

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

02

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rostislav Šoch
2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělství
Studijní obor: Agroekologie
Katedra: Agroekosystémů
Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rodinný dům tepelně izolovaný balíky slámy z pohledu ekologického dopadu na
životní prostředí a jeho obyvatele

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.
Konzultant bakalářské práce: Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.
Autor bakalářské práce: Rostislav Šoch

České Budějovice, 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2016 / 2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Rostislav ŠOCH

Osobní číslo: Z12269

Studijní program: Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Název tématu: Rodinný dům tepelně izolovaný balíky slámy z pohledu ekologického působení na životní prostředí a jeho obyvatele

Zadávací katedra: Agroekosystémů

Název tématu: **Rodinný dům tepelně izolovaný balíky slámy z pohledu ekologického dopadu na životní prostředí a jeho obyvatele**

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

Cíl práce: Analyzovat výsledky měření, zhodnocení kladů a záporů zkoumaného domu ve vztahu k životnímu prostředí a jeho majitelům.

Literární přehled: Zjistit v literatuře možnosti staveb domů s ekologicky nenáročným provozem a možnosti dnešních technologií.

Materiál a metody: Sběr poznatků a dat studováním literatury, dotazováním majitelů zkoumaného objektu a zapisováním naměřených hodnot. Získat hodnoty spotřeb dalších dvou obydlí.

Výsledky a diskuze: Vyhodnotit výsledky naměřených dat a porovnat je s dalšími dvěma obydlími.

Závěr: Vyhodnotit spotřeby jednotlivých obydlí a zohlednit postoj majitelů k jejich domu.

Rodinný dům izolovaný balíky slámy z pohledu ekologického působení na životní prostředí a jeho obyvatele

Abstrakt

Jedním z ukazatelů ekonomického růstu je výstavba a rekonstrukce bytových a rodinných domů. Zároveň s tímto růstem počtu nemovitostí je snaha o co největší provozní energetickou úsporu domů.

Cílem bakalářské bylo zhodnotit stavbu rodinného domu izolovaného balíky slámy se stavbami konvenčními.

Pro hodnocení byla použita data spotřeb energií v jednotlivých obydlích v letech 2013, 2014 a 2015. Pro představu byly zapisovány venkovní teploty v jednotlivých letech. Tyto velmi teplé roky nahrály v úspoře hlavně domu s tepelným čerpadlem, kdy pracuje v letních měsících s nejvyšším topným faktorem pro ohřev teplé užitkové vody. Z porovnávání výsledků z různých hledisek vyšel nejlépe ponejvíce dům izolovaný balíky slámy. Současný vývoj výstavby tomuto výsledku odpovídá.

Klíčová slova: pasivní dům; tepelné čerpadlo; obnovitelné zdroje energie; životní prostředí

A family house isolated by heystackcs from point of view of ecological impact on enviroment and its residents

Abstract

One of the economical growth indexes is building and reconstruction of flats and family houses.

Simultaneously with this growth of number of real estates there is effort of the highest possible energetic saving of houses. Goal of this bachelor thesis was evaluation of family house building isolated by heystackcs with conventional buildings.

For evaluation were used data of power consumption in particular dwellings in years 2013, 2014 and 2015. For idea: temperatures in these years were written down. These very warm years helped saving especially of houses with thermal pumps, which work with the highest heating factor for heating of warm water for normal use in summer months. From comparing of results from different points of view, the best resulted the house isolated by heystackcs. Contemporary development confirms this result.

Key words: passive house; heat pump; renewable energy; enviroment

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou – elektronickou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 21.4.2017

.....

Rostislav Šoch

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří se mnou v průběhu mé bakalářské spolupracovali, zejména mému vedoucímu panu prof. Ing. Janu Moudrému, CSc. a odbornému konzultantovi panu doc. RNDr. Janu Pokornému, CSc. za odborné vedení, posudky a rady. Děkuji také své rodině a blízkým, kteří mě podporovali a byli mi při studiu oporou.

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 10 |
| 2. Literární přehled | 12 |
| 2.1 Ekologická výstavba..... | 12 |
| 2.1.1 Základní pojmy | 12 |
| 2.2 Varianty energeticky úsporných domů..... | 13 |
| 2.2.1 Energeticky úsporný dům | 13 |
| 2.2.2 Nízkoenergetický dům | 13 |
| 2.2.3 Pasivní dům..... | 13 |
| 2.2.4 Nulový dům..... | 14 |
| 3. Vlastnosti materiálů a možnosti využití energií | 14 |
| 3.1 Stavební materiály | 14 |
| 3.1.1 Cihla | 14 |
| 3.1.2 Hlína a jíln..... | 14 |
| 3.1.3 Kámen | 15 |
| 3.1.4 Beton | 15 |
| 3.1.5 Dřevo..... | 15 |
| 3.1.6 Sláma..... | 16 |
| 3.2 Tepelně izolační materiály | 16 |
| 3.2.1 Polystyren..... | 16 |
| 3.2.2 Minerální vlna | 17 |
| 3.2.3 Celulóza..... | 18 |
| 3.2.4 Sláma..... | 18 |
| 3.2.5 Ovčí vlna | 19 |
| 3.2.6 Konopné rouno | 19 |
| 3.2.7 Stříkaná PUR pěna | 20 |
| 3.3 Využití slunečního záření | 20 |
| 3.3.1 využití sluneční energie a bilance | 20 |
| 3.3.2 Trombeho stěna..... | 21 |
| 3.3.3 Transparentní izolace | 21 |
| 3.3.4 Aktivní využití sluneční energie | 22 |
| 3.4 Osobní možnosti úspor | 22 |
| 3.4.1 Chování uživatelů..... | 22 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.4.2 | Využívání elektrického proudu | 22 |
| 3.4.3 | Inteligentní instalace | 23 |
| 4. | Cenová náročnost a financování | 23 |
| 4.1 | Energetické a cenové kalkulace..... | 23 |
| 4.1.1 | Příklad možné výše úspory | 23 |
| 4.1.2 | Cenová náročnost vůči konvenční stavbě | 24 |
| 4.1.3 | Ekologická bilance nízkoenergetického domu..... | 24 |
| 4.2 | Financování | 25 |
| 4.2.1 | Kotlíkové dotace | 25 |
| 4.2.2 | Další dotační příspěvky..... | 25 |
| 5. | Materiál a metody | 26 |
| 6. | Výsledky a diskuse | 28 |
| 7. | Závěr | 35 |
| 8. | Použitá literatura | 36 |
| 9. | Přílohy..... | 38 |

1. Úvod

Pojmy nízkoenergetický či pasivní dům nejsou již neznámé. Jaké jsou tedy výhody bydlení v energeticky pasivních rodinných či bytových domech ve srovnání s domy stavěnými takzvanými klasickými postupy a konvenčním technickým vybavením? Ze současného pohledu investorů je výhoda ekonomická (nízké provozní náklady), ekologická stránka zatím není pro stavebníky prioritní. Myslím si, že tento aspekt pohledu by se postupem času mohl měnit ve prospěch ochrany přírody a obnovitelných zdrojů.

Problematiku nízkoenergetického ekologického domu nelze zúžit jen na všeobecně známé charakteristické znaky, jakými jsou energetické úspory, výběr vhodných stavebních materiálů nebo tvorba zdravého vnitřního klimatu. Dle mého názoru hraje v této věci roli i samotný postoj investorů, kteří budou následně tento objekt užívat.

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení výsledků spotřeb energií na chod zkoumaného domu, jejich porovnání s modelovými obydlími a literární rešerší a uvedení subjektivních dojmů majitelů na bydlení v jejich domě, klady a zápory takového konceptu domu. V průběhu tří let jsem dospěl k názoru, že majitelům nebudu narušovat jejich soukromí monitorováním průběhu spotřeb energií, ale získal jsem od nich celkovou roční spotřebu energií tří sezón (2013, 2014 a 2015) a dojmy, které mají při pobytu v létě a v zimě. Venkovní teplota byla zapisována dvakrát denně a poté jsem ji zprůměroval pro každý měsíc (jednalo se o tři nadprůměrně teplé roky). Pro představu a porovnání jsem uvedl spotřeby energií v modelových obydlích, kterými je byt v panelovém domě (72 m²) opatřený plastovými okny a polystyrenovou tepelnou izolací (10 cm) a starý cihlový dům (153 m²) přestavěný do nynějšího půdorysu ve třicátých letech minulého století a rekonstruován v osmdesátých letech minulého století (výměna oken, dveří a zavedení teplovodního vytápění). V roce 2013 bylo instalováno jako hlavní zdroj tepla a teplé vody tepelné čerpadlo vzduch voda.

Při hodnocení pro a proti jsem se zaměřil na kalkulace spotřeb energií (nevychází vždy dle očekávání nejlépe dům izolovaný balíky slámy). Z jednoho úhlu pohledu překvapil cihlový dům. Doplnil jsem též subjektivní dojmy majitelů na hodnocení obsluhy jednotlivých segmentů jako je Trombeho stěna, zemní

kolektor a venkovní žaluzie. Formou literární rešerše jsem popsal materiály a problematiku výstavby energeticky úsporných domů.

2. Literární přehled

2.1 Ekologická výstavba

Cílem ekologické výstavby je hledat takové možnosti navrhování a budování lidských sídel, které mají co nejmenší negativní vliv na životní prostředí (NAGY, 2002). Přitom se bere v úvahu i širší hledisko – vliv stavební činnosti člověka na celkové, globální klima, na život organismů a na kvalitu životních zdrojů. Užším neméně důležitým hlediskem je vytváření optimálního obytného prostředí člověka z hlediska zdravotního, psychologického a sociálního. Současné období vyžaduje od architektury kromě funkčnosti a estetičnosti i potřebnou míru tolerance k okolnímu prostředí v lokálním i globálním chápání.

2.1.1 Základní pojmy

Ekologická výstavba je přirozenou reakcí na současný stav životního prostředí, který je následkem dlouhodobého působení lidské činnosti. Pojem ochrana životního prostředí je dlouhodobě známý, ale v zájmu uvedení do této problematiky je žádoucí objasnit základní pojmy jako životní prostředí, ekologie a trvale udržitelný rozvoj společnosti.

Životní prostředí je souhrn přírodních a umělých složek materiálního světa, vytvářející podmínky existence a předpoklady vývoje živých organismů včetně člověka, který s nimi žije ve vzájemném působení – používá je, ovlivňuje je nebo se jim přizpůsobuje.

Ekologie je nauka o vztazích organismů k okolnímu vnějšmu světu, přičemž se v širším smyslu uvažují všechny jejich existenční podmínky. Zkoumá hlavně existenční podmínky živočichů a rostlin v jejich životním rámci tvořeném složkami přírodního prostředí, jako jsou slunce, půda, voda, vzduch atd. Až v posledních desetiletích se ekologie dostala do centra pozornosti lidské společnosti, protože přírodní mechanismy řízení ekosystému Země se působením člověka dostaly do nerovnováhy.

Trvale udržitelný rozvoj společnosti, jehož cílem je zabezpečit základní životní potřeby současného člověka bez ohrožení potřeb budoucích generací zachováním různorodosti přírody a přirozené funkce ekosystémů (živých i neživých

složek). Tyto systémové zákonitosti, mezi které patří např. hospodářství uzavřených koloběhů, neustálá recyklace všech materiálů, maximální využívání místních materiálových a energetických zdrojů, decentrální hospodaření a mnohé další, jsou při vhodné aplikaci předpokladem zachování trvalé a udržitelné společnosti.

2.2 Varianty energeticky úsporných domů

2.2.1 Energeticky úsporný dům

50 až 70 kWh/m² za rok (NAGY, 2002), parametry takového domu se dají dosáhnout zvýšením tepelněizolačních hodnot obvodového pláště, cíleným využitím pasivních solárních prvků a snížením spotřeby energie instalací solárních kolektorů, čímž se pokryje spotřeba na přípravu teplé vody. Vytápění je obvykle konvenční, avšak s nízkým výkonem.

2.2.2 Nízkoenergetický dům

15 až 50 kWh/m² za rok (NAGY, 2002), vyžaduje nasazení širší škály opatření, vysoce kvalitní tepelné izolace pláště, pasivní i aktivní využití sluneční energie, mechanické větrání s přehřevem vzduchu a rekuperací tepla, nízkoteplotní vytápěcí systém s propojením na solární kolektory, jejichž hlavní funkcí je ohřev vody.

2.2.3 Pasivní dům

5 až 15 kWh/m² za rok (NAGY, 2002), má realizovaný dokonalý obal budovy, díky tomu se obvykle obejde bez konvenčního aktivního vytápěcího systému a i bez zásobníku tepla je schopen udržet potřebnou teplotu. Zbytková potřeba tepla v důsledku úniku tepla z budovy se pokrývá obvykle formou zpětného získávání tepla z odcházejícího vzduchu, nebo se uplatňuje strategie pokryté biomasou a sluneční energií. Pasivním solárním získáváním tepla se pokryje až 60 % zbytkové spotřeby tepla a využívají se větrací systémy se zpětným získáváním tepla s účinností 80 %. Vzhledem k dokonalému utěsnění a izolaci domu, který přestává samovolně dýchat, je potřeba říci, že člověk nikdy nebyl tolik oddělený od přírody,

jako je tomu v pasivním domě. Navíc každá složitější technologie ve stavebnictví ukázala svoje nevýhody teprve časem (HÁJEK, 2015).

2.2.4 Nulový dům

0 až 5 kWh/m² za rok (NAGY,2002), dům s nulovou bilancí spotřeby placené energie, využívají se v něm pouze místní obnovitelné zdroje energie. Tyto domy si v létě vyrobí takový nadbytek energie, jaký v zimě spotřebují. Teplo se uchovává na období zimní spotřeby díky instalaci např. slunečních kolektorů se sezónními zásobníky teplé vody s objemem 3000 až 10 000 litrů, nebo fotovoltaické panely napojené na veřejnou síť, v zimním období se odběrem elektřiny ze sítě pokrývá zbytková potřeba tepla.

3. Vlastnosti materiálů a možnosti využití energií

3.1 Stavební materiály

3.1.1 Cihla

Surovinami na výrobu cihly jsou cihlářské hlíny a jíly. Jejich směs se vypaluje při teplotě 750 až 1100 °C. Energetická náročnost na výrobu cihlářských výrobků je vysoká (720 kWh/t) (HUMM, TYWONIAK, 1999), jako palivo se používá především zemní plyn, topný olej nebo elektřina. Cihla má dobré vlhkostně regulační vlastnosti, které se snižují tloušťkou cihlové vrstvy. Z ekologického hlediska jsou cihly vcelku přijatelným produktem, odhlédneme-li vysokou energetickou náročnost při jejich výrobě. Cihla je recyklovatelný materiál, bourání zdiva je bezproblémové.

3.1.2 Hlína a jíl

Stabilizovaná nepálená cihla spotřebuje na svou výrobu méně energie než cihla pálená. Jednou z dobrých vlastností zdí z cihel z nepálené hlíny je regulace vzdušné vlhkosti. Příjem vodních par je u takového materiálu velmi pozvolný. Přijatou vlhkost totiž jíl postupně vrací do prostoru. Akumulace tepla je další

z výhod konstrukcí z nepálené hlíny. V zimním období si dovede dlouho udržet sálavé teplo a v létě naopak příjemně chladí. Celé zdi tak fungují jako vyrovnávač teplot a zpříjemňují vnitřní klima domu. Materiály na bázi jílu jsou plně a jednoduše recyklovatelné. Snadno se aplikují, a tak jsou použitelné a vhodné pro svépomocnou výstavbu. Ve spojení s dřevěnými konstrukcemi mají jílové materiály tu vlastnost, že je konzervují. Je to tím, že udržují ve dřevu jeho stálou přirozenou vlhkost. Dřevo i hlína se dobře doplňují - trámové konstrukce tvoří nejčastěji statickou část stavby, hliněné vyzdívky a omítky jsou výplňovým materiálem (nejsou nosným elementem). (<http://www.picas.cz>)

3.1.3 Kámen

Povrchová těžba není energeticky příliš náročná, avšak další zpracování (řezání, broušení a leštění) podmiňuje vysokou energetickou náročnost spojenou se zvýšenou prašností. Ze stavebně ekologického hlediska je kámen bezproblémovým materiálem, je recyklovatelný, elektrostaticky se nenabíjí. Je dobrým vodičem tepla, jeho povrchová teplota se zvýší jen při přímém dopadu slunečních paprsků, proto bývá jeho povrch zpravidla studený (NAGY, 2002).

3.1.4 Beton

Beton je směsí pojiv, příměsí a vody, která se chemicko-fyzikálními procesy mění na materiál vlastnostmi podobný kamenu. Přednostmi betonu je jeho volná formovatelnost, vysoká pevnost v tlaku, dobré statické vlastnosti, dobrá tepelně-akumulační a zvukově izolační schopnost. Proti betonu jako stavebnímu materiálu jsou často námitky. Problematické mohou být speciální přísady, ocelové armatury a jiné kovové prvky v betonu. Použité kovy se vyznačují vysokou spotřebou energie při výrobě. Bourání a odstraňování hlavně železobetonových konstrukcí představuje výrazný technologický a ekologický problém (HUMM, TYWONIAK, 1999).

3.1.5 Dřevo

Je nejvýznamnější rostlinný stavební materiál ve stavebnictví a má nejvšestrannější použití. V současnosti se dřevu otevírají nové perspektivy

s požadavky trvale udržitelného rozvoje. Primární spotřeba energie na zpracování je poměrně nízká (asi 300 kWh/t). Při výrobě dřevařských výrobků (dřevovláknitých, dřevotřískových desek aj.) se spotřeba zvyšuje na 800 až 1500 kWh/t. Dřevo má pozitivní účinky na vnitřní klima, příjemnou vůni, regulování vlhkosti, zvýšení pocitu tepla a poskytnutí teplých povrchů v interiéru. Pevnost dřeva v tlaku ve směru vláken je srovnatelná s betonem (12 MPa) (HUMM, TYWONIAK, 1999).

3.1.6 Sláma

Nízké energetické nároky při zpracování slámy v porovnání např. při výrobě pálených cihel. Slaměné zdivo má výborné tepelněizolační vlastnosti, proto v těchto stavbách výrazně klesají náklady na vytápění. Na výstavbu objektu s rozlohou 70 m² je potřeba sláma zhruba ze dvou až čtyř hektarů půdy, která v podmínkách intenzivního zemědělství často představuje pouze odpad. Silná vrstva omítky a tuhost lisované hmoty činí objekt odolným vůči požáru a chrání jej i před hlodavci. Slaměné domy splňují při odpovídajícím zhotovení stejné požární bezpečnosti a statické požadavky jako konvenční stavby (PFEIFEROVÁ, SRDEČNÝ, ŠIMEK, 2001).

3.2 Tepelně izolační materiály

Důkladné zateplení budov je v současnosti jedním z nejúčinnějších opatření, které můžeme udělat ve prospěch životního prostředí. Mnohé existující budovy vykazují vysoké náklady na vytápění a s tím spojené zatížení životního prostředí. Po každé stránce optimální tepelně izolační materiál prakticky neexistuje a správný výběr závisí především na oblasti jeho použití, avšak ekologická kritéria při výběru tepelněizolačních materiálů stojí v popředí.

3.2.1 Polystyren

Jde o produkt polymerace styrenu, který je následně zpěňován a nařezán do bloků, nezbytné je přidání retardérů hoření pro zajištění samozhášivosti materiálu. Součinitel tepelné vodivosti expandovaného polystyrenu se pro typ EPS 100 pohybuje od 0,037 W/(m·K) (HUMM, TYWONIAK, 1999). Číslo typu značí pevnost

v tlaku v kPa, EPS se vyrábí v hodnotách 50 až 250 kPa (HUMM, TYWONIAK, 1999). Při aplikaci se kotví buď pouze lepením, nebo lepením a mechanicky. Vhodné je použít více vrstev kladených na vazbu pro eliminaci liniových tepelných mostů na styku s konstrukcí. Polystyren je možné použít i jako kročejovou izolaci, nelze ho však dlouhodobě vystavit vlhku. Mezi výhody patří nízká cena.

Zatím nejnovějším typem je šedý polystyren. Jde o novou generaci, která se od běžného expandovaného polystyrenu liší nejen vzhledem, ale především tepelně – izolačními vlastnostmi. Šedý pěnový polystyrén s objemovou hmotností 15 kg/m^3 má součinitel tepelné vodivosti $0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (HUMM, TYWONIAK, 1999). Při srovnatelné tloušťce má o 15–20 % lepší izolační účinek. Pro příklad – abychom této hodnoty dosáhli u klasické varianty EPS, potřebovali bychom materiál s objemovou hmotností alespoň 32 kg/m^3 (TYWONIAK, 1999). Výborných vlastností bylo dosaženo přidávkem uhlíkových nanočástic do polystyrenu před vypěněním, které způsobily šedé zbarvení, ale hlavně omezily sálavou složku šíření tepla pěnou a tím vedly k lepší hodnotě součinitele tepelné vodivosti.

Extrudovaný polystyren, značený také XPS, je dodáván nejčastěji ve formě desek s polodrážkou nebo hranou, využíván je zejména pro izolaci soklu, dále při izolování základových desek nebo ve skladbě střech s obráceným pořadím vrstev. Materiál má uzavřené póry, je proto nenasákový a lze ho použít ve vlhkém prostředí, kde působí jako tepelná izolace, a také jako účinná součást hydroizolace. Je velmi pevný, na druhé straně je nutné ho chránit před UV zářením. Důležitou součástí jsou i v tomto případě zpomalovače hoření.

3.2.2 Minerální vlna

Poměr ceny, vlastností a výsledného efektu řadí minerální vlnu mezi nejpoužívanější tepelné izolace. Vyrábí se tavením hornin, nejčastěji jde o čedič nebo křemen, podle výchozích surovin se pak jedná o kamennou či skelnou vlnu. Kamenná vlna vzniká tavením čediče, do jemných vláken jsou vstříkována pojiva, hydrofobizační oleje, protiplísňové přísady a podobně. Po tepelném vytvrzení a ochlazení je materiál nařezán na potřebné rozměry, dodává se v rolích nebo deskách. Díky čediči má kamenná vlna vysoký bod tání, odolává proto ohni. Dlouhodobé vystavování vlhku není vhodné. Podobně je vyráběna i skelná vlna, díky příbuznosti

výchozího materiálu má také podobné vlastnosti, jako vlna kamenná. Významnou předností minerálních tepelných izolací je i nízký difúzní odpor, a tím vysoká paropropustnost, dům může dýchat, což konkrétně znamená, že se zejména případná zkondenzovaná vlhkost v obvodové zdi může odpařovat ven. Díky této vlastnosti se minerální vlna často úspěšně používá v difúzně otevřených konstrukcích nebo u dvouplášťových střech. Součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu je od 0,035 W/(m.K) (HUMM, TYWONIAK, 1999).

3.2.3 Celulóza

Celulózové tepelně – izolační materiály se vyrábějí z recyklovaného novinového papíru, základní surovinou je tedy v prvopočátku dřevo. Roztrhaný novinový papír je smíchán s přísadami, zpravidla boritany, které zajišťují jeho odolnost vůči škůdcům, plísním, hnilobám a ohni. Poté je směs rozemleta. Hmota je aplikována foukáním, lze jí vyplnit jakékoli, i obtížně dostupné dutiny. Při použití tohoto materiálu je nutné počítat s takzvaným „sedáním“, při aplikaci je proto nutné izolaci ztuhnout, a to především v šikmých nebo svislých částech stavby. Celulózová izolace se stejně jako ostatní přírodní materiály chová v konstrukci jako savý papír, to znamená, že na sebe naváže vlhkost ze zdiva a rovnoměrně ji předá dál. Tento typ izolace je zatím více využíván v zahraničí, a to především v dřevostavbách a obecně v pasivních domech. Součinitel tepelné vodivosti je přibližně 0,039 W/(m.K) (HUMM, TYWONIAK, 1999).

3.2.4 Sláma

Sláma je jeden z nejobvyklejších stavebních i tepelně – izolačních materiálů našich předků a její obliba v současnosti opět roste. A ke slovu přichází zase ve všech oblastech – jako součást zdících materiálů – nepálených cihel, případně hliněných omítek, jako střešní krytina, tepelná izolace, případně i součást nábytku.

V konkrétní stavbě může být sláma použita jako nosný konstrukční materiál nebo jako doplnění nosného systému. Překvapivě má slaměná izolace ve spojení s hliněnou omítkou vysokou požární odolnost, může to být až 90 minut, vyhovuje proto všem typům konstrukcí. Podstatnou nevýhodou je ovšem nízká odolnost

proti vlhkosti, slaměnou izolaci je proto nutné před ní dobře chránit, například omítkou či obkladem. Součinitel tepelné vodivosti slaměných izolací je přibližně 0,054 W/(m.K) (PFEIFEROVÁ, SRDEČNÝ, ŠIMEK, 2001).

3.2.5 Ovčí vlna

Ovčí vlna je obnovitelný materiál s dlouhou životností. S vlnou se manipuluje velmi dobře, je pružná a lze jí roztáhnout dle potřeby, zároveň je příjemná na dotek a nedráždí kůži ani dýchací cesty. Izolace z ovčí vlny na sebe dokáže navázat velké množství vlhkosti, aniž by se narušily její tepelně izolační schopnosti, je schopna rozkládat formaldehydy a funguje jako "pračka vzduchu". Izolace z ovčí vlny se vyrábí bez použití pomocných syntetických vláken. Součinitel tepelné vodivosti je 0,038 W/(m.K) (HUMM, TYWONIAK, 1999).

3.2.6 Konopné rouno

Konopí patří mezi velmi využívané technické rostliny. Jeho největší předností je rychlá obnovitelnost – roste mnohem rychleji, než dřevo, navíc nevyžaduje žádnou velkou péči ani ošetřování chemickými látkami. Při růstu odbourává CO₂, půda je po sklizni kvalitní. Z vláken této rostliny jsou vyráběny konstrukční desky i tepelně – izolační materiály ve formě desek či rouna. Pro izolaci těžce přístupných nebo nepravidelných míst je používána konopná foukaná sypká izolace. Díky srovnatelným vlastnostem ($\lambda \approx 0,04$ W/(m.K)) (NAGY, 2002) mohou konopné materiály nahradit minerální vlnu. Uchovávají si dlouhodobě své vlastnosti, jsou pevné, odolné proti vlhkosti, nehrozí ani napadení škůdci či hnilobou. Zaručují zdravé mikroklima a tedy příjemné bydlení. Obdobné vlastnosti, ale zatím menší rozšíření, mají izolační materiály z dřevitých vláken a technického lnu. Všechny tyto výrobky lze považovat za čistě ekologické, neboť při jejich výrobě nejsou používána žádná lepidla. Mají vysokou tepelnou kapacitu ($c = 2100$ J/(kg·K)), díky níž se v horkých letních měsících nepřehřívají, účinkují současně jako tepelně – akumulační materiál, jsou paropropustné, v konstrukci navíc fungují jako savý papír – vlhkost pohltní a rozšíří, aniž by byly mokré.

3.2.7 Stříkaná PUR pěna

Vzhledem ke svým izolačním vlastnostem může pěna zcela nahradit běžně používané materiály jako je polystyren nebo minerální vata a to v mnohem menších tloušťkách. Další nespornou výhodou je rychlost aplikace nanášení. Izolační pěna zachovává tvar, neřídne a udržuje své izolační vlastnosti po celou dobu životnosti stavby. Je odolná vůči hlodavcům, jelikož má nulovou potravinovou hodnotu. U této technologie odpadá použití jakéhokoli adhezního prostředku, tak i fixačních prvků (pěna je velice přilnavá na široké spektrum stavebních materiálů). Nevýhodou může být fakt, nemožnosti svépomocného nanášení. (<http://www.chytrapena.cz>)

3.3 Využití slunečního záření

3.3.1 využití sluneční energie a bilance

Podíl příspěvku slunečního záření v běžném domě tvoří asi 14 % jeho hrubé potřeby tepla, v nízkoenergetickém domě je to již 30 až 40 %. Pokud se kromě jednoduchých pasivních prvků (slunečních oken, zimních zahrad apod.) použijí hybridní konvektivní systémy, jako okenní kolektory nebo tepelně akumulací (Trombeho) stěny, může solární podíl v případě dobře koncipovaného nízkoenergetického domu dosáhnout dokonce 50 až 60 % hrubé potřeby tepla. V celkovém výsledku je potřeba energie na vytápění 8x nižší, tj. nízkoenergetický dům vystačí s 13 % energie, kterou by bylo potřeba vynaložit na vytápění běžného domu. Téměř 50 % celkových tepelných ztrát kryjí jižní okna (Nagy, 2002). U severně orientovaných oken je to naopak celková tepelná ztráta 50 %. Východně i západně orientovaná okna se ztráta i zisk tepelné energie vyrovnává. Střešní okna se doporučují umísťovat na severní stranu, zde zajistí dostatek světla a nebudou obtěžovat interiér přímými slunečními paprsky. Severně orientované střešní okno poskytne více světla nežli stejně velké fasádní okno mířící na jih. Prosklená plocha by měla tvořit asi 10 % podlahové plochy místnosti. Když dispozice dovolí, je lepší umístění více oken než jedno velké.

O tepelně izolačních vlastnostech okna informuje součinitel prostupu tepla U , čím je hodnota nižší, tím lepší tepelně izolační vlastnosti skleněná výplň má,

špičkové konstrukce dosahují hodnot U 0,40W/m²K a méně (FISCHER – UHLIG, 1999).

3.3.2 Trombeho stěna

Trombeho stěny (Obrázek č. 2) pochází z 60. let 20. stol. a proto je třeba jej pro současné moderní domy upravit. Patent na tento způsob ohřevu domu pochází už z roku 1881 od Edwarda Morseho, ale využití zpopularizoval až francouzský inženýr Felix Trombe, který také v roce 1964 s architektem Jacquesem Michele postavil ve francouzském Odeillo solární pec. Trombeho stěna je konstrukce k vyhřívání budovy za pomoci sluneční energie (HUMM, TYWONIAK, 1999). Je založena na podobném principu jako skleník, tedy na tom, že sklo a vzduch propouští snáze světlo než teplo. Obvykle má Trombeho stěna podobu jižní zdi, před kterou je skleněná bariéra. Stěna pohltí světlo a vzniklé teplo se částečně akumuluje a částečně předá vzduchu mezi sklem a zdí. Tento vzduch pak přirozeným způsobem cirkuluje do místnosti, s kterou je prostor propojen průduchy u podlahy a u stropu. Během noci jsou průduchy uzavřeny a je předáváno pouze teplo naakumulované zdí.

3.3.3 Transparentní izolace

Chová se na podobném principu jako Trombeho stěna, ale sluneční záření ohřívá pouze stěnu za izolací (izolace a stěna jsou přímo na sobě) a ta následně ohřívá vzduch v interiéru. U tohoto systému se využívá setrvačnosti při ohřevu a výdeji tepla (stěna se přes den nahřeje a večer vydává energii do interiéru (HUMM, TYWONIAK, 1999). Čisté energetické zisky představují 50 až 150 kWh/m² plochy za rok. Ovšem je nutné počítat s ochranou proti přehřátí. Transparentní tepelná izolace je průsvitný a pro sluneční záření částečně propustný materiál. Je vyrobena na bázi plastů s různou vnitřní strukturou (komůrkovou, kapilární, homogenní). Sluneční paprsky se prostupem přes transparentní izolaci částečně oslabí, dopadnou na absorpční plochu stěny a přemění se na teplo. Vzniklé teplo prostupuje do objektu. Úniku tepla ven zabraňuje nízká tepelná vodivost transparentní tepelné izolace. I při nízké intenzitě slunečního záření jsou zisky ze sluneční energie dostatečně velké a kompenzují ztráty tepla transmisí.

3.3.4 Aktivní využití sluneční energie

Sluneční energie se využívá pomocí solárních kolektorů, které jsou v zásadě dvojího typu. **Termické kolektory**, sloužící k ohřevu vody, přitápění a ohřevu vody v bazénech. Kolektory přeměňují sálavou energii slunce na citelné teplo, které se přivádí transportním systémem (zpravidla vodním okruhem) do tepelného zásobníku k dalšímu využití.

Fotovoltaické kolektory přeměňují část světelného spektra přímo na elektrickou energii, která se může dále přímo využívat, zásobovat energetickou sítí nebo akumulovat. Akumulování elektrické energie v soustavě akumulátorů a následném převodu ze stejnosměrného na střídavý proud je však v současné době finančně nerentabilní. Na druhou stranu, ale automobilový průmysl jednoznačně směřuje k elektromobilům (je zde reálná možnost recyklace cca 80% celého vozu).

3.4 Osobní možnosti úspor

3.4.1 Chování uživatelů

Dle výsledků měření realizovaných projektů je uživatel budovy nejdůležitějším činitelem efektivity všech technických opatření. Jeho uvědomělé jednání s přihlédnutím k dennímu a ročnímu období a ovládání technických zařízení. Pokud uživatel dostatečně nepochopí účel a princip fungování jednotlivých částí nízkoenergetického domu, seřazených do vyváženého celku a nezvládne komunikaci s nimi, nejvyšší energetické úspory nebudou i přes vyšší potenciál dosaženy (NAGY, 2002).

3.4.2 Využívání elektrického proudu

V průměrné domácnosti se na provoz elektrospotřebičů určených na praní, vaření, chlazení, osvětlení, komunikaci a zábavu spotřebuje přibližně 10 kWh elektrické energie za den. Uvedená spotřeba se však dá energeticky úspornými přístroji a odpovídajícím využitím snížit na 4 až 6 kWh za den. Pokud se v nízkoenergetickém domě neuplatní energeticky úsporná opatření v souvislosti se

spotřebou proudu, její podíl na celkové spotřebě domu by představoval více než 15 % (NAGY, 2002).

Význam této oblasti je důležitý z ekologického a finančního hlediska. Jednou uspořenou kilowatthodinou (kWh) elektrického proudu se v domácnosti ušetří 1 až 3 kWh primární energie potřebné na výrobu tepla s odpovídajícím efektem snížení zatížení životního prostředí. Kromě toho je 1 kWh elektrického proudu podstatně dražší než 1 kWh tepla z paliv. Množství energetických úspor výrazně ovlivňují návyky uživatelů. V budoucnosti budou pravděpodobně hrát významnější roli než dnes také alternativní zdroje (fotovoltaické panely, větrné turbíny), které by za určitých podmínek mohly pokrývat celkovou spotřebu elektrického proudu v domácnosti (NAGY, 2002).

3.4.3 Inteligentní instalace

Inteligentní elektroinstalace, která se dnes dostává do popředí zájmu uživatelů úsporných domů, má za úkol zjednodušit obsluhu zařízení, uspořit náklady na bydlení a synchronizovat co nejvíce systémů, které v domě fungují. Většinou se jedná o řídicí jednotku, která vyhodnocuje data přicházející z čidel a sběrných jednotek a dle těchto dat spouští nebo vypíná určené systémy. Takto ovládá systémy zdánlivě neslučitelné. Současně ovládaný systém zabezpečení proti vloupání, stínění, osvětlení a zavírání světlíků. (<http://www.loxone.com>)

4. Cenová náročnost a financování

4.1 Energetické a cenové kalkulace

4.1.1 Příklad možné výše úspory

Starší dům s užitkovou plochou přibližně 150 m² spotřebuje za rok asi 27 000 kWh energie na vytápění. Novostavba o stejné ploše postavená dle současných norem, spotřebuje přibližně 15 000 kWh energie. Nízkoenergetický dům v porovnání tedy spotřebuje dva až pětkrát méně (2 250 až 7 500 kWh), pasivní dům dosáhne šesti až dvacetinásobné úspory (250 až 2 250 kWh). Pro představu o množství potřebného paliva je možné uvést, že energetické hodnotě 10 kWh

odpovídá asi 1 m³ zemního plynu, 1 litr topného oleje, nebo 2,5 kg dřeva. Nízkoenergetický dům s užitnou plochou 150 m² a s hraniční hodnotou 50 kWh/m² za rok má roční energetickou spotřebu na vytápění asi 7 500 kWh a spotřebuje tedy přibližně 750 m³ zemního plynu nebo 750 l topného oleje nebo 1 875 kg dřeva (tj. asi 3,75 prostorových metrů). Pro snížení energetické potřeby domu na vytápění z běžných 100 kWh/m² za rok na polovinu 50 kWh/m² za rok, jsou v závislosti na pokrytí zbytkové potřeby tepla navíc potřebné investiční náklady kolem 10 %. Opatření, která snižují energetickou potřebu domu na jednu třetinu, stojí přibližně o 20 % nákladů více (NAGY, 2002).

4.1.2 Cenová náročnost vůči konvenční stavbě

Náklady na výstavbu pasivního domu jsou v zahraniční uváděny o 8 %, nebo také 10-15 % (některé zdroje se liší) vyšší než na běžnou výstavbu (NAGY, 2002). Zvýšení je dáno především novými technologiemi (rekuperační vzduchotechnická jednotka, vzduchotěsnost budovy, zemní výměník) a výrazně vyššími požadavky na řemeslnou preciznost, než jaká je obvyklá v našich podmínkách. Mírné snížení ceny oproti původním stavbám může být dosaženo na přípojkách sítí a technologii ústředního vytápění, použití neotvíravých oken (bez kování). Stejně jako u jiných staveb cena také klesá při provedení souboru sériových budov v jedné lokalitě.

4.1.3 Ekologická bilance nízkoenergetického domu

Pokud chceme hovořit o ekologicky vědomé energetické bilanci budovy, musíme výstavbu budov chápat mnohem komplexněji – uvážit energetickou bilanci v průběhu celého životního cyklu budovy, tedy výstavby, užívání, bourání a recyklace. Tuto energii bychom neměli chápat jen v omezených souvislostech vyjádřených množstvím peněz, které pravidelně platíme za energii, protože tato hodnota je v současnosti velmi nepřesná. Jde spíše o energii, která je dnes v důsledku neefektivního plánování, výroby a distribuce energií drahá pro společnost i jednotlivce a zároveň poškozuje životní prostředí např. vysokými emisemi CO₂ při spalování fosilních paliv. Toto hledisko je třeba považovat za jedno z hlavních kritérií plánování, navrhování a výstavby domu. (HÁJEK, 2015) Proto se upřednostňují přírodní materiály (např. dřevo-nosná konstrukce, sláma-izolace,

hlína-omítka, nepálené cihly-akumulace), ale i celé technologie (např. zadržování dešťové vody pro technické potřeby domu, kořenové čistírny odpadních vod, zelená střecha domu jako náhrada za zábor nezastavěného místa stavbou). Existuje možnost, že se v Evropě stane pasivní dům povinným standardem při výstavbě. To může přinést kromě výrazného snížení energetické spotřeby fosilních paliv, zvýšení energetické soběstačnosti a snížení emisí CO₂.

4.2 Financování

4.2.1 Kotlíkové dotace

Dotace na úsporné bydlení. Celkem 900 milionů korun určených na energeticky úsporné rekonstrukce rodinných domů z programu Nová zelená úsporám bylo rozděleno dva měsíce od spuštění programu. Zaregistrováno bylo celkem 4 322 žádostí za více než 995 milionů korun. Nově jsou spuštěny i kotlíkové dotace, které podpoří výměnu kotlů za ekologičtější. Jde o program na výměnu zastaralých kotlů, jehož cílem je zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech. Finanční podporu rozdělují krajské úřady přímo do jednotlivých domácností. V následujících letech by mělo být rozděleno 9 miliard Kč. (<http://www.sfzp.cz>)

4.2.2 Další dotační příspěvky

Z kotlíkové dotace je možné dále zažádat o služby energetického specialisty s potvrzením vhodnosti navrhovaného řešení. Dále je možnost žádosti uhrazení části nákladů na pořízení průkazu energetické náročnosti budovy, ale pouze v případě, že nemovitost je v kategorii C, tedy s malými úniky tepla. Náklady na projektovou dokumentaci. Stavební práce, dodávky a služby, jimiž se na základě energetika sníží energetická náročnost budovy před výměnou starého kotle za nový. Náklady na zkoušky související s uváděním majetku do stavu způsobilého k užívání a k prokázání splnění technických parametrů. (<http://www.sfzp.cz>)

5. Materiál a metody

Postoj k problematice nízkoenergetických a pasivních domů není jednotný. Jednak zastánci extrémně utěsněných domů s nuceným větráním a na straně druhé zastánci domů, jejichž obyvatelé jsou více spjatí s přírodou. Spíše z tohoto typu pojetí stavby popisují tento dům. Pro porovnání spotřeb energií jsem vybral obydlí s tímto domem spíše nesourodá (ale ve všech bydlí lidé).

Údaje o spotřebované energii jsem získával od majitelů jednotlivých obydlí odečty z vyúčtování a připočítáním energie ze spáleného dřeva (údaje jsou uvedené v kapitole 6). O ziscích z pasivního příjmu mohu pouze uvést, že jižní okna se mohou podílet až 50 % ziskem na celkové spotřebě (slaměný dům má celou jižní stěnu prosklenou) a okna na severní straně mohou mít naopak 50 % ztrátu (případ cihlového domu), strany východní a západní mají celkovou bilanci neutrální (byť v panel. domě).

Údaje o velikosti obytné plochy jsem získal od majitelů slaměného domu a bytu. Pouze u cihlového domu jsem velikost obytné plochy měřil s pomocí majitele. Získané hodnoty ploch jsem použil v rozpočtu spotřeby za rok na jednotku obytné plochy (výsledky jsou uvedeny v kapitole 6).

S majiteli jednotlivých obydlí jsem hovořil o jejich subjektivních dojmech z pobytu a obsluhy obydlí. Majitelé slaměného domu, dle mého úsudku plně využívají potenciál všech doplňků, kterými vybavili svůj dům (zemní kolektor, předžaluzie, Trombeho stěna...) a umí a jsou si vědomi, kdy který komponent použít a zkombinovat. V mrazivém období je účinné zatahovat na noc předžaluzie ve dne naopak odtahovat a získat tak teplo ze slunečního záření u Trombeho stěny otevřít vrchní i dolní průduch aby teplý vzduch proudil do interiéru. Možností je zde dost, aby mohli navodit příjemné klima.

Majitelé cihlového domu již takové podmínky nemají, ale snaží se využít potenciál tepelného čerpadla, tím že je například dobré odebírat teplou vodu v denní době, když je venkovní teplota vyšší, nežli v noci (například se vysprchovat co nejdříve po práci a nečekat na dobu před spaním). Tento dům je do dnešního půdorysu postaven ve třicátých letech dvacátého století a v osmdesátých byl rekonstruován (teplovodní topení, špaletová okna, bojler...). Dům nemá tepelnou

izolaci (pouze vzduchovou mezeru v obvodové zdi). Příjemné klima je v něm hlavně v létě a přechodném období.

Majitelé bytu v panelovém domě mají asi nejmenší možnost účasti na úsporách energií. Dům není opatřen bytovými měřidly spotřebovaného tepla a celková spotřeba se rozpočítává na jednotlivé byty. Regulací tepla jsou v bytech termostatické hlavice na ventilech radiátorů a hlavní venkovní teplotní čidlo, dle kterého si výměník tepla reguluje výstupní teplotu vody do radiátorů. Jinak se jedná o dům zateplený polystyrenem (10 cm) a opatřen plastovými okny s izolačním dvojsklem. Klima panelového domu je zpravidla konstantní, teplota se udržuje nad 20 °C ovšem relativní vlhkost vzduchu je nízká, zejména v mrazivých dnech, kdy hodnota často klesá ke 20 % (pro zdravé klima 40 - 60%).

6. Výsledky a diskuse

Dům, který jsem podrobil analýze, je dvoupodlažní obdélníkového půdorysu (6x9 m) s přilehlou verandou (1,5x6 m) a pultovou střechou (Foto č. 1), obytná plocha 108 m². Dřevěná nosná konstrukce vyzděná nepálenými cihlami a tepelně zaizolována lisovanými balíky slámy. Toto řešení se také může nazývat hybridním domem, kdy se k dřevěnému základu přidávají těžké materiály, které dobře akumulují teplo a tím zpomalují reakce stavby na teplotní výkyvy. Schopnost cihel akumulovat teplo, zvyšuje komfort bydlení tím, že není nutné při jakémkoli výkyvu teploty, reagovat přitápěním nebo ochlazováním. Stropní konstrukce je izolována dvěma vrstvami balíků slámy a podlaze je izolantem praná ovčí vlna. Ovčí vlnu si majitelé pořídili od soukromého zemědělce (vlna nebyla nikterak upravována, například tkaná do rouna). Do dutin byla naskládána pouze ručně společně s paropropustnou folií. Celá jižní strana je prosklena s prvkem Trombeho stěny (Obrázek č. 2) a stínícími prostředky. Stavbu si majitelé převážně budovali svépomocí a skupinou přátel (betonování patek, stavba dřevěné konstrukce, vyzdívání nepálenými cihlami, vyzdívání komínového tělesa atd.), zatímco velké balíky slámy bylo nutné na místo určení instalovat prostřednictvím manipulátoru.

Pasivní tepelné zisky v zimním období zajišťuje prosklená jižní strana a Trombeho stěna. Stínící prostředky zabraňují ve večerních a nočních hodinách zpětnému vyzařování tepla z domu. Naopak v letních měsících zabraňují pronikání difuzního světla během dne do interiéru a tím jeho přehřívání. K ochlazování vnitřních prostor v letním období pomáhá i zemní kolektor (plastová trubice o průměru 50 cm, umístěna 2 m pod povrchem a zasypaná hlínou). Využívá se zde tepelného přenosu hlína – vzduch, který předává teplo do zeminy, která má téměř konstantní teplotu po celý rok (7° až 12 °C), majitelé si jej chválí a v parných letních dnech jej používají.

Otopný systém tvoří krbová kamna a elektrické přímotopy (Foto 3 a Foto 4). Dům je vybaven šesti přímotopy (pět přímotopů má příkon 900 W a jeden 1 800 W). Přímotopy jsou vybaveny termostatem, dosažením požadované teploty se samy vypínají. Teplo je z velké části předáváno konvekcí. Kamna na tuhá paliva se používají hlavně při nižších venkovních teplotách nebo při časové přízni majitelů (víkend apod.). Palivem pro kamna je dřevo. Spotřeba na topnou sezónu je asi 4 prn

dřeva. Tuto roční spotřebu může vyprodukovat například 1,5 ar rychle rostoucího topolu (<http://www.jatop-topoly.cz>). Konvenční stavba může mít spotřebu mezi 20 až 30 prn dřeva. Při přepočtu energetického potenciálu dřeva, kdy 1 prn vydá hořením asi 2000 kWh tepla, to znamená, že za topnou sezónu musíme dodat asi 8 000 kWh tepelné energie na vytápění plus pasivní příjmy ze slunečního záření (mohou mít u okna orientovaného na jih v celkové roční bilanci až padesáti procentní podíl na ohřevu interiéru) a dalších necelých 4 500 kWh elektrické energie na celkový provoz domácnosti (s ohledem na evropské směrnice bere v úvahu dům jako celek a do energetického hodnocení objektu musejí být zahrnuty všechny typy energie potřebné k jeho běžnému provozu; ohřev TUV, vaření, praní atd.). Roční finanční náklady na provoz domu činí necelých 20 000,- Kč, z toho je asi 15 000,- Kč podíl na elektrické energii a zbytek palivové dřevo (majitelé nemovitosti).

Finanční náročnost koupě velkého balíku slámy činil 500,- Kč včetně dovozu na staveniště (majitel nemovitosti). Velký balík o rozměrech 90x120x240 cm byl následně podélně rozpůlen, ještě jednou svázan a umístěn na stěnu. Sláma by měla být slisována do hustoty 100 až 110 kg/m³ a její hmotnostní vlhkost při lisování nemá překročit 20%, zeleného plevele nemá obsahovat více než 10% (<http://www.slamak.info>). Délka balíku se upravuje dle potřeby odebráním kýženeho množství slámy a opětovným zavázáním balíku motouzem. Na zateplení střešní konstrukce se používaly balíky menších rozměrů 40x60x80 cm ohledně lehčí manipulace. Tam byly umístěny ve dvou vrstvách a z vrchu opatřeny hliněným potěrem, kvůli požární bezpečnosti (Foto 2). Balík by měl být vyměněn za nový asi po osmi letech (z hygienických důvodů), dle tvrzení majitele je možné ji ponechat dvakrát déle. Polystyrenové a další konvenční tepelné izolace mají vůči slámě téměř dvojnásobnou izolační schopnost (viz výše). V tomto ohledu jasně vítězí konvenční izolanty. Při pohledu na ceny, kdy fasádní systém polystyrénu tloušťky 100 mm (včetně hmoždinek, perlinky, omítky atd.) stojí přibližně 360,- Kč/m², slaměný balík o rozměrech 90x120x240 cm je za 500,- Kč. Rozpůlený balík tedy vyjde na 250,- Kč, tím získáme plochu větší, nežli 2 m², tzn., že cena nám klesne na 125,- Kč/m². K umístění balíků na místo určení je potřebné použití manipulátoru, jehož cena se pohybuje okolo 800,- Kč za hodinu. Dle názoru majitele je provedení výměny balíků možné za jeden až jeden a půl dne (myšleno využití manipulátoru). S touto hodinovou sazbou by se celková částka mohla pohybovat okolo 10 000,- Kč.

Po výměně následují další dokončovací práce (pomazání stropní vrstvy protipožární hliněnou mazaninou, osazení ptačí síťoviny atd.).

Výměna vzduchu probíhá otevíráním oken, dveří, zemního registru, případně venkovní klapkou na Trombeho stěně nebo netěsnostmi, které tato stavba obsahuje, například mezerky mezi vyzdřením a konstrukčními hranoly. Při použití rekuperační jednotky vzduchu a větší vzduchové těsnosti obálky by tento dům mohl dosahovat větších energetických úspor než nyní.

Příprava teplé užitkové vody je prováděna v elektrickém bojleru. Teplo z odpadních vod není nijak rekuperováno. Finanční náročnost rekuperační jednotky se pohybuje ve výši cca 15 tisíc Kč a více. Finanční návratnost investice do tohoto zařízení by dle názoru majitelů nebyla zajímavá. Jejich úvahy o investicích do nemovitosti směřují k instalaci tepelného čerpadla systému vzduch-vzduch. Výše této investice se pohybuje okolo 50 tisíc Kč. Tepelné čerpadlo může snížit náklady na vytápění až o 40% a zařízení může fungovat i při poklesu venkovní teploty na -20°C. (SRDEČNÝ, TRUXA; 2005)

Pro měření teploty jsem použil venkovní lihový teploměr umístěný na severní straně domu ve výšce 3,5 m. Dům se nachází v obci Nuzice jejíž nadmořská výška činí 400 m n. m. Odečty byly prováděny v ranních a v odpoledních hodinách každý den (tyto údaje jsou též zapisovány v jiné formě do místní kroniky). Hodnoty teplot jsem poté za každý měsíc zprůměroval (bez použití jakýchkoli koeficientů) a uvedl do Grafu č. 1. Tyto teploty jsou adekvátní ke všem zmiňovaným obydlím (všechny jsou ve stejné nadmořské výšce). Podotýkám, že uvedené roky byly nadprůměrně teplé.

Spotřeby energií jsem získal od majitelů jednotlivých nemovitostí odečtem elektroměrů, odhadem spáleného dřeva a od bytové jednotky ročním zúčtováním, kdy jsem jednotky GJ převedl na kWh a přičetl spotřebovanou elektřinu. Celkové spotřeby jednotlivých obydlí jsou znázorněny v Grafu číslo 2.

U slaměného domu jsem ke spotřebované elektřině přičetl energii získanou spálením dřeva (majitel neměl vyhraněný druh dřeva, měl směs měkkého a tvrdého, takže jsem použil výhřevnost 2 000 kWh z 1 prm). Průměrná hodnota spotřeby za uvedené tři sezóny činí 12 185 kWh/rok při rozpočítání spotřeby na jednotku

obytné plochy 108 m² vyjde suma 112,8 kWh/m²/rok. Finanční výdaj za spotřebované energie je asi 20 tisíc Kč.

Při vyčíslení spotřeby u starého cihlového domu jsem pouze opsal celkovou spotřebu elektrické energie zapisované průběžně po celý rok, dřeva bylo spáleno minimum, do celkového výsledku jsem jej nezapočítal. Průměr za uvedené tři sezóny je 15 917,7 kWh/rok. Spotřeba rozpočtená na jednotku plochy, jež je 153 m² činí 104 kWh/m²/rok. Tato hodnota byla pro mne překvapením, je nejnižší hodnotou. Zde je krásně vidět kdy spotřeba energie tepelného čerpadla zkreslí skutečnou potřebu dodané energie, pro příklad když byl dům osazen elektrokotlem a bojlerem, vyskočí hodnota na 234 kWh/m²/rok. V letních měsících dosahovala celková spotřeba elektrické energie 10 kWh za den, jež zmiňuje v knize i E. Nagy. Ještě větších úspor se může docílit napojením pračky i myčky na nádrž teplé vody z tepelného čerpadla. Finanční objem roční spotřeby energie je asi 45 tisíc Kč.

U panelového domu v bytové jednotce jsem převedl spotřebu tepla i ohřevu teplé vody udávanou v jednotkách GJ na jednotky kWh a učinil součet se spotřebou elektrické energie. Průměrná spotřeba za uvedené tři sezóny je 10 148,7 kWh/rok, rozpočteno na jednotku plochy (72 m²) činí 141 kWh/m²/rok. Poměrně vysoká hodnota ukazuje spíše na komerční záměr teplárenské společnosti o dodání co největšího množství tepla než o konstrukční ztráty. Při oddělení spotřeby elektřiny mi vyšlo 5,5 kWh za den, je zde vidět absence ohřevu teplé vody. Z tohoto pohledu je ekologičtější přímý ohřev vody z odpadního tepla elektrárny, nežli z elektřiny. Finanční roční spotřeba za energie činí asi 41 tisíc Kč.

Celková spotřeba energií na provoz domácnosti za jednotlivý rok jsou uvedeny níže (vytápění, ohřev vody, svícení, ...), které jsem získal z odečtů. Pro lepší představu jsou znázorněny v Grafu č. 2. Rozložení množství energií v jednotlivých typech domů znázorňuje Obrázek č. 1, kdy s lepšími izolačními vlastnostmi se snižuje podíl potřebného tepla a většinový podíl přechází na větrání, ohřev teplé vody a provoz domácnosti.

Slaměný dům

rok spotřeba

2013 12 387 kWh/rok

2014 12 115 kWh/rok

2015 12 053 kWh/rok

Starší cihlový dům

2013 15 901 kWh/rok Pro představu zde uvádím spotřebu, kdy byl v domě
2014 16 015 kWh/rok elektrokotel; spotřeba činila 29 983 kWh/rok + dřevo.

2015 15 837 kWh/rok

Panelový dům

2013 10 318 kWh/rok

2014 10 032 kWh/rok

2015 10 096 kWh/rok

Foto 1 – Pohled z jihozápadní strany



Foto: Rostislav Šoch

Foto 2 – Zasítovaný prostor u střešní izolace a pultové střechy, hliněná vrstva na balících slámy je nutná z důvodu požární bezpečnosti.



Foto 3 – Kamna na tuhá paliva s postranními koši na kameny, které slouží jako akumulční elementy. V pozadí je komínové těleso, jež je využito také jako nosná konstrukce.



Foto 4 – Jeden ze šesti konvekčních přímotopů, tento je umístěn v patře nad průduchem z přízemí.



Foto: Rostislav Šoch

7. Závěr

Lidská potřeba komfortního bydlení je patrna již od počátku civilizace. S vyšším komfortem se zvyšuje i množství použité energie na provoz domu a domácnosti. Vývoj nových úspornějších technologií, které se uplatňují v komerční sféře, zatím hlavně z ekonomického hlediska spotřebitelů se dosahuje snižováním spotřeby jednotlivých komponentů domácnosti. Jenže jejich počet (vyhřívání bazénu, domácí sauna, otevírač vrat ...) se společně s růstem životní úrovně zvyšuje a tak celková spotřeba vzrůstá. Dle mého názoru již samotná centrální distribuce elektřiny je neekologická, kdy ztráta dosahuje 71% (SRDEČNÝ, TRUXA, 2005). Vývoj asi bude směřovat k masovějšímu využívání malých domácích elektráren.

Cílem mé práce bylo analyzovat výsledky měření spotřeb energií a postoj majitelů domu z hlediska komfortu bydlení, obsluhy a finanční náročnosti. Z posuzování výsledků a subjektivních dojmů majitelů jsem dospěl k názoru, že zmiňovaná koncepce stavby může mít v podobném systému (dřevěná konstrukce izolovaná levným rostlinným izolantem) budoucnost, relativně levná pořizovací cena a provozní náklady pohybující se okolo částky dvaceti tisíc Kč za rok. Této výši finančního objemu nákladů se majitelé dokáží držet i tím, že nevlastní jiná energeticky náročná zařízení (bazén, sauna, ...). Údržba je vcelku stejná jako u konvenčního domu, ale setkáváme se zde s výměnou balíků slámy po šestnácti letech (tvrzení majitele), u běžného domu řešit nemusíme.

Postoj majitelů k jejich domu je veskrze kladný, žádnou podstatnou část by neměnili. Z mého pohledu bych vytknul jednu věc, kdy do verandy jako tepelnou izolaci použili málo pranou ovčí vlnu, která stále vydává pach, tento problém řeší jednoduše zavřením dveří a odér se nešíří do obytné části.

Jejich budoucí počín směřuje k pořízení tepelného čerpadla vzduch/vzduch, slibují si od toho další snížení nákladů na vytápění.

Po ukončení životnosti bude případná demolice nenáročná a poměrně ekologicky příznivá.

Dle mého názoru se v brzké budoucnosti tento typ stavebnictví masivněji nerozšíří (důvodem jsou předsudky k těmto materiálům) a bude spíše okrajovou záležitostí ekologicky orientovaných lidí.

8. Použitá literatura

Literatura

Fischer- Uhlig H.: *Zdravé bydlení*, Ikar 1999

Hájek Petr Maria: *Ekostavebnictví*, Regenerace, Speciál 3/2015, Regenerace s.r.o.

Humm Othmar , Tywoniak Jan: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing s.r.o. 1999

Nagy Eugen: *Nízkoenergetický ekologický dům*, Jaga Group v.o.s., 2002

Pfeiferová M, Srdečný K., Šimek F.: *Slaměný dům*, Rosa o.p.s. 2001

Srdečný Karel, Truxa Jan: *Tepelná čerpadla*, ERA group s.r.o. 2005

Edt. Šišolák Matej: *Vše o stavbě energeticky úsporného domu*, Jaga Group, s.r.o., 6. 2010

Edt. Šišolák Matej: *Vše o ekodomě a ekobydlení*, Jaga Group, s.r.o., 12. 2012

Elektronické zdroje

Accumulation of Solar Energy; 2012.

<http://www.agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SK2012100201>

Agris – Use of straw-clay materials in walls; 2011.

<http://www.agris.org.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2012000309>

Bydlení iDnes – Dům ze slámy: rychlé a levné bydlení, <http://www.bydleniidnes.cz>

Bydlení Stavba a rekonstrukce – Izolace z přírodních materiálů,

<http://www.stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz>

Bydlení v souladu s přírodou – pasivní dům, <http://www.estav.cz>

Chytrá pěna HS Group s.r.o. - <http://www.chytrapena.cz/vnitri-izolace-sten-str>

Dřevostavby s.r.o., <http://www.drevostavby.cz>

Ekologickébydlení.eu, <http://www.ekobydleni.eu>

Ekopanely Servis s.r.o. – montážní ekopanely z lisované slámy,

<http://www.ekopanely.cz>

Experimental investigation of solar energy collector on production capacity of hot water; 2010. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2011000154>

Greener future solutions – Materiály, <http://www.harmonyhouse.cz>

Hlína pro dům – Výhody a nevýhody dřevostaveb oproti cihlovému domu;
28.12.2013, <http://www.hlinaprodom.cz/news/vyhody-a-nevyhody-drevostaveb-oproti-cihlovemu-domu>

iMateriály – Difuzně otevřené skladby pasivních dřevostaveb.
<http://www.imaterialy.dumabyt.cz>

Inteligentní dům Loxone s.r.o., <http://www.loxone.com/cscz/chytry-dum/>

Jatop s.r.o, <http://www.jatop-topoly.cz>

Moderní energeticky úsporné budovy, <http://www.partnersvi-energetiky.msek.cz>

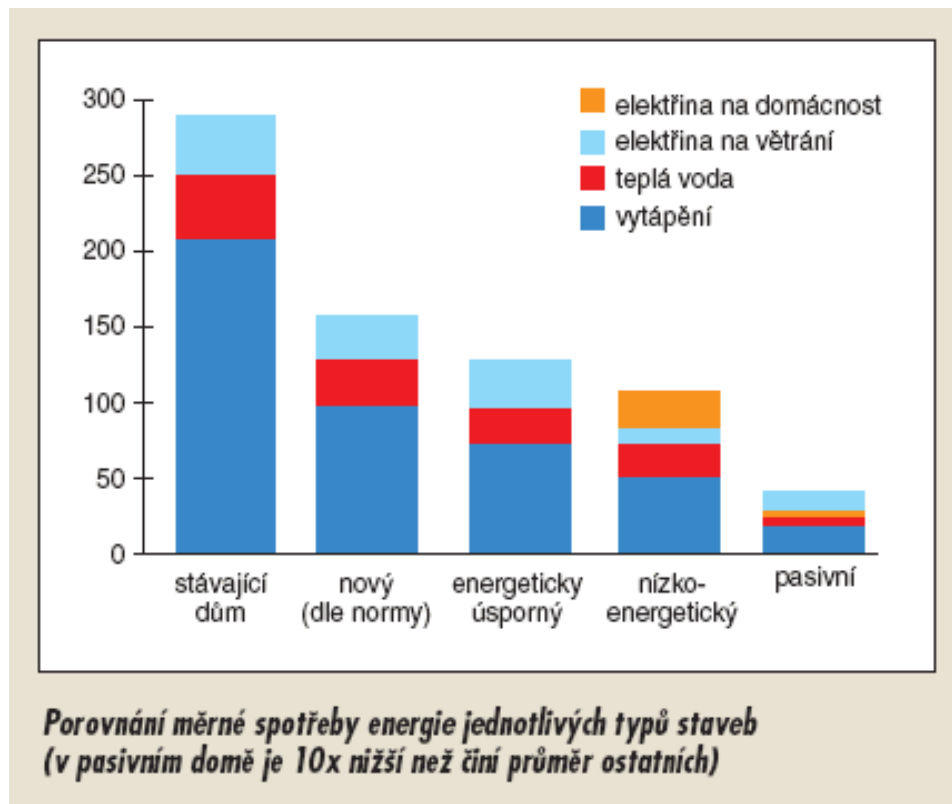
Picas – hliněné cihly, <http://www.picas.cz/progres/lib/files.php?id=4>

Slamák.info., <http://www.slamak.info/faq/>

TZB info – Enviromentální a energetické hodnocení dřevostaveb v pasivním standardu, <http://www.tzb-info.cz>

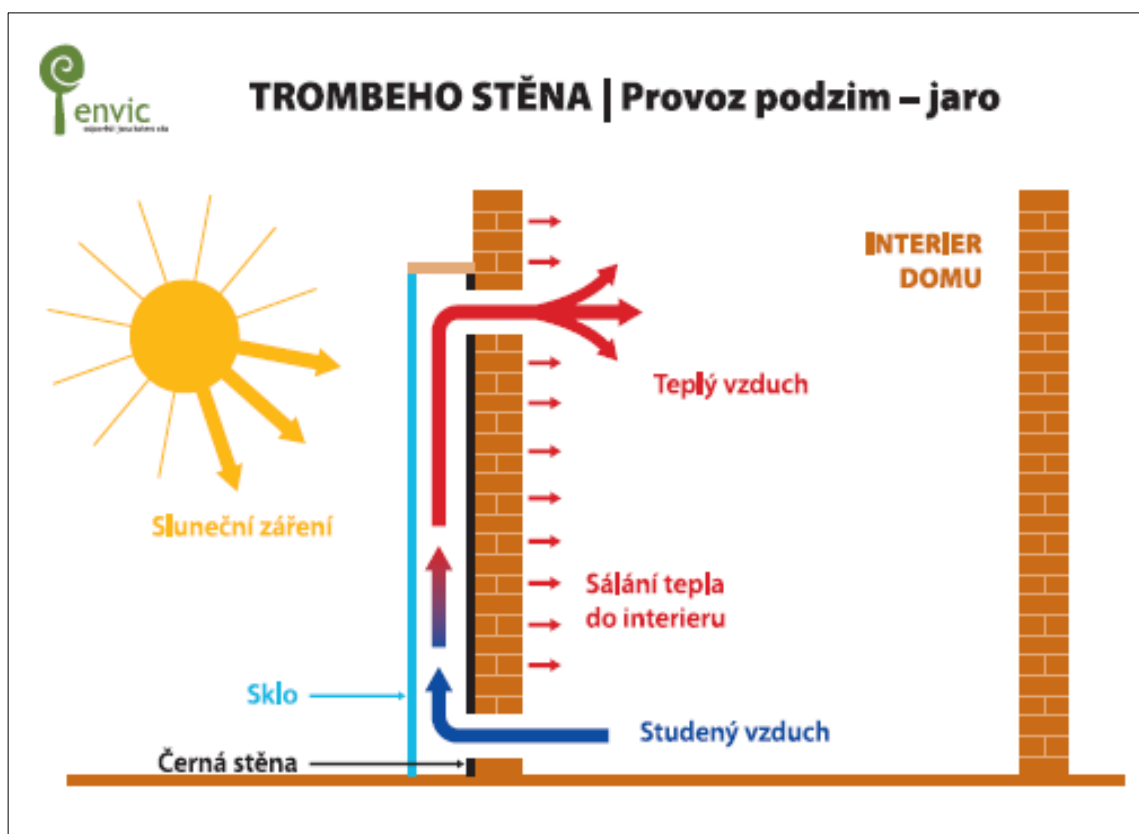
9. Přílohy

Obrázek č. 1 – Tabulka energetické náročnosti



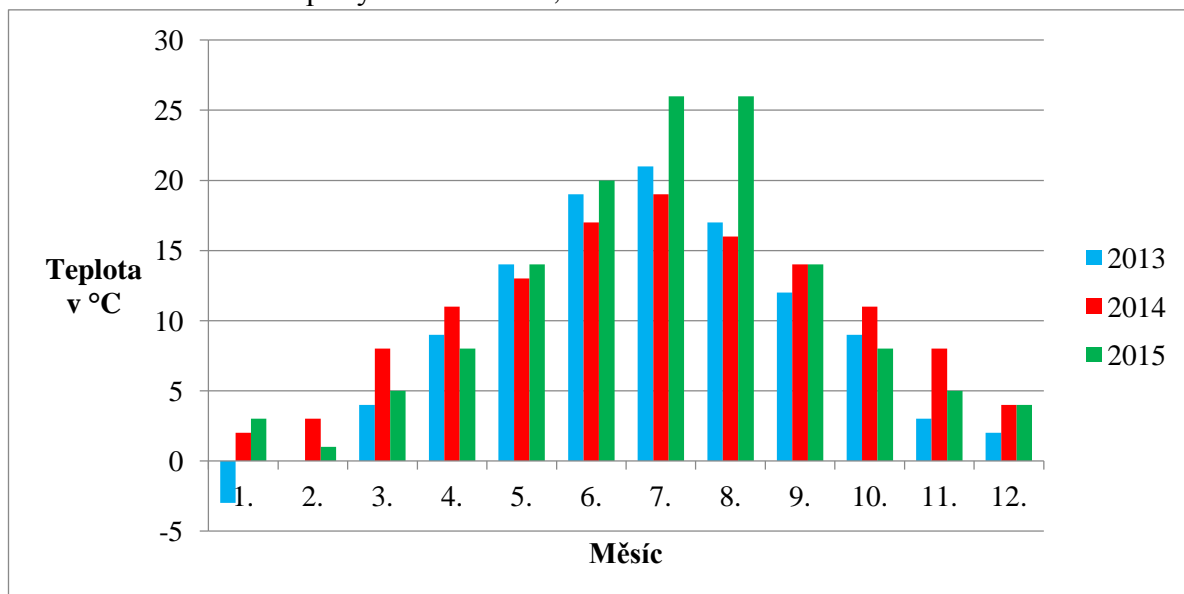
Tabulka náročnosti jednotlivých typů domů na druh spotřeby energií (pouze u světle modré barvy má být uveden název elektřina na domácnost a u oranžové elektřina na větrání, pozn. autora). (zdroj: www.drevostavby.cz)

Obrázek č. 2 – Trombeho stěna



Zdroj: www.ekobydleni.eu

Graf č. 1 - Průměrné teploty v letech 2013, 2014 a 2015



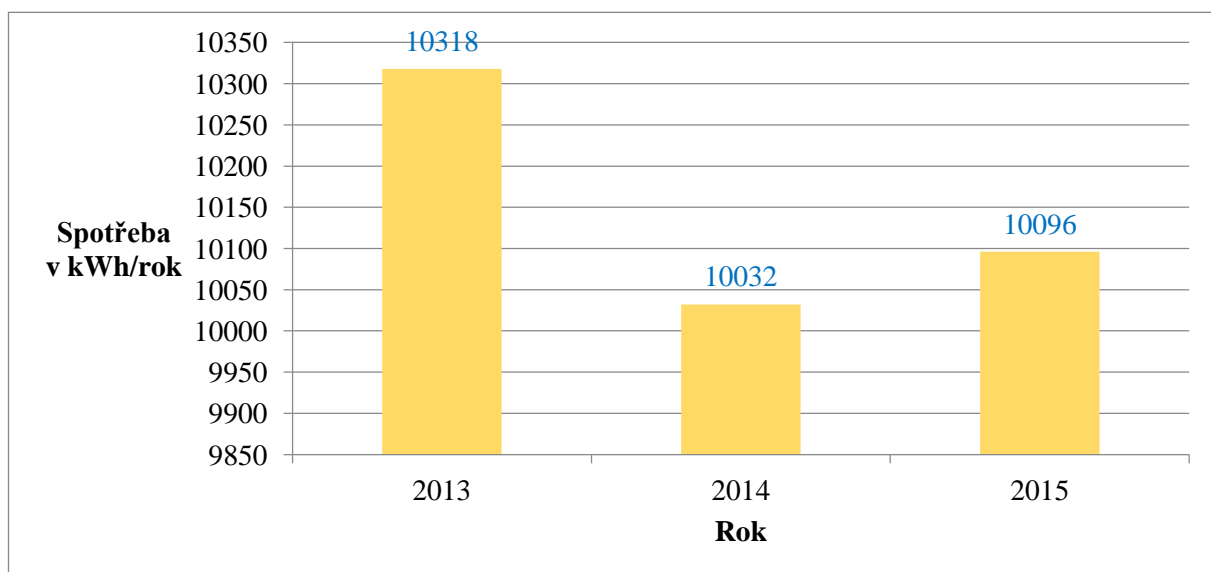
Zdroj: vlastní zpracování

Měřeno v Nuzicích (400 m n.m.) na teploměru umístěném na severní straně. Teplota byla zapisována vždy ráno a v odpoledních hodinách. Poté byly hodnoty zprůměrovány bez použití jakýchkoli koeficientů. Tyto hodnoty jsou z období velmi nadprůměrných teplot a nízkých srážek.

| Měsíc | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2013 | -3° | 0° | 4° | 9° | 14° | 19° | 21° | 17° | 12° | 9° | 3° | 2° |
| 2014 | 2° | 3° | 8° | 11° | 13° | 17° | 19° | 16° | 14° | 11° | 8° | 4° |
| 2015 | 3° | 1° | 5° | 8° | 14° | 20° | 26° | 26° | 14° | 8° | 5° | 4° |

Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 2 - Spotřeba energie u domu izolovaného slámou



Zdroj: vlastní zpracování

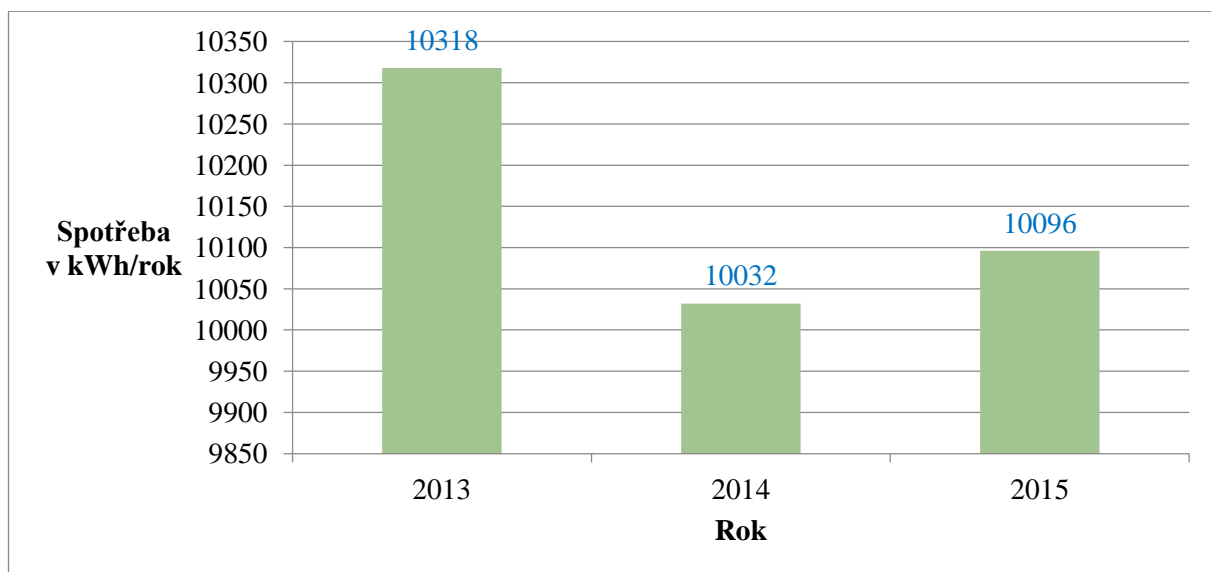
Dům izolovaný slámou

2013 12 387 kWh/rok

2014 12 115 kWh/rok

2015 12 053 kWh/rok

Graf č. 3 - Spotřeba energie u staršího cihlového domu



Zdroj: vlastní zpracování

Starší cihlový dům (neizolovaný, špaletová okna, opatřený tepelným čerpadlem a kamny)

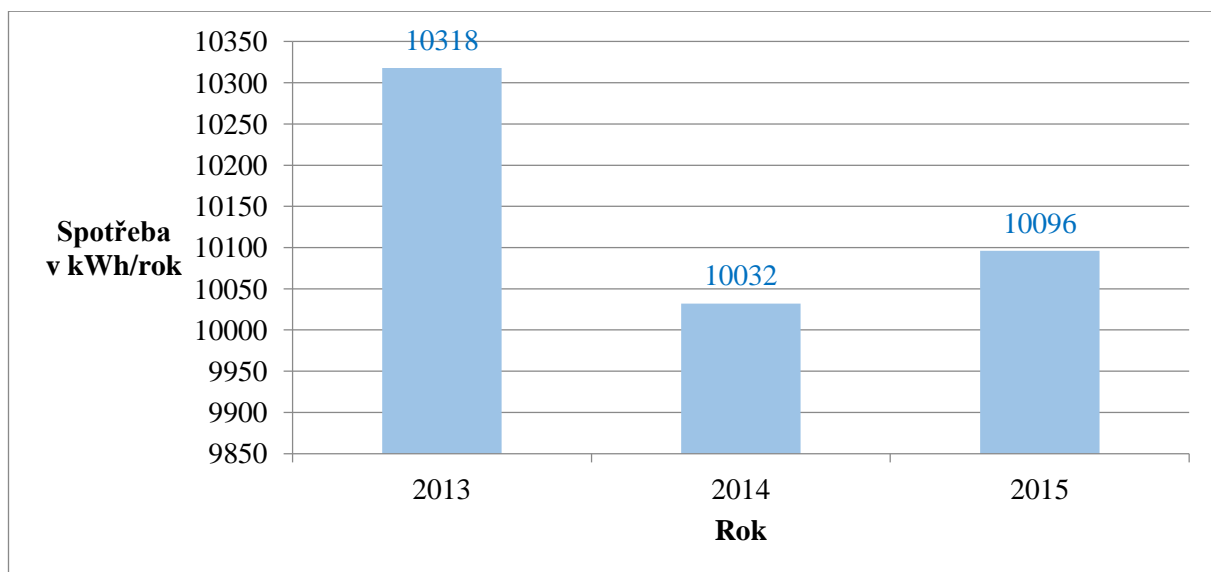
2013 15 901 kWh/rok

2014 16 015 kWh/rok

2015 15 837 kWh/rok

Pro příklad zde uvádím spotřebu energie, kdy byl dům vybaven elektrokotlem a elektrickým boilerem 29 983 kWh/rok plus dřevo

Graf č. 4 - Spotřeba energie u panelového domu



Zdroj: vlastní zpracování

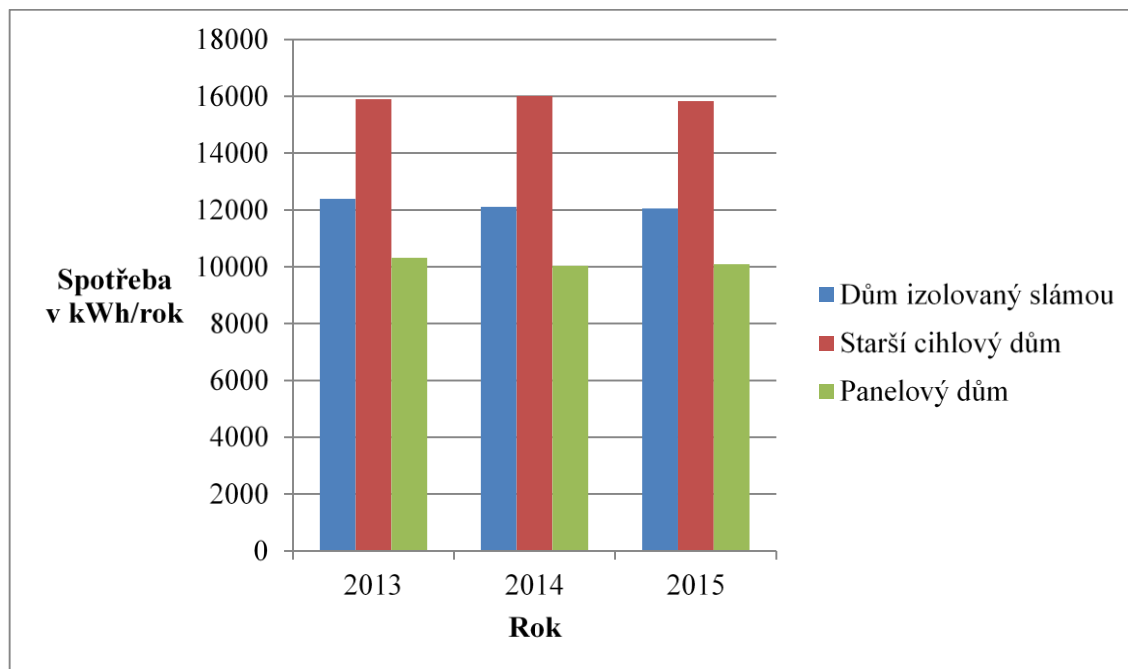
.Panelový dům (zateplený polystyren 10 cm a plastová okna)

2013 10 318 kWh/rok

2014 10 032 kWh/rok

2015 10 096 kWh/rok

Graf č. 5 - Celková spotřeba energií v jednotlivých domácnostech za kalendářní rok v průběhu tří let.



Zdroj: vlastní zpracování