

ENVIRONMENTÁLNÍ POROVNÁNÍ PASIVNÍCH A NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ Z HLEDISKA DOPADU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ – CASE STUDY RODINNÉHO DOMU V ŽALHOSTICÍCH

Předmět porovnání:

- Dopad tří variant téhož pasivního domu z různých stavebních materiálů na životní prostředí z hlediska poměru svázané a provozní energie (PEI) a emisí CO₂ z výroby stavebních materiálů a provozu; poměr je řešen pro provoz staveb na obnovitelné zdroje energie a částečně obnovitelné zdroje energie
- Porovnání dopadu na životní prostředí u tří běžných variant staveb pasivních (EPD) a nízkoenergetických domů (NED) stavěných z přírodních materiálů:
 - EPD provozovaný na obnovitelné zdroje energie
 - EPD provozovaný částečně na obnovitelné zdroje energie
 - NED provozovaný na obnovitelné zdroje energie

1 Popis stavby – referenční varianty

1.1.1 Autorská zpráva

Rodinný dům pod Radobýlem ve Chráněné krajinné oblasti České středohoří

Architekt: Ing. arch. Jan Márton

Rodinný dům je umístěn co nejvýše na svažitém pozemku, z důvodu odclonění stavby od níže probíhající železniční trati, zlepšení výhledů ze stavby a zvýšení solárních zisků nutných pro vytápění pasivního domu. Stavba respektuje dle požadavků CHKO původní zástavbu, svou zastavěnou plochou je umístěna mezi pomyslné přímky pokračování zástavby. Nejsevernější roh je umístěn právě na tuto pomyslnou přímku hrany zástavby odkloněné od komunikace.

Stavba je umístěna delší fasádou rovnoběžně s vrstevnicí, jak je to pro členitý a svažitý terén logické a běžné u tradičních staveb. Znamená to lepší splynutí stavby s terénem než při umístění pod úhlem na vrstevnici. Zároveň to znamená nejmenší možný objem zemních prací a narušení terénu. Na zadní straně bude dům mírně zapuštěný do terénu, aby tolik nevyčníval nad terén a skryl se v zeleni.

Přáním stavebníků je:

- postavit co nejlevnější stavbu z ekonomických důvodů s minimem zbytných investic
- mít stavbu vysoce energeticky úspornou, neboť nízké provozní náklady mají pomoci splácet hypotéku
- využít vlastního času ke stavbě svépomocí, kterou si vyzkoušeli už dříve při rekonstrukci bytu
- žít ve zdravém vnitřním prostředí, snížit ekologickou stopu stavby
- vybavit stavbu minimem technologií
- mít dispozici po všech stránkách minimální, plně využitou, v patře flexibilní

Výsledkem je návrh pasivního domu se spotřebou tepla na vytápění dle PHPP pod 15 kWh/m²a. Obvodové konstrukce jsou nadstandardně zatepleny - podlaha a strop celulózou o tloušťce 400 mm, stěny dvojitou vrstvou slaměných balíků mimo jižní stěny, kde je jedna vrstva balíků přiizolována dřevovláknitou izolací pro lepší přisvětlení místností. Okna a vstupní dveře budou vybrány z nejvyšších.

Stavba vykazuje běžné atributy pasivních domů - kompaktní tvar a stínění okenních otvorů přesahy střech a pergolou. Přízemí je navrženo jako obytné s pracovním a výstupem na terasu, v patře jsou umístěny tři ložnice s úložnými prostory, přičemž dětské pokoje je možno dále rozdělit a jeden pokoj přidat. Tomu odpovídá aktuálně navržená zvětšená výměra a volba rozmístění oken na fasádě. Hlavní obytný prostor v přízemí je opticky zvětšen dvěma okny na celou výšku patra, která propojují prostor s terasou a jižními výhledy na Polabí a Poohří.

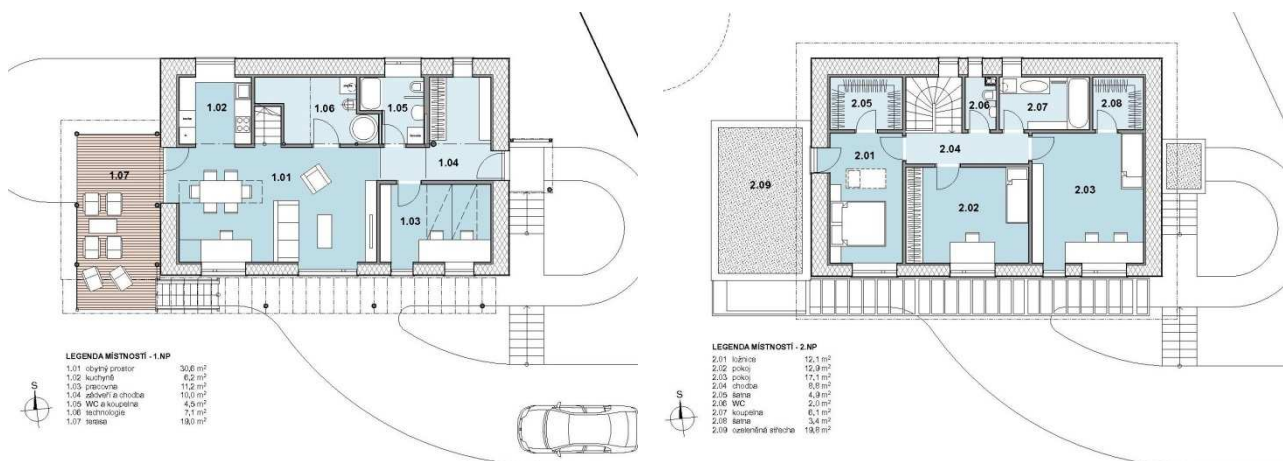
Zádveří stavby je integrováno netradičně do vytápěné části. Cílem je snížení konečných nákladů na stavbu, neboť do budoucna nebude třeba přistavovat další relativně drahé nevytápěné části - pro skladování zahradního náčiní apod. slouží zahradní domek umístěný o něco výše po svahu.

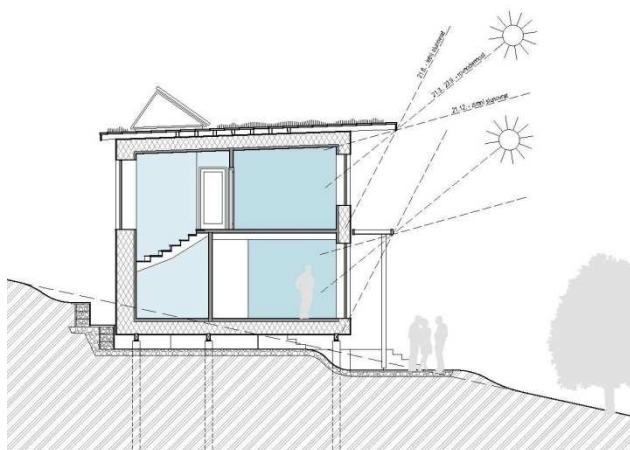
Ekonomie konstrukce je zvolena takto: Stavba je založena nad terénem. Vodorovné konstrukce podlahy jsou z I nosníků, mezi ně je možné dle aktuální situace doplnit jako tepelnou izolaci celulózu. Stěny jsou navrženy z masivních dřevěných panelů. Ačkoliv se jedná o konstrukci dražší než např. two-by-four, panely jsou zároveň vzduchotěsnou vrstvou, pevným podkladem pro kotvení slaměných balíků a především je v naprosté většině ploch interiéru není třeba opatřovat dalším povrchem. Toto je umožněno také chytrým návrhem instalací vody a kanalizace. Elektroinstalace bude vedena v podlahách, zásuvky na obvodových stěnách budou u podlah. Zásuvky výše umístěné a vypínače budou vždy na předstěnách (např. koupelny) a příčkách. Střecha bude uzavřena opět I nosníky s izolací, plášť je řešen jako provětrávaný a ozeleněný.

Na vnějším vzhledu stavby se bude podílet mírně zvlněná světlá vápenná omítka, dřevěná pergola a viditelné dřevěné trámký na hlavní střechě. Vnitřní příčky jsou navrženy z těžkého materiálu - vápenopískové cihly, nebo vysoce vlhkostně akumulací nepálené cihly hliněné.

Vnitřní technologie obsahuje kompletní řízené větrání bez cirkulace, neboť nikde v domě není umístěn výraznější zdroj tepla. Výměna vzduchu bude řízena čidly na CO₂, rozvody budou vedeny pouze v podhledech chodeb. Vytápění bude zajištěno: V obytné místnosti v přízemí teplovodním vytápěním v podlaze i díky teplu z kuchyně. V koupelnách teplovodními žebříky, případně se zapojením podlahového vytápění na stejnou větev. Pracovna a pokoje zůstanou dle rozhodnutí stavebníka zcela bez vytápění, které bude případně zajištěno elektricky. Část tepla se dostane do pokojů vedením a sáláním z přízemí po schodech. Bude provedena příprava na minimální teplovodní vytápění a dle zkušeností a vývoje cen energií bude či nebude později provedeno. Srdcem systému bude integrovaný zásobník tepla, na který budou napojeny teplovodní solární kolektory nebo lépe, dle vývoje technologií, přímo fotovoltaické panely, jejichž energetické přebytky budou dodávány do sítě. Tato koncepce je umožněna pouze nadstandardními tepelně-technickými vlastnostmi obálky budovy, která nebude předmětem ekonomických kompromisů, a bezpochyby také ochotou a tvořivostí stavebníka.

1.2 Studie stavby





1.3 Postup výstavby



2 Popis konstrukčních variant pasivního domu

Byly zvoleny tři konstrukční varianty tak, jak se dnes běžně pasivní domy navrhují – stávající návrh stavby, běžná dřevostavba izolovaná minerální vatou s lehkými sádrokartonovými instalačními mezerami v interiéru a stavba z vápenopískových cihel.



Referenční varianta	Dřevostavba s min. vlnou	Zděná stavba z VPC a izolací EPS
Konstrukce stavby		
založení na pilířcích crawl space	založení na pilířcích crawl space	založení na železobetonové desce
podlaha I nosníky, těžká plovoucí	podlaha trámky, těžká plovoucí	podlaha na EPS, asf. hydroizolace
stěny Novatop tl.84 mm	stěny two-by-four	stěny vápenopísek
strop lehký trámkový	strop lehký trámkový	strop železobetonový
střecha I nosníky a trámky, izolace PVC	střecha I nosníky a trámky, izolace PVC	střecha žb deska a trámky, izolace PVC
sláma a dřevovlákn ve stěnách	tepelná izolace Knauf Ecosse	tepelná izolace EPS
celulóza v podlaze a střeše		
příčky hliněné a lehké instalační	příčky lehké sádrokartonové	příčky VPC a lehké instalační
dřevěná okna	plastová okna	plastová okna
Technické zařízení budovy		
Stavba je vybavena FV elektrárnou 2 kWp bez měniče AC/DC, přebytek elektriky nejsou využity		
Obytná místnost s krbovou vložkou Hoxter WK 08 (1,6 kW do vzduchu, 6,4 kW do vody)		
Zdroje akumulovány do IZT 1000 l		
Varianty jsou navrženy jako pasivní domy, se stejnými tepelnými ztrátami.		

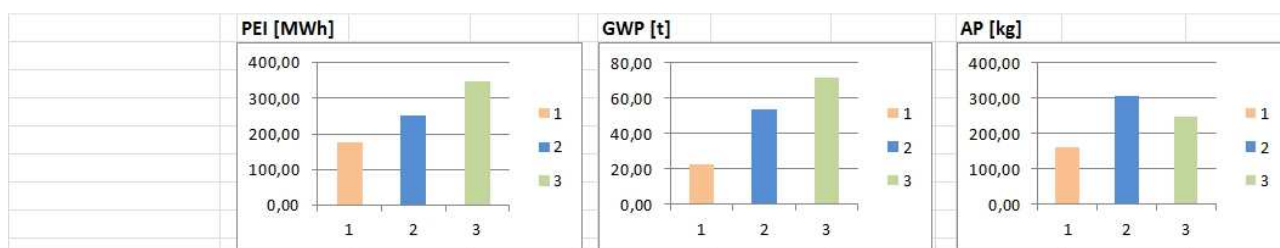
3 Porovnání variant dle PEI, emisí CO₂ a emisí SO₂ z hlediska výstavby

Pro každou variantu byly podrobně spočítány materiály vložené do jednotlivých konstrukcí. Poté byly v grafu jednotlivé konstrukční varianty porovnány z hlediska sledovaných ukazatelů.

3.1 Porovnání podle podílu v jednotlivých konstrukcích

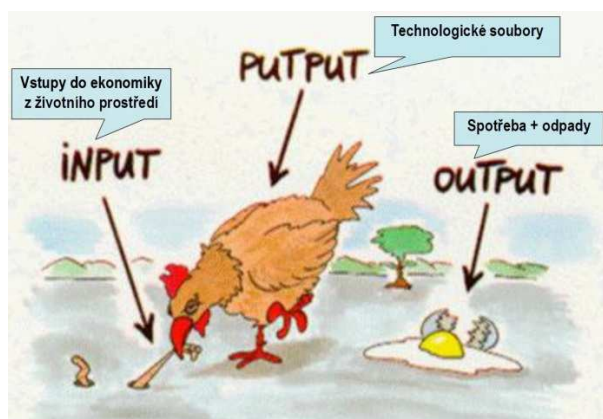
Konstrukce	REFERENČNÍ VARIANTA			KLASICKÁ DŘEVOSTAVBA			ZDĚNÁ STAVBA		
	PEI [MJ]	GWP [kg]	AP [g]	PEI [MJ]	GWP [kg]	AP [g]	PEI [MJ]	GWP [kg]	AP [g]
ZÁKLADY	36 860	4 007	9 664	36 860	4 007	9 664	92 260	8 772	23 147
PODLAHA	60 918	3 167	15 761	93 378	5 739	50 429	115 410	4 693	18 290
STĚNY	69 755	-9 244	22 903	247 456	15 422	102 677	294 782	15 561	43 240
STŘECHA přesahová	296 760	14 114	57 231	301 845	14 661	73 833	496 655	24 549	87 664
STROP	25 282	1 528	7 249	25 282	1 528	7 249	55 745	5 175	15 351
PŘÍČKY	31 386	1 993	8 686	47 724	3 265	12 923	40 583	3 507	10 383
VNITŘNÍ POVRCHY	9 038	678	2 512	11 999	833	2 949	14 767	978	3 358
OKNA A DVEŘE	80 132	5 012	31 189	116 642	6 754	38 818	116 642	6 754	38 818
DALŠÍ KONSTRUKCE	21 297	1 572	7 453	21 297	1 572	7 453	21 297	1 572	7 453
Souhrn	631 428	22 827	162 649	902 482	53 780	305 995	1 248 141	71 562	247 703
Souhrn	PEI [MWh]	GWP [t]	AP [kg]	PEI [MWh]	GWP [t]	AP [kg]	PEI [MWh]	GWP [t]	AP [kg]
	175,40	22,83	162,65	250,69	53,78	306,00	346,71	71,56	247,70

3.1.1 Souhrnné porovnání variant z hlediska výstavby



Varianta běžné dřevostavby a vápenopískové stavby vyšla ve všech sledovaných parametrech hůře než referenční varianta. Podíl na tom má zejména zvolená tepelná izolace a u vápenopískové stavby také založení s výrazně vyšším množstvím betonu.

4 Porovnání variant pasivních domů dle PEI a emisí CO₂ z hlediska výstavby a provozu



Samotné porovnání materiálových variant pasivních domů nemá smysl, aniž bychom se zabývali celým životním cyklem stavby. Každá lidská činnost má své vstupy, období amortizace a zánik – likvidaci. Tato studie proto doplňuje k výstavbě i provoz domu. Bohužel se nezabývá dopady likvidace stavby, protože pro toto srovnání neexistují relevantní data.

Stejně tak neexistují relevantní data pro emise SO₂, proto také nebyly srovnávány.

Pro další srovnávání byla zvolena 80-ti letá životnost stavby tak, jak je to běžné i u dalších podobných studií.

4.1 Vstupy do porovnání – potřeby provozních energií

Porovnávány jsou dvě běžné provozní varianty pasivních domů. První je referenční, využitá pro rodinný dům v Žalhosticích. Druhá sice počítá s využitím fotovoltaických panelů stejně jako v prvním případě, další energie je však dodávána z elektrické rozvodné sítě. Zátěž životního prostředí pro přeměnu energie je počítána z aktuálního energetického mixu České republiky. Z tohoto důvodu je součet PEI u druhé varianty vyšší než původní vstupy.

PROVOZNÍ ENERGIE A EMISE CO ₂ - VARIANTA S OBNOVITELNÝMI ZDROJI ENERGIE			
Vytápění	6,065 MWh/rok	Zdroje tepla pro vytápění a ohřev TUV: 20% elektřina v akumulační nádrži 80% krbová vložka s teplovodním výměníkem Přínos fotovoltaiky: 2,227 MWh/rok	
Větrání	0,19 MWh/rok		
Teplá voda	3,834 MWh/rok		
Osvětlení	0,007 MWh/rok		
Z toho neobnovitelná PEI	4,198 MWh/rok		
Emise CO₂	0,47 t CO₂/rok		

PROVOZNÍ ENERGIE A EMISE CO ₂ - VARIANTA S NEOBNOVITELNÝMI ZDROJI ENERGIE			
Vytápění	4,258 MWh/rok	Zdroje tepla pro vytápění a ohřev TUV: 100% elektřina v akumulační nádrži Přínos fotovoltaiky: 2,227 MWh/rok	
Větrání	0,19 MWh/rok		
Teplá voda	3,282 MWh/rok		
Osvětlení	0,007 MWh/rok		
Z toho neobnovitelná PEI	16,803 MWh/rok		
Emise CO₂	1,625 t CO₂/rok		

Zdroj: program Energie podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2, výpočet Ing. Pavel Minář

4.2 Souhrn PEI a emisí CO₂ pro výrobu materiálů a provoz pasivního domu za 80 let životnosti

VARIANTA S OBNOVITELNÝMI ZDROJI ENERGIE				PEI [MWh]	CO ₂ [t]
PEI	materiály	provoz			
REFERENČNÍ VARIANTA	175,40	335,84 MWh			
KLASICKÁ DŘEVOSTAVBA	250,69	335,84 MWh			
ZDĚNÁ STAVBA	346,71	335,84 MWh			
CO ₂	materiály	provoz			
REFERENČNÍ VARIANTA	22,83	37,6 t			
KLASICKÁ DŘEVOSTAVBA	53,78	37,6 t			
ZDĚNÁ STAVBA	71,56	37,6 t			

VARIANTA S NEOBNOVITELNÝMI ZDROJI ENERGIE				PEI [MWh]	CO ₂ [t]
PEI	materiály	provoz			
REFERENČNÍ VARIANTA	175,40	1344,24 MWh			
KLASICKÁ DŘEVOSTAVBA	250,69	1344,24 MWh			
ZDĚNÁ STAVBA	346,71	1344,24 MWh			
CO ₂	materiály	provoz			
REFERENČNÍ VARIANTA	22,83	130 t			
KLASICKÁ DŘEVOSTAVBA	53,78	130 t			
ZDĚNÁ STAVBA	71,56	130 t			

Pozn. První sloupec je vždy referenční varianta, druhý klasická dřevostavba, třetí zděná stavba

Závěry pro pasivní domy:

- Stavba s provozem z neobnovitelných zdrojů potřebuje pro výrobu materiálů a provoz cca 3x více primární neobnovitelné energie a vyprodukuje cca 2-3x více emisí CO₂
- Ať už vytápíme elektricky nebo z obnovitelných zdrojů, z hlediska primárních energií není tak zásadní, z čeho dům postavíme, resp. navýšení dopadu na životní prostředí je 10-40%. Vliv rodinného domu na životní prostředí je však důležitý zejména v oblasti GWP - emise CO₂ s navýšením dopadu na životní prostředí 30-80%.
- Čím větší je podíl obnovitelných zdrojů, které se podílí na provozu stavby, tím spíše mají na životní prostředí dopad další faktory – např. flexibilita stavby, neboť podíl dopadu stavby vůči podílu dopadu provozu je 1:2-1:1.

5 Porovnání dopadu na životní prostředí u dvou variant pasivních domů (EPD) a nízkoenergetického domu (NED) stavěných z přírodních materiálů

Toto porovnání vzniklo na přání účastníků konference Přírodní stavby od A-Z II. Smyslem je porovnat, který životní styl má nižší dopady na životní prostředí – zda v současném životním standardu, nebo v životním standardu 19. století.

6 Porovnání životních standardů

Současný životní standard je definován standardem pasivního domu:

- víceméně stejné teploty povrchů konstrukcí
- stálá teplota 19-21 °C
- vzduchotěsný dům bez profukování větru dovnitř (průvzdušnost max. 0,6 l/h), použití řízeného větrání
- standard splňuje současné požadavky na konstrukce z hlediska tepelně-technického a na hygienu vnitřního prostředí



Standard 19. století je podobný nízkoenergetickému „slamáku“:

- nižší teploty obvodového pláště kvůli vyšším tepelným prostupům, potřeba většího sálavého zdroje
- teplota kolísající okolo normové hodnoty v řádu stupňů (ráno nižší teplota, večer přetápění)
- dům profukuje, neboť nejsou řešeny netěsnosti (průvzdušnost 3-12 l/h, zvolena hodnota 6 l/h), není instalováno řízené větrání
- standard výpočtově splňuje současné požadavky na konstrukce z hlediska tepelně-technického, požadavky na hygienu vnitřního prostředí nesplňuje z hlediska kolísání teplot a občasných vyšších koncentrací CO₂

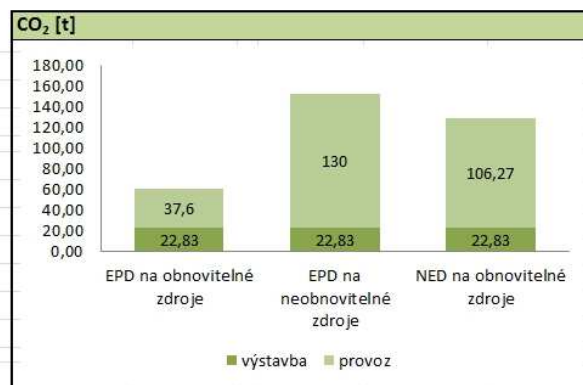
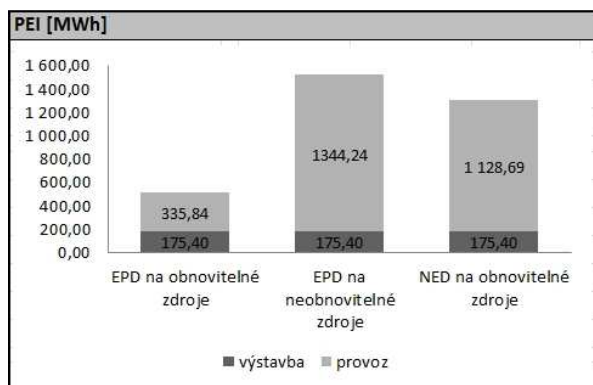


6.1 Vstupy do výpočtu

Vstupní parametry	EPD na obnovitelné zdroje	EPD na neobnovitelné zdroje	NED na obnovitelné zdroje
PODLAHA	400 mm celulózy	400 mm celulózy	400 mm slaměných balíků
STĚNY	S, V, Z – 560 mm slaměných balíků; J – 280 mm slaměných balíků + 100 mm dřevovláknité izolace	S, V, Z – 560 mm slaměných balíků; J – 280 mm slaměných balíků + 100 mm dřevovláknité izolace	450 mm slaměných balíků
STŘECHA	400 mm celulózy	400 mm celulózy	400 mm slaměných balíků
NEPRŮVZDUŠNOST	0,6 1/h	0,6 1/h	6 1/h
POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	14 kWh/m ² a	14 kWh/m ² a	57 kWh/m ² a
PEI za 80 let provozu	335,84 MWh	1344,24 MWh	1 128,69 MWh
CO₂ za 80 let provozu	37,6 t	130 t	106,27 t

6.2 Souhrnné porovnání zvolených variant

Výsledky jsou relevantní za předpokladu, že domy jsou provozovány na stejném komfortu, tj. víceméně stálá teplota 19-21 °C a se stejným využitím obnovitelných zdrojů (20% el. ze sítě, 80% krbová vložka, přínos fotovoltaiky 2,227 MWh/rok).



Závěry pro pasivní a nízkoenergetické domy:

- Potřeba primárních energií a emisí CO₂ pro stavbu a provoz vzroste cca 3x, pokud vytápíme EPD neobnovitelnými zdroji a NED obnovitelnými zdroji.
- Pokud chcí zachovat běžný obytný standard, pak je vhodné volit pro provoz obnovitelné zdroje.
- Pokud mi nevadí snížený standard nízkoenergetického profukujícího domu, pak lze být s obnovitelnými zdroji "ekologičtější" než u EPD na neobnovitelné zdroje. Kolísání teploty není započítáno, protože v praxi je obtížně odhadnutelné, teplota však může kolísat někde okolo komfortu.

7 Celkové závěry a diskuse

Životní styl nezahrnuje další zásadní vstupy, např. dojíždění do práce. Z tohoto hlediska však nejlépe vychází byt ve městě, v blízkosti pracoviště, možností nákupu i trávení volného času.

Na hydroizolaci střechy je použito PVC, jež má značné dopady na životní prostředí. Možné by bylo jeho nahrazení EPDM, jehož environmentální parametry nebyly v době tvorby této studie dohledány.

Za další diskusi předem děkuji všem informovaným čtenářům.

Ing. arch. Jan Márton, 23.2.2015, Praha

Nature Systems studio, Občanské sdružení Ekodům

>>> environmentally friendly building design, passive houses and strawbale buildings

Vodafone: +420 777 953 098 T-Mobile: +420 739 640 878

Inet: www.naturesystems.cz, www.stavbyzeslavy.cz, <https://www.facebook.com/NatureSystems>

Využité zdroje:

Databáze stavebních výrobků Envimat

Studie porovnání dvou pasivních domů – Bjorn Kierulf, www.createrra.sk

Vonka, M.: PhD Thesis: „Life Cycle Assessment of the Buildings“, CTU Prague, 2005

Diskuse s Pavlem Minářem nad zkušenostmi z fungování pasivních domů