnka	1 800
Rychlovarná konvice	2 400
Notebook	40
Vysavač	600
Televizor	88
Klasická žárovka	60
Úsporná žárovka	20

3.2 Zisky

3.2.1 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky mají nezanedbatelný význam na celkovou energetickou bilanci. Podle ČSN EN ISO 13790 bychom měli používat údaj o hodnotě 5 W/m^2 , který je platný na národní úrovni. Pochopitelně při stavbě nízkoenergetického domu či energeticky samostatného domu je vhodnější počítat s údaji nižšími, aby nebyl výsledek energetické bilance příliš zlepšován. Při výpočtu se můžeme řídit dvěma předpoklady.

Zaprvé je to využití základních smluvních hodnot, které jsou pro rodinné a bytové domy $2,1 \text{ W/m}^2$ nebo bychom mohli získat přesnější hodnotu pomocí výpočtu podle počtu osob obývajících dům a podle počtu elektrických zařízení a jejich užití v čase.

3.2.2 Zisky ze slunečního záření

Prosklenými plochami v obvodové části budovy proniká do vnitřních prostor energie, jež nám interiér ohřívá. Jejich výpočet se provádí pomocí rovnice, kde V je objem budovy [m^3]:

$$E_{zs} = 3 \cdot V [\text{kWh} \cdot \text{a}^{-1}] \quad (3.4)$$

3.2.3 Zisky z vnitřních zdrojů tepla

Tento výtěžek energie je sumou zdrojů tepla z ohřevu vzduchu prouděním z ventilátoru, pomocí umělého osvětlení, vyzařování tepla ze spotřebičů a uživatele domu. Zisky zjistíme podle rovnice:

$$E_{vz} = 6 \cdot V [\text{kWh} \cdot \text{a}^{-1}] \quad (3.5)$$

3.2.4 Zisky fotovoltaickými panely a solárními kolektory

Sluneční energie, která dopadá na zemský povrch je nejvýše 1000 W/m^2 . Z kalorimetrické rovnice můžeme spočítat návrh solárního systému:

$$Q_{\text{spotřeby}} = m \cdot c_p \cdot (t_a - t_{\text{okolí}}) \quad (3.6)$$

kde:

m ... hmotnost vody [l]

c_p ... konstanta tepelné kapacity [-]

t_a ... požadovaná teplota vody [$^{\circ}\text{C}$]

$t_{\text{okolí}}$... teplota okolí [$^{\circ}\text{C}$]

Návrh solárního panelu vypočítáme pouze se znalostí konkrétního umístění a pro každý měsíc v roce nám vyjde jiná hodnota výpočtu, proto ve výpočtu pracujeme s nejmenší hodnotou. Kvůli tomu potřebujeme znát průměrnou teplotu v době svitu, střední sluneční intenzitu a průměrný čas svitu.

$$Q_s = Q_{s\text{TEOR}} \cdot \tilde{\tau} \quad (3.7)$$

$$\eta = (1 - r) - \frac{(k \cdot (t_a \cdot t_v))}{I_{STR}} \quad (3.8)$$

$$Q_A = Q_s \cdot \eta \quad (3.9)$$

$$S = \frac{Q_{\text{spotreby}}}{Q_A} \cdot 1,1 \quad (3.10)$$

kde:

Q_s ... teplo potřebné za den [$\text{kWh} \cdot \text{m}^2$]

$\tilde{\tau}$... průměrný měsíční čas svitu [-]

r ... koeficient neúčinnosti kolektoru (15 %) [-]

k ... konstanta kolektoru (při plochém kolektoru je 6) [-]

t_v ... průměrná měsíční teplota [$^{\circ}\text{C}$]

I_{STR} ... střední intenzita záření [W/m^2]

η ... účinnost [-]

Q_A ... teplo celkové [$\text{kWh} \cdot \text{m}^2$]

S ... plocha solárního systému [m^2]

I pro návrh fotovoltaického systému je potřeba znát přesnou polohu pozemku a klimatické podmínky, které tam panují. Záleží i na úhlu naklonění fotovoltaického panelu, každý panel má různý výkon, ale většinou je jmenovitý výkon roven 250 W_p s účinností 11% a samozřejmě jsou zde i ztráty součástí FV okolo 14 %, jako například kabely či měniče. [14]

$$P_{\text{spotreby}} = P_{\text{spotreby}} \cdot t_{\text{provozu}} \quad (3.11)$$

$$P_{\text{panelucelkovy}} = P_{\text{panelu}} \cdot \eta_{\text{panelu}} \quad (3.12)$$

$$P_{\text{dennispotreby}} = \frac{P_{\text{panelucelkovy}}}{\text{prumerna denni vyroba}_{z1\text{Winstalovanehovykou}}} \quad (3.13)$$

3.2.5 Vytápění

Kotle na tuhá paliva s akumulací nádrží

Pro zvýšení životnosti kotle je dobré, když teplota vracející se vody z oběhu neklesne pod 60 °C. Nižší teplota topné vody v nízkoteplotní soustavě je příčinou oddělení přívaděcího a kotlového okruhu s akumulací nádrží. Odebírání tepla ze zásobníku bez provozu kotle může trvat 1-3 dny, podle okolních vlivů. V závislosti na uživateli můžeme volit různé výkony kotlů od 7-10 kW až po běžnější 20-25 kW, které jsou vhodné pro akumulaci energie do zásobníku o objemu 1000-2000 m³. Při výhřevnosti velkého objemu se akumulací nádoba nevyplátí.

Účinnost klasických atmosférických kotlů ovlivňuje druh paliva, kde každý má jinou výhřevnost. Vlhkost dřeva podstatně ovlivňuje, jakou energii z něj získáme jeho spálením. Doporučuje se nechat našťípané dřevo až 2 roky schnout. Celkově je účinnost těchto kotlů nízká, asi 72-80 %, a navíc je nutná obsluha uživatele. [16]

Tab. 3.2 Výhřevnost paliva [Převzato z [15]]

Palivo	Výhřevnost MJ · kg ⁻¹
Koks	27,5
Černé uhlí	25
Hnědé uhlí	15,1
Dřevo (30% vlhkost)	12,2
Dřevo (10% vlhkost)	16,5

Kotle s automatickým doplňováním paliva a vzduchovým ventilátorem mají obrovskou výhodu v tom, že uživatel se stará pouze o naplnění zásobníku, a také je možné bezobslužně elektricky kotel zapálit. Do tohoto kotle jsou předepsané velikosti a typy paliv, například uhlí nebo dřevní pelety. Účinnost se pohybuje okolo 85 %.

Zplynovací kotle dosahují účinnosti vysoké až 87 % a nízkých emisních hodnot. Palivem může být dřevo nebo kombinace dřeva a uhlí, kde je vysoušeno a poté generátorově zplynováno. Plyn hoří pomocí předehřátého sekundárního vzduchu, tento děj je automaticky regulovatelný a při středním výkonu vystačí až na 12 hodin vyhřívání. [16]

Krby, krbová a kachlová kamna

Stále častěji se stávají populárním lokálním topeništěm v domech, kde symbolizují otevřený oheň. Jejich účinnost je ovlivněná volbou krbové vložky a samotným výběrem krbu či kamen, pohybuje se okolo 70-80 %. Samozřejmostí je použití co nejsuššího dřeva, nedoporučuje se použití štěpky či jiné formy, neboť dochází ke zkrácení životnosti.

Krby mají výkon okolo 10 kW a jsou schopné být hlavním zdrojem tepla domu. Jejich tvar či velikost záleží na volbě uživatele.

Kamna mají výkon nižší, asi 4-8 kW. Jsou schopné vytopit menší domy a není nutné mít je umístěné u komína, jako je tomu u krbů. Jejich vzhled může být tvořen litinou či kachlem.

Kachlová kamna sálavá dokážou na 1m² dát 1 kW. V závislosti na velikosti teplostěnné plochy jsou schopny sálát až 8 hodin, kdy každou hodinu dodají do místnosti teplo o 2-5 kW. Možnost více hodinové nepřítomnosti uživatele při obsluze kamen je přínosem.

Teplovodní vložka i přes svůj vysoký výkon 10 kW, není příliš vhodná kvůli výpadku elektřiny vzhledem k čerpadlu, které je nezbytnou součástí. [16]

Plynové kotle

Kondenzační plynové kotle využívají dodatečně i výhřevnost vodní páry, která vznikla vychlazením unikajících spalin do komína, pomocí tepelného výměníku. S tímto systémem jsou schopny dosáhnout různých výkonů od 6 kW až do 12 kW. Do 50 kW jsou označovány jako plynové spotřebiče. Podle toho je kategorizujeme na spotřebiče typu B a C. Spotřebiče typu B je nutné mít ve větrané místnosti, neboť si z ní berou vzduch pro spalování. Spotřebiče typu C jsou uzavřené a vzduch si berou z venkovního prostoru. [17]

Tepelná čerpadla

Nízko potenciální teplo odebírané ze země, vody či vzduchu se tepelným čerpadlem převádí na vyšší teplotní hladinu vhodnou pro využití vytápění objektu či k ohřevu vody. Výkon tepelného čerpadla je ovlivněn topným faktorem:

$$\varepsilon_{tc} = \frac{Q_{tc}}{P_{tc}} \quad (3.14)$$

kde:

Q_{tc} ... tepelný výkon odevzdaný tepelným čerpadlem [kW]

P_{tc} ... příkon dodaný tepelnému čerpadlu [kW]

Velikost topného faktoru je závislá na konkrétní teplotě zdroje, a proto se mění podle provozních podmínek. Kombinace tepelného čerpadla s jiným zdrojem vytápění není příliš vhodná, kvůli konstantnímu průtoku topného média.

Podle tvaru pozemku, vhodnosti vrtu či umístění plošného kolektoru, které u tepelného čerpadla vzduch/voda odpadá, můžeme zvolit také typ země/voda či voda/voda. Tepelná čerpadla volíme, pokud chceme vytápět stavbu a případně zajistit jimi ohřev vody, kdy teplotní spád vody je maximálně 55/45 °C. Nevýhodou jsou velké energetické náklady na pohon tepelného čerpadla. [18]

3.3 Bilanční schéma

Po zjištění energetických zisků a ztrát můžeme zjistit, jaký typ stavby máme. Pokud jsme schopni veškeré ztráty z domu pokrýt dostatečným ziskem energie bez připojení na síť, tedy že celková bilanční rovnice nám vyjde nula či kladné číslo, může říci, že se jedná o energeticky nezávislý dům.

Konkrétnímu návrhu se budu věnovat v dalším bodě této práce, kde na konkrétní situaci navrhnu systém na pokrytí ztrát pro mou modelovou situaci.

4 Návrh krytí energetických potřeb zvoleného modelu

4.1 Modelová situace

Mým zvoleným modelem diplomové práce jsou dvě rozdílné rodiny. Abych se mohla pokusit různým způsobem o docílení energeticky samostatného domu, stavba domu bude umístěna na stejném pozemku a v prvních výpočtech bude výstavbově totožná, aby bylo možné porovnat energetickou náročnost obou rodin. Poté se pokusím stavby optimalizovat požadavkům vedoucím k energeticky nezávislému domu.

Rodinný dům by byl umístěn na pozemku o výměře 2231 m² v obci Chrást'ovice u Mladotic okres Plzeň- sever, parcelní číslo 53, viz Obrázek 4.1. Pozemek se nachází v zastavěné oblasti, kde ovšem není stíněný vysokými objekty, ale je chráněný před větrem a nepříznivými vlivy okolními stavbami a vysázenými listnatými stromy. Parcela je rovinná s vlastní studnou a přístupovou cestou k pozemní komunikaci.



Obr. 4.1 Stavební pozemek [19]

První modelová rodina má dva starší členy, kteří příliš nepoužívají moderní techniku. Jako rodina nejsou nadměrně aktivní, takže spotřeba vody není vysoká. Oproti tomu druhá rodina má členy čtyři. Je to mladá aktivní rodina se dvěma malými dětmi, která naopak moderní techniku hojně využívá. Rozdíl v náročnosti na energii v užívání elektrických spotřebičů bez osvětlení je okolo 1700 kWh za rok. Osvětlení se podle velikosti stavby liší, proto bude zahrnuto u každého domu zvlášť. Z Tabulky 4.1 můžeme vyčíst denní energetické nároky rodin.

Tab. 4.1 Denní energetické nároky rodiny

Parametry		Rodina I.	Rodina II.
Elektrické spotřebiče	Příkon [W]	Spotřebovaná elektrická energie [kWh/den]	
kuchyň	sporák	7 200	3 600
	trouba	3 300	4950
	mikrovlnná trouba	800	400
	rychlouvarná konvice	2200	-
	robot	300	300
	myčka	820	820
	lednice s mrazákem	640	320
obývací	televize	93	-
	rádio	19	57
	nabíječka	1,3	1,3
	notebook	40	40
	DVD a Blu-ray	18,5	-
koupelna	pračka se sušičkou	2200	1100
	žehlička	1000	83
	elektrický kartáček	0,3	-
	fén	1500	31,25
ostatní	vysavač	600	6,25
	čerpadlo	1200	1200
	nářadí	800	230
	osvětlení	8 W na 10 m ²	
součet		13 139	17 711

Roční energetické náklady:

$$\text{REN} = \sum \text{součet denních naroku rodiny} \cdot 365 \quad (4.1)$$

$$\text{REN rodiny I.} = 13\,139 \cdot 356 = 4\,795\,662 \text{ Wh/rok} \quad (4.2)$$

$$\text{REN rodiny II.} = 17\,711 \cdot 356 = 6\,464\,428 \text{ Wh/rok} \quad (4.3)$$

Náklady na každou rodinu se liší. Rodina I. šetří více energií, neboť nepoužívají tolik spotřebičů a jejich životní styl je spíše nízkoenergetický. Například její lednice je o objemu pouze 90 l. Tato velikost je pro dva členy dostačující. Rozdíl užívání mezi žehličkou a pračkou v rodinách je také znatelný kvůli nižšímu počtu členů v domácnosti. Rodina II. má malé děti, a proto například televize je velkým energetickým nákladem. Jejich užívání elektrických spotřebičů není výhradně nutné, jako je nabíjení elektrického kartáčku pro čtyři členy domácnosti či 300 l objem lednice. Kvůli tomu jsou jejich náklady na energie vyšší. Z výpočtu 4.1 vychází celkové náklady na energie elektrických spotřebičů bez osvětlení pro rodinu I. 4795,66 kWh za rok a pro rodinu II. 6464,42 kWh. Z toho vyplývá, že náklady rodiny II. jsou skoro o třetinu vyšší než rodiny I.

4.2 Stavba

Při výpočtu měrné spotřeby tepla stavbou za otopné období jsem zvolila doporučené parametry pro pasivní dům. Ovšem v dvoupatrovém rodinném domě jsou parametry jiné než v bungalovu, neboť dvoupatrový dům nemá podlahu odizolovanou od země tak silnou izolační vrstvou jako bungalov. Podrobné rozdíly parametrů jsou patrné v následující Tabulce 4.2.

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně.

Tab. 4.2 Součinitel prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$			
	Požadované hodnoty UN,20	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy Upas,20	Zadané hodnoty pro bungalov	Zadané hodnoty pro 2. NP rodinný dům
Sřecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,15 až 0,10	0,10	0,15
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,22 až 0,15	0,15	0,2
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,5	0,8 až 0,6	0,6	0,6
Stěna vnější	0,30	0,18 až 0,12	0,12	0,12

Jako topné měsíce jsem počítala leden, únor, březen, duben, říjen, listopad a prosinec. Vnitřní teplotu pro obyvatelné místnosti jsem stanovila na 21 °C. V Tabulce 4.3 můžeme vidět průměrnou měsíční teplotu v Plzni, nejbližší metrologické stanici obci Chrášťovice, a teplotu použitou ve výpočtu. Myslím, že v našem podnebném pásmu jsou počty dnů, kdy se topí proměnné, ale v průměru to vychází na tyto měsíce, tedy okolo 212 topných dní.

Tab. 4.3 Teploty [23]

měsíc	leden	únor	březen	duben	říjen	listopad	prosinec
teplota naměřená	-0,8	2,3	2,9	7,2	7,1	2,2	-0,2
teplota ve výpočtu	21,8	18,7	19,1	13,8	13,9	18,8	21,2

4.2.1 STAVBA I.

Stavba je částečně ze severu zakryta terénem, který nám tvoří izolaci, okna jsou orientována na jih a jihozápad. Obrovské akumulční schopnosti zeminy zajišťují vyrovnání teplotní výkyvy a snižují energetické nároky na teplo. Zeminou je částečně pokryta i střecha stavby, kromě dvou světlíků, které do domu přivádí přirozené denní světlo. Konstrukce domu je tvořena betonem jako hlavním stavebním materiálem. Strop a podlahu tvoří železobetonová deska. Stěny vyzdívací betonové tvárnice. Dům je od země izolován 10 cm vrstvou tlakem vypuzeného polystyrenu a poté je umístěna deska, stavba netvoří mezi zemí a podlahou žádný tepelný most. Celková struktura domu je izolována ještě 30 cm silnou vrstvou polystyrenu a je zde plynulý přechod mezi plochami výplní otvorů, tedy dveřmi a okny. Izolované složky fasády jsou ukotveny na nosné liště, jež je také znovu izolována. Celou jižní část domu představuje troj-sklená stěna zasazená do tepelně izolační vrstvy, která slouží jako zdroj světelné a tepelné energie a přirozeného světla. Veškeré tepelné mosty jsou eliminovány díky použité izolaci a jednoduchému tvaru stavby.



Obr. 4.2 Půdorys bungalovu [24]

Dochází tedy ke ztrátě $10,3 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Tuto ztrátu jsem spočítala pomocí samostatně navrženého skriptu v prostředí MATLAB, Příloha 1 a Příloha 2. Z výsledku výpočtu Obrázek 4.3 můžeme vidět, že stavba je hodnocena jako nízkoenergetická.

```

spotreba
ti = 21.8000 18.7000 19.1000 13.8000 13.9000 18.8000 21.2000
h1 = 104.4000 86.4200 88.7400 58.0000 58.5800 87.0000 100.9200
h2 = 14.5800 12.0690 12.3930 8.1000 8.1810 12.1500 14.0940
Aj = 45
Uj = 1.2000e-04
Ao = 33
Uo = 6.0000e-04
bo = 1.1500
As = 132
Us = 1.0000e-04
bs = 1
Az = 0
Uz = 0
ans = 0.0150
bz = 0.4000
An = 0
Un = 0
bn = 0
A = 210
V = 396
Va = 316.8000
Evp = 1.0e+03 *
  2.1967 1.8184 1.8672 1.2204 1.2326 1.8306 2.1235
Evv = 1.0e+03 *
  4.6189 3.8235 3.9261 2.5661 2.5917 3.8491 4.4650
Evz = 2376
Ezs = 1188
Er = 1.0e+03 *
  3.6081 2.4343 2.5857 0.5789 0.6167 2.4721 3.3809
ev =
  9.1113 6.1471 6.5296 1.4618 1.5574 6.2427 8.5376
ea =
  28.4727 19.2097 20.4049 4.5682 4.8670 19.5085 26.6799
aaavg = 10.3092
ans =stavba je nizkoenergeticka

```

Obr. 4.3 Výpočet pro bungalov

Voda je do domu přiváděna z vlastní studny na pozemku a kanalizace je řešena biologickou čistírnou odpadních vod a dešťová voda je zachycována na pozemku do jímky a poté znovu použita.

Příkon osvětlení je 105 W. Při průměrném svícení 3h denně je energie 114,9 kWh za rok. Proto pro rodinu I. je celková energetická náročnost 4 910,6 kWh za rok a pro rodinu II. je to 6 579,4 kWh za rok. Pro větrání použijeme samostatné větrání, kdy se bude vzduch měnit přirozeným prouděním otevřenými okny. Díky tomu ušetříme vysoké náklady energie na tepelné čerpadlo.

Dům bude vytápěn litinovým kotlem o výkonu 34 kW na tuhá paliva se samovolným oběhem na akumulční nádrž o objemu 4 500 l. Část vody se rozvede do radiátorů. Vysoký výkon kotle zajistí rychlé natopení akumulční nádoby. Pro letní sezónu budou na akumulční nádobu připojeny také dva ploché deskové kolektory, kdy při poklesu teploty v akumulční nádobě sepne čerpadlo a začne vhnět vodu do kolektorů. Kolektory jsem zvolila pro jejich nízké pořizovací náklady a dostatečné pokrytí ohřevu teplé vody v letních měsících. Poté, co se voda nahřeje na nutnou teplotu, přirozeně spadne zpět do akumulční nádrže. Celkovou potřebu na energie vytápění a ohřev teplé vody nám tento systém pokryje, což můžeme vidět ve výpočtu 4.4 a dále. Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody byla vypočítána z programu pro výpočet celkové roční potřeby pro vytápění a ohřev teplé vody. Výsledky můžeme vidět na Obrázku 4.6 a 4.7.

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$???	
Město	Pízeň	Délka topného období	d = 212 [dny]
Věnovní výpočtová teplota t_e	= -12 $^{\circ}\text{C}$	Prům. teplota během otopného období	$t_{es} = 2.95\text{ }^{\circ}\text{C}$
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 10.3\text{ kW}$	$t_1 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$\rho = 1000\text{ kg/m}^3$???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is}	= 19 $^{\circ}\text{C}$???	$t_2 = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$c = 4186\text{ J/kgK}$???
Vytápění denostupně		$V_{2p} = 0.2\text{ m}^3/\text{den}$???	
$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3403\text{ K.dny}$		Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???	
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0.80$???	$\eta_o = 0.95$???	$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 15.7\text{ kWh}$	
$e_t = 0.90$???	$\eta_r = 0.95$???	Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	
$e_d = 0.9$???		Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Opravný součinitel ϵ ???		Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]	
<input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.648$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
<input type="radio"/> $\epsilon = 0.765$		$Q_{TUV,r} = (17.5\text{ GJ/rok })$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3.6 \cdot 10^{-3}$		$Q_{TUV,r} = (4.9\text{ MWh/rok })$	
$Q_{VYT,r} = (70.1\text{ GJ/rok })$			
$Q_{VYT,r} = (19.5\text{ MWh/rok })$			
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = (87.6\text{ GJ/rok })$			
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = (24.3\text{ MWh/rok })$			

Obr. 4.4 Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody - rodina I.

Lokalita (Tabuška)		<input type="radio"/> t _{em} = 12 °C <input type="radio"/> t _{em} = 13 °C <input type="radio"/> t _{em} = 15 °C ???	
Město	Přízeň	Délka topného období	d = 212 [dny]
Venkovní výpočtová teplota t _e	= -12 °C	Prům. teplota během otopného období	t _{es} = 2,95 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	Q _c = 10,3 kW	t ₁ = 10 °C	ρ = 1000 kg/m ³ ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t _{is}	= 19 °C ???	t ₂ = 55 °C	c = 4186 J/kgK ???
Vytápěcí denostupně	D = d · (t _{is} - t _{es}) = 3403 K.dny	V _{zp} = 0,328 m ³ /den ???	Koeficient energetických ztrát systému z = 0,5 ???
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
e _i = 0,80 ???	η _o = 0,95 ???	Q _{TUV,d} = (1+z) · $\frac{\rho \cdot c \cdot V_{zp} \cdot (t_2 - t_1)}{3600}$ = 25,7 kWh	
e _t = 0,90 ???	η _r = 0,95 ???	Teplota studené vody v létě t _{svl} = 15 °C	
e _d = 0,9 ???		Teplota studené vody v zimě t _{svz} = 5 °C	
Opravný součinitel ε ???		Počet pracovních dní soustavy v roce N = 365 [dny]	
<input checked="" type="radio"/> ε = e _i · e _t · e _d = 0,648		Q _{TUV,r} = Q _{TUV,d} · d + 0,8 · Q _{TUV,d} $\frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
<input type="radio"/> ε = 0,765		Q _{TUV,r} = ($\frac{28,7 \text{ GJ/rok}}{8 \text{ MWh/rok}}$)	
Q _{VYTr} = $\frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$		Q _{TUV,r} = ($\frac{28,7 \text{ GJ/rok}}{8 \text{ MWh/rok}}$)	
Q _{VYTr} = ($\frac{70,1 \text{ GJ/rok}}{19,5 \text{ MWh/rok}}$)			
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
98,9 GJ/rok			
Q _r = Q _{VYTr} + Q _{TUV,r} = (27,5 MWh/rok)			

Obr. 4.5 Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody - rodina II.

$$\text{RZE na VaOTV} = \text{pocet topných dní} \cdot P_{\text{kotle}} \cdot \text{pocet hodin vytápění} \quad (4.4)$$

$$\text{RZE na VaOTV} = 212 \cdot 34\,000 \cdot 4 = 28\,832 \text{ kWh/rok} \quad (4.5)$$

$$\text{pokrytiztrat} = \frac{\text{roční zisk energie vytápění ohřev teplé vody}}{\text{naklady na vytápění ohřev teplé vody}} \quad (4.6)$$

Pokrytí ztrát na vytápění a ohřev teplé vody pro rodinu I.:

$$\text{PZ} = \frac{28\,832}{24\,300} = 1,18 \quad (4.7)$$

Pokrytí ztrát na vytápění a ohřev teplé vody pro rodinu II.:

$$\text{PZ} = \frac{28\,832}{27\,500} = 1,05 \quad (4.8)$$

Zisk z plochých deskových solárních kolektorů pro 84 l vody z nádrže pro ohřev ze 40 °C na 55 °C pro průměrné denní použití, počítáme pro nejhorší měsíc, tedy květen:

$$Q_s = m \cdot c_p \cdot \Delta t = 84 \cdot 4,2 \cdot (55 - 40) = 5,3 \text{ kWh} \quad (4.9)$$

$$Q_s = Q_{s\text{TEOR}} \cdot \tilde{\tau} = 7,98 \cdot 0,45 = 3,59 \text{ kWh} \quad (4.10)$$

$$\eta = (1-r) - \frac{(k \cdot (t_a \cdot t_v))}{I_{STR}} = (1-0,15) - \frac{6 \cdot (55-12,9)}{574} = 0,41 \quad (4.11)$$

$$Q_A = Q_s \cdot \eta = 3,59 \cdot 0,41 = 1,47 \text{ kWh/m}^2 \quad (4.12)$$

$$S = \frac{Q_{\text{spotreby}}}{Q_A} \cdot 1,1 = \frac{5,3}{1,47} \cdot 1,1 = 3,97 \text{ m}^2 \quad (4.13)$$

Pro pokrytí ztrát elektrické energie jsem se rozhodla na střechu instalovat fotovoltaický systém SunWave OMP - 250 W (Příloha 4) polykrystal o sklonu 45°, který by dodával energii, a stavba by nemusela být připojena k elektrické síti. Celkové náklady na energii jsou v porovnání s první stavbou nízké, díky kotli jako zdroji vytápění a ohřevu teplé vody. Pro rodinu I. jsou náklady 4,9 kWh/rok a pro rodinu II. 6,6 kWh/rok, Zvolený panel má průměrný instalovaný výkon 250 W a jeho rozměry jsou 1646×991×45 mm. Panel jsem zvolila kvůli jeho garanci jmenovitého výkonu alespoň 80 % na 25 let. Při výpočtu pomocí programu PV potential estimation utility Obrázek 4.6 a 4.7 nám vyjde, že na pozemku z jednoho panelu získáme 235 kWh za rok. Pro celkové ztráty energie bych musela na stavbu instalovat výkon o celkové hodnotě 4 935 kWh za rok pro rodinu I., tedy celkový počet panelů by byl 21, tj. 34,2 m² pokryté střechy. Což je při velikosti střechy 132 m² reálná instalace. Pro rodinu II. by musel být instalovaný výkon 6 580 kWh za rok, tedy 28 panelů. Což tvoří 45,6 m² prostoru na střeše. Pokrytí ztrát energií je fotovoltaickým systémem reálné a díky němu dosáhneme energetické nezávislosti domu.

Tab. 4.4 Porovnání fotovoltaických panelů

Panel	Nominální výkon	Účinnost	Rozměry	Cena
SunWave OMP	250 W	17 %	1646×991×45 mm	4 500 Kč
Omsun	260 W	15 %	1646×991×40 mm	3 500 Kč
SPP140-12	140 W	19 %	1480x673x35 mm	5 700 Kč

Obr. 4.6 Program PV potential estimation utility [26]

Poloha: 50 ° 0'34" North, 13 ° 21'5" East, Nadmořská výška: 427 m nm.

Sluneční záření databáze použit: PVGIS-CMSAF

Jmenovitý výkon fotovoltaického systému: 0,2 kW (krystalický křemík)
 odhadované ztráty v důsledku teploty a nízké ozářenosti: 7,8% (z místní okolní teplota)
 odhadované ztráty v důsledku úhlových odrazivosti účinky: 3,0%
 ostatní ztráty (kabely, měniče atd.): 14,0%
 ztráty systému kombinované PV: 23,1%

Pevný systém: sklon = 45 °, orientace = 0 °

Měsíc	E_d	E_m	H_d	H_m
leden	0,24	7,51	1,16	35,9
února	0,45	12,7	2,18	61,0
Mar	0,74	22,8	3,68	114
dubna	0,92	27,7	4,79	144
Smět	0,92	28,4	4,85	150
června	0,93	27,9	5,03	151
července	0,91	28,2	4,98	154
srpnu	0,88	27,1	4,74	147
září	0,74	22,3	3,89	117
říjen	0,53	16,5	2,69	83,4
listopad	0,27	7,99	1,31	39,3
prosince	0,19	6,02	0,93	29,0
roční průměr	0,644	19,6	3,36	102
Celkem za rok		235		1230

E_d : Průměrná denní produkce elektrické energie z daného systému (kWh)

e_m : Průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému (kWh)

H_d : Průměrný denní součet globálního záření na metr čtvereční obdržené moduly daného systému (kWh / m^2),

H_m : Průměrný součet globálního záření na metr čtvereční obdržené moduly daného systému (kWh / m^2)

Obr. 4.7 Výpočet z programu PV potential estimation utility [26]

Výpočet FV systému pro bungalov pro rodinu I.:

$$\text{pocet FV} = \frac{\text{energet. ztraty za rok}}{\text{zisk z 1 FV panelu za rok}} \quad (4.14)$$

$$\text{pocet FV} = \frac{4910,6}{235\,000} = 20,89 \cong 21 \quad (4.15)$$

$$\text{IV FVE} = \text{pocet FV panelu} \cdot \text{zisk z 1 FV panelu za rok} \quad (4.16)$$

$$\text{IV FVE} = 21 \cdot 235\,000 = 4\,935 \text{ kWh/rok} \quad (4.17)$$

Výpočet FV systému pro bungalov dům pro rodinu II.:

$$\text{pocet FV} = \frac{\text{energet. ztraty za rok}}{\text{zisk z 1 FV panelu za rok}} \quad (4.18)$$

$$\text{pocet FV} = \frac{6\,579,4}{235\,000} = 27,99 \cong 28 \quad (4.19)$$

$$\text{IV FVE} = \text{pocet FV panelu} \cdot \text{zisk z 1 FV panelu za rok} \quad (4.20)$$

$$\text{IV FVE} = 28 \cdot 235\,000 = 6\,580 \text{ kWh/rok} \quad (4.21)$$

Zisk přebytku z FVE:

Pro rodinu I.:

$$\text{mesicni potreba energie} = \text{naklady na energii} \cdot \text{pocet dni v mesici} \quad (4.22)$$

$$\text{kvetnova potreba energie} = 4,9 \cdot 31 = 152,3 \text{ kWh} \quad (4.23)$$

$$\text{mesicni zisk energie z FVE} = \text{mesicni zisk} \cdot \text{pocet panelu} \quad (4.24)$$

$$\text{kvetnovy zisk energie z FVE} = 28,4 \cdot 21 = 596,4 \text{ kWh} \quad (4.25)$$

$$\text{prebytek} = \text{mesicni zisk energie} - \text{mesicni potreba energie} \quad (4.26)$$

$$\text{prebytek za kveten} = 596,4 - 152,2 = 444,2 \text{ kWh} \quad (4.27)$$

Pro rodinu II:

$$\text{kvetnova potreba energie} = 6,6 \cdot 31 = 204,6 \text{ kWh} \quad (4.28)$$

$$\text{kvetnovy zisk energie z FVE} = 28,4 \cdot 21 = 596,4 \text{ kWh} \quad (4.29)$$

$$\text{prebytek za kveten} = 596,4 - 204,6 = 391,8 \text{ kWh} \quad (4.30)$$

Náklady na dohřátí akumulční nádrže:

$$N_{kO AN} = m \cdot c_p \cdot \Delta t = 4500 \cdot 4,2 \cdot (55 - 40) = 283,5 \text{ kWh} \quad (4.31)$$

Podle výpočtu 4.14 můžeme vidět, že navržená FVE je dostatečně zisková v měsících s dostatečným slunečním svitem. Proto bychom mohli nadbytečnou sluneční energií dohřívát akumulční nádobu. Ale dle výpočtu 4.31 vidíme, že nám přebytek dostatečně náklady na ohřátí akumulční nádoby vystačí. I za ostatní měsíce, kdy se nebude topit, nám přebytek sluneční energie postačí na dohřátí akumulční nádrže na 55 °C.

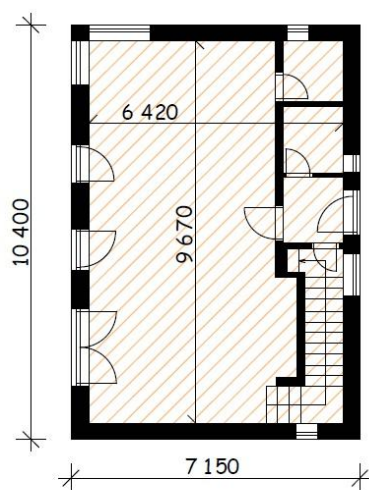
Pro ukládání energie v nedostatku sluneční energie bude do systému zapojena olověná trakční baterie s tekutým elektrolytem, jejíž životnost se pohybuje okolo 5 let a je tvořena pro nižší vybíjecí proud a více cyklů vybití. Od velikosti kapacity baterie se odvíjí její cena, která může být pro nejčastěji používanou baterii o 12 V okolo 10 000 Kč. Pro náš systém by se více hodila 24 V baterie, kde se cena při pořízení nové pohybuje okolo 90 000 Kč, ale při koupi repasované, tj. použité, zkontrolované a vrácené zpět do prodeje, je cena okolo 20 000 Kč. Celkové ztráty energie jsou znázorněny v Tabulce 4.5.

Tab. 4.5 Energetické ztráty

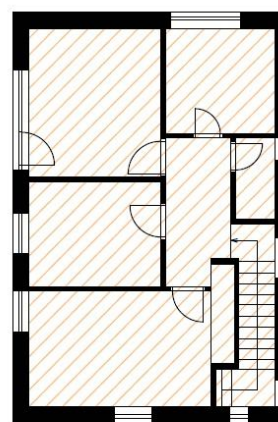
Elektrické spotřebiče	4 910,6 kWh/rok	6 579,4 kWh/rok
Energie získaná FV	2 350 kWh/rok	2 350 kWh/rok
Celková potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody	24,3 MWh/rok	27,5 MWh/rok
Potřebu energie vytápění a ohřev	28,8 MWh/rok	28,8 MWh/rok

4.2.2 STAVBA II.

Stavba je umístěna na kraji stavebního pozemku, kde je ze severní strany kryta zvýšeným terénem, který nám tvoří ochranu stavby před nepříznivými vlivy. Okna jsou orientována na jih a jihozápad. Střecha má jednoduchý pultový tvar se sklonem 45° a s hřebenem ohraničeným okapy. Konstrukce domu je tvořena keramickými zdíciými prvky jako hlavním stavebním materiálem. Podlaha domu je tvořena vylitou betonovou deskou s izolací, která brání tepelným mostům. Strop tvoří keramické tvarovky. Dům je zateplen 30 cm silnou vrstvou polystyrenu a je zde plynulý přechod mezi plochami výplní otvorů, tedy dveřmi a okny. Dům je typickým představitelem nízkoenergetické stavby.



Obr.1: Půdorys 1.NP



Obr. 2: Půdorys 2.NP

Obr. 4.8 Půdorys 2 NP domu [27]

Podle výpočtu z vlastního navrženého programu vytvořeného v prostředí MATLAB, Příloha 1 a Příloha 3. Výsledek je na Obrázku 4.9. Dochází tedy ke ztrátě $14,7 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$.

```

spotreba
ti = 21.8000 18.7000 19.1000 13.8000 13.9000 18.8000 21.2000
h1 = 104.4000 86.4200 88.7400 58.0000 58.5800 87.0000 100.9200
h2 = 14.5800 12.0690 12.3930 8.1000 8.1810 12.1500 14.0940
Aj = 183.6000
Uj = 1.2000e-04
Ao = 27
Uo = 6.0000e-04
bo = 1.1500
As = 80
Us = 1.5000e-04
bs = 1
Az = 74.4000
Uz = 2.0000e-04
bz = 0.4000
An = 0
Un = 0
bn = 0
A = 365
V = 446
ans = 2
Va = 356.8000
Evp = 1.0e+03 *
  3.8167 3.1594 3.2442 2.1204 2.1416 3.1806 3.6895
Evv = 1.0e+03 *
  5.2021 4.3062 4.4218 2.8901 2.9190 4.3351 5.0287
Evz = 2676
Ezs = 1338
Er = 1.0e+03 *
  5.4063 3.8530 4.0534 1.3979 1.4480 3.9031 5.1056
ev = 12.1217 8.6390 9.0884 3.1343 3.2466 8.7514 11.4476
ea = 37.8802 26.9970 28.4013 9.7946 10.1456 27.3481 35.7738
eaavg = 14.6950
ans = stavba je nizkoenergeticka

```

Obr. 4.9 Výpočet 2. NP dům

Voda je do domu přiváděna z vlastní studny na pozemku, kanalizace je řešena biologickou čistírnou odpadních vod a dešťová voda je zachycována na pozemku do jímky a poté znovu použita.

Příkon na osvětlení je 198 W. Při průměrném svícení 3h denně je energie 216,8 kWh za rok. Proto pro rodinu I. je celková energetická náročnost 5 012,4 kWh za rok a pro rodinu II. je to 6 681,2 kWh za rok. Pro větrání použijeme rekuperační jednotku, která nám vymění 200 m³/h vzduchu a způsobí nám ztrátu tepla pouze 29 %. Podle výpočtu:

$$200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 0,29 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 365 \text{ d} = 508 \text{ kWh} \quad (4.32)$$

Spotřeba energie rekuperační jednotky podle výpočtu 4.32 bude 508 kWh za rok.

Pro celkové vytápění objektu použijeme tepelné čerpadlo typu vzduch/voda se jmenovitým výkonem 8 kW, jelikož je z typů nejméně nákladné, tedy není potřeba vrtů do země ani investice do kolektorů. Tepelné čerpadlo bude dimenzované zhruba na 70 % tepelné ztráty pro přípravu 55 °C vody. Do výpočtu 4.33 a dále jsem zahrнула energii na vytápění a ohřev teplé vody, která je zásobována do akumulární nádrže. Poté jsem zvolila vhodné čerpadlo pro tento nárok energie, které je již zahrnuto v elektrických spotřebičích. Dále můžeme vidět z Tabulky 4.4 náklady energií na samotné tepelné čerpadlo (kompresor) a jeho pomocná zařízení. A nakonec jsem spočítala i celkové náklady na energie při ceně nízkého tarifu 2,1 Kč/kWh.

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody byla vypočítána z programu pro výpočet celkové roční potřeby pro vytápění a ohřev teplé vody. Výsledky můžeme vidět na Obrázku 4.10 a 4.11.

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ °C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ °C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ °C}$	
Město	Pízeň	Délka topného období	d = 212 [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e =$	-12 °C	Prům. teplota během otopného období	$t_{es} = 2.95\text{ °C}$
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 14.7\text{ kW}$	$t_1 = 10\text{ °C}$	$\rho = 1000\text{ kg/m}^3$
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$	19 °C	$t_2 = 55\text{ °C}$	$c = 4186\text{ J/kgK}$
Vytápěcí denostupně	$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3403\text{ K.dny}$	$V_{zp} = 0.2\text{ m}^3/\text{den}$	Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0.85$	$\eta_o = 0.95$	$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{zp} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 15.7\text{ kWh}$	
$e_t = 0.90$	$\eta_r = 0.95$	Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15\text{ °C}$	
$e_d = 1.00$		Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5\text{ °C}$	
Opravný součinitel ϵ		Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365\text{ [dny]}$	
<input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ <input type="radio"/> $\epsilon = 0.765$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 17.5\text{ GJ/rok} \\ 4.9\text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left(\begin{matrix} 118.2\text{ GJ/rok} \\ 32.8\text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$		Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 135.7\text{ GJ/rok} \\ 37.7\text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$	

Obr. 4.10 Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody - rodina I. [25]

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$???	
Město	Plešň	Délka topného období	d = 212 [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e =$	-12 $^{\circ}\text{C}$	Prům. teplota během otopného období	$t_{es} = 2.95\text{ }^{\circ}\text{C}$
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 14.7\text{ kW}$	$t_1 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$\rho = 1000\text{ kg/m}^3$???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$	19 $^{\circ}\text{C}$???	$t_2 = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$c = 4186\text{ J/kgK}$???
Vytápěcí denostupně	$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3403\text{ K.dny}$	$V_{2p} = 0.328\text{ m}^3/\text{den}$???	Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???
Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i = 0.85$??? $\eta_o = 0.95$??? $e_t = 0.90$??? $\eta_r = 0.95$??? $e_d = 1.00$??? Opravný součinitel ϵ ??? <input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ <input type="radio"/> $\epsilon = 0.765$		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7\text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]	
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3.6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left(\frac{118.2\text{ GJ/rok}}{32.8\text{ MWh/rok}} \right)$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left(\frac{28.7\text{ GJ/rok}}{8\text{ MWh/rok}} \right)$	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\frac{146.9\text{ GJ/rok}}{40.8\text{ MWh/rok}} \right)$			

Obr. 4.11 Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody - rodina II. [25]

$$CPT = CRPE \cdot 0,70 \text{ teplené ztráty} \quad (4.33)$$

$$CPT = 37,7 \cdot 0,70 = 26,4 \text{ MWh} \quad (4.34)$$

$$SDT = \frac{CPT}{1,04} \quad (4.35)$$

$$SDT = \frac{26,4}{1,04} = 25,4 \text{ MWh} \quad (4.36)$$

$$E_{pPTC} = \frac{SDT}{3,35} \quad (4.37)$$

$$E_{pPTC} = \frac{25,4}{3,35} = 7,6 \text{ MWh} \quad (4.38)$$

$$E_{pPPZ} = \frac{E_{pPTC}}{5,12} \quad (4.39)$$

$$E_{pPPZ} = \frac{7,6}{5,12} = 1,5 \text{ MWh} \quad (4.40)$$

$$PeIE \text{ v OS} = E_{pPTC} + E_{pPPZ} \quad (4.41)$$

$$PeE \text{ v OS} = 7,6 + 1,5 = 9,1 \text{ MWh} \quad (4.42)$$

Tab. 4.6 Nároky na tepelné čerpadlo

Parametry	Rodina I.	Rodina II.
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody	37,7 MWh/rok	40,8 MWh/rok
Celková potřeba tepla zajišťovaná TČ	26,4 MWh	28,6 MWh
Skutečně dodané teplo z TČ do topného systému	25,4 MWh	27,5 MWh
Energie pro pohon TČ	7,6 MWh	8,2 MWh
Energie pro pohon pomocných zařízení	1,5 MWh	1,6 MWh
Potřeba el. energie v OS	9,1 MWh	9,8 MWh
Cena el. energie	19 110 Kč	20 580 Kč

I pro pokrytí ztrát elektrické energie druhé stavby jsem se rozhodla na střechu instalovat fotovoltaický systém, který by dodával energii, a stavba by nemusela být připojena k elektrické síti. Celkové náklady na energii jsou pro rodinu I. 13,6 MWh/rok a pro rodinu II. 16,2 MWh/rok, hodnoty jsou vysoké díky tepelnému čerpadlu, které nám způsobuje až 0,5 ztrát. Zvolený panel se nazývá SunWave OMP - 250 W polykrystal o sklonu 45° a má průměrný instalovaný výkon 250 W a jeho rozměry jsou 1646×991×45 mm. I zde jsem zvolila panel kvůli jeho garanci jmenovitého výkonu alespoň 80 % na 25 let. Opětným použitím výpočtu pomocí programu PV potential estimation utility nám vyjde, že na pozemku z jednoho panelu získáme 235 kWh za rok. Pro celkové ztráty energie bych musela na stavbu instalovat výkon o celkové hodnotě 13 630 kWh za rok pro rodinu I., tedy celkový počet panelů by byl 58, tj. asi 94,54 m² pokryté střechy. To ovšem při velikosti střechy 80 m² možné není. Pro rodinu II. by musel být instalovaný výkon 16 215 kWh za rok, tedy 69 panelů. Což není reálné, pokud by měly být panely jen na střeše, už kvůli nosnosti střechy ale hlavně kvůli jejím rozměrům.

Výpočet FV systému pro 2NP dům pro rodinu I.:

$$\text{pocet FV} = \frac{\text{energet. ztraty za rok}}{\text{zisk z 1 FV panelu za rok}} \quad (4.43)$$

$$\text{pocet FV} = \frac{13\,620\,400}{235\,000} = 57,96 \cong 58 \quad (4.44)$$

$$\text{IV FVE} = \text{pocet FV panelu} \cdot \text{zisk z 1 FV panelu za rok} \quad (4.45)$$

$$\text{IV FVE} = 58 \cdot 235\,000 = 13\,630 \text{ kWh/rok} \quad (4.46)$$

Výpočet FV systému pro 2. NP dům pro rodinu II.:

$$\text{pocet FV} = \frac{\text{energet. ztraty za rok}}{\text{zisk z 1 FV panelu za rok}} \quad (4.47)$$

$$\text{pocet FV} = \frac{16\,189\,200}{235\,000} = 68,89 \cong 69 \quad (4.48)$$

$$\text{IV FVE} = \text{pocet FV panelu} \cdot \text{zisk z 1 FV panelu za rok} \quad (4.49)$$

$$\text{IV FVE} = 69 \cdot 235\,000 = 16\,215 \text{ kWh/rok} \quad (4.50)$$

Celkové ztráty energie jsou pro přehlednost vytvořeny v Tabulce 4.7.

Tab. 4.7 Ztráty energie

Elektrické spotřebiče	5 012,4 kWh/rok	6 681,2 kWh/rok
Větrání	508 kWh/rok	508 kWh/rok
Energie pro TČ celkem	9,1 MWh /rok	9,8 MWh/rok
Celkové energetické náklady	13 620,4 kWh/rok	16 189,2 kWh/rok
Energie získaná 1 FV panelem	2 350 kWh/rok	2 350 kWh/rok
Celková potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody	37,7 MWh/rok	40,8 MWh/rok
Celková potřeba tepla zajišťovaná TČ	26,4 MWh	28,6 MWh

4.3 Náklady

Tab. 4.8 Náklady

Parametry	Bungalov	2. NP rodinný dům
Orientační náklady hrubé stavby	1 900 000 Kč	2 700 000 Kč
Orientační cena větrání	-	120 000 Kč
Orientační cen za vytápění a ohřev vody	135 000 Kč 150 000 Kč s kolektory	175 000 Kč
Orientační cena za FV systém	206 000 Kč	-
Orientační náklady na energie	-	20 000 Kč
Celkové orientační náklady na stavbu a provoz	2 241 000Kč	3 015 000Kč

Orientační náklady na hrubou stavbu se liší skoro o 800 000 Kč i v případě použití velké vrstvy izolace při stavbě bungalovu. Samozřejmě se náklady na volbu stavební firmy mohou lišit, a pokud se stavba provádí svépomocí, jsou náklady nižší. Do hrubé stavby jsou zahrnuty ceny jen za materiál použitý na dům. Nepočítala jsem s náklady na kanalizaci či ohledně stavebního povolení a dalších věcí.

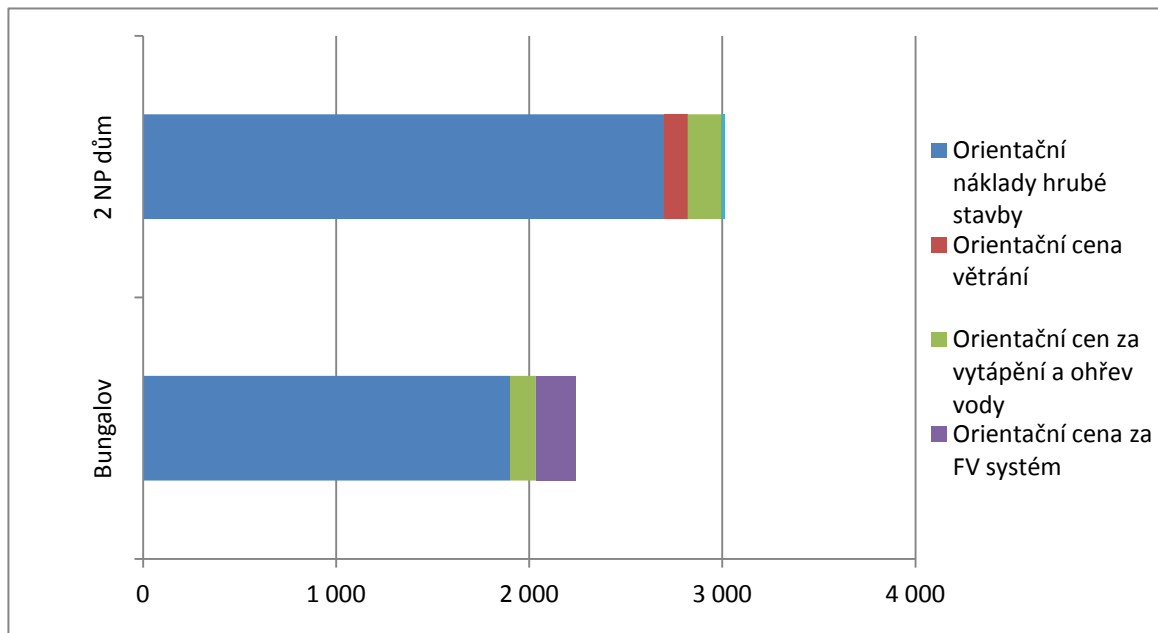
Orientační cena za rekuperační jednotku je asi 120 000 Kč i s veškerými součástmi systému.

Náklady na rozvod topení v domě se pohybují okolo 70 000 Kč a cena kotle o výkonu až 34 kW je asi 30 000 Kč. Cena akumulární nádrže o objemu 4 500 l se pohybuje okolo 35 000 Kč a cena solárního systému při použití dvou kolektorů je 15 000 Kč. Při tvorbě vlastního dřeva jsou náklady na tuhé palivo nulové, ale při koupi 12 m³ při dnešní ceně 5000 Kč/m³, které stopí průměrná rodina, cena 60 000 Kč za rok. Cena tepelného čerpadla se pohybuje podle výkonu od 100 000-200 000 Kč a náklady na používání jsou asi 20 000 Kč za rok.

Náklady na FV systém jsou při ceně jednoho FV panelu 4 500 Kč, je při použití 28 panelů 126 000 Kč. A náklady na ostatní součásti systému je asi dalších 80 000 Kč.

Orientační náklady na energie rodin jsou asi 22 000 Kč ročně, což je zahrnuto do 2. NP rodinného domu, neboť je energie odebírána ze sítě, kvůli nevhodnosti FV systému.

Obeznašená cena je v rozdílu asi 800 000 při stavbě a použití navrhovaných zdrojů energií. V Grafu 4.1 můžeme vidět, jak velký rozdíl je tvořen samostatnými energetickými náklady.



Graf 4.1 Energetické náklady

V porovnání s finančními náklady na pokrytí energetických nákladů vyšly oba rodinné domy přibližně na stejno. Ovšem 2. NP rodinný dům se nepovedlo navrhnout tak, aby splňoval podmínky energeticky nezávislého rodinného domu. Z tohoto můžeme soudit, že pro nezávislý rodinný dům se hodí můj navržený bungalov.

ZÁVĚR

Myslím si, že není nutné, aby stavba představovala přízemní dům, ale z hlediska izolace a tepelné stability je zemina, již je z velké části stavba zahrnuta, velice vhodným izolačním materiálem. Z toho důvodu bych se přikláněla tedy k této stavbě už kvůli začlenění do přírody a většímu pohodlí v nízkopodlažním domě.

Dalším rozdílným faktorem v návrhu byla volba dvou rodin, jež jsou rozdílné v náročnosti na energie. Je samozřejmostí, že samostatný pár bude mít spotřebu nižší než rodina s dvěma dětmi. Podle výpočtů je však možné, aby i rodina se čtyřmi členy bydlela v energeticky nezávislém domě. Je nutné změnit životní styl podřízený dostatku elektrické energie. Samozřejmě jsou spotřebiče, které je nutné mít zapojené celý den, avšak praní či pouštění myčky není takovou nutností, pokud se rodina naučí energii čerpat v dostatku, tedy při dostatečném slunečním svitu. Mým názorem je, že dnešním velkým trendem je návrat k přírodě, používání obnovitelných zdrojů a šetření energií, proto v tomto životním stylu problém nevidím. Pokud se rodina skutečně rozhodne bydlet v takovémto domě, jistě by do návrhu šla již s takovýmto přesvědčením.

Hlavním problémem při návrhu bylo zapojení rekuperační jednotky a tepelného čerpadla do objektu. Většinový názor je takový, že bez těchto systémů dům nemůže být energeticky nezávislý, avšak já si myslím, že je to jen prodejci uměle vytvořená informace. Do svého energeticky nezávislého domu, bych ani jeden systém nevolila z důvodu vysokých nákladů jak pořizovacích, tak na energie. Netvrdím, že systémy jsou špatné pro nízkoenergetické stavby, nicméně po podrobném zkoumání uživatelů energeticky nezávislých domů a po jejich praktických zkušenostech dokážu říci, že v mém návrhu je to zbytečná investice. Větrání se dá velice dobře nahradit občasným otevřením oken, kdy v důsledku návrhu komínových tahů dochází k dokonalé výměně vzduchu, navíc pokud bude v místnosti dostatečné množství vhodných květin, vzduch se vyčistí tzv. „biologickým“ filtrem. Ohřev vody a vytápění je nejhodnější a nejméně nákladné pomocí kotle a rozvodů topení, popřípadě solárními kolektory, které nám v létě nahradí funkci kotle.

Samozřejmě dům je navržen a zaizolován tak, že v zimních měsících stíhá kotel vytápět celý objekt a větrá se jen v noci pár hodin. Ale při dostatečném slunečním svitu od jara do

podzimu se ohřívá pasivní energií ze slunce a k tomu dopomáhá otevření okenní plochy. Akumulační schopnost domu je tak vysoká, že je možné topit jen každý druhý den, tedy pokud se akumulací nádrž nevyčerpá. A při chladných nocích je energie tepla dodána sluncem během dne.

Pro vyřešení pokrytí nákladů na energie bylo vytvoření fotovoltaické elektrárny, která by byla umístěna na střeše bungalovu, neboť na dvoupatrový rodinný dům by se nevešla. Samozřejmě mé výpočty jsou jen teoretické a teprve praxe uživatelů domu by ukázala, zda je návrh dostačující a jestli není potřeba v zimních měsících, kdy zdroj sluneční energie by nemusel být dostatečný, využít dieselovou elektrocentrálu.

Po celkovém rozboru problému a navržení jeho řešení mohu říci, že energeticky nezávislý dům je možné navrhnout, postavit a užívat. Avšak je předem nutné mít jasné představy o užívání domu a nákladech na něj. Pokud jsem uživatel, co rád souzní s přírodou a jsem ochoten podřídit svůj chod domácnosti slunečnímu svitu, poté je možné postavit si přízemní dům bez přívodu elektrické energie ze sítě a dlouhodobě a udržitelně ho užívat. Je ovšem nutné počítat s vyššími investicemi a to hlavně do zisků energie a materiálu použitého na stavbu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Náš dům* [online]. Praha: Atelier NÁŠ DŮM [cit. 2016-07-07]. Dostupné z: <http://www.nasdum.cz/>
- [2] *Elefant* [online]. Třinec: ZNALECKÁ KANCELÁŘ ELEFANT GROUP [cit. 2016-09-03]. Dostupné z: <http://www.elefant.cz/energeticky-prukaz/energeticky-prukaz---energeticky-stitek---prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-frydek-mistek>
- [3] *EkoWATT* [online]. Praha: EkoWATT [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz>
- [4] *Odborně stavební portál* [online]. Bratislava: JAGA GROUP, s. r. o., 2009 [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/>
- [5] *Centrum pasivního domu* [online]. Brno: Centrum pasivního domu [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/>
- [6] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.
- [7] *Na zeleno.cz* [online]. Praha: Nazeleno.cz [cit. 2016-07-03]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/aktivni-domy-neplatte-za-teplo-a-elektrinu.aspx>
- [8] *Aktivní dům* [online]. Praha: aktivnidum [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://www.aktivnidum.cz/stavby/dum-pro-zivot-home-for-life/funkcni-schema-domu/>
- [9] *Pro elektroniky.cz* [online]. Praha: Ing. Jakub Slavík [cit. 2016-06-20]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/20.php>
- [10] *Český ostrovní dům* [online]. České Budějovice: Český Ostrovní Dům [cit. 2016-06-12]. Dostupné z: <http://www.ceskyostrovnidum.cz/>
- [11] POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům: principy a příklady*. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-131-1.
- [12] *Rekuperace Martínek* [online]. Koněšín: Martínek - Rekuperace [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.martinek-rekuperace.cz/index.php?M=rekuperace>
- [13] *České stavby* [online]. Praha: České stavby.cz [cit. 2016-10-02]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/na-vytapeni-bytoveho-domu-usporite-tepelnym-cerpadlem-21586.html>
- [14] *Deramax* [online]. Valašské Meziříčí: Deramax.cz [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <https://www.deramax.cz/fotovoltacke-panely-prakticke-priklady-navrhu>
- [15] *Ekobioenergo* [online]. Třebíč: ekobioenergo.cz [cit. 2016-07-19]. Dostupné z: <http://www.ekobioenergo.cz/5-obnovitelne-zdroje/28-vyhrevnost-paliv.html>
- [16] *Krbypelant* [online]. Most: KrbyPelant [cit. 2016-08-09]. Dostupné z: <http://krbypelant.cz/>
- [17] *Viessmann* [online]. Chrástřany: Viessmann, spol. s r.o. [cit. 2016-08-09]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/plynove-kotle/plynove-kondenzacni-kotle.html>
- [18] *TBZ info* [online]. Praha: Ing. Luděk Klazar [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/2432-jak-je-to-vlastne-s-topnym-faktorem-i>
- [19] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Praha: ÚZK [cit. 2016-11-06]. Dostupné z: http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=RpF1z4IGjEn1ZE0tRAHaKDUAAvVyM WjIURXBld8xgFgmh8LeFbXYoDO_o8cOXgLf2e2sSJLNRwK_n1mPFE9gaGeihCN4OhDoQ7Q_kB Ft38Bh-cCJkNVO-NLHZRaONN2a
- [20] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [21] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [22] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [23] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Plzeň: ČHMÚ [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>
- [24] *Ostrovní dům* [online]. Praha: Atelier Maud, [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: http://www.ostrovnidum.cz/index.php?s=texty&o=o_dome
- [25] *TZB info* [online]. Praha: Topinfo [cit. 2017-01-16]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a->

- vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody
- [26] *PV power estimate information* [online]. Italy: Institute for Environment and Sustainability [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [27] *Zelená úsporám* [online]. Praha: Zelená úsporám [cit. 2016-11-06]. Dostupné z: http://www.zelenausporam.cz/soubor-ke-stazeni/15/4663-typovy_dum_titan.pdf
- [28] *Gebaute Passivhaus Projekte* [online]. Deutsche: EU-Projekt PassREg [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://passivhausprojekte.de/>
- [29] *Archiweb.cz* [online]. Praha: VELUX [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/news.php?type=9&action=show&id=7985>
- [30] KAŠTANOVÁ, Andrea. Tepelný most. *Dřevo&Stavby*. 2013, **2013**(3), 103.
- [31] *Archiweb.cz* [online]. Praha: Prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/salon.php?action=show&id=1204&type=10>
- [32] *Kasper* [online]. Trutnov [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://kaspercz.cz/blog/drevene-konstrukce-strech/>

Přílohy

Příloha 1 - Výpočet měrné spotřeby tepla za otopné období

```
run vstup.m
```

```
Evp = h1 * [(Aj*Uj)+(Ao*Uo*bo)+(As*Us*bs)+(Az*Uz*bz)+(An*Un*bn)+0.1*A]  
%spotreba tepla ke kryti ztrat prostupem [kWh*a^-1]
```

```
Evv = h2 * Va %spotreba tepla ke kryti tepelných ztrat vetraním [kWh*a^-1]
```

```
Evs = 6 * V %tepelne zisky z vnitřních zdrojů tepla za otopné období  
[kWh*a^-1]
```

```
Ezs = 3 * V %tepelne zisky ze slunečního záření za otopné období [kWh*a^-1]
```

```
Er = (Evp + Evv) - 0.9 * (Evs + Ezs) %celková spotreba tepla pro vytápění za  
otopné období [kWh*a^-1]
```

```
ev = Er / V %měrná spotreba tepla za otopné období na jednotku budovy  
[kWh*a^-1]
```

```
ea = ev / 0.32 %měrná spotreba tepla za otopné období na jednotkovou plochu  
pro světlou výšku <= 2,6 m [kWh*a^-1]
```

```
eaavg = sum(ea)/12
```

```
if eaavg <= 50  
ans = 'stavba je nízkoenergetická'  
elseif eaavg <= 15  
ans = 'stavba je pasivní'  
else  
ans = 'stavba není nízkoenergetická'  
end
```


Příloha 2 – Vstup pro bungalov

```
ti = [21.8, 18.7, 19.1, 13.8, 13.9, 18.8, 21.2] %vstupni teploty
h1 = 5.8 * (ti - 3.8) %cinitel zahrnujici delku otopneho obdobi mezi
prostredim
h2 = 0.81 * (ti - 3.8) %cinitel zahrnujici delku otopneho obdobi mezi
vzduchem
Aj = 45
Uj = 0.12/1000
Ao = 33
Uo = 0.6/1000
bo = 1.15
As = 132
Us = 0.10/1000
bs = 1
Az = 0
Uz = 0.15/1000
bz = 0.40
An = 0
Un = 0
bn = 0
A = Aj + Ao + As + Az + An
V = 396
Va = 0.8 * V
```

Příloha 3 – Vstup pro 2 NP rodinný dům

```
ti = [21.8, 18.7, 19.1, 13.8, 13.9, 18.8, 21.2] %vstupni teploty
h1 = 5.8 * (ti - 3.8) %cinitel zahrnujici delku otopneho obdobi mezi
prostredim
h2 = 0.81 * (ti - 3.8) %cinitel zahrnujici delku otopneho obdobi mezi
vzduchem
Aj = 183.6
Uj = 0.12/1000
Ao = 27
Uo = 0.6/1000
bo = 1.15
As = 80
Us = 0.15/1000
bs = 1
Az = 74.4
Uz = 0.2/1000
bz = 0.40
An = 0
Un = 0/1000
bn = 0
A = Aj + Ao + As + Az + An
V = 446,2
Va = 0.8 * V
```

Příloha 4 – SunWave OMP - 250 W**Základní údaje:**

Výrobce: SunWave

Cena s DPH: 4 500 Kč

Váha: 20,5 kg

Vysoce výkonný fotovoltaický panel s jmenovitým výkonem 250Wp a účinností panelu až 17%. Fotovoltaický panel SunWave je 60 polykrystalických křemíkových článků vyrábí stejnosměrný elektrický proud na bázi fotoelektrického jevu, který je vyvolán dopadem světla díky německému designu a výrobní technologii. Poskytující nejvyšší množství energie po dobu své životnosti se zárukou 80% na 25 let.

Základní parametry:

Nominální výkon: 250 W

Účinnost panelu: 17%

Rozměry: 1646×991×45 mm

Napětí naprázdno (VOC): 38,41 V

Napětí po zatížení (VMP): 31,36 V

