



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ARCHITEKTURY

FACULTY OF ARCHITECTURE

ÚSTAV STAVITELSTVÍ

DEPARTMENT OF ENGINEERING

TVORBA KONCEPTU ENERGETICKY SOBĚSTAČNÝCH OBYTNÝCH BUDOV

FORMATION OF THE CONCEPT OF ENERGY SELF-SUFFICIENT OF RESIDENTIAL BUILDINGS

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. arch. Tomáš Hlavsa

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Miloslav Meixner, CSc.

BRNO 2017

Zadání dizertační práce

Ústav: Ústav stavitelství
Student: **Ing. arch. Tomáš Hlavsa**
Studijní program: Architektura a urbanismus
Studijní obor: Architektura
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miloslav Meixner, CSc.**
Akademický rok: 2016/17

Název dizertační práce:

Tvorba konceptu energeticky soběstačných obytných budov

Zadání dizertační práce:

Roztříštěnost problematiky ESD nám neumožňuje pevněji uchopit tento typ budov jako celek. Je velmi obtížné srovnávat ESD napojený na technickou infrastrukturu s domem v panenské přírodě, stejně jako dům vybavený nejmodernější technikou s inteligentními řídicími prvky s domem bez veškerých vymožeností moderní civilizace. Všechny tyto typy domů mohou splňovat základní podmínku ESD, čímž je energetická nezávislost avšak nelze dále stanovit, jakým způsobem tento primární požadavek splnily a co se za ním v útrobách daného systému skrývá. Cílem práce je stanovit a definovat obecně platná objektivní kritéria pro navrhování či posuzování energeticky soběstačných obytných budov a to novostaveb. Tyto kritéria by měla postihovat specifika, úskalí a diskutabilní oblasti problematiky ESD. Budou sloužit zejména jako nástroj pro stanovování priorit při tvorbě architektonického a stavebně technického konceptu domu. Měly by vést projektanta k vytvoření vyváženého návrhu v závislosti na předem stanovených cílech a v neposlední řadě k možnosti porovnání různých koncepčních řešení. Podle těchto kritérií tak budeme moci například porovnat ESD založený na dodávání do sítě s domem zcela nezávislém na energetické infrastruktuře.

Konkrétním výstupem by měl být například tabulka parametrů, graf, nomogram, či schéma, ze kterého by byla patrná charakteristika daného domu z hlediska klíčových aspektů.

Seznam literatury:

HLAVSA, Tomáš, Jiří SVOBODA a Miloslav MEIXNER. Koncept návrhu energeticky soběstačných budov. Brno, 2011. Projekt 2319/2011. FA VUT v Brně.

SRDEČNÝ, Karel. Energeticky soběstačný dům - realita, či fikce?. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, 92 s. ISBN 80-736-6052-0.

VONKA, Martin. SBToolCZ. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, c2013, 202 s. ISBN 978-80-01-05126-9.

Termín zadání dizertační práce: 9.1.2013

Ing. arch. Tomáš Hlavsa
student(ka)

doc. Ing. Miloslav Meixner, CSc.
vedoucí práce

doc. Ing. Monika Petříčková, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Brně dne 9.1.2013

prof. Ing. Josef Chybík, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Tvorba koncepce domů je prvořadý úkol architektů projektantů v oboru architektury a stavitelství. I když základní požadavky zůstávají napříč časem stále stejné, možnosti jejich řešení se neustále vyvíjí a mění. Navíc s rostoucí globalizací se na architekturu kladou a nabalují nové požadavky přesahující horizont zájmů stavebníka a projektanta. Globální pohled na každý projekt a zhodnocení jeho stopy zanechané v našem prostředí a společnosti je sice mnohokrát diskutovaný, ovšem málokdy zohledněný, či dokonce jen branný v úvahu. V této souvislosti jsme svědky vývoje nových trendů konceptů staveb, spočívajících v používání přírodních materiálů, ve snižování ekologické zátěže okolí, ve snižování energetické náročnosti, či dokonce ve snaze dosažení energetické nezávislosti, tedy trendy, jejichž společným jmenovatelem je trvale udržitelné stavitelství, potažmo trvale udržitelný rozvoj obecně. Tvorba konceptů energeticky soběstačných domů tak nespočívá pouze v precizním vyřešení zadaného úkolu z pohledu projektanta či stavebníka, ale také v hledání takového řešení, které při použití nových trendů a principů nepůjde, i když nechtíc, proti prvotní myšlence samotné. Předkládaný nástroj zpracovaný a prezentovaný v rámci této dizertační práce má ambici snížit globální pohled na projekt i do perspektivy konkrétní individuální tvorby a přispět tak malou měrou k tvorbě kvalitnějších projektů z pohledu trvale udržitelného rozvoje. Energeticky soběstačné domy nejsou jednoznačný pojem. Pro práci s nimi bylo nutné stanovení jejich základní definice, která popisuje jejich různorodé koncepční varianty a umožňuje tak přesně vymezit řešenou oblast. Pro správné zvolení optimálního řešení z hlediska trvale udržitelného rozvoje je nutné již od začátku jejich posouzení a vzájemné porovnání. Jako základní nástroj pro toto posouzení byl použit a částečně modifikován SBTool, který je postaven na třech základních pilířích trvale udržitelného rozvoje – SOCIÁLNÍ (SPOLEČENSKÝ) – ENVIRONMENTÁLNÍ – EKONOMICKÝ. Snaží se zjistit míru zanechané stopy zvoleného konceptu z pohledů těchto tří hledisek a vyhodnotit efektivitu vybraného řešení z pohledu trvale udržitelného stavitelství. Takto konstruovaný nástroj umožní porovnat různé koncepty stejného projektu mezi sebou, ale i různé projekty navzájem. Rovněž dovolí posuzovat nejen celý koncept, ale i jeho dílčí části, a to vše samozřejmě i s ohledem na vývoj jednotlivých aspektů v čase.

Klíčová slova: energeticky soběstačný dům, pasivní dům, trvale udržitelný rozvoj, hodnoticí nástroj, sociální, společenský pilíř, environmentální pilíř, ekonomický pilíř, efektivita, koncept, přírodní materiály, ekologie, ekonomie, společenský dopad

ABSTRACT

Creating the concept of buildings is the primary task of architects, designers in the field of architecture and engineering. Although the basic requirements remain the same across time, possibilities of their solution are constantly evolving and changing. In addition, with the increasing globalization, in context of the housing and the architecture is expected new requirements go beyond the horizons of the interests of both investor and designer. Global view of each project and the evaluation of its traces left in our environment and society, although is much discussed but rarely taken into account or even just considered. In this context, we are witnessing the development of new trends of the concepts of buildings, consisting in the use of natural materials, in reducing the environmental burden of a surroundings, in reducing energy demands, or even in an effort to achieve energy independence thus trends, whose common denominator is sustainable construction, hence sustainable development in general. Feasibility of the creation of the concept of energy self-sufficient building doesn't consist only in the precise solution of the assigned task from the perspective of the designer or investor, but also in finding such a solution which, even with using new trends and principles, will not go against the initial idea itself. The present instrument processed and presented in this dissertation has the ambition to move global view of the project into the perspective of a particular individual design process and in small way contribute to the creation of better projects from the perspective of sustainable development. The term of energy self-sufficient buildings are not clearly defined. To work with them it was necessary to determine their basic definition that describes their diverse conceptual variations and allows precisely define the solution area. To correctly select the optimal solution in terms of sustainable development is necessary the assessment and mutual comparison since the beginning. As a basic tool for this assessment was used and partially modified SBTool, which is built on three basic pillars of sustainable development - SOCIAL - ENVIRONMENTAL - ECONOMIC. SBTool tries to determine the degree of left traces of the approach from the perspectives of these three aspects and evaluate the effectiveness of the selected solution. This tool allow to compare the different concepts for the same project among themselves, their parts but also various projects among each other. All of course with regard to the development of various aspects in the time.

Key words: energy self-sufficient house, passive house, sustainable development, evaluation tool, social pillar, the environmental pillar, an economic pillar, efficiency, concept, natural materials, ecology, economics, social impact.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HLAVSA, Tomáš. *Tvorba konceptu energeticky soběstačných obytných budov*. Brno, 2017. 124 s. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury. Vedoucí práce doc. Ing. Miloslav Meixner, CSc.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerá literatura a zdroje, z nichž jsem během vypracování dizertační práce čerpal, uvádím v seznamu použitých zdrojů.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval mému váženému školiteli doc. Ing. Miloslavu Meixnerovi, CSc., za odborné vedení v průběhu mého doktorského studia a za vytvoření optimálních podmínek pro vytvoření této dizertační práce. Dále bych chtěl poděkovat mému kolegovi Ing. Jiřímu Svobodovi za spolupráci při zpracovávání společně podaného grantového projektu, jehož jednou součástí byl program CALK, ve velké míře využitý v této práci.

Dík patří také mé rodině, kamarádům a přítelkyni, kteří mi byli v průběhu studia oporou.

OBSAH

ÚVOD	14
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY, KTERÁ JE PŘEDMĚTEM DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	15
1.1 Tvorba konceptu budov.....	15
1.2 Současné trendy	16
1.3 Potenciál energeticky soběstačných domů	20
1.3.1 Koncepty	21
1.3.2 Strategická hlediska a národní zájmy	22
1.3.3 Energetická hlediska	23
1.3.4 Environmentální hlediska	30
1.3.5 Urbanistická a krajinářská hlediska	37
1.3.6 Technologická hlediska	38
1.3.7 Ekonomická hlediska	38
1.3.8 Klimatická data.....	39
1.3.9 Estetická hlediska	40
1.3.10 Příklady ESD.....	41
2 CÍL PRÁCE.....	43
3 POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY ZKOUMÁNÍ.....	45
3.1 Struktura postupu hodnocení.....	46
3.2 Metodika hodnocení energeticky soběstačných obytných budov.....	46
3.2.1 Stanovení základních principů hodnocení konceptů ESD – hodnocení dle principů trvale udržitelného rozvoje	46
3.2.2 Výběr nástroje pro hodnocení dle principů TUR – SBToolCZ	47
3.2.3 Stručná charakteristika SBToolCZ – popis vazeb jednotlivých hodnocených kritérií.....	48
3.2.4 Charakteristika kritérií souvisejících s principy ESD – stanovení potřeby jejich případných úprav	52
3.2.5 Popis výsledného celkového hodnocení – charakteristika výstupů.....	61
3.2.6 Zpracování metodiky do tabulkového editoru a automatické provázání jednotlivých výstupů se zadávanými parametry	62
3.3 Posouzení konkrétních konceptů ESD	63

3.3.1	Stanovení způsobu a rozsahu hodnocení – vztah mezi energetickou potřebou a mírou energetické soběstačnosti	63
3.3.2	Tvorba konkrétního konceptu domu – virtuální dům s variantním řešením energetického hospodaření	63
3.3.3	Návrh konkrétních parametrů potřebných pro hodnocení jednotlivých variant dle kritérií hodnotící metodiky	76
3.3.4	Zadání parametrů do tabulkového editoru – získání výsledných hodnot	81
3.3.5	Charakteristika a zhodnocení výstupů jednotlivých variant	89
4	VÝSLEDKY DIZERTAČNÍ PRÁCE S UVEDENÍM NOVÝCH POZNATKŮ, JEJICH ANALÝZA A VÝZNAM PRO REALIZACI V PRAXI NEBO PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU	94
4.1	Seznam vlastních prací vztahujících se k tématu disertační práce	97
4.1.1	Teoretické práce	97
4.1.2	Soutěže	100
4.1.3	Vlastní realizace - výběr	102
4.1.4	Vlastní projekty - výběr	104
4.1.5	Realizace v rámci Atelieru Chlup - výběr	107
4.1.6	Projekty v rámci Atelieru Chlup - výběr	108
	ZÁVĚR – PŘÍNOS PRÁCE	111
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	113
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	116
	SEZNAM OBRÁZKŮ	119
	SEZNAM TABULEK	121
	SEZNAM ROVNIC	123
	SEZNAM PŘÍLOH	124

ÚVOD

Tvorba koncepce domů je jedním ze základních úkolů architektury. Již odedávna se domy staví zejména z důvodů vytvoření určitého specifického vnitřního prostředí a hledání způsobu, jakým toho dosáhnout v co nejlepší kvalitě, je věčným údělem architektů. Základní hodnoty, které jsou určující v průběhu tohoto hledání, jsou neměnné. Snaha ochránit člověka před vlivy přírody a trvale zajistit vhodné prostředí pro jeho činnost a žití představuje zadání, které lze vystopovat až do nejstarších období lidské civilizace.

Vývoj společnosti, objevy, nové technologie, ale i války, katastrofy a jiné události našeho života vytvářejí prostředí pro dynamický vývoj architektury a stavebnictví. Neustále nové požadavky na stavby roztáčí koloběh dalších architektonických řešení, technologií, materiálů, které se vyvíjejí stále rychlejším tempem. Stejný trend se dá zaznamenat i v oblasti tvorby projektu. Ačkoli bezesporu digitální tvorba dokumentace, fotorealistické vizualizace, výpočtové programy pro posuzování staveb posunuly architekturu a stavitelství o velký kus dopředu, nástupem digitálních technologií moderní projekční nástroje dramaticky zkrátily proces tvorby návrhu domu. Architektovi se tak zmenšuje prostor na velmi důležitou sebereflexi, zamyšlení a zpětné vyhodnocení navrhovaného řešení, a jelikož architektura pracuje nejen s čísly a parametry, ale i s citem, duší a abstraktním myšlením, je tento časový deficit v praxi často znát.

Sebereflexe a kritické hodnocení sebe sama je jednou z nejdůležitějších součástí procesu návrhu a tvorby nejen vnitřního prostředí či architektury, ale i našeho života.

A právě proto o hodnocení a sebereflexi pojednává následující text.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY, KTERÁ JE PŘEDMĚTEM DIZERTAČNÍ PRÁCE

1.1 Tvorba konceptu budov

Na tvorbu konceptu domů je možné pohlížet různými úhly pohledu. V první řadě je třeba si uvědomit fakt, že budovy stavíme zejména z důvodů zajištění specifického prostředí, které má uživatel či provozovatel pod kontrolou bez ohledu na prostředí venkovní. Budovami a jejich systémy tak vytváříme mikroklima v těchto interiérech, které následně využíváme pro naši potřebu, ať už je jakákoli.

Hlavními počátečními parametry jsou požadavky stavebníka, specifika venkovního prostředí a dostupné technologie. Tyto tři základní parametry nám určují rámeček, ve kterém hledá architekt optimální řešení. Myšlenka, nápad, krása, estetika, poezie vzniklé architektury je pak nesmírně důležitá přidaná hodnota vytvářející duši domu, kterou do stavby vdechne její tvůrce, tedy architekt. Tato přidaná hodnota je do projektu vnášena po celou dobu jeho realizace, tedy od prvních skic až po samotnou výstavbu, avšak její intenzita v průběhu realizace postupně klesá. Nejsilnější je vždy na začátku, v okamžiku tvorby hlavních myšlenek a prvních koncepcí. Z tohoto důvodu by měl architekt znát na začátku co nejvíce klíčových informací a měl by mít co nejvíce nástrojů k prověřování různých cest do co možná největší hloubky.

Avšak na to, co se skrývá v „poezii, myšlence, nápadu“, lze nazírat z různých úhlů. Můžeme se bavit o poezii technické a technologické, kdy za hlavní kritérium považujeme dokonalost technologií a konstrukcí návrhu ve vazbě na provoz budovy, je možné se rovněž zabývat ekonomickým pohledem, kdy zkoumáme finanční stránku návrhu a její proveditelnost ve vztahu k ekonomii, a rovněž lze posuzovat poezii koncepce v kontextu našeho prostředí a míry dopadu na něj.

Existuje celá řada dalších aspektů, ze kterých bychom mohli takto na danou problematiku nahlížet, a je třeba poznamenat, že řada z nich jde svými prioritami proti sobě. Je nutné se tedy ptát, které z nich upřednostnit více, které méně a které třeba zanedbat úplně.

Na každý architektonický úkol se tak musíme dívat jak z pohledu jedince, tak z pohledu společnosti, ve které ho tvoříme, neboť jedinec tvoří společnost, ale bez společnosti by jedinec nebyl.

1.2 Současné trendy

V poslední době je možné vysledovat v architektuře a stavebnictví určité trendy. Jedná se zejména o základní teze trvale udržitelného rozvoje, které bychom mohli přetransformovat do následující definice: „*Trvale udržitelný rozvoj je takový způsob rozvoje lidské společnosti, který uvádí v soulad hospodářský a společenský pokrok s plnohodnotným zachováním životního prostředí. Mezi hlavní cíle udržitelného rozvoje patří zachování životního prostředí dalším generacím v co nejméně pozměněné podobě.*“

(1) Tyto myšlenky nejsou naprosto novinkou. V různých podobách se implementují do naší společnosti a přímo či nepřímo ovlivňují naše životy.

Podle českého zákona o životním prostředí dle § 6 je jím „takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ (2)

Ve stavebním zákoně jej můžeme nalézt v těchto podobách:

§ 18 Cíle územního plánování, odstavec 1: „Cílem územního plánování je vytvářet předpoklady pro výstavbu a pro udržitelný rozvoj území, spočívající ve vyváženém vztahu podmínek pro příznivé životní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území a který uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval podmínky života generací budoucích.“ (3)

§ 18 Cíle územního plánování, odstavec 2: „Územní plánování zajišťuje předpoklady pro udržitelný rozvoj území soustavným a komplexním řešením účelného využití a prostorového uspořádání území s cílem dosažení obecně prospěšného souladu veřejných a soukromých zájmů na rozvoji území. Za tím účelem sleduje společenský a hospodářský potenciál rozvoje.“ (3)

§ 18 Cíle územního plánování, odstavec 4: „Územní plánování ve veřejném zájmu chrání a rozvíjí přírodní, kulturní a civilizační hodnoty území, včetně urbanistického, architektonického a archeologického dědictví. Přitom chrání krajinu jako podstatnou složku prostředí života obyvatel a základ jejich totožnosti. S ohledem na to určuje podmínky pro hospodárné využívání zastavěného území a zajišťuje ochranu nezastavěného území a nezastavitelných pozemků. Zastavitelné plochy se vymezují s ohledem na potenciál rozvoje území a míru využití zastavěného území.“ (3)

§ 19 Úkoly územního plánování, odstavec 1:

„Úkolem územního plánování je zejména

- a) zjišťovat a posuzovat stav území, jeho přírodní, kulturní a civilizační hodnoty,*
- b) stanovovat koncepci rozvoje území, včetně urbanistické koncepce s ohledem na hodnoty a podmínky území,*
- c) prověřovat a posuzovat potřebu změn v území, veřejný zájem na jejich provedení, jejich přínosy, problémy, rizika s ohledem například na veřejné zdraví, životní prostředí, geologickou stavbu území, vliv na veřejnou infrastrukturu a na její hospodárné využívání,*
- d) stanovovat urbanistické, architektonické a estetické požadavky na využívání a prostorové uspořádání území a na jeho změny, zejména na umístění, uspořádání a řešení staveb,*
- e) stanovovat podmínky pro provedení změn v území, zejména pak pro umístění a uspořádání staveb s ohledem na stávající charakter a hodnoty území,*
- f) stanovovat pořadí provádění změn v území (etapizaci),*
- g) vytvářet v území podmínky pro snižování nebezpečí ekologických a přírodních katastrof a pro odstraňování jejich důsledků, a to přírodě blízkým způsobem,*
- h) vytvářet v území podmínky pro odstraňování důsledků náhlých hospodářských změn,*
- i) stanovovat podmínky pro obnovu a rozvoj sídelní struktury a pro kvalitní bydlení,*
- j) prověřovat a vytvářet v území podmínky pro hospodárné vynakládání prostředků z veřejných rozpočtů na změny v území,*
- k) vytvářet v území podmínky pro zajištění civilní ochrany,*
- l) určovat nutné asanační, rekonstrukční a rekultivační zásahy do území,*
- m) vytvářet podmínky pro ochranu území podle zvláštních právních předpisů před negativními vlivy záměrů na území a navrhnout kompenzační opatření, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak,*

n) *regulovat rozsah ploch pro využívání přírodních zdrojů,*

o) *uplatňovat poznatky zejména z oborů architektury, urbanismu, územního plánování a ekologie a památkové péče.*“ (3)

§ 19 Úkoly územního plánování, odstavec 2: *„Úkolem územního plánování je také posouzení vlivů politiky územního rozvoje, zásad územního rozvoje nebo územního plánu na udržitelný rozvoj území. Pro účely tohoto posouzení se zpracovává vyhodnocení vlivů na udržitelný rozvoj území. Jeho součástí je také vyhodnocení vlivů na životní prostředí s náležitostí stanovenými v příloze k tomuto zákonu, včetně posouzení vlivu na evropsky významnou lokalitu nebo ptačí oblast.*“ (3)

Druhým trendem, který s trvale udržitelným rozvojem úzce souvisí, je snižování energetické náročnosti. Pojem energie ve stavebnictví se stále více dostává do povědomí veřejnosti, a to jak laické, tak odborné, stejně jako udržitelný rozvoj či environmentální hlediska výstavby. Pasivní a nízkoenergetické domy jsou ve vyspělých zemích notoricky známou věcí. Vzniká čím dál větší poptávka po těchto typech staveb ze stran veřejnosti, což se odráží i v nabídkách nejen stavebních firem, ale i navazujících odvětví. Tento trend u nás probíhá již několik posledních let, v západních zemích o něco déle. Začínají se ovšem objevovat jako přirozené pokračování výše zmíněného trendu i domy nulové, aktivní či energeticky soběstačné.

Těžko bychom mohli vyjmenovat všechny konkrétní příčiny, které toto směřování stavebnictví zapříčinily, nicméně zkusím zmínit alespoň některé. Zřejmě hlavní silou se stávají vědecké poznatky zjišťující neblahé dopady lidské společnosti na životní prostředí, na kterém je lidstvo životně závislé. Kyselé deště, ozónová díra, globální oteplování jsou témata, která dokázala rozhybat veřejné mínění až k politickým činům ústícím do mezinárodních smluv, dohod, zákonů (Agenda 21, Kjótský protokol apod.), které nemalou měrou ovlivnily nejen stavebnictví. (4), (5)

Druhou silou jsou bezesporu mocenské a strategické zájmy světových mocností. Závislost jedné země na druhé oslabuje její pozici v případě válečného či politického konfliktu, což platí dvojnásobně, jedná-li se o energie. Opět zde můžeme sáhnout ke konkrétním případům v historii, kdy ropný šok společně s dalšími politicko-ekonomickými faktory v sedmdesátých letech 20. století vyvolal energetickou krizi, která ukázala, jakou strategickou úlohu hrají suroviny jako například ropa. (6) Stejně tak by se dala zmínit plynová krize na přelomu roku 2008 a 2009, kdy omezením dovozu

plynu z Ruska do Evropy byl ovlivněn život nejedné země Evropské unie. Obdobnou situaci můžeme vnímat i v průběhu současné ukrajinské krize. Prvotním cílem evropské energetické politiky je tak zajistit stabilní dodávky energie a současně spotřebitelům poskytnout možnost nakupovat elektrickou energii, plyn či pohonné hmoty apod. za dostupné ceny, a to vše při respektování ochrany životního prostředí. Energetika je jako jeden z klíčových sektorů evropské ekonomiky životně důležitá pro konkurenceschopnost a dále pro naplňování závazků vyplývajících z Kjótského protokolu a rovněž významná je i z hlediska zajištění evropské bezpečnosti. Snížením poptávky zavedením energeticky nenáročných systémů a technologií se Evropská unie částečně vymaní ze závislosti na ostatních zemích a bude schopna lépe odolávat nestabilitě okolního světa. (7)

Třetím faktorem ovlivňujícím ekologicky-environmentálně-energetické rozhodování lidí je ekonomika tohoto problému. Neustále rostoucí ceny energií tlačí na jejich odběratele, kteří v investici do energeticky úsporných technologií spatřují především úsporu nákladů a finančních prostředků, což z krátkodobého pohledu je velmi silnou motivací jak pro podnikatele, tak pro běžného občana. Tato motivace investorů je nicméně velmi závislá na ceně a dostupnosti technologií a návratnosti jejich investice. Proto pro efektivnější a rychlejší zavedení environmentálních a energeticky strategických zájmů se často sahá k nařízením v podobě zákonů či norem, popř. k dotacím snižujícím ekonomickou návratnost investice, jakou je například Zelená úsporám.

Z výše uvedených důvodů byla evropskou směrnicí nařízená implementace strategických cílů směřujících ke snížení energetické náročnosti budov v jednotlivých státech Unie. (7) V případě České republiky se tato implementace projevila v novele zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve kterém je mimo jiné uvedeno v § 7:

„Snižování energetické náročnosti budov: (1)

V případě výstavby nové budovy je stavebník povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy podle prováděcího právního předpisu a při podání žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby doložit:

- a) kladným závazným stanoviskem dotčeného orgánu podle § 13 splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni od 1. ledna 2013,*

- b) *kladným závazným stanoviskem dotčeného orgánu podle § 13 splnění požadavků na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, a to v případě budovy, jejímž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci (dále jen „orgán veřejné moci“) a jejíž celková energeticky vztažná plocha bude:*
- 1. větší než 1 500 m², a to od 1. ledna 2016,*
 - 2. větší než 350 m², a to od 1. ledna 2017,*
 - 3. menší než 350 m², a to od 1. ledna 2018,*
- c) *kladným závazným stanoviskem dotčeného orgánu podle § 13 splnění požadavků na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, a to v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1 500 m² od 1. ledna 2018, v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 350 m² od 1. ledna 2019 a v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 350 m² od 1. ledna 2020,*
- d) *příkazem energetické náročnosti budovy posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie.“ (8)*

Toto snižování, které generuje energeticky nenáročné stavby, souvisí velmi úzce se stavbami energeticky soběstačnými, jak dokazuje následující text.

1.3 Potenciál energeticky soběstačných domů

Pro pochopení potenciálu energeticky soběstačných domů je důležité pochopit jejich filozofii. Na rozdíl od pasivních domů není jejich definice zakotvena v jednom či několika parametrech jejich technických vlastností, nýbrž ve významu slova soběstačný, které můžeme nahradit slovem nezávislý. Tímto tvrzením je míněno, že dům jako celek obsahuje vlastní energetické hospodářství, které není závislé na dodávkách z vnějšího okolí. Avšak realita není tak jednoznačná, jak by se mohlo zdát. Co je míněno energetickou soběstačností, energie provozní, či faktické odpojení od veřejné energetické infrastruktury, nebo kompletní energetické osamostatnění spočívající i v započítání svázané primární energie potřebné na výstavbu? I ten nejtýpicetější příklad energeticky soběstačné stavby, jako jsou třeba polární stanice v Antarktidě, využívají jako doplňkový zdroj energie diesel agregáty či jiné palivové agregáty, které využívají palivo

dovezené z jiného konce světa, nemluvě o svázané energii v konstrukcích a materiálech, které z drtivé většiny nejsou použity z místa stavby.

Koncept ESD tak musíme uchopit jako proměnlivý organismus, který může nabývat nejrůznějších podob od slaměné chýše napojené na větrný agregát uprostřed stepi přes dřevěný srub v lese spalující jeho dřevo jako hlavní energonositel až po moderní technicky vyspělou stavbu uprostřed města využívající kombinaci nejmodernějších systémů na získávání a uchovávání energie řízenou počítačovou technologií.

Koncepty takových domů pak mohou díky dostupnosti technologií, a to včetně dostupnosti ekonomické, být založeny na rozličných principech, přesto dokážou naplnit hlavní požadavek na stavby, a to vytvoření požadovaného mikroklimatu v jejich interiéru. Nicméně jak bylo zmíněno výše, stavby se nestaví v izolovaných bublinách bez vnějších vazeb na okolí, a tak různorodé koncepty ESD různorodě s okolím interagují a ovlivňují ho. Posuzování ESD z hlediska trvale udržitelného rozvoje nám tak usnadňuje výběr správného řešení.

Abychom však byli schopni správně posuzovat, je třeba do problematiky ESD a udržitelného rozvoje více proniknout, pochopit jejich principy a vzájemné vazby.

1.3.1 Koncepty

Pod pojmem energeticky soběstačný dům (ESD) si zpravidla představíme dům, který není závislý na vnějších energetických zdrojích a veškerou energii pro svoji potřebu si vyrábí vlastními prostředky. Často je zaměňován za dům nulový či aktivní, což nemusí být vždy totéž. Přívlastkem nulový se již běžně označuje dům, který má minimální potřebu energie a splňuje mimo jiné obligátní podmínku výše měrné potřeby tepla na vytápění $\leq 5 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$. Aktivním domem pak rozumíme obdobnou situaci, kdy ovšem dům disponuje přebytky energie. U energeticky soběstačných domů však nejde o energetickou náročnost, ale o kladnou bilanci mezi energií vyrobenou a energií spotřebovanou. V praxi však existuje mnoho dalších alternativních případů. Pro širší chápání problému a vyšší nadhled je tedy nutno uvést další alternativy konceptů, které více či méně souvisejí s energeticky soběstačnými domy. Rozlišujeme 3 základní principy ESD:

ON GRID – Dům je napojen na veřejnou energetickou síť, do které dodává energii, kterou produkuje, ze sítě pak odebírá energii potřebnou na svůj provoz. Soběstačnost tohoto typu domu spočívá v kladné bilanci vyrobené a spotřebované energie. Takové

domy jsou vhodné většinou do míst s dostupnou a spolehlivou energetickou infrastrukturou. Síť tak funguje jako nekonečně velký akumulátor. Z ekonomického hlediska je tento typ domu investičně nejlevnější. Jistou komplikací však může být napojení vlastních zdrojů na energetickou síť, kde je třeba splnit řadu legislativních podmínek či podmínek stanovených správcem sítě. (9)

BACKUP – Dům je napojen na veřejnou energetickou síť, je ovšem vybaven energetickým akumulátorem, do kterého energii ukládá. Vlastní vyrobenou energii pak prodává do sítě nebo ukládá do akumulátoru podle toho, co je výhodnější, a ze sítě odebírá pouze ve špičkách nebo za výhodnějších podmínek (většinou cenových) nebo v případech výpadků dodávky energie. Tyto systémy jsou opět vhodné do míst s dostupnou energetickou infrastrukturou, ale zejména tam, kde její spolehlivost není vysoká a její výpadky jsou běžnou záležitostí, nebo tam, kde doba prodeje energie výrazně ovlivňuje ekonomiku systému. Zajímavým řešením je také použití tohoto systému v režimu OFF GRID s tím, že ze sítě se odebírá pouze v případě špiček spotřeby či v momentě nedostatku energie z vlastních zdrojů. V tomto případě pak síť funguje jako záložní zdroj. (9)

OFF GRID – Dům není napojen na veřejnou energetickou síť a veškerou dodávku potřebné energie si řeší z vlastních zdrojů. Tento systém je nejkomplikovanější a také cenově nejdražší. Uplatňuje se zejména v místech s nedostupnou energetickou infrastrukturou nebo tam, kde by vybudování připojení na ni bylo neúměrně nákladné. (9)

1.3.2 Strategická hlediska a národní zájmy

Jak již bylo řečeno v úvodu, energetická soběstačnost je významným trumfem státu v mezinárodní politice. Stavění ESD tomu velmi napomáhá. Zejména OFF GRID koncepty snižují nároky na centrální zdroje a energetickou infrastrukturu. Jak ON GRID tak OFF GRID koncepce decentralizují energetické zdroje v území. Naopak nevýhodou větších ON GRID systémů může být veliký podíl na nevyváženosti výkonu energetické soustavy např. v důsledku počasí. Je tudíž třeba při návrhu dbát na správně zvolené koncepce, technologie a materiály.

1.3.3 Energetická hlediska

Stavět dům jako energeticky soběstačný je třeba již od prvních skic architektonického návrhu. Předejde se tak řadě problémů a především je tak možné optimalizovat vložené investice. Je třeba zohledňovat nejen urbanistické, hmotové, dispoziční či stavební principy, ale také ruku v ruce energetické nároky. Důležitá při takovém druhu navrhování je zpětná vazba, umět sledovat dopady změn dílčích parametrů na celkový výsledek, což je často problematické a pracné zejména v prvních fázích projektu při hledání optimální cesty. K těmto účelům slouží nástroje jako např. PHPP nebo CALK (výpočetní nástroj vyvinutý společně s Ing. Jiřím Svobodou v rámci grantového projektu FRVŠ). (10)

Základní principy návrhu se odvíjejí od zvoleného konceptu ESD. U ON GRID systémů jde často o investiční záležitost a slouží zejména ke snížení provozních nákladů. Technické řešení nevyžaduje speciální nároky. Jedná se především o dostatečné nadimenzování zdroje vzhledem k energetické spotřebě systému. Energeticky strategický význam tohoto konceptu je diskutabilní, neboť je velmi závislý na připravenosti energetické sítě, se kterou spolupracuje.

Zajímavějším, avšak složitějším principem ESD je koncept OFF GRID nebo BACKUP. Základ konceptu tkví, jak už sám název napovídá, v nezávislosti domu na vnějších zdrojích energií. Energie je tak dodávána pouze zdroji uvnitř řešeného systému.

Pomocí současných technologií není problém ESD OFF GRID dům vytvořit téměř za jakýchkoli podmínek a na jakémkoli místě na světě. Důkazem toho jsou např. vědecké stanice na Antarktidě. (11) Otázkou je ovšem vždy míra nutných vynaložených prostředků a hledání optimálně vyváženého řešení pro konkrétní zadání. Obecně lze konstatovat, že technologie pro výrobu energie jsou nákladnější než investice do architektonicky stavebních řešení, které tyto energie šetří. Dalo by se tedy říct, že i zde platí jedna z nezákladnějších pouček, že nejlevnější energie je ta, kterou nemusíme vůbec vyrobit. Nicméně toto platí pouze do určité míry. Její hledání je právě úkolem projektanta.

Pro ESD je vhodné využívat principy pasivních domů (EPD) či domů nulových, a to pouze s tím rozdílem, že **u ESD je oproti EPD kladen důraz na bilanci energií jako celku, tj. celkovou energetickou spotřebu vs. energetickou výrobu, ne pouze na snižování potřeb energií.**

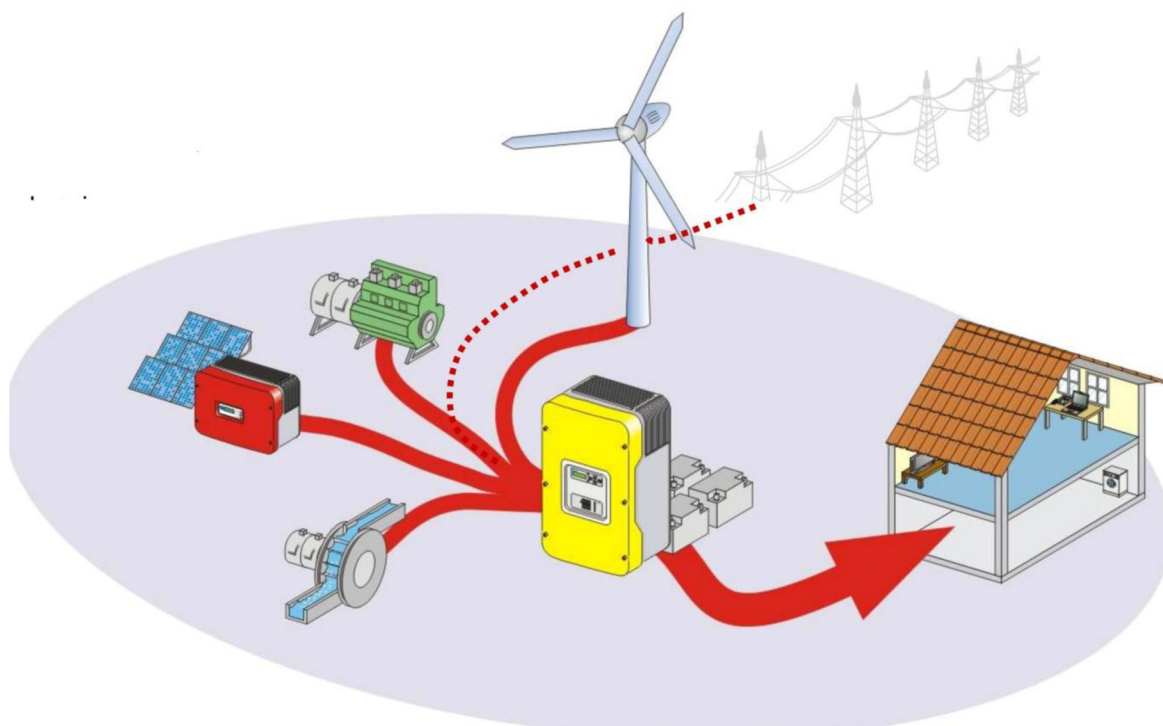
Principy hospodaření s energiemi ze strany spotřeby, jak bylo výše zmíněno, jsou analogické s nízkoenergetickými, pasivními či nulovými domy, proto jsou dále zmíněna pouze specifika ESD z hlediska zdrojů a hospodaření s energiemi.

Energetické zdroje jednotlivých domů jsou zpravidla obnovitelné (slunce, vítr, voda, dřevo, biomasa apod.). (12) Záleží však vždy na lokálních podmínkách a jejich dostupnosti. Důležitým faktorem je také velikost stavby či skupiny staveb. Energetická síť je zase zastoupena většinou sítí elektrickou. V konceptech OFF GRID systémů se ovšem také využívají energetické zdroje neobnovitelné, a to zejména jako paliva pro různé typy agregátů (nafta, benzin, líh, plyn apod.). Je to zejména z důvodu nesouladu mezi dobou energetické spotřeby a dobou energetických zisků. Z hlediska krátkodobého pohledu (několik dní) se tento nesoulad řeší vhodnou akumulací energie v době přebytků a pozvolným vydáváním v době potřeby. Z dlouhodobého hlediska (rok) by však tento postup deformoval celý systém a vedl by k jeho předimenzování. Z těchto důvodů se do systému navrhuje záložní či doplňkové zdroje, zajišťující stabilní dodávku energie. Používají se zejména zdroje na fosilní paliva (dieselagregáty, plynové agregáty, kogenerační jednotky), palivové články apod. Je však nutné si uvědomit, že takto získaná energie pochází z externích zdrojů.

Míra podílu tohoto zdroje na energetické bilanci tak určuje skutečnou energetickou nezávislost domu.

Alternativou je použití takových doplňkových či záložních zdrojů, které budou fungovat na palivo získané zevnitř ze systému, například agregáty či kogenerační jednotky na dřevo či biomasu získaných z vlastních zdrojů (les, louka apod.), bioplyn, opět vlastnoručně vyráběný apod. Zde však zase musíme zohlednit územní náročnost návrhu.

Obr. 1 Schéma energetického konceptu BACKUP a OFF GRID



Zdroj: SMA

Oba systémy jsou tvořeny energetickými zdroji, energetickými akumulátory, rozvody a zařízeními potřebnými k běhu systémů, regulací, případně měřením a spotřebiči.

Výraznou odlišností ESD v konceptu OFFGRID a BACKUP (v režimu OFF GRID) oproti jiným stavbám je, že elektrické obvody uvnitř systému nejsou napojeny na externí elektrickou síť. Pokud má mít dům spotřebiče na elektřinu, musí si tedy vytvořit vlastní elektrickou síť. Základními částmi pro tvorbu takové sítě v ESD dle výše zmíněných poznatků jsou následující komponenty:

- a) zdroj elektrické energie,*
- b) přenosová soustava elektrické energie,*
- c) akumulátor elektrické energie,*
- d) regulátor dobíjení,*
- e) střídač.*

Komponenty jsou odvislé zejména od volby typu elektrické soustavy, zda je založena na střídavém (AC), či stejnosměrném (DC) proudu. U větších soustav, jako jsou soustavy pro potřeby celého domu, jsou výhody jednoznačně na straně soustavy střídavého napětí.

Je to především z těchto důvodů: (9)

- a) AC propojení funguje jako běžné systémy a volba komponentů je svobodnější (jednoduché rozšíření i po letech),
- b) rozvody AC propojení fungují při napětí 230 V bez větších ztrát až do délky 1 km oproti DC, kde se efektivní délky rozvodů pohybují v jednotkách metrů,
- c) instalační technologie jsou standardní,
- d) možnost rozšíření počtu fází,
- e) možnost zvýšení výkonů zdrojů bez dodatečných nákladů,
- f) doplnění zátěží bez dodatečných nákladů,
- g) DC propojení je tak zpravidla použito pouze pro propojení akumulátorů se systémem, které je nutné napájet stejnosměrným proudem.

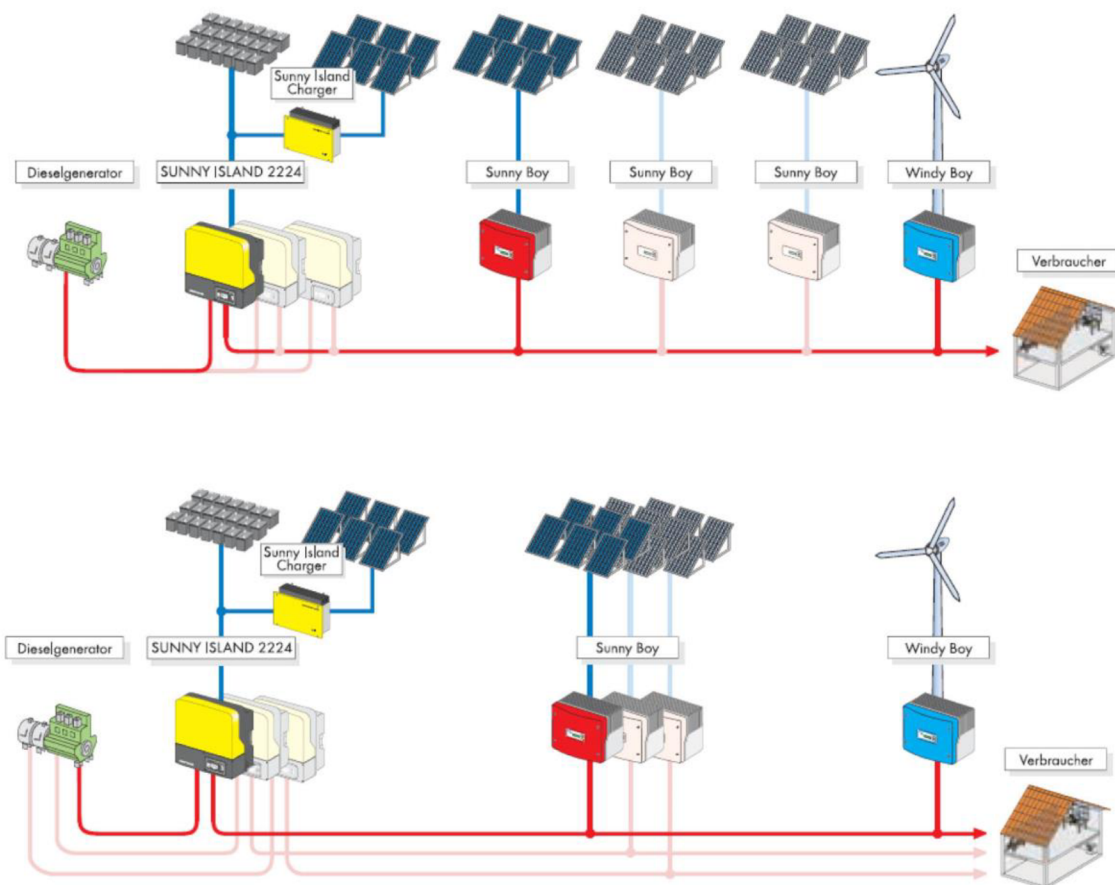
Zdroji elektrické energie mohou být fotovoltaické panely (FVP), větrné agregáty, vodní agregáty, dieselagregáty, kogenerační jednotky, palivové články. Jejich napojení do sítě se provádí pomocí regulátoru napětí nebo střídače, záleží na tom, zda se jedná o AC nebo DC zdroj a soustavu. (9)

FVP jsou používány v největší míře. Jsou zdrojem stejnosměrného napětí, proto napájení do AC soustavy je nutné pomocí tzv. střídače. FVP je možné také napojit přímo na DC rozvod pro nabíjení akumulátorů, nicméně i tehdy je nutné propojovací vedení vybavit speciálním zařízením, tentokrát regulátorem napájení. (9)

Větrné agregáty nejsou tak rozšířené, je to dáno především jejich cenou za množství získané energie, obtížným umístěním na pozemek a prostorovými nároky. Jejich použití je tedy omezené na specifické případy. Nicméně je lze jednoduše napojit na AC systém pomocí střídače. (9)

Vodní elektrárny jsou velmi lákavým zdrojem energie, jejich zisky bývají v průběhu roku podstatně stabilnější než výše zmiňované zdroje. Nicméně je to zdroj vázaný na vydatný zdroj tekoucí vody. (12) Propojení do systému se provádí opět přes speciální zařízení zajišťující správnou charakteristiku dodávané elektřiny a regulaci.

Obr. 2 Schéma možnosti uspořádání interní elektrické AC sítě



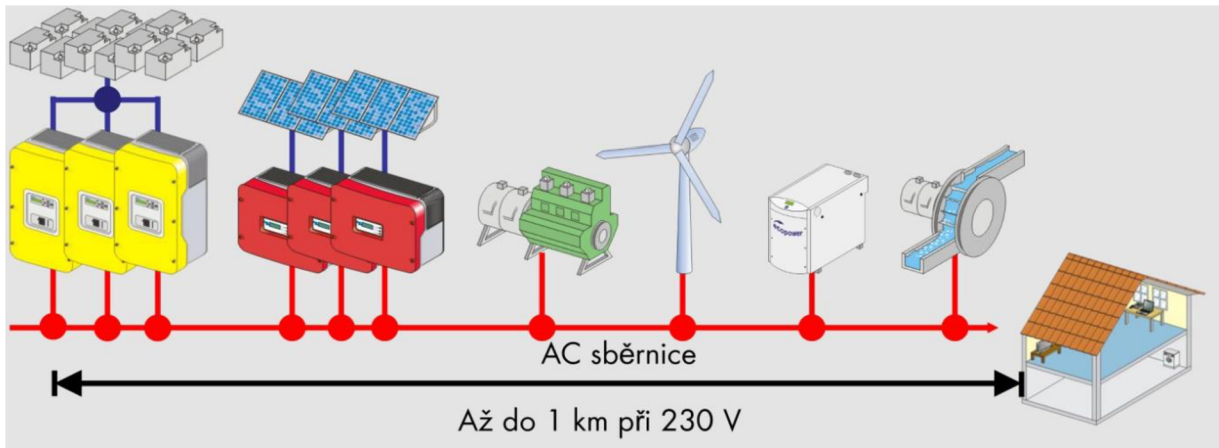
Zdroj: SMA

Z obrázku je také patrné, jak lze zdroje a síť rozšiřovat, a to jak v rámci 1 fáze, tak i v rámci 3 fází.

Palivové agregáty mohou být nejrozličnějšího druhu, ať už se jedná o klasické spalovací elektrocentrály dodávající pouze elektřinu nebo o kogenerační jednotky využívající i spalné teplo. (12) Druhy paliv mohou být různé - nafta, benzín, plyn, biomasa apod. Zajímavou alternativou jsou tzv. palivové články, které vytvářejí elektřinu elektrochemicky na principu galvanických článků z daného paliva (např. vodíko-kyslíkové články). Všechny tyto palivové agregáty jsou napojeny na AC soustavu. Oproti předešlým obnovitelným zdrojům jsou však tyto agregáty závislé na dodávce energie zvenčí v podobě paliva, proto je snahou jejich podíl na celkové bilanci snížit na minimum. Používají se zejména z důvodu optimalizace investičních nákladů, jelikož ve většině případů by 100% pokrytí potřeb energie z obnovitelných zdrojů znamenalo

značné předimenzování těchto technologií pro velkou část roku. Také mohou sloužit jako záložní zdroj v případě poruchy.

Obr. 3 Schéma možnosti uspořádání interní elektrické sítě s napojením jednotlivých elektrických zdrojů



Zdroj: SMA

Dodávky energie z obnovitelných zdrojů často bývají závislé na klimatických či přírodních podmínkách, což jsou faktory velmi proměnlivé. Pro zajištění kontinuálních dodávek energie je nezbytné ji v době přebytku akumulovat, k čemuž v případě elektřiny slouží baterie. Je nutné si uvědomit, že pro nabití baterií je zapotřebí stejnosměrného proudu, proto se napojení provádí přes speciální střídač, hlídající zároveň přebíjení či úplné vybití baterií. Míra kapacity baterií určuje dobu autonomního provozu domu v případě např. špatného počasí. Potřebnou kapacitu baterií můžeme zjistit pomocí následujícího vztahu: (12), (13)

Rovnice 1 Jeden z možných orientačních výpočtů kapacity baterií pro systémy ESD

$$C = ((E_{\text{spotr.,M}}) / (x * \eta * U_{\text{bat}})) * (d_R / 31)$$

Zdroj: Quaschning

C	kapacita baterií [Ah],
E_{spotr.,M}	spotřeba elektrické energie v měsíci s nejnižší solární radiací [Wh],
U_{bat}	napětí akumulátorové baterie [V],
d_R	počet rezevních dnů (pro střední Evropu min. 5, místa s větší intenzitou slun. záření 2–3),

- η** účinnost systému zajišťující převod energie z baterií ke spotřebiči (ztráty vedením, přeměnou z DC na AC ve střídači, apod.),
 $\eta = 0,95 - \text{ztráty} = 5 \%$,
- x** využitelnost kapacity baterií, tato hodnota zohledňuje typ použitých akumulátorů ve vztahu k jejich optimální míře vybití s ohledem na jejich životnost, $x = 1 - \text{kapacitu lze využít ze } 100 \%$ bez zásadního vlivu na jejich životnost, $x = 0,5 - \text{kapacitu lze využít z } 50 \%$ (baterie, kterých se životnost výrazně zkracuje při vybití pod 50 % jejich kapacity).

Tab. 1 Typy akumulátorů

FLA (OPzS)	Flooded Lead acid (olověné akumulátory s tekutým elektrolytem)
VRLA (OPzV)	Valve Regulated Lead Acid (bezúdržbové ventilové olověné akumulátory, např. gelové)
LiFePO4	Lithium-železo-fosfátový akumulátor
Li-Ion	Lithium-Iontové baterie
NiCd	Nikl-kadmiové

Zdroj: Srdečný

Stejně jako všechny energetické systémy tak i tento vyžaduje určitou regulaci. Kromě ochranných prvků, které by měly být samozřejmostí, je nutné regulovat především výkon. Moderní střídače dokážou bez jakýchkoli dalších zařízení elegantně snižovat a zvyšovat výkon svých zdrojů, a to v závislosti na frekvenci v AC síti. (9) Je-li odběr ze sítě malý při stálém výkonu zdrojů a baterie jsou nabitě, frekvence v síti vzroste, na což zareagují střídače jednotlivých zdrojů a sníží jejich výkony. V případě vybitých baterií zahájí dobíjení např. spuštěním palivového agregátu. Střídače se také dají navzájem propojit komunikační sítí, čímž mohou být regulovány jejich další funkce, či z nich mohou být naopak exportována data.

1.3.4 Environmentální hlediska

Z výše uvedených principů se ESD jeví jako environmentálně šetrná stavba. Abychom to ovšem mohli zhodnotit, je třeba jednotlivé domy posuzovat dle environmentálních hledisek, čímž se zabývá následující kapitola.

Energeticky soběstačné domy používají jak obnovitelné zdroje energií, tak zdroje neobnovitelné. Pro snížení nákladů na technologie vyrábějící energii jsou energetické potřeby domu snižovány na minimum. Největší úspory lze dosáhnout u vytápění, kde architektonicko-stavebním řešením jsme schopni snížit potřebu tepla na vytápění až o několik desítek procent. Často je tak dům stavěn až za hranici pasivních domů.

Takové stavění oproti standardnímu vyžaduje speciální technologie, materiály a postupy, což se odráží i v environmentální stopě těchto domů. Abychom mohli alespoň částečně postihnout míru této stopy, je třeba kvantifikovat konkrétní environmentální hlediska. Dle metodiky SBToolCZ se jedná například o spotřebu primární energie, sledování emise škodlivých látek, objem spotřebovaných materiálů, spotřebu pitné vody, hospodaření s vodou dešťovou, využití pozemku, integraci zeleně do stavby apod. (14) Hlediska je třeba sledovat jak z pozice investice a výstavby, tak z pohledu provozního s ohledem na užívání domu a jeho životnost. Jednotlivé přístupy k hodnocení těchto hledisek jsou popsány níže v kapitole *Charakteristika kritérií souvisejících s principy ESD – stanovení potřeby jejich případných úprav*, nicméně i zde si rozvedeme pár příkladů nahlížení na ekologická hlediska ESD.

Jak již bylo řečeno, u energeticky málo náročných staveb je jejich energetická bilance vykoupena větším množstvím spotřebovaného materiálu. Abychom mohli hodnotit ekologičnost těchto staveb, musíme se dívat rovněž na ekologičnost těchto stavebních materiálů a konstrukcí, a to v procesu celé jejich životnosti včetně výroby. Je třeba zhodnotit a kvantifikovat jak jejich zdroje a způsob získání surovin, tak proces výroby či likvidace, ale také vliv na životní prostředí. K tomu nám poslouží různé metodiky environmentálního hodnocení a samozřejmě kvalitní data, která jsou těžištěm každé metodiky. Dle tohoto hodnocení jsou základními environmentálními indikátory stavebních materiálů (svázaná) spotřeba primární energie na výrobu materiálů konstrukcí – PEI (primary energy intensity), svázaná produkce ekvivalentních emisí CO₂ a SO₂, pro stanovení potenciálu globálního oteplování a acidifikace – GWP a AP (Global Warming Potential a Acidification Potential). Data potřebná pro výpočet je možné získat z různých

zdrojů – Český statistický úřad, Ecoinvent, Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie (IBO), GEMIS, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Inventory of Carbon and Energy (ICE). Tato data se však mohou lišit vzájemnými odlišnostmi v metodice a jejich pořízení, ačkoli jsou postavena na stejném základu, a to na inventarizační analýze popsané v ČSN EN ISO 14 041. Environmentální data se v jednotlivých databázích liší zvolenými hranicemi systému a okrajovými podmínkami, jako je např. dopravní vzdálenost stavebního materiálu na místo stavby apod. Některé databáze například počítají svázanou spotřebu energie od těžby primárních zdrojů až po výrobu materiálu, naopak jiné databáze do ní připočítávají ještě dopravu na stavbu a zabudování do ní.

Tab. 2 Svázaná spotřeba primární energie a svázaná produkce ekvivalentních emisí CO₂ a SO₂ u vybraných materiálů

Materiál	Hustota [kg/m³]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_{2,ekv}/kg]	AP [kg SO_{2,ekv}/kg]
Beton prostý	2380	0,574926	0,109891	0,184899
Ocel, výztuž do betonu	7850	22,5279	1,482	5,0948
Cihla pálená dutinová	800	2,5737	0,23862	0,5456
Sádkartonová deska	1000	5,74453	0,35429	1,0976
Řezivo, měkké dřevo, neopracované, uměle sušené 10%	400	3,35264	0,187358	1,16793
Lepené lamelové dřevo vnější	495	8,67911	0,455616	2,57111
OSB deska	650	12,5057	0,481323	2,03708
Polyetylen LDPE	900	78,2201	2,1026	7,9502

Zdroj: Envimat

K hodnotám uvedeným v tabulce lze analogicky získat i data pro další škodlivé látky, jako jsou oxidy dusíku, prekurzory tvorby přízemního ozónu, oxidy fosforu apod. (15)

Jednu z možností, kromě metodiky SBToolCZ uvedené v této práci, jak s těmito daty pracovat, ukazuje následující odstavec.

Vliv stavebních materiálů na životní prostředí je možné kvantifikovat např. výpočtem uvedeným níže (Rovnice 2). Hovoříme o ekologickém indikátoru (EI3KON) vztaženém na jednotlivé konstrukce. Zohledňují se v něm třetinové váhy složek PEI, GWP a AP. Hodnotí se všechny vrstvy ve stavební konstrukci o ploše 1 m². Přitom se zohledňují tloušťky vrstev a množství nehomogenních součástí vyjádřených obsahovým procentem v jednotlivých vrstvách: (16)

Rovnice 2 Vzorec na výpočet ekologického indikátoru EI3KON

$$EI3_{KON} = \frac{1}{3} EI_{PEI_{ne}} + \frac{1}{3} EI_{GWP} + \frac{1}{3} EI_{AP}$$

Zdroj: Chybík

- EI_{PEI_{ne}}** je ekologický indikátor primární energie konstrukce bez započítání obnovitelných energetických zdrojů,
- EI_{GWP}** je ekologický indikátor konstrukce potenciálu oteplování,
- EI_{AP}** je ekologický indikátor konstrukce potenciálu zakyselení životního prostředí.

Za povšimnutí také stojí sledovat PEI zejména u tepelných izolací, kde při vzrůstající tloušťce neroste lineárně s ní tepelný odpor a tím pádem uspořena energie. Proto zejména u staveb s extrémní tloušťkou tepelných izolací, jako jsou pasivní domy či domy nulové, je vhodné sledovat vztah mezi energií uspořeno v průběhu životnosti stavby a PEI potřebnou na její výrobu a zabudování do stavby. (17)

Tab. 3 Svázaná spotřeba primární energie u vybraných druhů tepelných izolací

	objemová hmotnost	součinitel tepelné	PEI
	[kg/m ³]	[W/m.k]	[MJ/kg]
sláma	150	0.060	0.85
pěnosklo granulát	180	0.060	6.7
celulóza	60	0.039	7.0
korek dř	70	0.040	7.1
korek desky	150	0.064	7.1
dřevovláknité desky	260	0.038	13.7
ovčí vlna	30	0.039	14.7
pěnosklo desky	100	0.038	15.7
kamenná vlna	150	0.036	22.3
konopné rohože bez PE vláken	30	0.039	27.1
lněné rohože bez PE vláken	30	0.037	34.0
PUR	65	0.024	49.8
skelná vlna	150	0.034	49.8
VIP	435	0.0038	62.1
EPS 70 F	20	0.039	98.5
XPS	40	0.040	102.0

Zdroj: Envimat

Tab. 4 Návratnost počáteční vložené primární energie v porovnání s energií uspořenou pro různé druhy tepelných izolací

	N[rok/m ²] - pro $\Delta t.T=16*160$			
	U _{norm} [W/m ² .K]	U _{dop} [W/m ² .K]	U _{ne} [W/m ² .K]	U _{pasiv} [W/m ² .K]
	0.30	0.24	0.16	0.10
sláma	0.00	0.33	0.50	0.80
pěnosklo granulát	0.00	3.16	4.73	7.58
celulóza	0.00	0.71	1.07	1.71
korek dř ²	0.00	0.87	1.30	2.08
korek desky	0.00	2.97	4.46	7.14
dřevovláknité desky	0.00	5.90	8.86	14.17
ovčí vlna	0.00	0.75	1.13	1.80
pěnosklo desky	0.00	2.60	3.90	6.25
kamenná vlna	0.00	5.25	7.88	12.61
konopí	0.00	1.38	2.07	3.32
len	0.00	1.65	2.47	3.95
PUR	0.00	3.39	5.08	8.13
skelná vlna	0.00	11.08	16.62	26.59
VIP	0.00	4.48	6.72	10.75
EPS 70 F	0.00	3.35	5.03	8.04
XPS	0.00	7.12	10.68	17.09

Zdroj: Autor

Zajímavé je také sledovat energetickou návratnost (energy pay back time, EBPT) jednotlivých technologií vyrábějících energii. Jelikož se neustále vyvíjí a studie sledující tuto problematiku stále zaostávají za nejnovějšími výrobky, ohlédneme se jen za nejrozšířenějším zdrojem energie u ESD, a tím jsou fotovoltaické panely. (18)

Rovnice 3 Vztah definující EPBT

$$EPBT = E_{input} / E_{saved}$$

Zdroj: Wortner

E_{input} představuje veškerou energii vstupující během celého životního cyklu panelu (zahrnuje např. energii potřebnou k výrobě, energii nutnou k instalaci, energii spotřebovanou během vlastního provozu, energii potřebnou pro likvidaci panelu),

E_{saved} je průměrné množství energie vyrobené panelem za rok provozu.

Na základě šesti různých studií lze konstatovat, že doba energetické návratnosti v podmínkách České republiky se pohybuje v rozmezí 2,6–6 let v závislosti na typu použité technologie a typu instalace. (18) Střešní systémy mají dobu energetické návratnosti kratší než pozemní instalace. Pouze výsledky jedné studie z roku 2000 odpovídají době 14–19 let v podmínkách České republiky. Jedním z možných vysvětlení, proč tato studie přináší tyto výsledky, je technologický vývoj křemíkových panelů od roku 2000 spojený s nižší energetickou náročností, který také v této studii předpovídají.

Bavíme-li se v případě tepelných izolací, fotovoltaických panelů či celých domů o ušetřené energii, tedy energii buď vyrobené, nebo nevyrobené, máme na mysli energii provozní. Na rozdíl od energie svázané je to energie spotřebovaná v souvislosti s provozem, nicméně i její dopad na životní prostředí lze kvantifikovat pomocí obdobných výše uvedených tezí. Základem pro toto kvantifikování je stanovení tzv. energonositele a konverzního resp. emisního faktoru. Dle § 2 vyhlášky č. 78/2013 Sb.: *„Energonositel se rozumí hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů.“* (19)

Tab. 6 Emisní a konverzní faktory

Emisní faktory

Zdroj energie/tepla	emisní faktor CO ₂ , ekv. [g/MJ]	emisní faktor SO ₂ , ekv. [g/MJ]	emisní faktor NO _x [g/MJ]
kotelna na zemní plyn (REZZO3)	88,3	0,083	0,107
kotelna na zemní plyn (REZZO2)	87,1	0,076	0,098
kotelna na zemní plyn (REZZO1)	85,8	0,137	0,187
kotelna na hnědé uhlí (REZZO3, neodsířená)	143,8	1,089	0,234
kotelna na hnědé uhlí (REZZO2, neodsířená)	140,1	1,06	0,255
kotelna na hnědé uhlí (REZZO1, neodsířená)	128,6	1,293	0,267
kotelna na černé uhlí (REZZO3, neodsířená)	155,2	1,07	0,114
kotelna na černé uhlí (REZZO2, neodsířená)	150,8	1,087	0,176
kotelna na černé uhlí (REZZO1, neodsířená)	160,4	1,338	0,442
plynová teplárna (REZZO1)	136,4	0,13	0,179
teplárna na hnědé uhlí (moderní provoz, REZZO1, odsířená)	225,8	0,404	0,263
teplárna na hnědé uhlí (starší typ, REZZO1, odsířená)	219	0,609	0,322
kogenerační teplárna - ORC, spalování biomasy (REZZO1)	10,4	0,144	0,158
dálkové teplo (Elektrárna Horní Počápy)	272	0,586	0,398
kotelna na dřevo (REZZO3)	3,5	0,203	0,251
kotelna na dřevo (REZZO2)	3,6	0,201	0,248
kotelna na dřevo (REZZO1)	3,3	0,196	0,242
kotelna na dřevěnou štěpku (REZZO3)	10,8	0,264	0,331
kotelna na dřevěnou štěpku (REZZO2)	10,7	0,261	0,327
kotelna na dřevěné pelety (REZZO3)	9,2	0,154	0,157
kotelna na dřevěné pelety (REZZO2)	12	0,23	0,262
kotelna na bioplyn (REZZO3)	9,9	0,398	0,118
elektrická energie - mix ČR (rok 2008)	207,4	0,464	0,313
elektrická energie - fotovoltaická elektrárna	37,5	0,08	0,05
solární kolektor	13,3	0,058	0,035
elektrická energie - větrná elektrárna	16,1	0,035	0,029

Konverzní faktory

Zdroj energie/tepla	konverzní faktor [-]
kotelna na zemní plyn (REZZO3)	1,46
kotelna na zemní plyn (REZZO2)	1,44
kotelna na zemní plyn (REZZO1)	1,42
kotelna na hnědé uhlí (REZZO3, neodsířená)	1,42
kotelna na hnědé uhlí (REZZO2, neodsířená)	1,38
kotelna na hnědé uhlí (REZZO1, neodsířená)	1,33
kotelna na černé uhlí (REZZO3, neodsířená)	1,46
kotelna na černé uhlí (REZZO2, neodsířená)	1,42
kotelna na černé uhlí (REZZO1, neodsířená)	1,51
plynová teplárna (REZZO1)	2,33
teplárna na hnědé uhlí (moderní provoz, REZZO1, odsířená)	2,24
teplárna na hnědé uhlí (starší typ, REZZO1, odsířená)	2,23
kogenerační teplárna - ORC, spalování biomasy (REZZO1)	0,13
dálkové teplo (Elektrárna Horní Počápy)	2,71
kotelna na dřevo (REZZO3)	0,04
kotelna na dřevo (REZZO2)	0,04
kotelna na dřevo (REZZO1)	0,04
kotelna na dřevěnou štěpku (REZZO3)	0,13
kotelna na dřevěnou štěpku (REZZO2)	0,13
kotelna na dřevěné pelety (REZZO3)	0,11
kotelna na dřevěné pelety (REZZO2)	0,15
kotelna na bioplyn (REZZO3)	0,13
elektrická energie - mix ČR (rok 2008)	3,16
elektrická energie - fotovoltaická elektrárna	0,52
solární kolektor	0,15
elektrická energie - větrná elektrárna	0,15

Zdroj: Vonka a kolektiv, Metodika SBToolCZ

– Manuál hodnoceníbytových staveb ve fázi návrhu

Konverzním faktorem je zase podíl energie primární a konečné, kde energie primární je energie vynaložená na výrobu, distribuci a přeměnu energie konečné, tedy spotřebované. (14) Emisní faktor pak vyjadřuje míru emisí sledovaných látek

v souvislosti s výrobou, distribucí či přeměnou této primární energie. Vynásobením konečné (spotřebované) energie těmito faktory dostaneme kýžené ekologické indikátory.

1.3.5 Urbanistická a krajinářská hlediska

Pro navrhování ESD v souvislosti s jeho okolím platí samozřejmě zásady a principy urbánní a krajinné tvorby. Avšak jistá specifika tu jsou. Vznikají zde nové nároky na umístění a prostorové uspořádání zdrojů energie, a to jak v podobě technických zařízení (FVP, větrné a vodní elektrárny, TČ apod.), tak v podobě případné plochy pro pěstování, dobývání či jiné získávání paliv (biomasa, bioplyn, biolíh). Lán fotovoltaických panelů zabírající několik hektarů pro dva rodinné domy určitě není optimální variantou ESD, zatímco kompaktní stavba s integrovanými zdroji v rámci samotné budovy, s využitím plochy střech a podzemí pod základy je jistě krok k udržitelnému stavitelství.

Dalším urbanistickým aspektem je umisťování těchto druhů staveb. Musíme si uvědomit, že z velké většiny jsou tyto domy závislé na obnovitelných zdrojích. Geomorfologie, terén, přírodní a klimatické podmínky a jiné prostorové vazby mají velký vliv na energetickou vytežitelnost daného místa, a tudíž na realizovatelnost a investiční náklady. V rámci územního plánování by se tak měly vyhodnocovat jednotlivé lokality a jejich potenciál pro výstavbu takovýchto typů staveb. Klimatické podmínky tak mohou být v řadě případů určujícím faktorem konceptu ESD.

Bezesporu dalším významným faktorem ovlivňujícím urbanistické vazby je velikost navrhovaného energeticky soběstačného systému. Pro vzrůstající velikost kapacity urbánního celku od nejmenší jednotky, jako je třeba rodinný dům, přes soubory domů až po celé čtvrti či města neexistuje proporcionální přímá úměra velikosti tohoto systému. Energetické systémy jednotlivých domů lze sjednocovat a integrovat do jednoho systému a tím případně šetřit investiční prostorové a technologické nároky. To však neplatí universálně, potřeby na venkovní přenosovou soustavu bezpečnostní prvky a fakt, že tak vzniká společné zařízení pro různé fyzické osoby, naopak hovoří proti. Je tak třeba při návrhu podobného sídla neustále posuzovat na základě konkrétních zadání optimální velikost daného systému.

1.3.6 Technologická hlediska

V průběhu návrhu se musí také neustále myslet na jednoduchost zvoleného řešení. Je třeba si uvědomit, že OFF GRID systémy jsou zpravidla navrhovány do odlehlých oblastí, často daleko od civilizace a jakákoli porucha může být několikanásobně závažnější než v urbanizované krajině.

Uživatel musí přijmout fakt, že žije v domě, kde nelze plýtvat energií. Musí systému alespoň částečně rozumět a pochopit jeho základní principy, v důsledku toho může při svém užívání s minimálním úsilím přispět k lepšímu fungování domu.

Kromě hlídání spotřeby však uživatel ovlivňuje zapínáním spotřebičů okamžitý výkon a tím odběr energie. Energetický systém se dimenzuje jak podle celkové spotřeby, tak podle maximálního možného okamžitého odběru. (12) Aby nedošlo k selhání systému z přetížení, musí se sledovat souběhy jednotlivých spotřebičů. Je vhodné toto sledování přenechat automatickým systémům, které jsou schopny v případě nutnosti zablokovat zapnutí spotřebiče nebo zajistit vypnutí jiného. Automatické systémy jsou také vhodné pro řízení zapínání spotřebičů vzhledem k aktuálním solárním ziskům, systém tak může vyhodnotit na základě předpovědi počasí či aktuálního času dobu, kdy je energetických zisků přebytek, a spustit tak spotřebiče, jako jsou pračka či myčka, které jsou energeticky náročné, ovšem jejich doba provozu nemusí být nutně v době špičky či v nočních hodinách, kdy nemáme dostatečný výkon FV panelů.

Z těchto pohledů lze říci, že ESD má výchovný účinek na uživatele z hlediska environmentálně ekologického, což je nepochybně další plus při posuzování těchto staveb z hlediska vlivu na životní prostředí.

1.3.7 Ekonomická hlediska

Ekonomie investovaných prostředků do technologií ESD je oproti standardním domům důležitou částí projektu domu. Proto je třeba pečlivě zvažovat návrh jednotlivých komponent. Například jaké jsou vícenásobky na ESD OFF GRID oproti dálkovému napojení na energetickou síť? Jaké jsou výkupní ceny energií v závislosti na zdroji? Jaké jsou možnosti získání dotací od státu či jiného subjektu? Kolik prostředků investovat do výkonu zdroje energie a kolik do snižování energetických potřeb? Nemá smysl zateplovat dům místo 35 cm polystyrenu 50 cm, když uspořeno energii vyrovnám 2 m² FVP a naopak. Stejně tak účinnost různých zdrojů energií (agregáty dieselové, větrné, vodní

turbíny apod.) většinou souvisí s instalovaným výkonem. Zdroje s velmi nízkými výkony potřebné pro případy rodinných domů pracují většinou s menší účinností než zdroje pro větší instalace. (12) Naopak přenosem energií na větší vzdálenosti dochází k jejich ztrátám, což se negativně projevuje v celkové bilanci.

Na zodpovězení těchto otázek by bylo potřeba dalších několik desítek stran a stejně bychom nepostihli vše. Projektant by tak měl případ od případu vyhodnocovat ekonomicky optimální variantu dle konkrétního zadání každého návrhu.

1.3.8 Klimatická data

Abychom mohli správně navrhnout ESD, je nezbytné znát řadu vstupních parametrů, mezi něž patří i klimatická data, která nám definují lokální podmínky z hlediska počasí a klimatu, kterým je dům vystaven. Klimatické prvky jako teplota, globální sluneční záření, rychlost větru a další jsou klíčovou součástí návrhu a mohou významně ovlivnit požadovaný výstup. Před zahájením projektování je tedy nezbytné si obstarat dostatečně kvalitní klimatická data například z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Kvalita dat se pozná zejména ve způsobu jejich pořizování, zpracování a v časovém horizontu, který postihují.

Pro potřeby správného návrhu ESD jsou nezbytné průměrné měsíční hodnoty jednotlivých klimatických prvků daného místa, jelikož počasí se v průběhu roku mění, a to různě v závislosti na lokalitě. Bavíme-li se o našich podmínkách, energetickou bilanci domu ovlivňují hlavně tyto klimatické prvky, a to následovně:

- a) **teplota venkovního vzduchu** - ovlivňuje tepelnou ztrátu (zisk) domu, účinnost FV a termických panelů,
- b) **globální sluneční záření** - míru pasivních solárních zisků, energetické výnosy z FV a termických panelů,
- c) **rychlost větru** - větrnou expozici při počítání tepelné ztráty domu (zde hraje roli i směr větru vůči postavení a tvaru domu), výnosy z větrných agregátů.

Teplota venkovního vzduchu se standardně měří 2 m nad povrchem země, a to ve stínu. Je to základní veličina, která zasahuje do řady tepelně-technických výpočtů (tepelná ztráta domu, povrchová teplota konstrukcí, kondenzace vodní páry apod.).

Globální sluneční záření je možné rozdělit na dvě podsložky – přímé sluneční záření a difuzní záření. Přímé sluneční záření dopadá přímo ze slunce na danou plochu, kdežto difuzní záření je sluneční záření rozptýlené atmosférou (mraky, vzduchem, či jinými částicemi) nebo odražené od okolí. Na těchto dvou složkách jsou založeny různé technologie FV či termických panelů (podrobněji viz níže).

Rychlost větru ovlivňuje zejména dva faktory. Jsou to v první řadě výnosy z větrných agregátů. Jelikož se bavíme o menších stavbách na úrovni rodinných domů, budou výkony těchto agregátů tomu odpovídat. Jejich výška se tak bude pohybovat od 2 m do cca 12 m. Z tohoto pohledu je jasné, že měřené hodnoty rychlosti větru by měly být v rozmezí těchto výšek, neboť se vzrůstající výškou a ubýváním povrchových překážek průměrná rychlost větru roste. Zpravidla bývají dostupná data z výšky 10 m nad zemí. Na druhou stranu je lépe, když samotná stavba domu je před větrem chráněna, neboť vystavení domu větru negativně ovlivňuje tepelnou ztrátu.

Je třeba brát v úvahu, že získaná data nejsou zpravidla přímo pořízena ze staveniště, na které dům navrhujeme, nýbrž z meteorologických stanic, jejichž síť je relativně řídká. Proto je nutné při návrhu individuálně posoudit konkrétní lokalitu, neboť klimatická data mohou být výrazně ovlivněna specifickým geomorfologickým členěním, vegetací, zástavbou či jinými prvky v krajině.

Průměrné hodnoty za období menší jak jeden měsíc postupně ztrácejí na objektivitě. Výkyvy v rámci stejného týdne v různých letech mohou dosahovat velkých rozdílů. Nicméně podrobnější znalost velikostí, četnosti a trvání maxim a minim je důležitá pro dimenzování systému, zejména akumulární části, kde se udává tzv. doba autonomie, tj. doba, po kterou je dům schopen provozu bez jakýchkoli energetických zisků.

1.3.9 Estetická hlediska

Dalším velmi důležitým aspektem je hledisko estetiky, kontextuality a harmonie návrhu. Je to složka, která z parametrického výpočtu a optimalizace návrhu dělá architekturu, dává domům duši a povyšuje je na umění. Jelikož je tento parametr výrazem citu a abstraktní představy, není možné jej objektivně vyčíslit přesnými hodnotami či jej kvantifikovat nějakou jednotkou. Je tak nezbytné na něj při hodnocení nahlížet zcela jinou perspektivou, pokud vůbec hodnotit jde. Jednou z možných cest objektivně posuzovat tyto stavby by mohlo být hodnocení faktu, že daný projekt či stavba byly oceněny v regulérní architektonické soutěži.

1.3.10 Příklady ESD

ČESKÁ POLÁRNÍ STANICE J. G. MENDELA NA ANTARKTIDĚ

Účel stavby: Výzkumné pracoviště pro 10-15 osob v době arktického léta (prosinec–březen)

Stavebník: Masarykova univerzita v Brně

Autor: Invest projekt

Realizace: 2006

Obr. 4 Pohled na jižní fasádu s energetickými zdroji



Zdroj: National Geographic

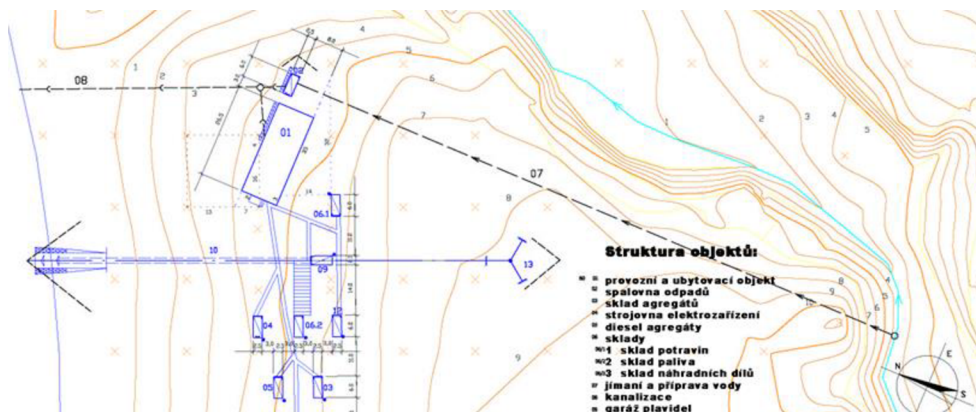
SOLAR ACADEMY

Účel stavby: Výukové středisko společnosti SMA

Stavebník: SMA

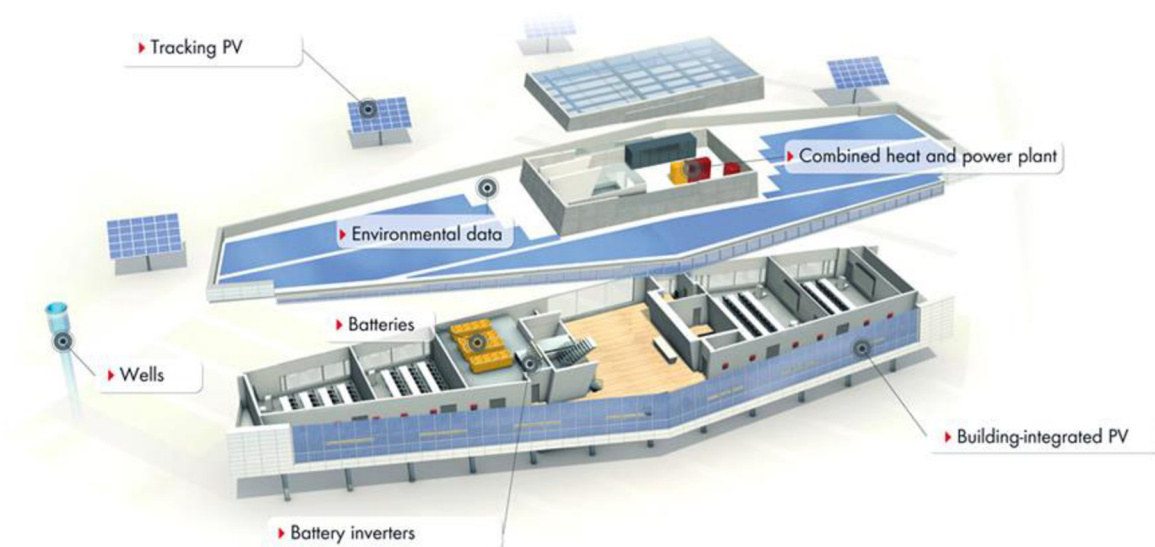
Autor: Nenalezen

Obr. 5 Celková situace zobrazující všechny části polární stanice



Zdroj: Masarykova univerzita

Obr. 6 Energetický koncept a struktura objektu



Zdroj: SMA

Obr. 7 Jižní fasáda s tenkovrstvými FV články v prosklených plochách



Zdroj: SMA

2 CÍL PRÁCE

Roztříštěnost problematiky ESD nám neumožňuje pevněji uchopit tento typ budov jako celek. Je velmi obtížné srovnávat ESD napojený na technickou infrastrukturu s domem v panenské přírodě, stejně jako dům vybavený nejmodernější technikou s inteligentními řídicími prvky s domem bez veškerých výtobytků moderní civilizace. Všechny tyto typy domů mohou splňovat základní podmínku ESD, čímž je energetická nezávislost, avšak nelze dále stanovit, jakým způsobem tento primární požadavek splnily a co se za ním v útrobách daného systému skrývá.

V případě nízkoenergetických, pasivních či nulových domů je pro možnost používání výše zmíněného přívlastku zapotřebí naplnit řadu parametrů, z nichž nejznámějším je měrná potřeba tepla na vytápění stanovená pro nízkoenergetické domy na $50 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$, pro pasivní domy na $15 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$ a pro domy nulové na $5 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$. U pasivních domů dále sledujeme energetickou náročnost z hlediska primární energie, vyváženost míry zateplení obálky budovy zavedením parametru průměrný součinitel prostupu tepla či sledováním přehřívání vnitřních prostor domu. (20) Tyto parametry si kladou za cíl dosáhnout snížení energetické náročnosti vyváženým řešením zohledňujícím hlavní vlivy a měly by zabránit vytvoření návrhu splňujícímu slepě jednu tabulkovou hodnotu, a to za každou cenu. U energeticky soběstačných domů můžeme sledovat tyto parametry také, ale navíc nás zajímá samotná míra energetické nezávislosti, kterou lze zajistit posilováním vlastních energetických zdrojů nebo investic do snižování energetických potřeb.

Cílem práce je stanovit vhodnost zvoleného konceptu, kterým by se projektant měl vydat, zda snižovat provozní potřeby, nebo investovat do vlastních zdrojů. Rovněž důležitým úkolem práce je stanovení optimální úrovně energetické nezávislosti.

Vzhledem k širokému záběru je práce omezena na rodinné domy, navíc na konkrétně zvoleném konceptu, který byl vygenerován na základě současných požadavků stavebníků a projekční praxe autora. Vzhledem k takovému omezení je jasné, že výsledky práce nebudou dostatečně objektivní pro možnost paušalizace na tak různorodou skupinu stavitelství, jako je individuální bydlení, z tohoto důvodu je za cíl kladeno i vytvoření a popsání metodiky pro posuzování a hodnocení konceptů dalších.

Jako určující rámec posuzovaných kritérií a jednotlivých aspektů daných konceptů

jsou hlavní teze trvale udržitelného rozvoje, jež jsou pevně zakotveny v naší i evropské legislativě.

Konkrétním výstupem je tabulka s hodnocením jednotlivých variant posuzovaného konceptu rodinného domu, a to takovým, které umožňuje jejich vzájemné porovnání, a metodika umožňující porovnávat i jiné koncepty daného druhu staveb.

3 POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY ZKOUMÁNÍ

K dosažení stanovených cílů bylo použito následujících postupů, metod a nástrojů:

V první řadě bylo potřeba stanovit základní specifika ESD a jejich podíl na celkovém konceptu stavby. Jedná se zejména o prvky ovlivňující energetickou bilanci stavby. Obecně je tak lze rozdělit na prvky snižující energetické potřeby (tepelná obálka, pasivní energetické zisky apod.) a prvky aktivně se podílející na pokrytí energetických potřeb (větrné agregáty, fotovoltaické panely, solární kolektory, napojení na síť či jiné externí zdroje). Důležité jsou i jejich vedlejší dopady. Prvky a jejich případné vazby vycházejí z rozboru a analýzy konkrétních staveb, norem a praktických zkušeností.

Na základě těchto vlastností a prvků byl navržen hmotově a rozsahově stejný virtuální dům, ve kterém se měnily pouze dílčí parametry energetického konceptu (kvalita tepelné obálky a rozsah vlastních zdrojů energie). Tyto varianty virtuálního domu byly navrženy zejména za pomoci programů CALCK, vyvinutém společně s Ing. Jiřím Svobodou v rámci projektu č. 2319/2011, zpracovaném na Fakultě architektury v Brně. (10) Výpočty byly částečně ověřovány softwarem od firmy DEK „*Stavební fyzika*“, modul „*Energetika*“, který ověřoval správnost výpočtu energetických bilancí, a modul „*Tepelná technika 1D*“, pomocí kterého se navrhovaly skladby tepelných obálek. Programem CALCK se dále dimenzovaly obnovitelné zdroje energie pro jednotlivé stupně energetických soběstačností.

Pro hodnocení daných konceptů z hlediska trvale udržitelného rozvoje byla použita metodika SBTToolCZ, což je národní metodika pro hodnocení komplexní kvality budov, kdy se posuzují vlastnosti budovy a okolí ve vazbě na udržitelný rozvoj. (14) Pro potřeby hodnocení vlastností týkajících se právě a jenom ESD byla metodika upravena, a to zejména v rozsahu řešených kritérií a v systému přiřazování výsledných bodů. Tato metodika byla zdigitalizována do podoby tabulkového editoru Microsoft EXCEL tak, aby bylo možné rychle a efektivně porovnávat dopady změn jednotlivých parametrů na celkový výsledek.

V rámci porovnávání konkrétních variant konceptu virtuálního domu vznikla výsledná tabulka i graf s celkovým bodovým ohodnocením jednotlivých variant.

3.1 Struktura postupu hodnocení

a) Metodika hodnocení konceptů energeticky soběstačných budov:

- stanovení základních principů hodnocení ESD – hodnocení dle principů trvale udržitelného rozvoje,
- výběr nástroje pro hodnocení dle principů TUR – SBToolCZ,
- stručná charakteristika SBToolCZ – popis vazeb jednotlivých hodnocených kritérií,
- charakteristika kritérií souvisejících s principy ESD – stanovení potřeby jejich případných úprav,
- popis výsledného celkového hodnocení – charakteristika výstupů,
- zpracování metodiky do tabulkového editoru a automatické provázání jednotlivých výstupů se zadávanými parametry.

b) Posouzení konkrétního konceptu ESD:

- stanovení způsobu a rozsahu hodnocení konceptu ESD – vztah mezi energetickou potřebou a mírou energetické soběstačnosti,
- tvorba konkrétního konceptu domu – virtuální dům s variantním řešením energetického hospodaření,
- návrh konkrétních parametrů potřebných pro hodnocení jednotlivých variant dle kritérií hodnotící metodiky,
- zadání parametrů do tabulkového editoru – získání výsledných hodnot,
- charakteristika a zhodnocení výstupů jednotlivých variant.

3.2 Metodika hodnocení energeticky soběstačných obytných budov

3.2.1 Stanovení základních principů hodnocení konceptů ESD – hodnocení dle principů trvale udržitelného rozvoje

Jak už bylo nastíněno ve výše uvedených kapitolách, optimální koncepce ESD nemusí být spojena pouze s faktem reálné proveditelnosti technických zařízení či stavebních

konstrukcí, ale zejména také se smysluplností zvoleného řešení. Správné a funkční řešení totiž ještě neznamená kvalitní a zodpovědný návrh, je to pouze jakási samozřejmost, kterou od návrhu očekáváme.

Architekt by však měl být natolik zodpovědný, že by měl svůj návrh tvořit s ohledem nejen na funkčnost ve vztahu k danému zadání, ale i s ohledem na kontext doby, místa, společnosti, ekonomických možností a kulturních aspektů. Všechny tyto stránky architektury mají odlišné vazby na dotčené subjekty, jako je stavebník, lidé přicházející do aktivního kontaktu s ní, společnost a lidé konzumující její dosah pasivně či společnost nepřicházející s ní sice do kontaktu, ale pociťující na sobě její nepřímé dopady. Bohužel realita výstavby je z velké části zaměřena pouze na první skupinu lidí, která si hlídá správné funkční, provozní a technické provedení, investiční a provozní náklady a v některých případech i vizuální a výtvarnou kvalitu, v případě uvědomělých investorů i kvalitu urbanistickou. Druhé skupiny konzumentů architektury se již uživatelské vlastnosti tolik netýkají, zajímá je zejména výtvarné řešení či urbanistické vazby. Aspekty architektury zajímavější třetí skupinu subjektů, ale i předešlé dvě, jsou ty, které mají dopady a význam zejména ve větším měřítku výstavby. Jedná se zejména o dopady z hlediska životního prostředí, celospolečenských problémů a ekonomických možností společnosti. Tyto teze byly v minulém století zformulovány do základních principů trvale udržitelného rozvoje (TUR), které se posléze integrovaly do našeho legislativního a právního systému.

Pakliže chceme stanovit základní principy hodnocení ESD a architektury obecně, měli bychom toto hodnocení vystavět právě na principech TUR.

3.2.2 Výběr nástroje pro hodnocení dle principů TUR – SBToolCZ

Chceme-li hodnotit jakoukoli stavbu z hlediska trvale udržitelného rozvoje, vyvstane před námi několik základních otázek. Které aspekty výstavby hodnotit, které z nich jsou fakticky objektivně hodnotitelné, jak nastavit výsledné hodnocení, jakou váhu přiřadit k jakému aspektu. Vymýšlet takové hodnocení konkrétně pouze pro cíle této práce by bylo buď velmi složité, nebo dostatečně nevypovídající, proto byla v dizertační práci využita druhá možná cesta, a to použití již existujících nástrojů a jejich modifikace pro daný účel.

Těchto nástrojů je již celá řada. Jsou zpracovány na různých národních úrovních a liší se i vlastní metodikou. Z konkrétních příkladů je možné uvést metodiku BREEAM (Velká

Británie), HQE (Francie), LEED (USA), DGNB (Německo), SBTool (Itálie, Španělsko, Portugalsko, ČR) apod. (14) Problém jejich používání však spočívá zejména v jejich lokalizaci, využití těchto nástrojů v jiných regionech, než kde byly vyvinuty, naráží na úskalí týkající se odlišných priorit a specifik v různých částech světa. Váhy jednotlivých kritérií se tak mohou lišit v místech s větším výskytem povodní či zemětřesením, v severních a jižních státech apod. Některé z uvedených nástrojů se však prosazují i v mezinárodním měřítku. Jsou to zejména LEED, BREEAM a poslední dobou i DGNB. U těchto národních metodik používaných v mezinárodních aplikacích je však problém právě s výše uvedenou lokalizací a specifičností místních podmínek.

Vedle těchto národních certifikačních nástrojů existuje i obecné mezinárodní schéma SBTool, které je v rámci jednotlivých lokalizací modifikováno na národní úroveň. (14) V případě České republiky byl vyvinut nástroj SBToolCZ, který je využit jako výchozí metodika pro dosažení cílů této práce.

3.2.3 Stručná charakteristika SBToolCZ – popis vazeb jednotlivých hodnocených kritérií

Metodika SBToolCZ je založena na následujícím postupu: (14)

Zadání – na základě projektové dokumentace či realizované stavby se stanoví její vlastnosti či vlastnosti okolí a stanoví se základní zadávací parametry a konstanty hodnocení.

Hodnocení – v rámci jednotlivých kritériálních listů, které odpovídají sledovaným aspektům celého hodnocení, se provede výpočet standardizovanými algoritmy a stanoví se hodnoty indikátorů jednotlivých kritérií.

Normalizace – hodnoty indikátorů se převedou na jednotnou stupnici 0–10 pomocí jasně daných kritériálních mezí.

Agregace – dosažené body u jednotlivých kritérií se vynásobí jejich vahami a provede se součet v rámci jednotlivých kritériálních skupin.

Výsledek – dosažené body u jednotlivých kritériálních skupin se vynásobí jejich vahami a provede se součet, z něhož vyplyne jedna číselná hodnota určující výslednou kvalitu.“

Obecně nástroj SBToolCZ pracuje se třemi skupinami kritérií, a to: (14)

- **environmentální kritéria (životní prostředí) – označení „E“**,
- **sociální kritéria (neboli také sociálně kulturní) – označení „S“**,
- **ekonomika a management – označení „C“**.

Tyto jsou doplněny o čtvrtou skupinu **lokality – označení „L“**, která ovšem nevstupuje do výsledného hodnocení kvality. (14)

Rozsah a způsob hodnocení je dán typem kritériálních listů, algoritmem výpočtu jednotlivých indikátorů a jejich váhou. Kritéria se tak mohou v rámci metodiky lišit v závislosti na posuzovaném typu stavby. Jelikož tato práce pojednává o obytných stavbách, ve kterých se vymežila pouze na rodinné domy, byla z tohoto důvodu vybrána i příslušná modifikace používané metodiky, a to SBToolCZ určený pro posuzování rodinných domů. Následující tabulky určují rozsah posuzovaných kritérií a k nim odpovídající váhy:

Tab. 7 Váhy environmentálních kritérií (skupina E)

Skupina E – kritérium	Váha
E. 01 Spotřeba primární energie	20,8 %
E. 02 Potenciál globálního oteplování	9,6 %
E. 03 Potenciál okyselování prostředí	5,2 %
E. 04 Potenciál eutrofizace prostředí	5,5 %
E. 05 Potenciál ničení ozonové vrstvy	4,4 %
E. 06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	5,0 %
E. 07 Výroba obnovitelné energie	7,2 %
E. 08 Použití materiálů a výrobků při výstavbě	8,6 %
E. 09 Hodnocení stavebních výrobků	6,1 %
E. 10 Spotřeba pitné vody	7,2 %
E. 11 Zachycení dešťové vody	6,5 %
E. 12 Využití pozemku	6,6 %
E. 13 Zeleň na budově a pozemku	7,3 %
Celkem	100 %

Zdroj: SBToolCZ

Tab. 8 Váhy sociálních kritérií (skupina S)

Skupina S – kritérium	Váha
S. 01 Vizuální komfort	10,0 %
S. 02 Akustický komfort	9,3 %
S. 03 Tepelná pohoda v letním období	9,6 %
S. 04 Tepelná pohoda v zimním období	4,6 %
S. 05 Kvalita vnitřního vzduchu	13,1 %
S. 06 Ochrana proti radonu	6,5 %
S. 07 Zdravotní nezávadnost materiálů	12,1 %
S. 08 Uživatelský komfort	6,8 %
S. 09 Flexibilita využití budovy	5,0 %
S. 10 Prostorová efektivita	4,9 %
S. 11 Bezbariérové řešení	6,9 %
S. 12 Míra oplocení pozemku	4,7 %
S. 13 Zabezpečení obydlí	6,5 %
Celkem	100%

Zdroj: SBToolCZ

Tab. 9 Váhy kritérií ve skupině ekonomika a management (skupina C)

Skupina C – kritérium	Váha
C. 01 Náklady životního cyklu	39,8 %
C. 02 Prováděcí a provozní dokumentace	19,6 %
C. 03 Měření spotřeb energií a vody	20,1 %
C. 04 Management tříděného odpadu	20,5 %
Celkem	100 %

Zdroj: SBToolCZ

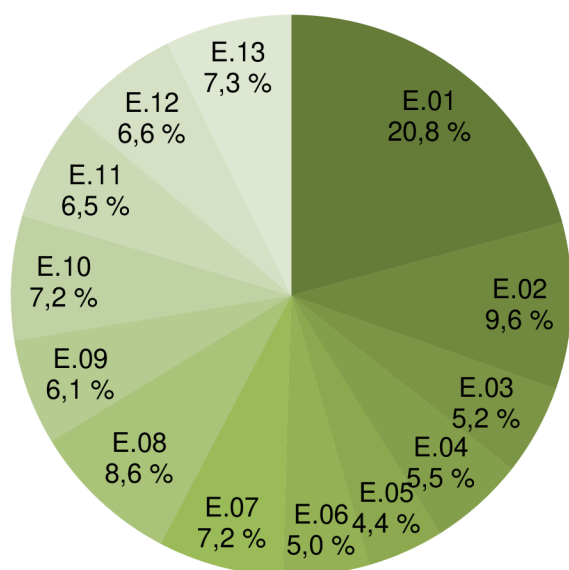
Tab. 10 Váhy kritérií ve skupině lokalita (skupina L)

Skupina L – kritérium	Váha
L. 01 Dostupnost veřejných míst pro relaxaci	14,0 %
L. 02 Dostupnost služeb	17,0 %
L. 03 Dostupnost veřejné dopravy	21,0 %
L. 04 Rizika lokality	17,0 %
L. 05 Kvalita místního ovzduší	16,0 %
L. 06 Prevence kriminality ve vystavěném prostředí	15,0 %
Celkem	100 %

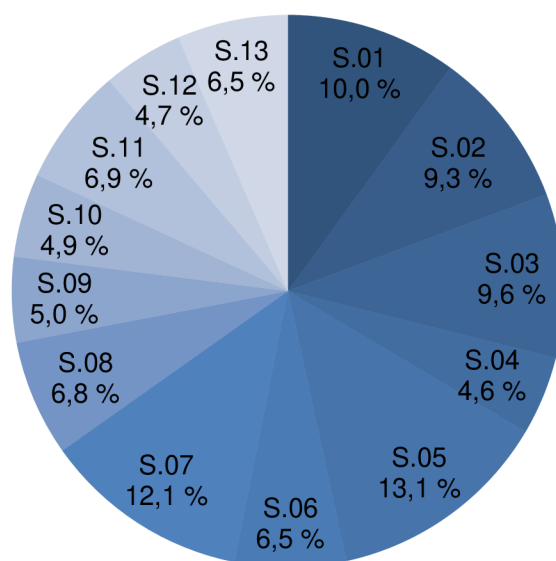
Zdroj: SBToolCZ

Obr. 8 Váhy kritérií v jednotlivých skupinách E, S, C a L

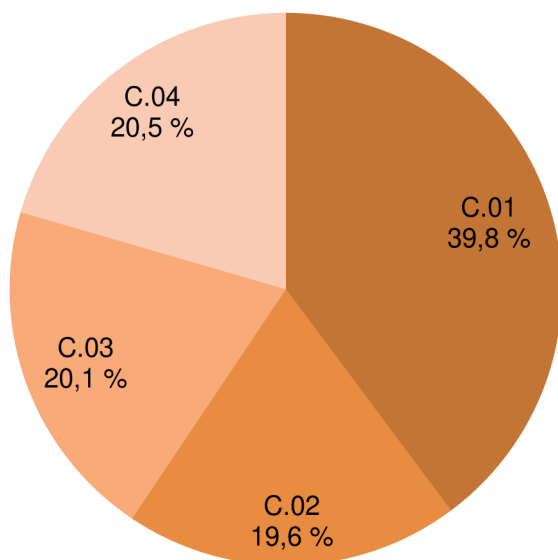
E - Environmentální kritéria



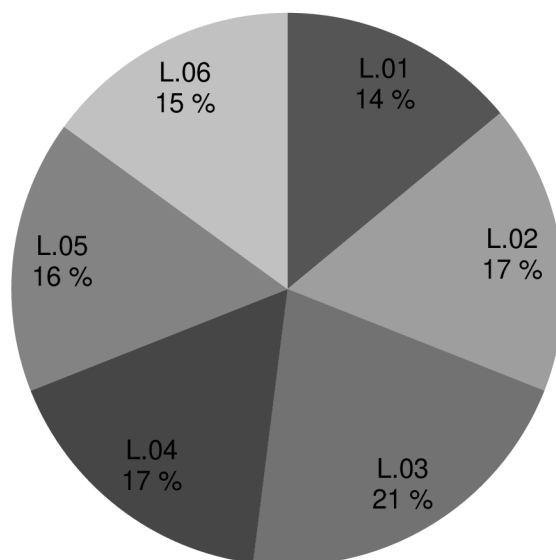
S - Sociální kritéria



C - Ekonomika a management



L - Lokalita



Zdroj: SBToolCZ

Tab. 11 Celkové váhy skupin kritérií

Skupina kritérií	Váha
E – Environmentální kritéria	50%
S – Sociální kritéria	35 %
C – Ekonomika a management	15 %
L – Lokalita	0 %
Celkem	100 %

Zdroj: SBToolCZ

3.2.4 Charakteristika kritérií souvisejících s principy ESD – stanovení potřeby jejich případných úprav

V následující kapitole budou popsány modifikace použití jednotlivých kritérií a rozdíly způsobu výpočtu pro potřeby hodnocení obytných ESD oproti standardnímu postupu SBToolCZ.

V rámci hodnoticího modelu stanoveného v této práci se pro potřeby hodnocení obytných ESD nehodnotí kritéria E. 08, E. 09, E. 10, E. 11, E. 12, E. 13, E. 14, S. 01, S.02, S.03, S.04, S.05, S.07, S.08, S.09, S.11, S.12, S.13, C.02, C.03, C.04 (v tabulkách jsou označeny šedou barvou), a to z toho důvodu, že buď zásadním způsobem nezasahují do hlavních principů energeticky soběstačných budov, nebo mohou být pro všechny posuzované varianty stejné bez dopadu na výsledek, nebo je není možno posoudit s ohledem na rozsah hodnocených částí návrhu a tím znalostí potřebných vstupních parametrů. To stejné platí i pro celou skupinu L, která do výsledného hodnocení nevstupuje ani v původní metodice.

V případě, kdy by se hodnotily návrhy s jiným rozsahem posuzovaných částí a bylo by k dispozici dostatečné množství vstupních parametrů, **je možné rozsah posuzovaných kritérií rozšířit, nebo v opačném případě zúžit.**

E. 01 Spotřeba primární energie – hodnotí se součet produkce primární energie a svázané primární energie na m² užité plochy a rok. (14) Produkce primární energie se stanoví v závislosti na daném energonositeli a získá se vynásobením celkové spotřeby energie příslušným konverzním faktorem, který odpovídá zvolenému zdroji energie. Svázaná energie se stanoví jako součet svázaných primárních energií jednotlivých materiálů majících vliv na energetickou spotřebu, tzn. materiály tepelné obálky budovy převedené na jeden rok jejich životnosti.

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- v rámci produkce primární energie se započítává i energetická potřeba na běžné domácí spotřebiče,
- započítává se i svázaná potřeba energie v materiálech tepelné obálky.

E. 02 Potenciál globálního oteplování – hodnotí se součet produkce emisí $\text{CO}_{2,\text{ekv}}$ a svázaných emisí $\text{CO}_{2,\text{ekv}}$ na m^2 užité plochy a rok. (14) Produkce emisí $\text{CO}_{2,\text{ekv}}$ se stanoví v závislosti na daném energonositeli a získá se vynásobením celkové spotřeby energie příslušným emisním faktorem, který odpovídá zvolenému zdroji energie. Svázané emise $\text{CO}_{2,\text{ekv}}$ se stanoví jako součet svázaných emisí jednotlivých materiálů majících vliv na energetickou spotřebu, tzn. materiály tepelné obálky budovy převedené na jeden rok jejich životnosti.

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- v rámci produkce emisí $\text{CO}_{2,\text{ekv}}$ se započítává i energetická potřeba na běžné domácí spotřebiče,
- započítávají se i svázané emise $\text{CO}_{2,\text{ekv}}$ v materiálech tepelné obálky.

E. 03 Potenciál okyselování prostředí – hodnotí se součet produkce emisí roční $\text{SO}_{2,\text{ekv}}$ a svázaných emisí $\text{SO}_{2,\text{ekv}}$ na m^2 užité plochy a rok. (14) Produkce emisí $\text{SO}_{2,\text{ekv}}$ se stanoví v závislosti na daném energonositeli a získá se vynásobením celkové spotřeby energie příslušným emisním faktorem, který odpovídá zvolenému zdroji energie. Svázané emise $\text{SO}_{2,\text{ekv}}$ se stanoví jako součet svázaných emisí jednotlivých materiálů majících vliv na energetickou spotřebu, tzn. materiály tepelné obálky budovy převedené na jeden rok jejich životnosti.

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- v rámci produkce emisí $\text{SO}_{2,\text{ekv}}$ se započítává i energetická potřeba na běžné domácí spotřebiče,
- započítávají se i svázané emise $\text{SO}_{2,\text{ekv}}$ v materiálech tepelné obálky.

E. 04 Potenciál eutrofizace prostředí – hodnotí se produkce emisí roční $\text{NO}_{2,\text{ekv}}$ na m^2 užité plochy a rok. (14) Produkce emisí $\text{NO}_{2,\text{ekv}}$ se stanoví v závislosti na daném energonositeli a získá se vynásobením celkové spotřeby energie příslušným emisním faktorem, který odpovídá zvolenému zdroji energie.

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- v rámci produkce emisí $\text{NO}_{2,\text{ekv}}$ se započítává i energetická potřeba na běžné domácí spotřebiče,
- nezapočítávají se emise fosfátů PO_4^{3-} .

E. 05 Potenciál ničení ozónové vrstvy – hodnotí se množství svázaných emisí R-11_{ekv} na m^2 užité plochy a rok. (14) Svázané emise R-11_{ekv} se stanoví jako součet svázaných emisí jednotlivých materiálů majících vliv na energetickou spotřebu, tzn. materiály tepelné obálky budovy převedené na jeden rok jejich životnosti.

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- hodnotí se množství svázaných emisí R-11_{ekv} oproti produkci emisí způsobené provozem.

E. 06 Potenciál tvorby přízemního ozónu – hodnotí se množství svázaných emisí $\text{C}_2\text{H}_{4,\text{ekv}}$ na m^2 užité plochy a rok. (14) Svázané emise $\text{C}_2\text{H}_{4,\text{ekv}}$ se stanoví jako součet svázaných emisí jednotlivých tepelně-izolačních materiálů majících vliv na energetickou spotřebu, tzn. tepelně-izolační materiály tepelné obálky budovy převedené na jeden rok jejich životnosti.

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- hodnotí se množství svázaných emisí $\text{C}_2\text{H}_{4,\text{ekv}}$ tepelně-izolačních materiálů, tepelné obálky budovy oproti produkci emisí způsobené provozem.

E. 07 Výroba obnovitelné energie – hodnotí se procentuální podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové roční energetické spotřebě. (14) Do obnovitelných zdrojů (OZE) se počítají zařízení, která splňují níže uvedenou definici a jsou součástí návrhu, jsou součástí pozemku stavby, a tedy se s nimi musí počítat i u ostatních kritérií. Definice OZE podle § 2 zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů: „*Obnovitelné zdroje energie (zkráceně OZE) představují obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ (8)

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- do celkové spotřeby energie se započítává i energetická potřeba na běžné domácí spotřebiče.

Pozn.: Vzhledem ke strategickým výhodám energeticky soběstačných staveb v energetické koncepci státu a tím pádem i k společenským dopadům tohoto typu domu v souvislosti s tímto kritériem by se toto kritériální hledisko dalo zařadit i do skupiny sociálních kritérií. Znamenalo by to však vytvoření jeho správné váhy v celkovém hodnocení.

„E. 08 Použití materiálů a výrobků při výstavbě – hodnocení konstrukčních materiálů se skládá z několika dílčích posouzení hodnotících původ materiálů vstupujících do stavby. Tento původ se hodnotí pomocí následujících parametrů:

- *použití obnovitelných materiálů a výrobků v zásadních konstrukcích,*
- *použití recyklovaných složek materiálů a výrobků v zásadních konstrukcích,*
- *použití regionálně vyrobených materiálů a výrobků v zásadních konstrukcích.“ (14)*

„E. 09 Hodnocení stavebních výrobků – hodnocení použití certifikovaných stavebních výrobků se skládá z následujících dvou dílčích posouzení:

- *použití stavebních výrobků s ověřením EPD třetí stranou,*
- *použití stavebních výrobků na bázi dřeva s certifikátem PEFC, nebo FSC.“ (14)*

„E. 10 Spotřeba pitné vody – ve fázi návrhu se hodnotí kvalita projektu z hlediska navržených opatření, která snižují množství pitné vody z vodovodního řádu. Mezi tato opatření patří:

- *zachycení dešťové vody v akumulačních nádržích a vodních povrchových nádržích a její využití v budově a jejím okolí,*
- *využití šedé splaškové vody, tj. přečištěné vody z praní, mytí a sprchování,*
- *vody ze studny či jiného dostupného a vhodného vodního zdroje.“ (14)*

„E. 11 Zachycení dešťové vody – ve fázi návrhu se hodnotí kvalita projektu z hlediska navržených opatření, která zabraňují zatížení kanalizační sítě a vzniku lokálních povodní. Mezi tato opatření patří zachycení vody na různých plochách budovy

a pozemku či jejich souvrstvích, dále v akumulacích nádržích, vodních povrchových nádržích a jiných vsakovacích systémech.“ (14)

„E. 12 Využití pozemku – metodika posuzuje stavbu v kontextu záboru zemědělsky využitelných pozemků. Kritérium využití půd je možné ohodnotit v mezilehlých hodnotách, vzhledem k nutnosti bližší specifikace problému v závislosti na konkrétním umístění rodinného domu. Zamýšlené využití půdy se ohodnotí podle požadavků na tři parametry:

- dřívější využití pozemku (greenfield / brownfield),
- sklon pozemku,
- ekologická hodnota místa z hlediska fauny a flory.“ (14)

„E. 13 Zeleň na budově a pozemku – v metodice se hodnotí stav zeleně ve své finální navrhované podobě – vegetačním stavu (původní přírodní i nově navržená). Dle navrženého stavu se přidělí kredity na základě několika parametrů:

- plocha zeleně na rostlém terénu – procento zazelenění,
- plocha extenzivní zeleně na střeše,
- plocha intenzivní zeleně na střeše,
- plocha popínavé zeleně na neprůsvitné části fasády,
- plocha zeleně se substrátem na neprůsvitné části fasády,
- plocha popínavé zeleně stínící průhledné části jižní, západní a východní fasády,
- existence plánu rozvojové péče údržby zeleně,
- existence prvků zeleně s původním rostlinným materiálem dané lokality.“ (14)

„S. 01 Vizuální komfort – hodnocení se sestává ze dvou dílčích kritérií:

- hodnocení činitele denní osvětlenosti,
- hodnocení odstupových vzdáleností rodinného domu od okolní zástavby.“ (14)

„S. 02 Akustický komfort – hodnocení akustických vlastností rodinných domů je založeno na zařazení jednotlivých prostorů do akustických tříd označených písmeny A, B, C, D, přičemž jejich stručná charakteristika je:

- třída A = rodinný dům s výbornými akustickými vlastnostmi,
- třída B = rodinný dům s velmi dobrými akustickými vlastnostmi,

- třída C = rodinný dům s minimálně vyhovujícími akustickými vlastnostmi,
- třída D = rodinný dům s nevyhovujícími akustickými vlastnostmi.“ (14)

„S. 03 Tepelná pohoda v letním období – projektová dokumentace musí obsahovat výpočty tepelné stability místnosti v letním období alespoň jedné kritické místnosti. Pro kritickou místnost (vnitřní prostor) musí být vypočítána nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ v °C. Nejvyšší denní teplota v letním období musí splňovat podmínku $\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$, kde $\theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období v °C, která je pro stavby pro bydlení stanovena na 27 °C.“ (14)

„S. 04 Tepelná pohoda v zimním období – hodnocení se skládá ze dvou dílčích kritérií:

- kritérium tepelné stability,
- kritérium posuzující pokles dotykové teploty podlahy.“ (14)

„S. 05 Kvalita vnitřního vzduchu – zajištění kvality vnitřního vzduchu je komplexní problematika, a proto je třeba se na systém větrání podívat z více úhlů. Některé odlišné pohledy jsou zahrnuty v samostatných kritériích (teplota vzduchu, přítomnost radonu, únik škodlivin z nábytku a stavebních materiálů). V tomto kritériu se přidělují dle projektovaného stavu dílčí kredity za:

- intenzitu trvalého větrání,
- větrání kuchyně, koupelny a WC,
- možnost regulace systému větrání a s tím související komfort, který systém poskytuje,
- uzavření servisní smlouvy.“ (14)

Tab. 12 Stanovení kreditů K3 za navržený systém větrání a úpravy vzduchu obecně

Komfort a regulace systému větrání	Body
Není možnost regulace a není nuceně řešen ani odvod vzduchu z hygienického zázemí nebo kuchyně.	0
Podtlakové větrání s větracími otvory integrovanými do výplní stavebních otvorů nebo do obvodových stěn v kombinaci s nuceným podtlakovým větráním u hygienického zázemí a kuchyně.	2
Dtto s větracími otvory s regulací průtoku.	3
Nucené rovnotlaké větrání bez automatické regulace.	5
Dtto s řízením dle obsazenosti.	7
Dtto s čidlem CO ₂ .	9
Dtto s čidlem CO ₂ a vlhkosti s možností zvlhčování/odvlhčování.	10

Zdroj: SBToolCZ

„Celkové kreditové ohodnocení splnění požadavku na kvalitu vnitřního vzduchu se stanoví váhovým součtem dílčích kreditů dle rovnice 4:

Rovnice 4 Váhový součet dílčích kreditů

$$K = 0,3*(K1 + K2 + K3) + 0,1*K4$$

Zdroj: SBToolCZ

- kde K je kreditové ohodnocení splnění požadavků na kvalitu vnitřního vzduchu,
- $K1$ dílčí kreditové ohodnocení za intenzitu trvalého větrání,
- $K2$ dílčí kreditové ohodnocení za zajištění nárazového větrání hygienického zázemí,
- $K3$ dílčí kreditové ohodnocení za navržený systém větrání,
- $K4$ dílčí kreditové ohodnocení za uzavření servisní smlouvy. “ (14)

Rozdíly oproti původní metodice SBToolCZ:

- dílčí kreditové ohodnocení $K1$, $K2$ a $K4$ se nehodnotí, do vzorce se za ně doplní 0.

„S. 06 Ochrana proti radonu

Ve fázi certifikace návrhu budovy vstupuje do hodnocení:

- radonový index pozemku,
- umístění obytných prostor podle podlaží,
- navržená protiradonová opatření. “ (14)

„S. 07 Zdravotní nezávadnost materiálů – materiály a výrobky se v tomto hodnocení člení dle deklarovaného způsobu použití, a to následovně:

- *stavební materiály a výrobky používané ve stavbě a tam, odkud se mohou škodlivé látky šířit do interiéru,*
- *zařizovací předměty – interiérový nábytek.*

U použitých materiálů a výrobků se posuzuje především obsah formaldehydu (HCHO), těkavé organické látky (VOC) a případně další škodliviny. “ (14)

„S. 08 Uživatelský komfort – hodnocením se stanoví výsledný index uživatelského komfortu – I_{UK} . To je provedeno na základě kreditového vyhodnocení jednotlivých prvků, které jsou pro uživatelský komfort rodinného domu důležité. Tyto prvky se týkají:

- *úložných prostor (pro nářadí, kola, kočárky) a parkovacích prostor (garáží),*
- *užitných prostor nebytového charakteru v domě,*
- *exteriérových prostor domu,*
- *nadstandardních prvků. “ (14)*

„S. 09 Flexibilita využití budovy – bodový stupeň flexibility se stanoví na základě těchto parametrů navrhovaného rodinného domu:

- *řešení konstrukčního systému domu,*
- *způsob řešení kompletačních konstrukcí,*
- *způsob návrhu domu. “ (14)*

S. 10 Prostorová efektivita / efektivita zastavěnosti pozemku – hodnotí se podíl zastavěné plochy (zastavěná plocha domu včetně nezbytně nutných ploch pro stavby a zařízení vstupujících do hodnocení) a čisté užitné plochy všech podlaží. (14)

Rozdílly oproti původní metodice SBToolCZ:

- *v původní metodice se hodnotí podíl hrubé a čisté podlažní plochy celého domu*

„S. 11 Bezbariérové řešení – stavby, u kterých je vyžadován bezbariérový přístup, jsou vyjmenovány ve vyhlášce č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. U rodinných domů není tato vyhláška závazná. Mezi osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace patří osoby s pohybovým, zrakovým, sluchovým a mentálním postižením, osoby pokročilého věku,

těhotné ženy, osoby doprovázející dítě v kočárku nebo dítě do tří let. Požadavek bezbariérovosti se tedy nevztahuje pouze na osoby na invalidním vozíku, jak si veřejnost často představuje na základě mezinárodního symbolu přístupnosti. SBToolCZ hodnotí splnění dílčích požadavků zmíněné vyhlášky i přesto, že není závazná. Výsledné hodnocení se sestává ze čtyř dílčích kritérií, která jsou kreditově ohodnocena:

- *hodnocení bezbariérového přístupu do rodinného domu,*
- *hodnocení bezbariérového vstupu do rodinného domu,*
- *hodnocení bezbariérového pohybu osob po rodinném domě,*
- *hodnocení stavebního řešení domu z hlediska bezbariérovosti.“ (14)*

„S. 12 Míra oplocení pozemku – pro vyčíslení indikátoru míry oplocení pozemku se stanoví dva parametry:

- *oplocená plocha,*
- *celková plocha“ (14)*

„S. 13 Zabezpečení obydlí – pro stanovení požadované úrovně zabezpečení se postupuje dle přílohy E normy ČSN P CEN/TS 14383-3.“ (14)

„C. 01 Náklady životního cyklu – hodnocení spočívá ve vyčíslení investičních a provozních nákladů na 1 m² užité plochy a 1 rok. Investiční náklady se spočítají jako součet investičních nákladů jednotlivých posuzovaných prvků (materiálů, zařízení apod.) vztažených na dobu své životnosti. U doby životnosti se přihlíží i k nákladům a potřebě na pravidelnou údržbu. Provozní náklady se stanoví dle roční energetické spotřeby a reálných nákladů na jednotku energie dle konkrétního energonositele.“ (14)

Rozdílů oproti původní metodice SBToolCZ:

- původní hodnocení spočívá ve zjištění, zda a jak podrobně byla provedena analýza nákladů životního cyklu (LCC) u projektované budovy. Naplnění požadavků se prokazuje existencí dokumentů, které vhodnou a dostatečnou formou prezentují náklady životního cyklu a jsou zpracovány odborným způsobem. V optimálním případě je LCC analýza podložena softwarovým modelem.

„C. 02 Prováděcí a provozní dokumentace – hodnocení probíhá slovně a pro rodinný dům se skládá ze dvou částí:

- *hodnocení kvality a obsahu dokumentů, které budou předány budoucím majitelům domu,*
- *hodnocení uživatelských příruček určených pro majitele, resp. obyvatele domu.“ (14)*

„C. 03 Měření spotřeb energií a vody – hodnotí se způsob a kvalita měření s ohledem na predikci spotřeb a cen, na propojení s regulačním systémem, na míru zasvěcení uživatele do problematiky.“ (14)

„C. 04 Management tříděného odpadu – projekt musí blíže specifikovat odpadové hospodářství v budově a jejím okolí. Hodnotí se pouze ten stav, který může projekt skutečně ovlivnit – tzn. vybudování sběrných míst a nádob přímo v domě, nebo na soukromém pozemku. Do hodnocení se tak nezapočítávají místa, která spravuje veřejná správa. Hodnocení se sestává z dílčího posouzení následujících parametrů:

- *vybudování sběrných míst,*
- *počet komodit, které lze ve sběrném místě odevzdat,*
- *řešení nakládání s odpadem v budově.“ (14)*

3.2.5 Popis výsledného celkového hodnocení – charakteristika výstupů

Oproti metodice SBToolCZ bylo celkové hodnocení upraveno. Principiálně využívá původního postupu, kdy se výsledné hodnotě indikátoru daného sledovaného kritéria přiřadí konkrétní bodové ohodnocení na základě dané tabulky, a to v hodnotách od 1 do 10, kde hodnoty 1–4 znamenají standardní kvalitu (naplnění legislativních požadavků nebo standardní stav), 4–6 kvalitu nadstandardní dobrou, 6–8 kvalitu vysokou, 8–10 nejvyšší kvalitu, v některých případech také dosažení BAT (nejlepší dostupné technologie) nebo cíleně nastavený trend v oblasti udržitelné výstavby. (14) Nástroj SBToolCZ je koncipován pro hodnocení celých budov jako celku, odpovídají tomu i nastavené hodnoty v příložených tabulkách. Výsledné hodnocení je tak nastaveno absolutně a umožňuje hodnotit navzájem různé typologicky odlišné druhy staveb pomocí pevně nastaveného měřítka.

V momentě, kdy začneme hodnotit pouze část této stavby stejnou metodikou, dostaneme výsledné hodnoty jiné, odpovídající poměrově pouze hodnocené části budovy. Obdobné zkrácení vzniká také tehdy, nehodnotíme-li všechna kritéria, ale pouze jejich výběr. Proto je pro posuzování pouze částí stavby či kritérií používáno hodnocení relativní, které spočívá pouze ve vzájemném porovnávání dílčích parametrů stavby dílčím počtem kritérií, a to minimálně dvou a více variant.

Pro takto zvolenou úpravu hodnocení je upravena i hodnoticí stupnice, která se stanovuje zvlášť pro každou variantu hodnocení. Zvolí se pevně daná hodnota indikátoru, pro kterou (včetně hodnot kvalitativně horších) se stanoví hodnota 0. Další body se přiřazují kvalitativně lepším hodnotám indikátorů, a to ve stejném poměru, jaký odpovídá hodnotovým skokům v hodnoticí tabulce původní metodiky, avšak pro širší pole hodnocení není bodové hodnocení omezeno pouze na 10, ale může nabýt i hodnot vyšších. Příklad rozdílu hodnocení ukazuje následující tabulka.

Tab. 13 Příklad principu hodnocení dle původní metodiky SBToolCZ

hodnota indikátoru	bodové hodnocení
1	0
2	0
3	5
4	10
5	10

Zdroj: Autor

Tab. 14 Příklad upraveného hodnocení dle SBToolCZ

hodnota indikátoru	bodové hodnocení
0,5	0
1,0	2,5
1,5	5
2,0	7,5
2,5	10
3,0	12,5

Zdroj: Autor

Váhy jednotlivých kritérií a skupin kritérií zůstávají stejné. Pouze u upraveného kritériálního listu C. 1 je váha změněna na 100 %, podrobněji viz výše.

3.2.6 Zpracování metodiky do tabulkového editoru a automatické provázání jednotlivých výstupů se zadávanými parametry

Výše uvedené principy metodiky byly přetransformovány do výsledné podoby ve formátu tabulkového editoru Excel, který svým propojením jednotlivých kritériálních

listů a celkových výsledků umožňuje rychlé sledování dopadů změn jednotlivých vstupních parametrů na celkové hodnocení.

3.3 Posouzení konkrétních konceptů ESD

3.3.1 Stanovení způsobu a rozsahu hodnocení – vztah mezi energetickou potřebou a mírou energetické soběstačnosti

Zvolené hodnocení se snaží popisovat pouze ty části návrhu, které jsou specifické právě pro ESD. Jedná se zejména o části návrhu majících vliv na energetickou bilanci. Hodnotí se také důsledky, které s těmito částmi návrhu přímo souvisejí. Jelikož jsou však jeho jednotlivé části navzájem propojené natolik, že možných variantních řešení je prakticky nekonečně mnoho, byl vybrán po vzoru způsobu tvorby referenčního domu v hodnocení průkazu energetické náročnosti budovy jeden konkrétní virtuální koncept domu s pevně danou typologií, hmotovým, dispozičním a architektonickým řešením, který se liší pouze svou energetickou koncepcí, a to jak v pasivních tak aktivních řešeních. Jinak řečeno, jeden konkrétní tvarový koncept byl rozvinut do 5 variant, lišících se svou energetickou náročností, z nichž pro každou bylo vytvořeno 5 konceptů pokrytí energetické potřeby, tedy bylo stanoveno 5 variant její míry energetické soběstačnosti.

Celkem tak bylo nadefinováno 25 variant jednoho hmotového a dispozičního konceptu, které se budou navzájem posuzovat.

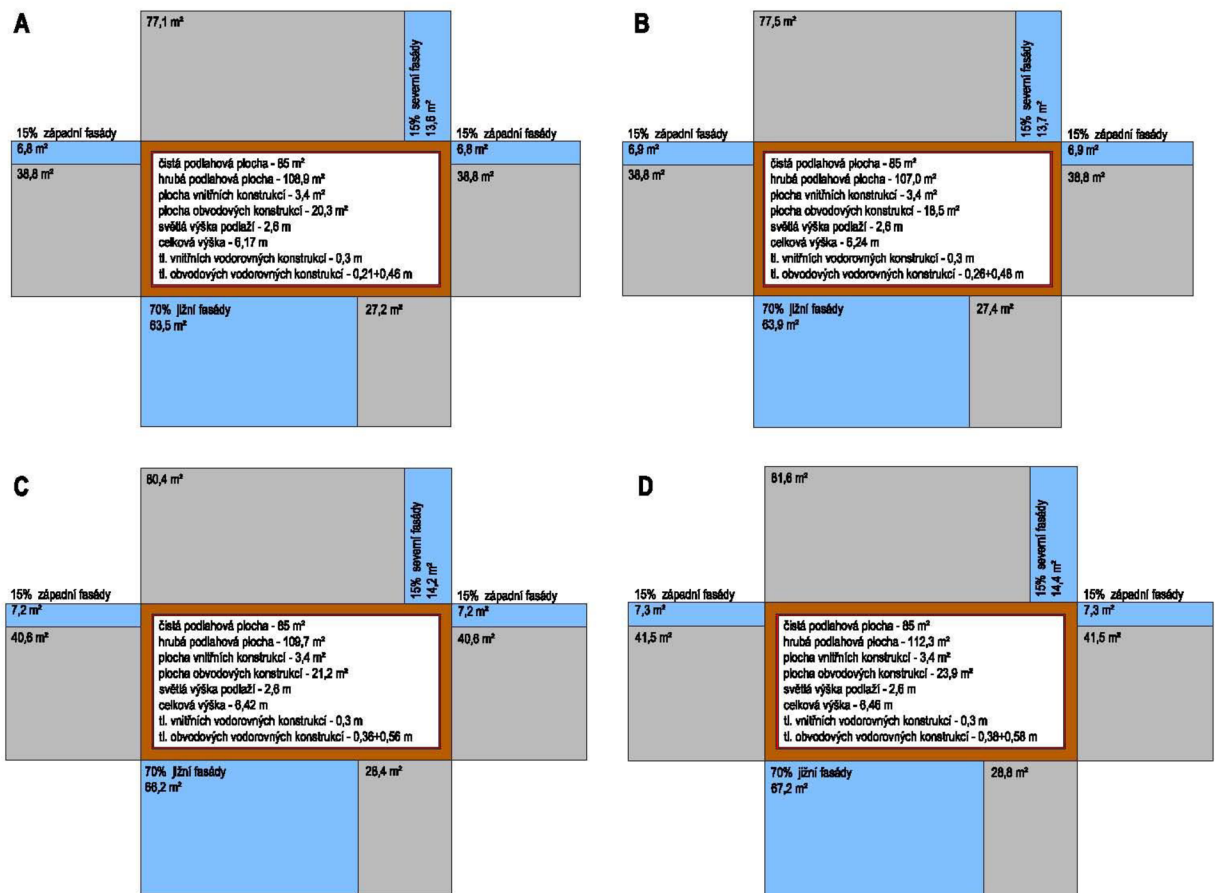
3.3.2 Tvorba konkrétního konceptu domu – virtuální dům s variantním řešením energetického hospodaření

Stanovení konkrétního dispozičního a hmotového řešení bylo provedeno zejména na základě zkušeností získaných z vyprojektovaných a realizovaných rodinných domů, ze kterých byly extrahovány obvyklé požadavky investorů na rozsah domu, který byl stanoven na 170 m² užitné plochy, což odpovídá 4- až 5pokojovému domu s kuchyní a zázemím. Dále byl stanoven tvar domu, a to s ohledem na optimální dispoziční uspořádání, minimalizaci povrchu domu a maximalizaci užitného komfortu. Těmto požadavkům nejlépe vyhověl obdélníkový půdorysný tvar domu s poměry stran 1 : 2 orientovaný delší stranou na jih, se dvěma nadzemními podlažimi a s plochou střechou. Dále se předpokládá zónování domu, tedy umístění obytných místností do jižní poloviny domu a místností zázemí a komunikací do severní části. Do konstantních parametrů

modelovaného domu byla zařazena i plocha oken a dveří jednotlivých fasád, jelikož plocha transparentních konstrukcí ovlivňuje výrazně energetickou bilanci, ale také jde o určitý uživatelský komfort. Plochy oken tedy odpovídají následujícím hodnotám: J fasáda – 70 % okenních ploch, Z, V a S fasáda 15 % okenních ploch.

Zdroj: Autor

Obr. 9 Grafické znázornění prostorových parametrů navržených variant hodnocených konceptů virtuálního domu



LEGENDA

	plocha fasády - okenní a dveřní výplně
	netransparentní plocha fasády
	plocha vnitřních stavebních konstrukcí
	plocha stavebních konstrukcí obvodového pláště
	čistá podlahová plocha jednoho podlaží

orientace vůči světovým stranám

Takto namodelovaný virtuální dům, jak bylo výše zmíněno, byl dále variován ve smyslu energetického standardu, který spočíval v míře kvality tepelné obálky budovy a v míře použití vlastních obnovitelných zdrojů energie. Bylo vytvořeno 5 základních variant domu, pro které byly navrženy konkrétní skladby a parametry tepelné obálky. Pro

úrovně dimenzování se vycházelo z normy ČSN 73 0540, na jejíž požadované a doporučené hodnoty součinitele prostoru tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v interiéru 18 °C až 22 °C včetně se navrhly konkrétní skladby. (21) Jelikož varianty B, C a D se pohybují v úrovni pasivních a nulových domů, kde již bývá standardem nucené větrání s rekuperací tepla, je tedy s ním v jednotlivých variantách uvažováno i včetně varianty A, u které je navržena i varianta bez rekuperace. Základních 5 variant domu lze charakterizovat následujícím způsobem:

- dům s tepelnou obálkou na úrovni doporučených hodnot součinitelů prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 bez systému nuceného větrání s rekuperací, (21)
- dům s tepelnou obálkou na úrovni doporučených hodnot součinitelů prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 se systémem nuceného větrání s rekuperací, (21)
- dům s tepelnou obálkou na úrovni vyšších hodnot součinitelů prostupu tepla doporučených pro pasivní domy dle ČSN 73 0540-2 se systémem nuceného větrání s rekuperací, (21)
- dům s tepelnou obálkou na úrovni nižších hodnot součinitelů prostupu tepla doporučených pro pasivní domy dle ČSN 73 0540-2 se systémem nuceného větrání s rekuperací, (21)
- dům s tepelnou obálkou odpovídající hodnotám součinitelů prostupu tepla nulového domu se systémem nuceného větrání s rekuperací.

Návrh konkrétních skladeb byl proveden v programu od firmy DEK, Stavební fyzika – Tepelná technika 1D.

Tab. 15 Výměry sledovaných materiálů dle jednotlivých variant zateplení obálky budovy

Název materiálu	výměry jednotlivých materiálů dle variant zateplení obálky			
	A [kg]	B [kg]	C [kg]	D [kg]
cihla vápenopísková	-	88884.00	88884.00	88884.00
HELUZ PLUS 44 – broušená – HE	72751.01	-	-	-
PIR	-	-	-	1293.70
EPS GRAY	-	-	2096.50	2290.84
EPS 100	914.76	1941.52	541.52	-

Zdroj: Autor

Pro takto definované varianty daného konceptu byly vypočteny potřeby energií na vytápění, ohřev teplé vody, osvětlení, domácí spotřebiče, měření a regulaci, a to včetně energií provozních a pomocných systémů. V celkové potřebě energie byla zohledněna i účinnost jednotlivých systémů. Potřeby energií byly vypočítány pro jednotlivé měsíce v roce samostatně tak, aby bylo možné přesnější dimenzování obnovitelných zdrojů energie závislých na klimatických prvcích měnících se v průběhu roku.

Tab. 16 Pokrytí energetických potřeb dle jednotlivých hodnocených variant – přehled výstupů z programu CALK

VARIANTA A bez VZT s rekuperací

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
roční bilance energie	označení	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q_{TK}	0	0	9766.476	9766.476	9766.476
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q_{FVP}	0	15683.08	20692.12	18779.94	7819.02
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q_{WE}	0	0	0	17887.25	44718.16
energie dodaná ze sítě	Q_{net}	62303.65	46620.58	31684.21	15771.2	0
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q_{celk}	62303.65	62303.65	62142.8	62204.87	62303.65

VARIANTA A s VZT s rekuperací

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
roční bilance energie	označení	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q_{TK}	0	0	9766.476	9766.476	9766.476
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q_{FVP}	0	14411.45	18860.8	15149.45	11652.62

dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q_{WE}	0	0	0	17887.25	35774.53
energie dodaná ze sítě	Q_{net}	57193.63	42782.15	28405.55	14291.64	0
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q_{celk}	57193.63	57193.6	57032.82	57094.81	57193.63

VARIANTA B

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
roční bilance energie	označení	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q_{TK}	0	9765.756	9765.756	9765.756	9765.756
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q_{FVP}	0	0	11503.51	13198.28	6255.648
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q_{WE}	0	0	0	8943.624	26830.91
energie dodaná ze sítě	Q_{net}	42950.23	32001.37	21202.78	10845.86	0
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q_{celk}	42950.23	41767.13	42472.04	42753.53	42852.31

VARIANTA C

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
roční bilance energie	označení	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q_{TK}	0	9082.044	9766.476	9766.476	9766.476
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q_{FVP}	0	0	8477.316	18576.94	10295.21
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q_{WE}	0	0	0	0	17887.25
energie dodaná ze sítě	Q_{net}	37962.11	27870.95	18694.76	9519.912	0
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q_{celk}	37962.11	36952.99	36938.56	37863.32	37948.93

VARIANTA D

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
roční bilance energie	označení	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q_{TK}	0	7980.7	7980.7	9766.5	9766.5
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q_{FVP}	0	0	8477.3	15446.1	15261.3
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q_{WE}	0	0	0	0	8943.6
energie dodaná ze sítě	Q_{net}	33980.1	25112.7	16691.4	8606.8	0.0
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q_{celk}	33980.1	33093.3	33149.4	33819.4	33971.4

Zdroj: Autor

Druhým krokem vytváření variantního energetického hospodaření je stanovení míry energetické soběstačnosti, tedy stanovení podílu krytí energetických potřeb vlastními

obnovitelnými zdroji energie. Každý standard zateplení domu uvedený v předešlé tabulce se rozdělí na dalších 5 variant, a to s 0%, 25%, 50%, 75% a 100% krytím energetických potřeb pomocí vlastních energetických zdrojů, čemuž odpovídá míra energetické soběstačnosti. V rámci definování konceptu byl použit systém **BACKUP**, tedy systém získající dodatečnou energii, která se již nedá pokrýt z vlastních zdrojů, z veřejné distribuční sítě. Backup systém byl použit zejména s ohledem na dobrou dostupnost distribuční soustavy v rámci České republiky a s ohledem na vzrůstající trend backup systémů v západních zemích, zejména v Německu, a jejich podpory ze strany státu. (9) Jako OZE jsou použity solární termické kolektory, které pokrývají energetickou potřebu na ohřev teplé vody, dále fotovoltaické solární panely a větrné agregáty vyrábějící energii elektrickou. Součástí jednotlivých systémů jsou i zařízení pro akumulaci a distribuci energie, tedy teplovodní zásobníky, střídače, regulátory nabíjení, baterie, rozvody apod. Pro každou z 25 variant se tak navrhl rozsah použití těchto OZE potřebných k dosažení daných kritérií energetické soběstačnosti. Jako doplňkový zdroj energie byla použita elektrická síť. Výpočty energetických potřeb a dimenzování OZE bylo provedeno programem CALK – speciální program k tomuto účelu vyvinutý v rámci grantového projektu zpracovaném na FA VUT v Brně s Ing. Jiřím Svobodou. (10) Výsledky stanovení spotřeb energií bylo ověřeno programem od firmy DEK, Stavební fyzika – Energetika určeným pro tvorbu průkazů energetické náročnosti budov.

Pro názornost je uveden příklad zadání a vyhodnocení konkrétní hodnocené varianty programem CALK. Z důvodů velkého rozsahu těchto listů v souvislosti s 25 hodnocenými variantami je v této kapitole uvedena pouze jedna varianta, a to varianta B se 75% mírou energetické soběstačnosti. Přehled všech hodnot a výstupů vyžadovaných hodnotící metodikou SBToolCZ je uveden výše, či níže v jednotlivých tabulkách. Posouzení ostatních variant je součástí příloh v netištěné části práce v elektronické podobě ve formě excelových souborů, které jsou přiložené na CD.

Tab. 17 Vstupní formulář programu CALC strana 1/3 – varianta B75

CALC 02 2012

VSTUPNÍ FORMULÁŘ

Údaje o budově:

Adresa budovy:

Druh stavby:

Vlastník:

Adresa vlastníka:

Zpracovatel:

Základní popis:

Návrhová vnitřní teplota (otopné období): °C

Celkový obestavěný objem (vnější rozměry): m³

Objem vzduchu (% z celkového objemu): %

Vliv tepelných vazeb: 0.02 W/m².K

Celková podlahová plocha: m² A/V= 0.32

Konstrukce obálky budovy:

Neprůsvitné konstrukce:

Obvodová stěna	Č.	Označení konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² .K]
	1			182.6
2				
3				
4				
5				

Střešní konstrukce	Č.	Označení konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² .K]
	1			107
2				
3				
4				

Podlaha na terénu	Č.	Označení konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² .K]	hloubka [m]
	1			107	0.22
2					
3					
4					

Zdroj: Autor

Tab. 18 Vstupní formulář programu CALK strana 2/3 – varianta B75

Průsvitné konstrukce:

Okna (ORIENTACE)	Č.	Ozn.	Plocha [m ²]	U _w [W/m ² .K]	Typ zasklení
Východ	1		6.9	0.80	Trojsklo+sv
Jihovýchod	2				
	3				
Jih	4		63.9	0.80	Trojsklo
	5				
Jihozápad	6				
	7				
Západ	8		6.9	0.80	Trojsklo+sv
Severozápad	9				
Sever	10		13.7	0.80	Trojsklo+sv
Severovýchod	11				
Horizont	12				
Dveře (ORIENTACE)	Č.	Ozn.	Plocha [m ²]	U [W/m ² .K]	Typ zasklení
Východ	1				
Jihovýchod	2				
Jih	3				
Jihozápad	4				
Západ	5				
Severozápad	6				
Sever	7				
Severovýchod	8				

Konstrukce na styku s nevytápěnými prostory:

Č.	Označení konstrukce	Typ nevytápěného prostoru	Plocha [m ²]	U [W/m ² .K]
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Vnitřní parametry:

Počet osob bydlících v budově:	<input type="text" value="4"/>	
Počet bytů:	<input type="text" value="1"/>	
Účinnost rekuperace:	<input type="text" value="75"/>	%
Měrná tepelá kapacita konstrukcí:	<input type="text" value="těžké konstrukce"/>	260 kJ/K/m ²
Typ osvětlení:	<input type="text" value="kompaktní zářivky"/>	0.8 W/m ²

Zdroj: Autor

Tab. 19 Vstupní formulář programu CALC strana 3/3 – varianta B75

CALC 02 2012

VSTUPNÍ FORMULÁŘ

El. spotřebiče:

Běžný provoz, úsporné spotřebiče

Vnější energetické zisky:

Solární kolektory:

Typ kolektoru:

Plochý kolektor Enbra Solar 330

1

Počet kolektorů:

5 ks

Azimutový úhel osluněné plochy:

$\gamma = 0^\circ$

Úhel sklonu plochy:

$\beta = 60^\circ$

Fotovoltaické systémy:

Typ kolektoru:

Polykrystalický křemík

14 %

Plocha panelů:

160 m²

Azimutový úhel osluněné plochy:

$\gamma = 0^\circ$

Úhel sklonu plochy:

$\beta = 60^\circ$

Vlastnosti systému:

průměrná úroveň zařízení (0,75)

Větrná energie:

Typ elektrárny:

WHISPER W500 (80)

Počet:

1 ks

Větrná oblast:

Brno

Připojení na rozvodnou síť NN:

NE

Palivový generátor:

Typ generátoru:

Propan-Butan 12kW

Zdroj: Autor

Tab. 20 Výstupní formulář programu CALK strana 1/6 – varianta B75

CALC 02 2012

VÝSTUPNÍ FORMULÁŘ

POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ [kWh]												
LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	
1 054.92	490.11	185.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	683.18	1 462.14	3 875.75 kWh/rok
3.80	1.76	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46	5.26	13.95 GJ/rok
POTŘEBA PROVOZNÍ ENERGIE [kWh]												
OSVĚTLENÍ												
55.21	41.09	37.66	29.96	25.25	23.11	23.54	25.25	30.82	37.66	43.66	54.78	428.00 kWh/rok
VENTILÁTORY												
77.76	42.35	25.36	13.73	14.18	13.73	14.18	14.18	13.73	14.18	54.90	102.30	400.58 kWh/rok
OHŘEV TV												
298.53	269.64	298.53	288.90	298.53	288.90	298.53	298.53	288.90	298.53	288.90	298.53	3 514.99 kWh/rok
DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE												
244.60	220.93	244.60	236.71	244.60	236.71	244.60	244.60	236.71	244.60	236.71	244.60	2 880.00 kWh/rok
MaR												
11.16	10.08	11.16	10.80	11.16	10.80	11.16	11.16	10.80	11.16	10.80	11.16	131.40 kWh/rok
POTŘEBA PROVOZNÍ ENERGIE CELKEM [kWh]												
687.27	584.09	617.32	580.10	593.73	573.25	592.02	593.73	580.96	606.14	634.97	711.38	7 354.97 kWh/rok
CELKOVÁ POTŘEBA ENERGIE BUDOVY [kWh]												
1 742.19	1 074.21	802.71	580.10	593.73	573.25	592.02	593.73	580.96	606.14	1 318.15	2 173.52	11 230.71 kWh/rok

Zdroj: Autor

Tab. 21 Výstupní formulář programu CALK strana 2/6 – varianta B75

CALC 02 2012

VÝSTUPNÍ FORMULÁŘ

POTŘEBA ENERGIE SE ZAPOČTENÍM ÚČINNOSTI SYSTÉMU [kWh]												
VYTÁPĚNÍ												
1 110.44	515.91	195.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	719.14	1 539.10	4 079.74 kWh/rok
OSVĚTLENÍ												
56.34	41.93	38.43	30.57	25.77	23.58	24.02	25.77	31.44	38.43	44.55	55.90	436.73 kWh/rok
VENTILÁTORY												
79.35	43.21	25.87	14.01	14.47	14.01	14.47	14.47	14.01	14.47	56.02	104.39	408.75 kWh/rok
OHŘEV TV												
331.70	299.60	331.70	321.00	331.70	321.00	331.70	331.70	321.00	331.70	321.00	331.70	3 905.54 kWh/rok
DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE												
249.59	225.44	249.59	241.54	249.59	241.54	249.59	249.59	241.54	249.59	241.54	249.59	2 938.78 kWh/rok
MaR												
11.39	10.29	11.39	11.02	11.39	11.02	11.39	11.39	11.02	11.39	11.02	11.39	134.08 kWh/rok
CELKOVÁ POTŘEBA ENERGIE SE ZAPOČTENÍM ÚČINNOSTI SYSTÉMU [kWh]												
1 838.81	1 136.38	852.15	618.14	632.93	611.16	631.18	632.93	619.02	645.59	1 393.27	2 292.07	11 903.62 kWh/rok

Zdroj: Autor

Tab. 22 Výstupní formulář programu CALK strana 3/6 – varianta B75

CALC 02 2012

VÝSTUPNÍ FORMULÁŘ

VYUŽITELNÁ ENERGIE ZE SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ [kWh]												
LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	
84.63	155.08	293.73	288.90	298.53	288.90	298.53	298.53	288.90	254.86	104.76	57.56	2 712.91 kWh/rok
BILANCE VÝROBY TV [kWh]												
POTŘEBA ENERGIE NA OHŘEV TV												
298.53	269.64	298.53	288.90	298.53	288.90	298.53	298.53	288.90	298.53	288.90	298.53	3 514.99 kWh/rok
VYUŽITELNÁ ENERGIE NA OHŘEV TV ZE SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ												
84.63	155.08	293.73	288.90	298.53	288.90	298.53	298.53	288.90	254.86	104.76	57.56	2 712.91 kWh/rok
POTŘEBA ENERGIE NA OHŘEV TV Z JINÝCH ZDROJŮ												
237.67	127.30	5.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.53	204.61	267.75	891.19 kWh/rok
ENERGIE VYROBENÁ FOTOVOLTAICKÝM SYSTÉMEM [kWh] (celková/využitelná)												
598.92	959.62	1656.14	1895.04	2312.35	2414.16	2452.97	2286.31	1935.36	1275.96	635.04	416.64	18 838.51 kWh/rok
599	692	237	-14	133	179	181	236	147	224	635	417	3 666.19 kWh/rok
ENERGIE VYROBENÁ VĚTRNOU ELEKTRÁRNOU [kWh]												
219.24	288.93	321.14	343.27	200.96	143.67	151.17	98.42	183.48	166.87	175.07	192.12	2 484.34 kWh/rok

Zdroj: Autor

Tab. 23 Výstupní formulář programu CALK strana 4/6 – varianta B75

CALC 02 2012

VÝSTUPNÍ FORMULÁŘ

POTŘEBA ENERGIE PO ZAPOČÍTÁNÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ [kWh]												
LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	
926.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	466.77	1619.36	3 012.74 kWh/rok
ENERGIE VYROBENÁ PALIVOVÝM GENERÁTOREM [kWh]												
926.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	466.77	1619.36	3 012.74 kWh/rok
ENERGETICKÁ BILANCE [kWh]												
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 kWh/rok
ENERGETICKÁ BILANCE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ [kWh]												
912.19	1136.38	852.15	618.14	632.93	611.16	631.18	632.93	619.02	645.59	926.50	672.71	8 890.88 kWh/rok
49.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.5%	29.3%	74.7%

MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ
HODNOCENÍ STAVBY:

$e_a = 18.11$ kWh/(m².a)
PASIVNÍ DŮM dle ČSN 73 0540-2

OBJEM SOLÁRNÍHO ZÁSOBNÍKU PRO OHŘEV TV:
OBJEM ZÁSOBNÍKU TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ:
AKUMULÁTORY ELEKTRICKÉ ENERGIE:

889 [l]
0 [l]

kapacita 19320 Ah
hmotnost: 5376 [kg]
obestavěný prostor sestavy: 3.77 [m³]

PŮDORYSNÁ PLOCHA FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ: 320 [m²]

Zdroj: Autor

Tab. 24 Výstupní formulář programu CALK strana 5/6 – varianta B75

CALC 02 2012

VÝSTUPNÍ FORMULÁŘ

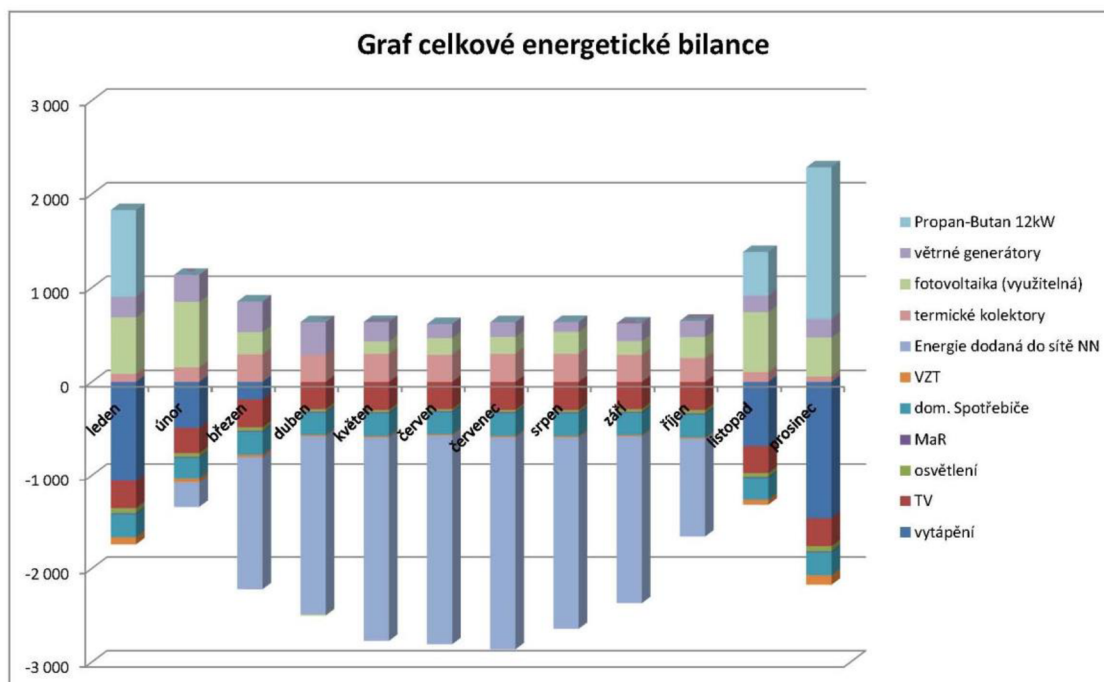
BILANCE PROVOZU PALIVOVÉHO GENERÁTORU												
LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC	
SPOTŘEBA PALIVA												
387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	195	677	1 259.00 l/rok
DOBA PROVOZU												
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	148	276.00 h/rok
PROVOZNÍ NÁKLADY												
6579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3315	11509	21 403.00 Kč/rok

Zdroj: Autor

Obr. 10 Výstupní formulář programu CALK strana 6/6 – varianta B75

CALC 02 2012

VÝSTUPNÍ FORMULÁŘ



Zdroj: Autor

Tab. 25 Rozsah navržených zařízení pokrývajících energetickou potřebu jednotlivých hodnocených variant – výstup z programu CALK

VARIANTA A bez VZT s rekuperací

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
typ zařízení	jednotky	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
systém nuceného větrání	[ks]	0	0	0	0	0
systém solárních kolektorů	[m ²]	0	0	10	10	10
systém fotovoltaických panelů	[m ²]	0	37	120	300	900
systém větrné elektrárny	[ks]	0	0	0	2	5
elektrická přípojka	[ks]	1	1	1	1	0

VARIANTA A s VZT s rekuperací

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
typ zařízení	jednotky	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
systém nuceného větrání	[ks]	1	1	1	1	1
systém solárních kolektorů	[m ²]	0	0	10	10	10
systém fotovoltaických panelů	[m ²]	0	34	110	270	870
systém větrné elektrárny	[ks]	0	0	0	2	4
elektrická přípojka	[ks]	1	1	1	1	0

VARIANTA B

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
typ zařízení	jednotky	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
systém nuceného větrání	[ks]	1	1	1	1	1
systém solárních kolektorů	[m ²]	0	10	10	10	10
systém fotovoltaických panelů	[m ²]	0	0	35	160	640
systém větrné elektrárny	[ks]	0	0	0	1	3
elektrická přípojka	[ks]	1	1	1	1	0

VARIANTA C

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
typ zařízení	jednotky	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
systém nuceného větrání	[ks]	1	1	1	1	1
systém solárních kolektorů	[m ²]	0	8	10	10	10
systém fotovoltaických panelů	[m ²]	0	0	20	150	590
systém větrné elektrárny	[ks]	0	0	0	0	2
elektrická přípojka	[ks]	1	1	1	1	0

VARIANTA D

míra energetické soběstačnosti		0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
typ zařízení	jednotky	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]	[MJ/a]
systém nuceného větrání	[ks]	1	1	1	1	1
systém solárních kolektorů	[m ²]	0	6	6	10	10
systém fotovoltaických panelů	[m ²]	0	0	20	95	500
systém větrné elektrárny	[ks]	0	0	0	0	1
elektrická přípojka	[ks]	1	1	1	1	0

Zdroj: Autor

3.3.3 Návrh konkrétních parametrů potřebných pro hodnocení jednotlivých variant dle kritérií hodnoticí metodiky

Z postupu popsaného v předcházející kapitole vyplynou základní vstupní parametry, které již vstupují do kritériálního hodnocení nebo pomocí kterých se potřebné parametry zjistí. Další potřebné parametry jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tab. 26 Životnost, jednotková cena a jednotková svázaná spotřeba primární energie vybraných materiálů

Název materiálu	životnost [rok]	cena [Kč/kg]	jednotková svázaná spotřeba primární energie [MJ/kg]
cihla vápenopísková	100	3.00	1.279
HELUZ PLUS 44 – brouš. - HE	80	4.80	2.574
PIR	30	190.00	99.265
EPS GRAY	30	165.00	105.073
EPS 100	30	150.00	105.073

Zdroj: SBToolCZ, Autor, Envimat

Hodnoty životnosti jsou převzaty z přílohy k metodice SBToolCZ. (14) Cena byla stanovena na základě reálných ceníkových cen materiálu a byla vztažena na jednotku hmotnosti používanou v ostatních hodnocených parametrech. Jako zdroj hodnot svázaných energií a emisí jednotlivých materiálů posloužil server ENVIMAT.CZ. (15)

Tab. 27 Životnost stavebních konstrukcí komponentů

Zdroj: Vonka a kolektiv, Metodika SBToolCZ - Manuál hodnocení bytových staveb ve

NOSNÉ KONSTRUKCE	životnost [roky]	průměrná životnost [roky]
Betonové základy	80-150	100
Venkovní stěny/sloupy		
beton, železobeton (vnější prostředí)	60-80	70
přírodní kámen (vnější prostředí)	60-250	80
cihly, lícové cihly (vnější prostředí)	80-150	90
beton, umělý kámen, cihly, vápenec (s obkladem)	100-150	120
lehký beton (s obkladem)	80-120	100
spárované zdivo, režné zdivo	30-40	35
ocel	60-100	80
měkké dřevo (vnější prostředí)	40-50	45
měkké dřevo (v panelech), tvrdé dřevo (vnější prostředí)	60-80	70
tvrdé dřevo (v panelech)	80-120	100
Vnitřní stěny, vnitřní podpory		
beton, přírodní kámen, cihly, klínkové cihly, vápenopískové cihly	100-150	120
lehký beton	80-120	100
ocel	800-100	90
měkké dřevo	50-80	70
tvrdé dřevo	80-150	100
Stropy, schodiště, balkóny		
beton (vnější prostředí)	60-80	70
beton s vnějším nebo vnitřním obkladem	100-150	100
klenby a překlady z cihel nebo lícových cihel	80-150	100
ocel (interiér)	80-100	90
ocel (exteriér)	50-90	60
vnitřní dřevěné schodiště, nosná konstrukce z měkkého dřeva	50-80	60
vnitřní dřevěné schodiště, nosná konstrukce z tvrdého dřeva	80-150	90
venkovní dřevěné schodiště, nosná konstrukce z měkkého dřeva	30-50	45
venkovní dřevěné schodiště, nosná konstrukce z tvrdého dřeva	50-80	70

fázi návrhu

Tab. 28 Jednotková svázaná produkce emisí sledovaných látek vybraných materiálů

Název materiálu	jednotková svázaná produkce emisí CO _{2,ekv} [kg CO _{2,ekv} ./kg]	jednotková svázaná produkce emisí SO _{2,ekv} [kg SO _{2,ekv} ./kg]	jednotková svázaná produkce emisí R-11 _{ekv.} [kg R-11 _{ekv.} ./kg]	jednotková svázaná produkce emisí C ₂ H _{4,ekv.} [kg C ₂ H _{4,ekv.} ./kg]
cihla vápenopísková	0.13037	0.00021284	1.1736E-08	-

HELUZ PLUS 44 - broušená - HE	0.23862	0.00054560	1.7802E-08	-
PIR	4.8451	0.02027800	1.1736E-08	0.00093994
EPS GRAY	4.2121	0.01490000	1.1736E-08	0.00675450
EPS 100	4.2121	0.0149	1.1736E-08	0.00675450

Zdroj: Envimat

Hodnoty konverzních a emisních faktorů pro jednotlivé zdroje energie a energonositele jsou opět převzaty z přílohy metodiky SBToolCZ. (14)

Tab. 29 Emisní a konverzní faktory dle jednotlivých zdrojů

druh energonositele	emisní faktory			konverzní faktor
	[g CO _{2,ekv.} /MJ]	[g SO _{2,ekv.} /MJ]	[g NO _{2,ekv.} /MJ]	[MJ./MJ]
solární termické kolektory	13.3	0.058	0.035	0.15
fotovoltaické panely	37.5	0.08	0.05	0.52
větrné elektrárny	16.1	0.035	0.029	0.15
elektrická energie - mix ČR (rok 2008)	207.4	0.464	0.313	3.16

Zdroj: SBToolCZ

Stanovení cen větracího systému se provádělo ve spolupráci s odbornou firmou, která na základě svých zkušeností s projektováním vzduchotechnických zařízení v domech obdobného rozsahu vyplnila následující tabulku.

Tab. 30 Ceny řešení větracího systému pro navrhovaný rozsah domu

Podtlakové větrání větracími otvory integrovanými do výplní stavebních otvorů nebo do obvodových stěn v kombinaci s nuceným podtlakovým větráním u hygienického zázemí a kuchyně	35 000.00 Kč
Dtto s větracími otvory s regulací průtoku	45 000.00 Kč
Nucené rovnotlaké větrání bez automatické regulace	100 000.00 Kč
Dtto s řízením dle obsazenosti	120 000.00 Kč
Dtto s čidlem CO ₂	120 000.00 Kč
Dtto s čidlem CO ₂ a vlhkosti s možností zvlhčování/odvlhčování	150 000.00 Kč

Zdroj: Autor

U stanovení cen fotovoltaických ostrovních systémů byl trochu problém v dostupnosti dat ucelených systémů. Proto byl vytvořen výpočetní model skládající se z ceny jednotlivých panelů, ceny sestavy baterií, jejichž rozsah je dán na základě kalkulace v závislosti na energetických potřebách a optimální autonomii domu v programu CLAK, dále ceny ostatního zařízení, zejména střídačů regulátorů nabíjení, řídicích systémů, elektroinstalací a montáže. Ceny jsou následně přepočítány na m² plochy FVP a tato

hodnota vstupuje do výsledného hodnocení. Ve výpočtech jsou použity běžně dostupné ceníkové ceny jednotlivých komponent.

Tab. 31 Odborný odhad cen fotovoltaických systémů v závislosti na jejich rozsahu a variantě konceptu

	m ²	cena panelů	baterie	cena ostatního zařízení bez baterií	montáž	cena na m ²
D	20	88 000.00 Kč	553 000.00 Kč	80 000.00 Kč	216 300.00 Kč	46 865.00 Kč
	95	418 000.00 Kč	553 000.00 Kč	150 000.00 Kč	336 300.00 Kč	15 340.00 Kč
	500	2 200 000.00 Kč	553 000.00 Kč	480 000.00 Kč	969 900.00 Kč	8 405.80 Kč
C	20	88 000.00 Kč	574 000.00 Kč	80 000.00 Kč	222 600.00 Kč	48 230.00 Kč
	150	660 000.00 Kč	574 000.00 Kč	180 000.00 Kč	424 200.00 Kč	12 254.67 Kč
	590	2 596 000.00 Kč	574 000.00 Kč	630 000.00 Kč	1 140 000.00 Kč	8 372.88 Kč
B	35	154 000.00 Kč	588 000.00 Kč	80 000.00 Kč	246 600.00 Kč	30 531.43 Kč
	160	704 000.00 Kč	588 000.00 Kč	180 000.00 Kč	441 600.00 Kč	11 960.00 Kč
	640	2 816 000.00 Kč	588 000.00 Kč	690 000.00 Kč	1 228 200.00 Kč	8 315.94 Kč
A s VZT	34	149 600.00 Kč	623 000.00 Kč	80 000.00 Kč	255 780.00 Kč	32 599.41 Kč
	110	484 000.00 Kč	623 000.00 Kč	150 000.00 Kč	377 100.00 Kč	14 855.45 Kč
	270	1 188 000.00 Kč	623 000.00 Kč	280 000.00 Kč	627 300.00 Kč	10 067.78 Kč
	870	3 828 000.00 Kč	623 000.00 Kč	780 000.00 Kč	1 569 300.00 Kč	7 816.44 Kč
A bez VZT	37	162 800.00 Kč	630 000.00 Kč	80 000.00 Kč	261 840.00 Kč	30 665.95 Kč
	120	528 000.00 Kč	630 000.00 Kč	150 000.00 Kč	392 400.00 Kč	14 170.00 Kč
	300	1 320 000.00 Kč	630 000.00 Kč	280 000.00 Kč	669 000.00 Kč	9 663.33 Kč
	900	3 960 000.00 Kč	630 000.00 Kč	780 000.00 Kč	1 611 000.00 Kč	7 756.67 Kč

Zdroj: Autor

Stanovení cen solárních panelů bylo provedeno obdobným způsobem jako u FVP pouze s tím rozdílem, že cena ostatního zařízení obsahuje i prvky pro akumulaci energie, tedy teplovodní zásobník, regulaci a potřebné rozvody.

Tab. 32 Odborný odhad cen systému solárních kolektorů v závislosti na jejich rozsahu

plocha [m ²]	cena panelů	cena ostatního zařízení	cena montáže	cena celkem	cena na m ²
2	14 000.00 Kč	60 000.00 Kč	22 200.00 Kč	96 200.00 Kč	48 100.00 Kč
4	28 000.00 Kč	70 000.00 Kč	29 400.00 Kč	127 400.00 Kč	31 850.00 Kč
6	42 000.00 Kč	80 000.00 Kč	36 600.00 Kč	158 600.00 Kč	26 433.33 Kč
8	56 000.00 Kč	90 000.00 Kč	43 800.00 Kč	189 800.00 Kč	23 725.00 Kč
10	70 000.00 Kč	100 000.00 Kč	51 000.00 Kč	221 000.00 Kč	22 100.00 Kč

Zdroj: Autor

Pro návrh větrných agregátů byl použit typ WHISPER W500, který dokáže využívat i nízkých větrných rychlostí, a je tak vhodný do našich podmínek a pro ESD. Agregát potřebuje pro své zapojení do systému minimální rozsah zařízení, cena tedy byla

stanovena na 300.000,00 Kč. Tato cena platí pouze v kombinaci s FTP, pokud by se agregát používal samostatně, je nezbytné k ceně připočítat i náklady na baterie a zařízení pro vytvoření elektrické sítě, zejména střídače a regulátory nabíjení.

Poslední položkou, která byla vyčíslena, je položka investičních nákladů na přípojku elektrické energie. Ta byla ve všech případech stanovena na hodnotu 20.000,00 Kč, což odpovídá běžným nákladům na připojení rodinného domu s dostupností distribuční soustavy elektrické energie v blízkém okolí. V případě, kdy bychom hodnotili případ domu vzdáleného od distribuční soustavy, pak by se nám zvýšení ceny za el. přípojku výrazněji promítlo do celkového hodnocení.

Provozní náklady můžeme rozdělit do tří základních skupin.

První skupinu tvoří provozní náklady na údržbu jednotlivých konstrukcí, materiálů a zařízení. Zde je velmi složité predikovat přesné hodnoty, proto se v rámci hodnocení tato položka neuvažuje, respektive se započítá v rámci uvažované životnosti daných materiálů a zařízení. Předpokládá se totiž, že pravidelnou údržbou se doba životnosti prodlužuje, a není tak nutné po uplynutí stanovené doby zařízení kompletně vyměnit. Doba životnosti tak obsahuje jak náklady na údržbu, tak částečnou či úplnou výměnu jednotlivých částí konstrukcí zařízení v průběhu let. Provozní náklady na údržbu tedy můžeme považovat za nulové, jelikož jsou již obsaženy v ceně investičních nákladů.

Druhou skupinou nákladů jsou náklady na provoz OZE. Jelikož se zde energie získává v našich uvažovaných variantách z přírodních nevyčerpatelných zdrojů (vítr slunce apod.), které jsou zadarmo, je cena za tento druh energie rovna pouze investičním nákladům a nákladům na údržbu. Zde můžeme převzít teze z předchozího odstavce, a tyto náklady tedy považovat za nulové.

Třetí skupinou provozních nákladů jsou náklady za dodávky energie z neobnovitelných zdrojů, v našem případě elektrické energie z distribuční sítě. Cena této energie se skládá z ceny za jistič, paušální fixní měsíční platby a ceny za odebrané množství energie. Cenový rozdíl je také v závislosti na různých distribučních společnostech. V uvažovaných variantách byl použit stejný typ jističe a stejná distribuční společnost, a to ČEZ. Cena energie na kWh se tak mění v závislosti na množství odebrané energie. Z tohoto důvodu byl použit kalkulátor cen energií energetického regulačního úřadu ERU, pomocí kterého byly stanoveny ceny na kWh spotřebované energie pro jednotlivé hodnocené varianty. (22)

Všechny uvedené ceny jsou převzaty z dostupných cen jednotlivých výrobců. Avšak je třeba zdůraznit, že pravděpodobnost jejich pohybu v průběhu času je ze všech dat nejvíce reálná.

3.3.4 Zadání parametrů do tabulkového editoru – získání výsledných hodnot

V následující kapitole jsou uvedeny jednotlivé vyplněné kritériální listy s uvedením výsledných kritériálních indikátorů. Z důvodu velkého rozsahu těchto listů v souvislosti s 25 hodnocenými variantami jsou v této kapitole uvedeny kritériální listy pouze jedné varianty, a to varianty B se 75% mírou energetické soběstačnosti. V další kapitole je pak uveden přehled všech hodnot vypočtených indikátorů pro všechny varianty. Všechny ostatní kritériální listy jsou součástí netištěné části práce v elektronické podobě ve formě excelových souborů. Oranžově jsou vyznačeny hodnoty jednotlivých kritériálních indikátorů, zeleně zadávané vstupní parametry (pozn. v některých listech nejsou vstupní parametry vyznačeny zeleně, neboť jsou shodné s jinými listy a zadávají se tedy pouze jednou).

Tab. 33 Kriteriační list E. 01 Spotřeba primární energie varianty B 75

E. 01 SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE						
konstrukce / materiál	m.j.	výměra [m.j.]	jednotková svázaná spotřeba energie [MJ/m.j]	svázaná spotřeba energie [MJ]	životnost	roční svázaná spotřeba energie [MJ/a]
		a	b	c=a*b	d	e=c/d
cihla vápenopísková	kg	88884	1.27912	113693.3021	100	1136.933
EPS GRAY 100 S	kg	0	105.07300	0	30	0.000
EPS 100 S	kg	1942	105.07300	204051.766	30	6801.726
celkem						7938.659
roční svázaná spotřeba energie				MJ/a	7938.659	
celková vnitřní užitná plocha				m ²	170	
měrná roční svázaná spotřeba energie				MJ/(m ² .a)	46.698	
roční bilance energie				označení	MJ/a	[MJ/m ² .a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů				Q _{TK}	9765.76	57.45
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.				Q _{FVP}	13198.3	77.64
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou				Q _{WE}	8943.62	52.61
energie dodaná ze sítě				Q _{net}	10845.9	63.80
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému				Q _{celk}	42753.5	251.49
měrná spotřeba energie			roční měrná dodaná energie [MJ/m ² .a]	konverzní faktor [MJ/MJ]	měrná roční spotřeba primární energie [MJ/(m ² .a)]	
			a	b	c=a*b	
Q _{TK}			57.45	0.15	8.62	
Q _{FVP}			77.64	0.52	40.37	
Q _{WE}			52.61	0.15	7.89	
Q _{net}			63.80	3.16	201.61	
CELKEM						258.48
měrná roční svázaná spotřeba energie				MJ/(m ² .a)	46.70	
měrná roční spotřeba primární energie				MJ/(m ² .a)	258.48	
celková měrná roční spotřeba primární energie				MJ/(m ² .a)	305.18	

Zdroj: Autor

Tab. 34 Kriteriaální list E. 02 Potenciál globálního oteplování varianty B 75

E. 02 POTENCIÁL GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ						
konstrukce / materiál	m.j.	výměra [m.j.]	jednotková svázaná produkce emisí CO _{2,ekv} [kg CO _{2,ekv.} /m.j.]	svázaná produkce emisí CO _{2,ekv} [kg CO _{2,ekv}]	životnost	roční CO _{2,ekv} [kg CO _{2,ekv.} /a]
		a	b	c=a*b	d	e=c/d
cihla vápenopísková	kg	88884	0.13037	11587.80708	100	115.88
EPS GRAY 100 S	kg	0	4.2121	0	30	0.00
EPS 100	kg	1942	4.2121	8179.8982	30	272.66
celkem						388.54
roční CO _{2,ekv}				kg CO _{2,ekv.} /a]		388.54
celková vnitřní užitná plocha				m ²		170
měrná roční svázaná produkce emisí CO _{2,ekv.}				kg CO _{2,ekv.} / (m ² .a)		2.29
roční bilance energie						
				označení	MJ/a	[MJ/m ² .a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů				Q _{TK}	9765.76	57.45
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.				Q _{FVP}	13198.3	77.64
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou				Q _{WE}	8943.62	52.61
energie dodaná ze sítě				Q _{net}	10845.9	63.80
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému				Q _{celk}	42753.5	251.49
měrná spotřeba energie						
			roční měrná dodaná energie [MJ/m ² .a]	emisní faktor [kg CO _{2,ekv.} /MJ]	měrná roční produkce emisí CO _{2,ekv} [kg CO _{2,ekv.} / (m ² .a)]	
			a	b	c=a*b	
Q _{TK}			57.45	0.0133	0.76	
Q _{FVP}			77.64	0.0375	2.91	
Q _{WE}			52.61	0.0161	0.85	
Q _{net}			63.80	0.2074	13.23	
CELKEM						17.75
měrná roční svázaná produkce emisí CO _{2,ekv.}						
				kg CO _{2,ekv.} / (m ² .a)		2.29
měrná roční produkce emisí CO _{2,ekv.}				kg CO _{2,ekv.} / (m ² .a)		17.75
měrná roční emise CO _{2,ekv.}				kg CO _{2,ekv.} / (m ² .a)		20.04

Zdroj: Autor

Tab. 35 Kriteriační list E. 03 Potenciál okyselování prostředí varianty B 75

E. 03 POTENCIÁL OKYSELOVÁNÍ PROSTŘEDÍ						
konstrukce / materiál	m.j.	výměra [m.j.]	jednotková svázaná produkce emisí SO _{2,ekv} [kg SO _{2,ekv.} /m.j.]	svázaná produkce emisí SO _{2,ekv} [kg SO _{2,ekv}]	životnost	roční SO _{2,ekv} [kg SO _{2,ekv.} /a]
		a	b	c=a*b	d	e=c/d
cihla vápenopísková	kg	88884	0.00021284	18.91807056	100	0.1892
EPS GRAY 100 S	kg	0	0.01490000	0	30	0.0000
EPS 100 S	kg	1942	0.01490000	28.9358	30	0.9645
celkem						1.1537
roční SO _{2,ekv}				kg SO _{2,ekv.} /a]	1.1537	
celková vnitřní užitná plocha				m ²	170	
měrná roční svázaná produkce emisí SO _{2,ekv.}				kg SO _{2,ekv.} /[(m ² .a)	0.0068	
roční bilance energie				označení	MJ/a	[MJ/m ² .a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů				Q _{TK}	9765.76	57.45
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.				Q _{FVP}	13198.3	77.64
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou				Q _{WE}	8943.62	52.61
energie dodaná ze sítě				Q _{net}	10845.9	63.80
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému				Q _{celk}	42753.5	251.49
měrná spotřeba energie			roční měrná dodaná energie [MJ/m ² .a]	emisní faktor [kg SO _{2,ekv.} /MJ]	měrná roční produkce emisí SO _{2,ekv} [kg SO _{2,ekv.} /[(m ² .a)]	
			a	b	c=a*b	
Q _{TK}			57.45	0.000058	0.0033	
Q _{FVP}			77.64	0.00008	0.0062	
Q _{WE}			52.61	0.000035	0.0018	
Q _{net}			63.80	0.000464	0.0296	
CELKEM					0.0410	
měrná roční svázaná produkce emisí SO _{2,ekv.}				kg SO _{2,ekv.} /[(m ² .a)	0.0068	
měrná roční produkce emisí SO _{2,ekv.}				kg SO _{2,ekv.} /[(m ² .a)	0.0410	
měrná roční emisí SO _{2,ekv.}				kg SO _{2,ekv.} /[(m ² .a)	0.0478	

Zdroj: Autor

Tab. 36 Kriteriaální list E. 04 Potenciál eutrofizace prostředí varianty B 75

E.04 POTENCIÁL EUTROFIZACE PROSTŘEDÍ			
roční bilance energie	označení	MJ/a	[MJ/m ² .a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q _{TK}	9765.76	57.45
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q _{FVP}	13198.3	77.64
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q _{WE}	8943.62	52.61
energie dodaná ze sítě	Q _{net}	10845.9	63.80
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q _{celk}	42753.5	251.49
	roční měrná dodaná energie [MJ/m ² .a]	emisní faktor [kg NO _{2,ekv.} /MJ]	měrná roční produkce emisí NO _{2,ekv.} [kg NO _{2,ekv.} / (m ² .a)]
	a	b	c=a*b
solární kolektory	57.45	0.000035	0.0020
fotovoltaické panely	77.64	0.000050	0.0039
větrná elektrárna	52.61	0.000029	0.0015
elektrina ze sítě	63.80	0.000313	0.0200
CELKEM			0.0274

Zdroj: Autor

Tab. 37 Kriteriaální list E. 05 Potenciál ničení ozónové vrstvy varianty B 75

E. 05 POTENCIÁL NIČENÍ OZÓNOVÉ VRSTVY						
konstrukce / materiál	m.j.	výměra [m.j.]	jednotková svázaná produkce emisí R-11 _{ekv.} [kg R-11 _{ekv.} /m.j.]	svázaná produkce emisí R-11 _{ekv.} [kg R-11 _{ekv.}]	životnost	roční R-11 _{ekv.} [kg R-11 _{ekv.} /a]
		a	b	c=a*b	d	e=c/d
cihla vápenopísková	kg	88884	1.1736E-08	0.001043143	100	0.000010431
EPS GRAY 100 S	kg	0	1.3195E-07	0	30	0.000000000
EPS 100 S	kg	1942	1.3195E-07	0.000256247	30	0.000008542
celkem						0.000018973
roční R-11 _{ekv.}				kg R-11 _{ekv.} /a]		0.000018973
celková vnitřní užitná plocha				m ²		170
měrná roční svázaná produkce emisí R-11 _{ekv.}				kg R-11 _{ekv.} /(m ² .a)		0.000000112

Zdroj: Autor

Tab. 38 Kriteriaální list E. 06 Potenciál tvorby přízemního ozonu varianty B 75

E. 06 POTENCIÁL TVORBY PŘÍZEMNÍHO OZONU						
konstrukce / materiál	m.j.	výměra [m.j.]	jednotková svázaná produkce emisí C ₂ H _{4,ekv.} [kg C ₂ H _{4,ekv.} /m.j.]	svázaná produkce emisí C ₂ H _{4,ekv.} [kg C ₂ H _{4,ekv.}]	životnost	roční C ₂ H _{4,ekv.} [kg C ₂ H _{4,ekv.} /a]
			a	b		c=a*b
EPS GRAY 100 S	kg	0	0.00675450	0	30	0.0000
EPS 100 S	kg	1942	0.00675450	13.1	30	0.4372
celkem						0.4372
roční C ₂ H _{4,ekv.}				kg C ₂ H _{4,ekv.} /a]		0.4372
celková vnitřní užitná plocha				m ²		170
měrná roční svázaná produkce emisí C ₂ H _{4,ekv.}				kg C ₂ H _{4,ekv.} / (m ² .a)		0.0026

Zdroj: Autor

Tab. 39 Kriteriaální list E. 07 Výroba obnovitelné energie (míra energetické soběstačnosti) varianty B 75

E. 07 VÝROBA OBNOVITELNÉ ENERGIE (MÍRA ENERGETICKÉ SOBĚSTAČNOSTI)			
roční bilance energie	označení	MJ/a	[MJ/m ² .a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů	Q _{TK}	9765.76	57.45
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.	Q _{FVP}	13198.3	77.64
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou	Q _{WE}	8943.62	52.61
energie dodaná ze sítě	Q _{net}	10845.9	63.80
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému	Q _{celk}	42753.5	251.49
Podíl obnovitelné energie na spotřebě energie celkem (míra energetické soběstačnosti)	$(Q_{TK}+Q_{FVP}+Q_{WE})/Q_{celk} * 100$		74.63 %

Zdroj: Autor

Tab. 40 Kriteriaální list S. 06 Kvalita vnitřního vzduchu varianty B 75

S. 06 KVALITA VNITŘNÍHO VZDUCHU		-
Intensita trvalého větrání [h⁻¹]		Kredity K1
≤0.1		0
0.3		6
≥0.5		10
Nárazové větrání kuchyně, koupelny a WC		Kredity K2
neuvažováno, nepodloženo		0
centrální šachta, okno		2
zajištěno mechanicky		10
Komfort a regulace systému větrání		Kredity K3
Není možnost regulace a není nuceně řešen ani odvod vzduchu z hygienického zázemí a kuchyně		0
Podtlakové větrání větracími otvory integrovanými do výplní stavebních otvorů nebo do obvodových stěn v kombinaci s nuceným podtlakovým větráním u hygienického zázemí a kuchyně		2
Dtto s větracími otvory s regulací průtoku		3
Nucené rovnotlaké větrání bez automatické regulace		5
Dtto s řízením dle obsazenosti		7
Dtto s čidlem CO ²		9
Dtto s čidlem CO ² a vlhkosti s možností zvlhčování/odvlhčování		10
Uzavření servisní smlouvy		Kredity K4
ne		0
ano nebo přirozené větrání		10
Pozn.: Kredity K1, K2, K4 se nehodnotí		
Celkové kreditové ohodnocení	$K = 0.3 \cdot (K1 + K2 + K3) + 0.1 \cdot K4$	3.00

Zdroj: Autor

Tab. 41 Kriteriaální list S. 10 Prostorová efektivita / efektivita zastavění pozemku varianty B 75

S. 10 PROSTOROVÁ EFEKTIVITA/EFEKTIVITA ZASTAVĚNÍ POZEMKU				-
zastavěná plocha domu	m ²	a		107.0
zastavěná plocha konstrukcemi a zařízením mimo půdorysný obvod domu	m ²	b		233.0
užitná plocha domu	m ²	c		170
faktor prostorové efektivity		(a+b)/c		2.00

Zdroj: Autor

Tab. 42 Kriteriační list C. 01 Provozní a investiční náklady varianty B 75

C. 01 PROVOZNÍ A INVESTIČNÍ NÁKLADY						
konstrukce / materiál / systém	m.j.	výměra [m.j.]	jednotková cena [Kč./m.j.]	investiční náklady [Kč]	životnost	roční investiční náklady [Kč/a]
		a	b	c=a*b	d	e=c/d
cihla vápenopísková	kg	88884	3.00 Kč	266 652.00 Kč	100	2 666.52 Kč
EPS GRAY 100 S	kg	0	165.00 Kč	0.00 Kč	30	0.00 Kč
EPS 100 S	kg	1942	150.00 Kč	291 300.00 Kč	30	9 710.00 Kč
systém nuceného větrání	ks	1	150 000.00 Kč	150 000.00 Kč	25	6 000.00 Kč
systém solárních kolektorů	m ²	10	22 100.00 Kč	221 000.00 Kč	25	8 840.00 Kč
systém fotovoltaických panelů	m ²	160	11 960.00 Kč	1 913 600.00 Kč	25	76 544.00 Kč
systém větrné elektrárny	ks	1	300 000.00 Kč	300 000.00 Kč	25	12 000.00 Kč
elektrická přípojka	ks	1	20 000.00 Kč	20 000.00 Kč	30	666.67 Kč
celkem						116 427.19 Kč
roční investiční náklady				Kč/a	116 427.19 Kč	
celková vnitřní užitná plocha				m ²	170	
měrné roční investiční náklady				Kč./m ² .a	684.87 Kč	
roční bilance energie				označení	MJ/a	[MJ/m ² .a]
dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů				Q _{TK}	9765.76	57.45
dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým sys.				Q _{FVP}	13198.3	77.64
dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou				Q _{WE}	8943.62	52.61
energie dodaná ze sítě				Q _{net}	10845.9	63.80
celková potřeba energie se započtením účinnosti systému				Q _{celk}	42753.5	251.49
měrné provozní náklady		roční měrná dodaná energie [MJ/m ² .a]	jednotkové náklady [Kč/MJ]	měrné roční náklady [Kč/(m ² .a)]		
		a	b	c=a*b		
Q _{TK}		57.45	0	0.00 Kč		
Q _{FVP}		77.64	0	0.00 Kč		
Q _{WE}		52.61	0	0.00 Kč		
Q _{net}		63.80	0.72	45.94 Kč		
CELKEM				45.94 Kč		
měrné roční investiční náklady				Kč/(m ² .a)	684.87 Kč	
měrné roční provozní náklady				Kč/(m ² .a)	45.94 Kč	
měrná roční náklady				Kč/(m ² .a)	730.80 Kč	

Zdroj: Autor

3.3.5 Charakteristika a zhodnocení výstupů jednotlivých variant

Všechny indikátory všech hodnocených variant jsou převedeny pomocí výše popsané metody na bodové hodnocení. Každé bodové hodnocení se vynásobí váhovým koeficientem (váhy jednotlivých kritérií) a sečtou se dle jednotlivých kriteriálních skupin. Bodový součet skupiny se nakonec vynásobí váhovým koeficientem celé skupiny a body všech skupin se opět sečtou. Výsledným číslem je konečné hodnocení dané varianty z hlediska TUR modifikovanou metodikou SBToolCZ. Výše uvedený postup je dokladován konkrétními hodnotami v následujících tabulkách.

Tab. 43 Přehled hodnot indikátorů všech kritériálních listů všech hodnocených variant

	typ konceptu	podíl energetické soběstačnosti	E.01 SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	E.02 POTENCIÁL GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ	E.03 POTENCIÁL OKYSELOVÁNÍ PROSTŘEDÍ	E.04 POTENCIÁL EUTROFIZACE PROSTŘEDÍ	E.05 POTENCIÁL NIČENÍ OZÓNOVÉ VRSTVY	E.06 POTENCIÁL TVORBY PŘÍZEMNÍHO OZONU	E.07 VÝROBA OBNOVITELNÉ ENERGIE (MÍRA ENERGETICKÉ SOBĚSTAČNOSTI)	S.06 KVALITA VNITŘNÍHO VZDUCHU	S.10 PROSTOROVÁ EFEKTIVITA/EFEKTIVITA ZASTAVĚNÍ POZEMKU	C.01 PROVOZNÍ A INVESTIČNÍ NÁKLADY
1	D	0 %	710.70	45.26	0.1057	0.0626	1.26703E-07	0.00327	0.00 %	3.00	0.66	352.68 Kč
2	D	25 %	552.92	35.06	0.0842	0.0479	1.26703E-07	0.00327	24.12 %	3.00	0.66	326.82 Kč
3	D	50 %	422.31	26.66	0.0652	0.0349	1.26703E-07	0.00327	49.65 %	3.00	0.66	515.80 Kč
4	D	75 %	294.92	18.47	0.0470	0.0224	1.26703E-07	0.00327	74.55 %	3.00	1.24	640.32 Kč
5	D	100 %	142.26	8.78	0.0253	0.0080	1.26703E-07	0.00327	100.00 %	3.00	5.88	1 212.17 Kč
6	C	0 %	766.71	49.17	0.1124	0.0699	1.29639E-07	0.00350	0.00 %	3.00	0.65	350.83 Kč
7	C	25 %	587.14	37.57	0.0880	0.0532	1.29639E-07	0.00350	24.58 %	3.00	0.65	342.37 Kč
8	C	50 %	443.11	28.30	0.0672	0.0389	1.29639E-07	0.00350	49.39 %	3.00	0.65	479.23 Kč
9	C	75 %	303.46	19.34	0.0469	0.0250	1.29639E-07	0.00350	74.86 %	3.00	1.88	665.20 Kč
10	C	100 %	116.95	7.59	0.0207	0.0081	1.29639E-07	0.00350	100.00 %	3.00	7.06	1 490.29 Kč
11	B	0 %	845.07	54.68	0.1240	0.0791	1.11606E-07	0.00257	0.00 %	3.00	0.63	349.51 Kč
12	B	25 %	650.16	42.09	0.0975	0.0609	1.11606E-07	0.00257	23.38 %	3.00	0.63	344.73 Kč
13	B	50 %	484.62	31.45	0.0734	0.0444	1.11606E-07	0.00257	50.08 %	3.00	0.63	494.03 Kč
14	B	75 %	305.18	20.04	0.0478	0.0274	1.11606E-07	0.00257	74.63 %	3.00	2.00	730.80 Kč
15	B	100 %	98.12	6.97	0.0186	0.0084	1.11606E-07	0.00257	100.00 %	3.00	7.65	1 624.14 Kč
16	As VZT	0 %	1088.82	71.81	0.1617	0.1053	1.18902E-07	0.00121	0.00 %	3.00	0.64	399.55 Kč
17	As VZT	25 %	865.02	57.41	0.1291	0.0830	1.18902E-07	0.00121	25.20 %	3.00	0.64	493.43 Kč
18	As VZT	50 %	620.01	41.61	0.0953	0.0599	1.18902E-07	0.00121	50.19 %	3.00	1.41	620.08 Kč
19	As VZT	75 %	362.09	25.27	0.0587	0.0358	1.18902E-07	0.00121	74.97 %	3.00	3.29	968.21 Kč
20	As VZT	100 %	101.52	8.75	0.0218	0.0115	1.18902E-07	0.00121	100.00 %	0.60	10.82	2 017.17 Kč
21	Abbez VZT	0 %	1183.81	78.04	0.1756	0.1147	1.18902E-07	0.00121	0.00 %	0.60	0.64	392.21 Kč
22	Abbez VZT	25 %	940.26	62.37	0.1402	0.0904	1.18902E-07	0.00121	25.17 %	0.60	0.64	477.41 Kč
23	Abbez VZT	50 %	686.56	46.02	0.1051	0.0664	1.18902E-07	0.00121	49.01 %	0.60	1.53	613.43 Kč
24	Abbez VZT	75 %	400.70	27.87	0.0645	0.0396	1.18902E-07	0.00121	74.65 %	0.60	3.65	987.90 Kč
25	Abbez VZT	100 %	97.69	8.76	0.0218	0.0119	1.18902E-07	0.00121	100.00 %	0.60	11.18	2 094.98 Kč

Zdroj: Autor

Tab. 44 Přehled převodu hodnot indikátorů na bodové ohodnocení

hodnoty indikátorů pro hodnocení 0 body			1200	80	0.18	0.11	6.60E-07	0.00420	0	0	12.00	2 100.00 Kč
	typ konceptu	podíl energetické soběstačnosti	E.01 SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	E.02 POTENCIÁL GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ	E.03 POTENCIÁL OKYSELOVÁNÍ PROSTŘEDÍ	E.04 POTENCIÁL EUTROFIZACE PROSTŘEDÍ	E.05 POTENCIÁL NIČENÍ OZONOVÉ VRSTVY	E.06 POTENCIÁL TVORBY PRÍZEMNÍHO OZONU	E.07 VÝROBA OBNOVITELNÉ ENERGIE (MÍRA ENERGETICKÉ SOBĚSTAČNOSTI)	S.06 KVALITA VNITŘNÍHO VZDUCHU	S.10 PROSTOROVÁ EFEKTIVITA/EFEKTIVITA ZASTAVĚNÍ POZEMKU	C.01 PROVOZNÍ A INVESTIČNÍ NÁKLADY
1	D	0 %	8.44	9.65	13.76	10.54	12.12	3.09	0.00	3.00	22.68	34.95
2	D	25 %	11.16	12.48	17.74	13.80	12.12	3.09	2.41	3.00	22.68	35.46
3	D	50 %	13.41	14.82	21.26	16.70	12.12	3.09	4.96	3.00	22.68	31.68
4	D	75 %	15.60	17.09	24.62	19.47	12.12	3.09	7.46	3.00	21.53	29.19
5	D	100 %	18.24	19.78	28.65	22.66	12.12	3.09	10.00	3.00	12.24	17.76
6	C	0 %	7.47	8.56	12.51	8.91	12.05	2.35	0.00	3.00	22.71	34.98
7	C	25 %	10.57	11.78	17.04	12.63	12.05	2.35	2.46	3.00	22.71	35.15
8	C	50 %	13.05	14.36	20.89	15.79	12.05	2.35	4.94	3.00	22.71	32.42
9	C	75 %	15.46	16.85	24.65	18.89	12.05	2.35	7.49	3.00	20.24	28.70
10	C	100 %	18.67	20.11	29.50	22.65	12.05	2.35	10.00	3.00	9.88	12.19
11	B	0 %	6.12	7.03	10.37	6.87	12.46	5.43	0.00	3.00	22.74	35.01
12	B	25 %	9.48	10.53	15.28	10.90	12.46	5.43	2.34	3.00	22.74	35.11
13	B	50 %	12.33	13.48	19.74	14.57	12.46	5.43	5.01	3.00	22.74	32.12
14	B	75 %	15.43	16.66	24.49	18.36	12.46	5.43	7.46	3.00	20.00	27.38
15	B	100 %	19.00	20.29	29.89	22.57	12.46	5.43	10.00	3.00	8.71	9.52
16	A s VZT	0 %	1.92	2.28	3.39	1.04	12.30	9.96	0.00	3.00	22.72	34.01
17	A s VZT	25 %	5.78	6.28	9.42	6.00	12.30	9.96	2.52	3.00	22.72	32.13
18	A s VZT	50 %	10.00	10.66	15.68	11.14	12.30	9.96	5.02	3.00	21.18	29.60
19	A s VZT	75 %	14.45	15.20	22.45	16.48	12.30	9.96	7.50	3.00	17.41	22.64
20	A s VZT	100 %	18.94	19.79	29.30	21.88	12.30	9.96	10.00	0.60	2.35	1.66
21	A bez VZT	0 %	0.28	0.54	0.81	-1.05	12.30	9.96	0.00	0.60	22.72	34.16
22	A bez VZT	25 %	4.48	4.90	7.37	4.34	12.30	9.96	2.52	0.60	22.72	32.45
23	A bez VZT	50 %	8.85	9.44	13.86	9.68	12.30	9.96	4.90	0.60	20.94	29.73
24	A bez VZT	75 %	13.78	14.48	21.39	15.64	12.30	9.96	7.46	0.60	16.71	22.24
25	A bez VZT	100 %	19.01	19.79	29.29	21.79	12.30	9.96	10.00	0.60	1.65	0.10

Zdroj: Autor

Tab. 45 Přehled bodového ohodnocení se započtením váhových koeficientů jednotlivých kritérií

váhy jednotlivých kritérií		20.8 %	9.6 %	5.2 %	5.5 %	4.4 %	5.0 %	7.2 %	13.1 %	4.9 %	100.0 %	
typ konceptu	podíl energetické soběstačnosti	E.01 SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	E.02 POTENCIÁL GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ	E.03 POTENCIÁL OKYSELOVÁNÍ PROSTŘEDÍ	E.04 POTENCIÁL EUTROFIZACE PROSTŘEDÍ	E.05 POTENCIÁL NIČENÍ OZONOVÉ VRSTVY	E.06 POTENCIÁL TVORBY PŘÍZEMNÍHO OZONU	E.07 VÝROBA OBNOVITELNÉ ENERGIE (MÍRA ENERGETICKÉ SOBĚSTAČNOSTI)	S.06 KVALITA VNITŘNÍHO VZDUCHU	S.10 PROSTOROVÁ EFEKTIVITA/EFEKTIVITA ZASTAVĚNÍ POZEMKU	C.01 PROVOZNÍ A INVESTIČNÍ NÁKLADY	
1	D	0 %	1.75	0.93	0.72	0.58	0.53	0.15	0.00	0.39	1.11	34.95
2	D	25 %	2.32	1.20	0.92	0.76	0.53	0.15	0.17	0.39	1.11	35.46
3	D	50 %	2.79	1.42	1.11	0.92	0.53	0.15	0.36	0.39	1.11	31.68
4	D	75 %	3.25	1.64	1.28	1.07	0.53	0.15	0.54	0.39	1.05	29.19
5	D	100 %	3.79	1.90	1.49	1.25	0.53	0.15	0.72	0.39	0.60	17.76
6	C	0 %	1.55	0.82	0.65	0.49	0.53	0.12	0.00	0.39	1.11	34.98
7	C	25 %	2.20	1.13	0.89	0.69	0.53	0.12	0.18	0.39	1.11	35.15
8	C	50 %	2.71	1.38	1.09	0.87	0.53	0.12	0.36	0.39	1.11	32.42
9	C	75 %	3.22	1.62	1.28	1.04	0.53	0.12	0.54	0.39	0.99	28.70
10	C	100 %	3.88	1.93	1.53	1.25	0.53	0.12	0.72	0.39	0.48	12.19
11	B	0 %	1.27	0.68	0.54	0.38	0.55	0.27	0.00	0.39	1.11	35.01
12	B	25 %	1.97	1.01	0.79	0.60	0.55	0.27	0.17	0.39	1.11	35.11
13	B	50 %	2.57	1.29	1.03	0.80	0.55	0.27	0.36	0.39	1.11	32.12
14	B	75 %	3.21	1.60	1.27	1.01	0.55	0.27	0.54	0.39	0.98	27.38
15	B	100 %	3.95	1.95	1.55	1.24	0.55	0.27	0.72	0.39	0.43	9.52
16	A s VZT	0 %	0.40	0.22	0.18	0.06	0.54	0.50	0.00	0.39	1.11	34.01
17	A s VZT	25 %	1.20	0.60	0.49	0.33	0.54	0.50	0.18	0.39	1.11	32.13
18	A s VZT	50 %	2.08	1.02	0.82	0.61	0.54	0.50	0.36	0.39	1.04	29.60
19	A s VZT	75 %	3.00	1.46	1.17	0.91	0.54	0.50	0.54	0.39	0.85	22.64
20	A s VZT	100 %	3.94	1.90	1.52	1.20	0.54	0.50	0.72	0.08	0.12	1.66
21	A bez VZT	0 %	0.06	0.05	0.04	-0.06	0.54	0.50	0.00	0.08	1.11	34.16
22	A bez VZT	25 %	0.93	0.47	0.38	0.24	0.54	0.50	0.18	0.08	1.11	32.45
23	A bez VZT	50 %	1.84	0.91	0.72	0.53	0.54	0.50	0.35	0.08	1.03	29.73
24	A bez VZT	75 %	2.87	1.39	1.11	0.86	0.54	0.50	0.54	0.08	0.82	22.24
25	A bez VZT	100 %	3.95	1.90	1.52	1.20	0.54	0.50	0.72	0.08	0.08	0.10

Zdroj: Autor

Tab. 46 Výsledné hodnocení jednotlivých variant se započtením váhových koeficientů
jednotlivých kritériálních skupin

váhy jednotlivých skupin kritérií			50.0 %	35.0 %	15.0 %	
	typ konceptu	podíl energetické soběstačnosti	E	S	C	
1	D	0 %	2.33	0.53	5.24	8.10
2	D	25 %	3.03	0.53	5.32	8.88
3	D	50 %	3.64	0.53	4.75	8.92
4	D	75 %	4.23	0.51	4.38	9.12
5	D	100 %	4.92	0.35	2.66	7.93
6	C	0 %	2.08	0.53	5.25	7.86
7	C	25 %	2.87	0.53	5.27	8.67
8	C	50 %	3.53	0.53	4.86	8.92
9	C	75 %	4.17	0.48	4.30	8.96
10	C	100 %	4.98	0.31	1.83	7.12
11	B	0 %	1.84	0.53	5.25	7.62
12	B	25 %	2.68	0.53	5.27	8.48
13	B	50 %	3.43	0.53	4.82	8.78
14	B	75 %	4.22	0.48	4.11	8.81
15	B	100 %	5.12	0.29	1.43	6.83
16	A s VZT	0 %	0.94	0.53	5.10	6.57
17	A s VZT	25 %	1.92	0.53	4.82	7.27
18	A s VZT	50 %	2.97	0.50	4.44	7.91
19	A s VZT	75 %	4.06	0.44	3.40	7.89
20	A s VZT	100 %	5.16	0.07	0.25	5.48
21	A bez VZT	0 %	0.57	0.42	5.12	6.11
22	A bez VZT	25 %	1.62	0.42	4.87	6.91
23	A bez VZT	50 %	2.70	0.39	4.46	7.54
24	A bez VZT	75 %	3.90	0.31	3.34	7.55
25	A bez VZT	100 %	5.17	0.06	0.02	5.24

Zdroj: Autor

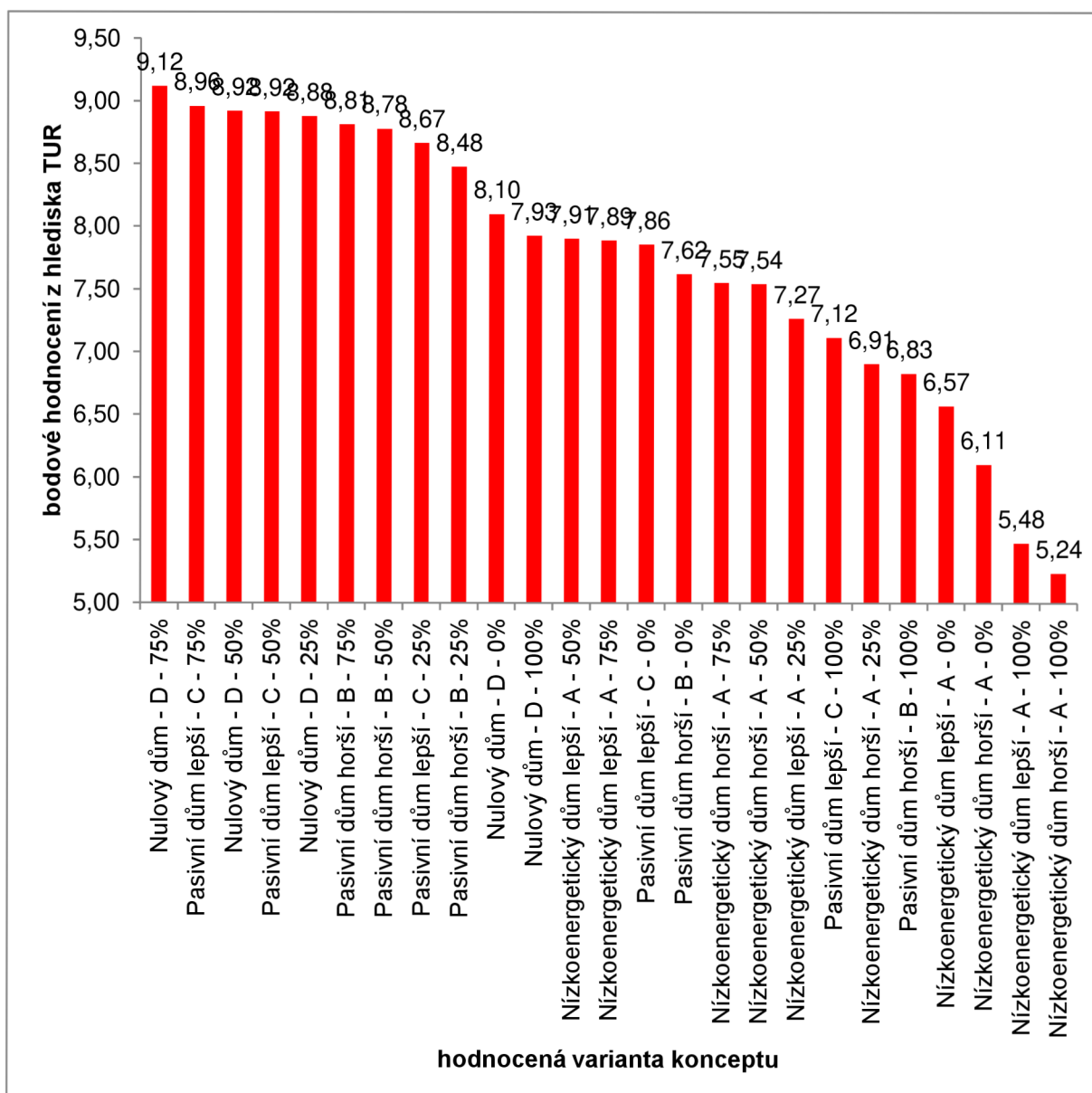
4 VÝSLEDKY DIZERTAČNÍ PRÁCE S UVEDENÍM NOVÝCH POZNATKŮ, JEJICH ANALÝZA A VÝZNAM PRO REALIZACI V PRAXI NEBO PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDNÍHO OBORU

Výsledky dizertační práce lze uvést ve dvou základních rovinách:

- 1) Stanovení metodiky pro vyhodnocování parciálních částí návrhu ESD – tato metodika nám umožňuje porovnávat navzájem pouze dílčí části návrhu a pomáhá tak ke sledování vyváženosti systému, např. lze zjistit bodové hodnocení v daném konceptu přípojky elektřiny a bodové hodnocení propanbutanového agregátu na základě sledování změn vstupních parametrů, které budou v tomto případě třeba, délka připojení, charakteristika agregátu, cena plynu či elektřiny, emisní a konverzní faktory obou zdrojů apod., lze vysledovat, od jakých hodnot bude propanbutanový agregát výhodnější z hlediska trvale udržitelného rozvoje a při jakých podmínkách je vhodné ještě dům napojovat na veřejnou elektrickou síť. Stejně tak může vyhodnocovat obdobným způsobem ucelené a navzájem propojené soubory dílčích prvků návrhu. Velkou výhodou je fakt, že metodika funguje na základě vstupních parametrů, které jsou vzájemně provázány s výsledným kritériálním bodovým hodnocením jednoduše pochopitelnými vzorci, a je tudíž možné sledovat míru velikosti změny bodového hodnocení v závislosti na prováděných změnách jednotlivých vstupních parametrů. V úvahu se musí také brát, že hodnocení je prováděno relativně oproti absolutnímu hodnocení původní metodiky SBToolCZ. Je to dáno zejména pokaždé jiným rozsahem hodnocených celků. Absolutní závěry lze tak provádět pouze s ohledem na široký výběr posuzovaných vzorků například tak jak to bylo provedeno v hodnocení energetických variant jednoho typu konceptu domu v této práci. I tak je nutné dodat, že vytváření paušalizujících závěrů z posouzení této práce se musí brát s jistou rezervou, neboť množství vstupních údajů, kde může nastat chyba ať už v prvotním úsudku, či v nepřesných datech, je velká.
- 2) Vyhodnocení základních energetických variant konkrétního konceptu rodinného domu – výstupy v této rovině výsledků dizertační práce mají za úkol prověřit zvolenou metodiku a ukázat cestu obdobně vystavěným problémům. Dále vytváří

jakési základní měřítko při prvotní volbě konceptů budov a ukazuje, jakým způsobem se chová bodové hodnocení souboru návrhových prvků energeticky soběstačných budov z hlediska trvale udržitelného rozvoje, a to zejména v závislosti na energetické potřebě a míře energetické soběstačnosti. Celkový výsledek je shrnut v následujícím grafu.

Obr. 11 Výsledné hodnocení posuzovaných konceptů energeticky soběstačných rodinných domů – hodnocení vlivu volby energetického konceptu domu na trvale udržitelný rozvoj modifikovanou metodikou SBToolCZ



Zdroj: Autor

Z grafu vyplývá, že z hlediska TUR je vhodné koncipovat domy s nízkou potřebou energie a s vysokým podílem pokrytí této energie vlastními OZE. Optimální pokrytí se

také pohybuje cca od 50 % do 75 %, a to v závislosti na energetických potřebách. Čím je potřeba energie větší, tím optimum podílu energetické soběstačnosti klesá k hodnotě 50 %. 0% a 100% podíly energetické soběstačnosti jsou naopak nevhodné, a to zejména s ohledem na náklady OZE zajišťující 100% podíl energetické soběstačnosti či velkou zátěž životního prostředí v podobě velkého podílu energie získané z veřejné elektrické sítě.

Důležitou poznámkou k uvedeným výsledkům je fakt, že jako zdroj dodatečné energie byla použita elektřina z veřejné sítě, která nemá dobré parametry ve vztahu ke skupině ekologických indikátorů především kvůli vysokému konverznímu a emisnímu faktoru. Troufám si tvrdit, že použitím zdrojů, jako je třeba kotel na biomasu (peletky, štěpku apod.), bychom bilanci bodového hodnocení výrazně srovnali. Použitím kotle na biomasu v podobě OZE bychom také mohli nahradit velké investice do fotovoltaických systémů, a i když bychom museli v tomto případě započítat plochu potřebnou k získání dostatečného množství biomasy, i tak by byly investiční náklady oproti momentálně navržené variantě výrazně nižší, což by se jistě promítlo do celkového hodnocení. V tomto ohledu je tak možné na nastaveném konceptu prověřovat další a další řešení volby optimálních zdrojů energeticky soběstačných budov.

Obě dvě roviny výsledků dizertační práce v podobě, v jaké jsou zpracovány, je možné používat přímo v procesu návrhu a včas tak optimalizovat navrhované řešení. Použitím nástrojů a metodik SBTToolCZ a CALCK byl dokázán jejich velký potenciál, avšak i řada nedostatků a slabých míst.

4.1 Seznam vlastních prací vztahujících se k tématu disertační práce

4.1.1 Teoretické práce

Článek do sborníku na XIV. Vědecké konferenci doktorandů na FA VUT v Brně

název článku ČESKÁ VĚDECKÁ STANICE V ANTARKTIDĚ

duben 2010

Obr. 12 Česká vědecká stanice v Antarktadě



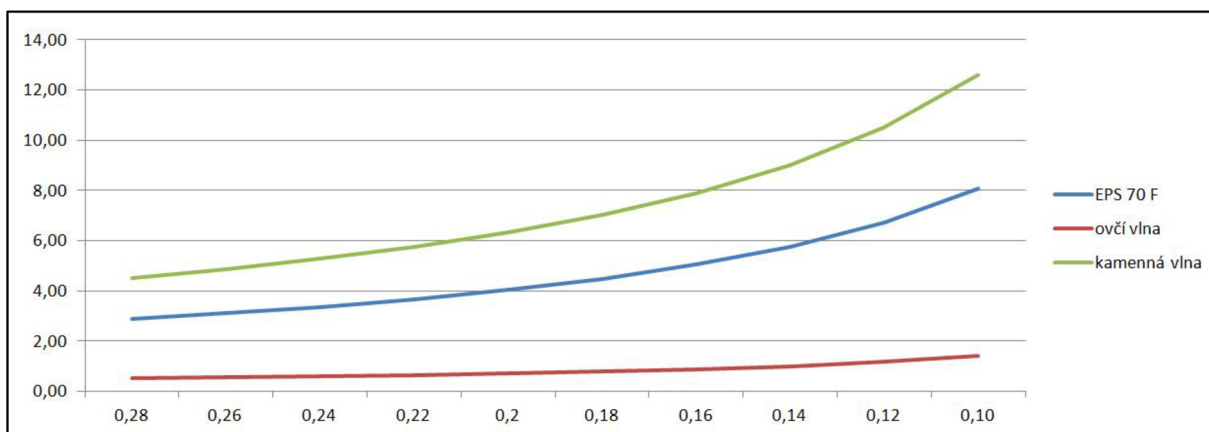
Zdroj: National Geographic

Článek do sborníku a přednáška na XV. Vědecké konferenci doktorandů na FA VUT v Brně

název článku TEPELNÉ IZOLACE Z HLEDISKA SVÁZANÉ PRIMÁRNÍ ENERGIE

duben 2011

Obr. 13 Tepelné izolace z hlediska svázané primární energie



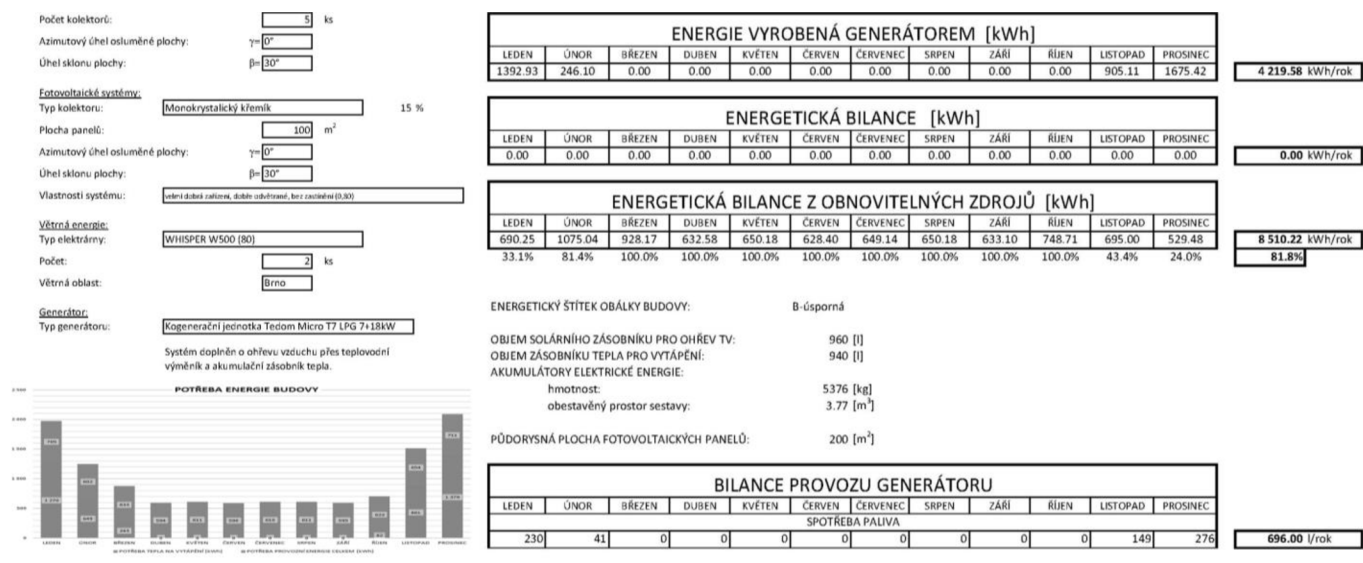
Zdroj: Autor

Grantový projekt č. 2319/2011 financovaný z FRVŠ

spoluautoři Ing. Jiří Svoboda, doc. Ing. Miloslav Meixner, CSc.

prosinec 2011

Obr. 14 Grantový projekt č. 2319/2011



Zdroj: Autor

Článek do sborníku a přednáška na XVI. Vědecké konferenci doktorandů na FA VUT v Brně

název článku KONCEPCE NÁVRHU ENERGETICKY SOBĚSTAČNÝCH DOMŮ

duben 2012

Obr. 15 Koncepce návrhu energeticky soběstačných domů



Zdroj: Autor

Zpracování dvou učebních textů a přednášek v rámci projektu OP VK - Trvale udržitelná sídla

téma Přírodní stavební materiály jako součást programu regenerace a revitalizace bytových domů

Trvale udržitelné stavební materiály – kritéria a vlastnosti

2012/2013

Obr. 16 OP VK - Trvale udržitelná sídla



Zdroj: SMA

4.1.2 Soutěže

1. místo v architektonické soutěži o český nízkoenergetický dům roku 2006 "ROCKHOUSE" v kategorii odborný projekt

Obr. 17 "ROCKHOUSE" 2006



Zdroj: Autor

2. místo v architektonické soutěži o český nízkoenergetický dům roku 2008
"ROCKHOUSE" v kategorii projekt

Odměna v architektonické soutěži Dřevěný dům 2010

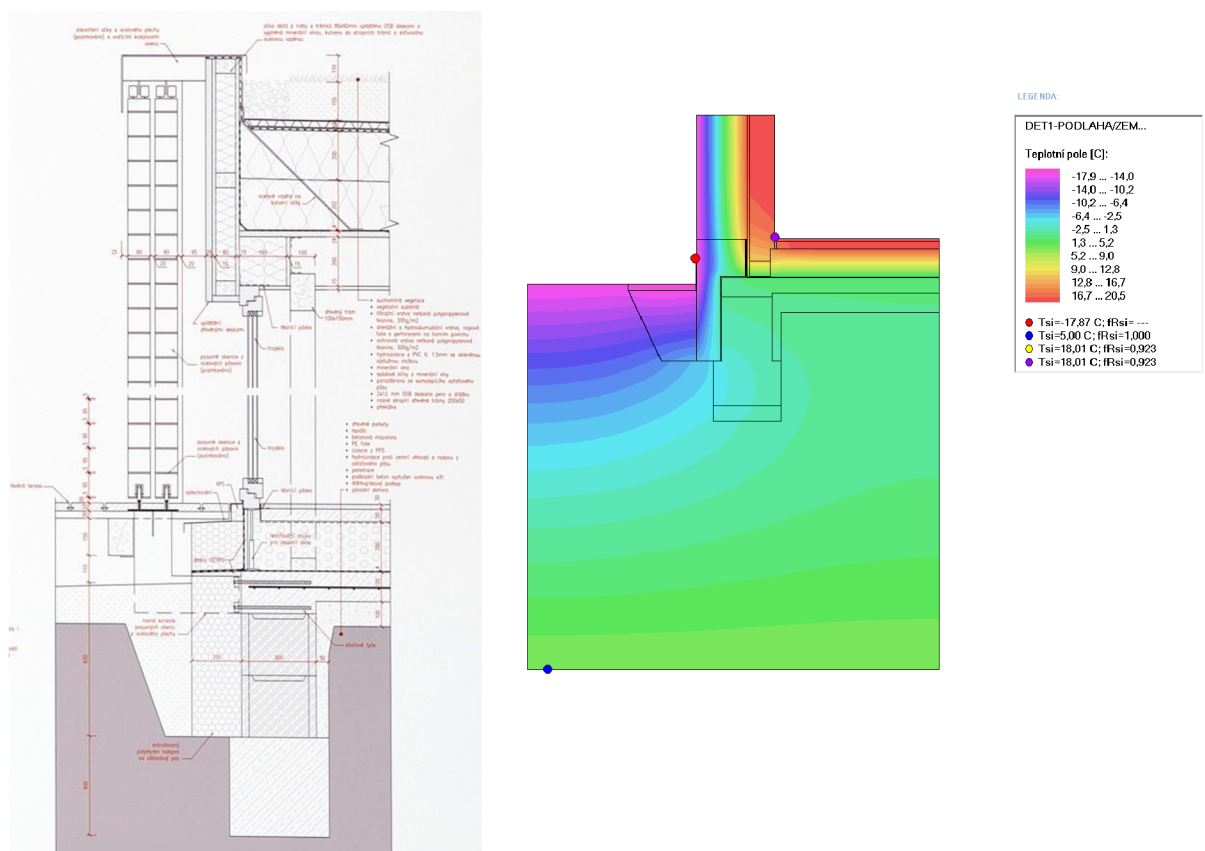
Obr. 18 "ROCKHOUSE" 2008



Zdroj: Autor

2. místo ve studentské architektonické soutěži "Nízkoenergetický dům ČMSS 2010"

Obr. 19 "Nízkoenergetický dům ČMSS 2010"



Zdroj: Autor

4.1.3 Vlastní realizace - výběr

Nízkoenergetický rodinný dům v Rudici

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

realizace 2007 – 2009

Obr. 20 Nízkoenergetický rodinný dům v Rudici



Zdroj: Autor

Nízkoenergetický rodinný dům v Krasové

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení, návrh interiéru, spolupráce na koordinaci výstavby

realizace 2008 – 2014

Obr. 21 Nízkoenergetický rodinný dům v Krasové



Zdroj: Autor

Nízkoenergetický rodinný dům ve Frýdlantu nad Ostravicí

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení, návrh interiéru

realizace 2008 – 2010

Obr. 22 Nízkoenergetický rodinný dům ve Frýdlantu nad Ostravicí



Zdroj: Autor

Nízkoenergetický rodinný dům ve Svitavách

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

realizace 2010 – 2013

Obr. 23 Nízkoenergetický rodinný dům ve Svitavách



Zdroj: Autor

Projekt pasivního rodinného domu v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

realizace 2010 – 2014...

Obr. 24 Projekt pasivního rodinného domu v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí



Zdroj: Autor

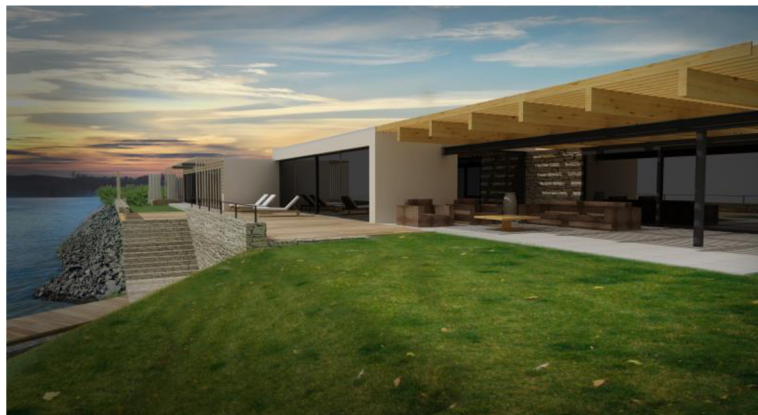
4.1.4 Vlastní projekty - výběr

Projekt vily na břehu rybníka v Opatově u Svitav

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

stav zpracována DSP

Obr. 25 Projekt vily na břehu rybníka v Opatově u Svitav



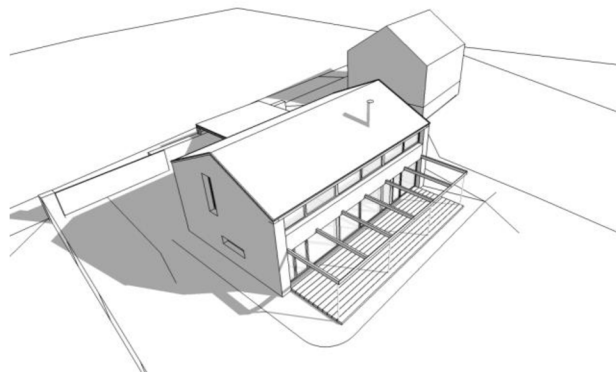
Zdroj: Autor

Projekt nízkoenergetického rodinného domu v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí

odpovědnost Zpracovatel architektonického řešení

stav zpracovávání DSP

Obr. 26 Projekt nízkoenergetického rodinného domu v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí



Zdroj: Autor

Projekt pasivního rodinného domu v Pouzdřanech

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

stav získané stavební povolení

Obr. 27 Projekt pasivního rodinného domu v Pouzdřanech



Zdroj: Autor

Projekt nízkoenergetického rodinného domu v Brně

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

stav v realizaci

Obr. 28 Projekt nízkoenergetického rodinného domu v Brně



Zdroj: Autor

Obnova bikoridoru na náměstí Práce v Adamově

odpovědnost Generální projektant, zpracovatel architektonického a stavebně technického řešení

stav v realizaci

Obr. 29 Obnova bikoridoru na náměstí Práce v Adamově



Zdroj: Autor

Komunitní centrum pro Církev bratrskou

odpovědnost Zpracovatel studie

stav studie

Obr. 30 Komunitní centrum pro církev bratrskou



Zdroj: Autor

4.1.5 Realizace v rámci Atelieru Chlup - výběr

Lanová dráha na Větruši v Ústí nad Labem

odpovědnost koordinace a spoluautor architektonických úprav a stavebně technického řešení prováděcí dokumentace

realizace 2010

Obr. 31 Lanová dráha na Větruši v Ústí nad Labem



Zdroj: Atelier Chlup

Rozšíření vstupního objektu Arboreta

odpovědnost koordinace a spoluautor architektonického a stavebně technického řešení,
zpracovatel prováděcí dokumentace

realizace 2014

Obr. 32 Rozšíření vstupního objektu Arboreta



Zdroj: Autor

4.1.6 Projekty v rámci Atelieru Chlup - výběr

Soubor bytových domů v pasivním standardu v Brně

odpovědnost koordinace a spoluautor architektonických úprav a stavebně technického řešení dokumentace pro stavební povolení

stav vyřizování stavebního povolení

Obr. 33 Soubor bytových domů v pasivním standardu v Brně



Zdroj: Atelier Chlup

Vila v nízkoenergetickém standardu v Rakousku

odpovědnost spoluautor architektonického řešení

stav studie

Obr. 34 Vila v nízkoenergetickém standardu v Rakousku



Zdroj: Autor

Aquapark v Opavě

odpovědnost spoluautor architektonického a stavebně technického řešení

stav zpracována DUR

Obr. 35 Aquapark v Opavě



Zdroj: Autor

Revitalizace prostranství kolem kostela sv. Barbory v Adamově

odpovědnost hlavní koordinátor projektu, spoluautor architektonického a stavebně technického řešení

stav v realizaci

Obr. 36 Revitalizace prostranství kolem kostela sv. Barbory v Adamově



Zdroj: Autor

Trikurtová tenisová hala v Hutisku

odpovědnost spoluautor architektonického řešení

projekt studie

Obr. 37 Trikurtová tenisová hala v Hutisku



Zdroj: Autor

ZÁVĚR – PŘÍNOS PRÁCE

Přínos z hlediska osobního

Z hlediska osobního má pro mě jako autora práce přínos zejména v rozšíření záběru pohledu na tvorbu architektonických návrhů. Architekt nemůže mít pod kontrolou ty části návrhu, které nemá detailně prostudované a u kterých dostatečně nechápe vzájemné vazby a souvislosti. Slepé používání zavedených postupů a principů neumožňuje zpětnou sebereflexi, avšak transformací těchto postupů a pokusem o jejich aplikace v jiných souvislostech a pro odlišný účel člověka nutí k zamyšlení a k pochopení či případné revizi používaných postupů či norem.

Na druhou stranu architekt musí dbát na zachování jistého odstupu od znalostí exaktní části návrhu, kterou se tato práce zabývala, neboť architektura není jen věda a technika, ale ve srovnatelně stejném poměru i umění. Paradoxně však její pochopení umožní, aby tento odstup byl objektivní a nebyl zkalen předsudky a osobní sympatií či antipatií.

Přínos z hlediska školy a výuky

Celá práce je vystavěná na několika ucelených částech, které se postupně zpracovávaly v průběhu doktorandského studia. Většina činností prováděných v rámci výuky a většina prací pro školu byla zpracována s ohledem na vytyčené cíle této dizertační práce, ať už to byly příspěvky na mezinárodní doktorandské konference, pojednávající o tepelných izolacích či o energeticky soběstačných domech, nebo spolupráce v rámci projektu OPVK na začlenění trvale udržitelných principů výstavby do výuky, kde jsem zpracovával část pojednávající o přírodních materiálech. Významnou prací, tvořící jeden ze základních kamenů této dizertační práce a zároveň přímo využívanou ve výuce na fakultě architektury VUT v Brně na katedře stavitelství, je výpočetní program CALCK a metodika ke koncepčnímu návrhu energeticky soběstačných domů, jež byly zpracovány společně s Ing. Jiřím Svobodou v rámci grantového projektu financovaného z fondu FRVŠ.

Přínos z hlediska odborné veřejnosti

Vzhledem k tomu, že se jako autor práce i jako praktikující architekt považuji za součást odborné veřejnosti, je možné říci, že zde platí obdobné teze jako v odstavci poukazujícím na osobní přínos, kde je zdůrazněn zejména význam detailního pochopení problematiky a vzájemných vazeb, což však znamená podrobné studium práce. Avšak troufám si tvrdit,

že přínos práce pro odbornou veřejnost tkví v jednotlivých výsledcích či v druhu použitých nástrojů a způsobu jejich uplatnění. Konkrétně lze uvést zejména využití nástroje SBToolCZ používaného v praxi pro hodnocení staveb z hlediska trvale udržitelného rozvoje. Práce ukázala, že jeho použití není nikterak extrémně náročné a složité, a nastínila možnost jeho další aplikace v případech, pro které nebyl původně koncipován.

Rovněž výsledná tabulka závislosti míry energetické soběstačnosti na energetických potřebách a vyhodnocení z hlediska trvale udržitelného rozvoje může být zajímavým podkladem pro projektanty energeticky soběstačných budov.

Přínos z hlediska laické veřejnosti

V neposlední řadě je třeba uvést přínos práce pro laickou veřejnost. Laickou veřejností je míněna skupina potenciálních investorů, stavebníků či běžné populace, která nemá odborné vzdělání v oblasti stavebnictví či energeticky úsporných / soběstačných domů. Tato skupina nemusí dostatečně chápat popisované procesy a výsledky uváděné v předkládané práci, nicméně po předčtení bude schopna si uvědomit, že energeticky soběstačné domy představují různorodou problematiku, že kvalitní stavba v energeticky soběstačném standardu může mít celou řadu rozdílných řešení a že jedním ze způsobů, jak kvalitativně tyto koncepty mezi sebou porovnávat, je jejich hodnocení z hlediska trvale udržitelného rozvoje, čímž se zabývala tato práce.

Té části laické veřejnosti, která je v oboru více edukovaná, může práce poskytnout informace o vhodnosti konkrétního konceptu domu, ale zejména fakt, že výstavba energeticky soběstačných budov, a to i v našich podmínkách, není vždy neefektivní či nevhodná, ale záleží na konkrétních podmínkách a specifikách každého konkrétního zadání.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Udržitelný rozvoj – Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 13. 4. 2014 v 00:10 [cit. 2014-08-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Trvale_uds%BEiteln%C3%BD_rozvoj
- (2) Česká republika. Zákon č. 17 ze dne 16. ledna 1992 o životním prostředí. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1992, částka 4. Dostupné také z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5b17dd457274213ec12572f3002827de?OpenDocument>
- (3) Česká republika. Zákon č. 183 ze dne 11. května 2006 o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 63. Dostupné také z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?iDBiblio=62549&fulltext=&nr=183~2F2006&part=&name=&rpp=15#local-content>
- (4) Ministerstvo životního prostředí. Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. *Mzp.cz* [online]. 1999 [cit. 2014-08-25]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- (5) Agenda 21 - Wikipedia, the free encyclopedia. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 15 July 2014 at 19:08 [cit. 2014-08-25]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Agenda_21
- (6) Ropný šok – Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 20. 8. 2014 v 03:11 [cit. 2014-08-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ropn%C3%BD_%C5%A1ok
- (7) BusinessInfo.cz. Energetická politika EU a její nástroje. *BusinessInfo.cz* [online]. 2009, 16. 6. 2009 [cit. 2014-08-25]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/energeticka-politika-eu-nastroje-5132.html>
- (8) Česká republika. Zákon č. 406 ze dne 29. listopadu 2000 o hospodaření energií. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 115. Dostupné z:

<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=49857&fulltext=&nr=406~2F2000&part=&name=&rpp=15#local-content>

- (9) SMA SOLAR TECHNOLOGY. *Základní 2denní seminář „Island“ - agenda*. Česká republika, Praha, 2011.
- (10) HLAVSA, Tomáš, Jiří SVOBODA a Miloslav MEIXNER. *Koncept návrhu energeticky soběstačných budov*. Brno: FA VUT v Brně, 2011. Projekt 2319/2011.
- (11) HLAVSA, Tomáš. Česká vědecká stanice v Antarktidě. In: *Vědecká konference doktorandů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta architektury, 2010, s. 6. ISBN 978-80-214-4088-3.
- (12) SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům – realita, či fikce?*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, 92 s. ISBN 80-736-6052-0.
- (13) QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- (14) VONKA, Martin. *SBToolCZ*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2013, 202 s. ISBN 978-80-01-05126-9.
- (15) Envimat. Konstrukce. *Envimat.cz* [online]. 2017 [cit. 2014-08-06]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/konstrukce>.
- (16) CHYBÍK, Josef. Dřevěné konstrukce a přírodní izolační materiály. In: *TZB-info* [online]. 20. 9. 2010 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6791-drevene-konstrukcea-prirodni-izolacni-materialy>
- (17) HLAVSA, Tomáš. Tepelné izolace z hlediska svázané primární energie. In: *Vědecká konference doktorandů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta architektury, 2011, s. 7. ISBN 978-80-214-4266-5.
- (18) WORTNER, Vašek. Energetická návratnost fotovoltaických systémů v podmínkách České republiky. In: *Enviweb* [online]. 25. 04. 2008 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/energie/69728/>

- (19) Česká republika. Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2013, č. 78, 36/2013. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=79679&fulltext=&nr=78~2F2013&part=&name=&rpp=15#local-content>
- (20) TNI 730329. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy*. Česká republika: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- (21) ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. 1. 10. 2011. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- (22) Energetický regulační úřad. Cenový kalkulátor. *Eru.cz* [online]. 2014, 25.8.2014 13:39:11 [cit. 2014-08-26]. Dostupné z: <http://kalkulator.eru.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AC	Alternating current – střídavý proud
AP	Acidification potential – potenciál okyselování prostředí
BACKUP	koncept ESD, kdy je dům napojen na veřejnou energetickou síť, je ovšem vybaven energetickým akumulátorem, do kterého energii ukládá. Vlastní vyrobenou energii pak prodává do sítě nebo ukládá do akumulátoru podle toho, co je výhodnější, a ze sítě odebírá pouze ve špičkách nebo za výhodnějších podmínek (většinou cenových) nebo v případech výpadků dodávky
CALK	výpočetní nástroj vyvinutý společně s Ing. Jiřím Svobodou v rámci grantového projektu FRVŠ
CO ₂	oxid uhličitý
C ₂ H ₄	ethylén
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DC	Direct current – stejnosměrný proud
DPS	dokumentace pro provedení stavby
DSP	dokumentace pro stavební povolení
DUR	dokumentace pro územní řízení
EPD	energeticky pasivní dům / nebo Environmental product declaration
EPS	tepelná izolace z pěnového polystyrenu
EPS GRAY	tepelná izolace z pěnového polystyrenu s příměsí grafitu
ESB	energeticky soběstačná budova
ESD	energeticky soběstačný dům

EPBT	Energy pay back time – energetická návratnost
FSC	Forest stewardship council
FRVŠ	fond rozvoje vysokých škol
FVP	fotovoltaické panely
HCHO	formaldehyd
LCC	analýza nákladů životního cyklu
NO ₂	oxid dusičitý
Obr.	obrázek, graf, schéma, fotografie, vizualizace apod.
OFF GRID	koncept ESD, kdy dům není napojen na veřejnou energetickou síť a veškerou dodávku potřebné energie si řeší z vlastních zdrojů. Tento systém je nejkomplicovanější a také cenově nejnáročnější
ON GRID	koncept ESD, kdy je dům napojen na veřejnou energetickou síť, do které dodává energii, kterou produkuje, ze sítě pak odebírá energii potřebnou na svůj provoz
OPVK	operační program vzdělání pro konkurenceschopnost
OZE	obnovitelné zdroje energie
PEFC	Programe for the endorsement of forest certification schemes
PEI	Primary energy intensity – svázaná spotřeba energie
PHPP	návrhový a optimalizační nástroj The Passive House Planning (Design) Package vyvinutý Institutem pasivního domu v Darmstadtu v Německu, slouží pro posuzování a certifikaci energetické bilance domů, a to i pasivních a nulových
PIR	tepelná izolace z polyisokyanurátu
PO ₄ ³⁻	fosfáty

Q_{celk}	celková potřeba energie se započtením účinnosti systému
Q_{FVP}	dodaná využitelná energie vyrobená fotovoltaickým systémem
Q_{net}	energie dodaná ze sítě
Q_{TK}	dodaná využitelná energie ze solárních kolektorů
Q_{WE}	dodaná využitelná energie vyrobená větrnou elektrárnou
QWP	Global warming potential – potenciál globálního oteplování
R-11	trichlormonofluormetan
SMA	SMA Solar Technology AG – společnost zabývající se výrobou a distribucí technologie měničů (střídačů) k fotovoltaickým elektrárnám, větrným agregátům, k elektrickému hospodářství ostrovních systémů apod.
SO ₂	oxid siřičitý
Tab.	tabulka
TUR	trvale udržitelný rozvoj
TZB	technická zařízení budov
VOC	typ těkavých organických látek
VZT	vzduchotechnika, zařízení nuceného větrání

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma energetického konceptu BACKUP a OFF GRID.....	25
Obr. 2 Schéma možnosti uspořádání interní elektrické AC sítě	27
Obr. 3 Schéma možnosti uspořádání interní elektrické sítě s napojením jednotlivých elektrických zdrojů	28
Obr. 4 Pohled na jižní fasádu s energetickými zdroji	41
Obr. 5 Celková situace zobrazující všechny části polární stanice	41
Obr. 6 Energetický koncept a struktura objektu	42
Obr. 7 Jižní fasáda s tenkovrstvými FV články v prosklených plochách.....	42
Obr. 8 Váhy kritérií v jednotlivých skupinách E, S, C a L.....	51
Obr. 9 Grafické znázornění prostorových parametrů navržených variant hodnocených konceptů virtuálního domu	64
Obr. 10 Výstupní formulář programu CALK strana 6/6 – varianta B75.....	74
Obr. 11 Výsledné hodnocení pozuzovaných konceptů energeticky soběstačných rodinných domech – hodnocení vlivu volby energetického konceptu domu na trvale udržitelný rozvoj modifikovanou metodikou SBToolCZ.....	95
Obr. 12 Česká vědecká stanice v Antarktidě	97
Obr. 13 Tepelné izolace z hlediska svázané primární energie	98
Obr. 14 Grantový projekt č. 2319/2011.....	98
Obr. 15 Koncepce návrhu energeticky soběstačných domů	99
Obr. 16 OP VK - Trvale udržitelná sídla.....	100
Obr. 17 "ROCKHOUSE" 2006.....	100
Obr. 18 "ROCKHOUSE" 2008.....	101
Obr. 19 "Nízkoenergetický dům ČMSS 2010"	101
Obr. 20 Nízkoenergetický rodinný dům v Rudici	102
Obr. 21 Nízkoenergetický rodinný dům v Krasové	102
Obr. 22 Nízkoenergetický rodinný dům ve Frýdlantu nad Ostravicí	103
Obr. 23 Nízkoenergetický rodinný dům ve Svitavách	103
Obr. 24 Projekt pasivního rodinného domu v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí.....	104
Obr. 25 Projekt vily na břehu rybníka v Opatově u Svitav	104
Obr. 26 Projekt nízkoenergetického rodinného domu v Nové Vsi u Frýdlantu nad Ostravicí.....	105
Obr. 27 Projekt pasivního rodinného domu v Pouzdřanech.....	105

Obr. 28 Projekt nízkoenergetického rodinného domu v Brně	106
Obr. 29 Obnova bikoridoru na náměstí Práce v Adamově.....	106
Obr. 30 Komunitní centrum pro církve bratrskou.....	107
Obr. 31 Lanová dráha na Větruši v Ústí nad Labem.....	107
Obr. 32 Rozšíření vstupního objektu Arboreta	108
Obr. 33 Soubor bytových domů v pasivním standardu v Brně.....	108
Obr. 34 Vila v nízkoenergetickém standardu v Rakousku	109
Obr. 35 Aquapark v Opavě.....	109
Obr. 36 Revitalizace prostranství kolem kostela sv. Barbory v Adamově.....	110
Obr. 37 Trikurtová tenisová hala v Hutisku	110

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Typy akumulátorů	29
Tab. 2 Svázaná spotřeba primární energie a svázaná produkce ekvivalentních emisí CO ₂ a SO ₂ u vybraných materiálů	31
Tab. 3 Svázaná spotřeba primární energie u vybraných druhů tepelných izolací	33
Tab. 4 Návržnost počáteční vložené primární energie v porovnání s energií uspořeno pro různé druhy tepelných izolací	34
Tab. 5 Emisní a konverzní faktory	36
Tab. 6 Váhy environmentálních kritérií (skupina E).....	49
Tab. 7 Váhy sociálních kritérií (skupina S)	50
Tab. 8 Váhy kritérií ve skupině ekonomika a management (skupina C)	50
Tab. 9 Váhy kritérií ve skupině lokalita (skupina L)	50
Tab. 10 Celkové váhy skupin kritérií	52
Tab. 11 Stanovení kreditů K3 za navržený systém větrání a úpravy vzduchu obecně ...	58
Tab. 12 Příklad principu hodnocení dle původní metodiky SBToolCZ.....	62
Tab. 13 Příklad upraveného hodnocení dle SBToolCZ	62
Tab. 14 Výměry sledovaných materiálů dle jednotlivých variant zateplení obálky budovy	66
Tab. 15 Pokrytí energetických potřeb dle jednotlivých hodnocených variant – přehled výstupů z programu CALK.....	66
Tab. 16 Vstupní formulář programu CALK strana 1/3 – varianta B75	69
Tab. 17 Vstupní formulář programu CALK strana 2/3 – varianta B75	70
Tab. 18 Vstupní formulář programu CALK strana 3/3 – varianta B75	71
Tab. 19 Výstupní formulář programu CALK strana 1/6 – varianta B75.....	72
Tab. 20 Výstupní formulář programu CALK strana 2/6 – varianta B75.....	72
Tab. 21 Výstupní formulář programu CALK strana 3/6 – varianta B75.....	73
Tab. 22 Výstupní formulář programu CALK strana 4/6 – varianta B75.....	73
Tab. 23 Výstupní formulář programu CALK strana 5/6 – varianta B75.....	74
Tab. 24 Rozsah navržených zařízení pokrývajících energetickou potřebu jednotlivých hodnocených variant – výstup z programu CALK	75
Tab. 25 Životnost, jednotková cena a jednotková svázaná spotřeba primární energie vybraných materiálů	76
Tab. 26 Životnost stavebních konstrukcí komponentů	77

Tab. 27 Jednotková svázaná produkce emisí sledovaných látek vybraných materiálů ..	77
Tab. 28 Emisní a konverzní faktory dle jednotlivých zdrojů	78
Tab. 29 Ceny řešení větracího systému pro navrhovaný rozsah domu	78
Tab. 30 Odborný odhad cen fotovoltaických systémů v závislosti na jejich rozsahu a variantě konceptu.....	79
Tab. 31 Odborný odhad cen systému solárních kolektorů v závislosti na jejich rozsahu.....	79
Tab. 32 Kteriální list E. 01 Spotřeba primární energie varianty B 75	82
Tab. 33 Kteriální list E. 02 Potenciál globálního oteplování varianty B 75	83
Tab. 34 Kteriální list E. 03 Potenciál okyselování prostředí varianty B 75	84
Tab. 35 Kteriální list E. 04 Potenciál eutrofizace prostředí varianty B 75	85
Tab. 36 Kteriální list E. 05 Potenciál ničení ozónové vrstvy varianty B 75	85
Tab. 37 Kteriální list E. 06 Potenciál tvorby přízemního ozonu varianty B 75	86
Tab. 38 Kteriální list E. 07 Výroba obnovitelné energie (míra energetické soběstačnosti) varianty B 75	86
Tab. 39 Kteriální list S. 06 Kvalita vnitřního vzduchu varianty B 75	87
Tab. 40 Kteriální list S. 10 Prostorová efektivita / efektivita zastavění pozemku varianty B 75	87
Tab. 41 Kteriální list C. 01 Provozní a investiční náklady varianty B 75.....	88
Tab. 42 Přehled hodnot indikátorů všech kteriálních listů všech hodnocených variant	90
Tab. 43 Přehled převodu hodnot indikátorů na bodové ohodnocení	91
Tab. 44 Přehled bodového ohodnocení se započtením váhových koeficientů jednotlivých kterií	92
Tab. 45 Výsledné hodnocení jednotlivých variant se započtením váhových koeficientů jednotlivých kteriálních skupin	93

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1 Jeden z možných orientačných výpočtů kapacity baterií pro systémy ESD...28	
Rovnice 2 Vzorec na výpočet ekologického indikátoru EI3KON.....32	
Rovnice 3 Vztah definující EPBT.....34	
Rovnice 4 Váhový součet dílčích kreditů.....58	

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 CD se soubory obsahují hodnocení všech hodnocených variant ve formátu Microsoft Excel. Obsahuje jak výpočet součinitelů prostupu tepla, tak výpočty provedené programem CALK, tak samotné hodnocení dle upravené metodiky SBToolCZ.