

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



**OPTIMALIZACE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY
DO ENERGETICKY NULOVÉHO STANDARDU**
(OPTIMIZATION OF OFFICE BUILDING
TO ENERGY ZERO STANDARD)

DIPLOMOVÁ PRÁCE
TEXTOVÁ ČÁST

Bc. Aneta Šimečková

Vedoucí diplomové práce:

Studijní program:

Studijní obor:

Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Budovy a prostředí

Budovy a prostředí

2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šimečková Jméno: Aneta Osobní číslo: 439094

Zadávací katedra: k124 - konstrukce pozemních staveb

Studijní program: magisterský

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Optimalizace administrativní budovy do energeticky nulového standardu

Název diplomové práce anglicky: Optimalization of office building to energy zero standard

Pokyny pro vypracování:

- zmapování současného stavu objektu (stavebně-technický stav)
- optimalizace pro dosažení energeticky nulového standardu budovy
- zhodnocení vybraných kritérií dle metodiky SBToolCZ
- vybrané stavební detaily ve vazbě na opatření energetické sanace

Seznam doporučené literatury:

- metodika SBToolCZ

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jan Růžička, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 24.09.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 06.01.2020

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24.09.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Aneta Šimečková

Název diplomové práce: Optimalizace administrativní budovy do energeticky nulového standardu

Základní část: STAVEBNĚ-TECHNICKÉ - ENERGETICKÉ ŘEŠENÍ podíl: 60 %

Formulace úkolů:

- zmapování současného stavu (stavebně-techn. stav) - výkresy
- optimalizace pro dosažení energeticky nulového standardu budovy
- zhodnocení vybraných kritérií dle metody SBToolCZ

Podpis vedoucího DP: Datum: 24.09.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV podíl: 40 %

Konzultant (jméno, katedra): MIROSLAV URBAN

Formulace úkolů: - VARIATY ŘEŠENÍ TECHNICKOSTI SYSTÉMU
- TECHNICKÁ PRAVEDITELNOST ŘEŠENÍ
- SCÉNÁŘ ZAPOJENÍ VARIAT

Podpis konzultanta: Datum: 18.12.2019

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Optimalizace administrativní budovy do energeticky nulového standardu“ vypracovala samostatně pod odborným vedením Ing. Jiřího Tencara, Ph.D. s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, dne 5.1.2020

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala odbornému konzultantovi mé diplomové práce Ing. Jiřímu Tencarovi, Ph.D. za výstižné rady a připomínky během konzultací a Ing. Miroslavovi Urbanovi, Ph.D. za připomínky k části technických zařízení budov a vysvětlení některých specifických technologických principů, které jsou v objektu využity nebo byly součástí návrhových opatření.

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam grafů.....	9
Seznam tabulek	10
Anotace.....	12
Annotation	12
Použité zkratky	13
1 Úvod.....	14
2 Popis objektu.....	15
2.1 Umístění a geometrie objektu	15
2.2 Dispoziční řešení objektu	16
2.3 Konstrukční a materiálové provedení objektu.....	17
2.3.1 Základy	17
2.3.2 Podlahy.....	17
2.3.3 Obvodové stěny	17
2.3.4 Zateplení objektu	17
2.3.5 Střechy.....	18
2.3.6 Výplně otvorů.....	18
2.4 Technologické vybavení budovy	18
2.4.1 Vytápění a zdroje	18
2.4.2 Příprava TUV.....	19
2.4.3 Větrání.....	19
2.4.4 Chlazení	19
2.4.5 Fotovoltaický systém.....	20
2.4.6 Osvětlení	20
3 Posouzení stávajícího stavu budovy.....	21
3.1 Grafy skutečných spotřeb a výroby energie v kWh	21
3.2 Vyhodnocení stávajícího stavu softwarem DEKSOFT	27
3.3 Vyhodnocení stávajícího stavu kritérii SBToolCZ	33
3.3.1 E.01 Spotřeba primární energie	33
3.3.2 E.02 Potenciál globálního oteplování.....	35
3.3.3 E.03 Potenciál okyselování prostředí.....	37

3.3.4	E.04 Potenciál eutrofizace prostředí.....	39
3.3.5	E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy.....	40
3.3.6	E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	41
3.3.7	E.13 Výroba obnovitelné energie.....	43
3.3.8	E.14 Chlazení	44
3.3.9	S.12 Kvalita vnitřního vzduchu	45
3.3.10	C.04 Management tříděného odpadu.....	54
3.4	Celkové shrnutí hodnocení stávajícího stavu	56
4	Návrh optimalizačních variant	60
4.1	Varianta 1 – navýšení počtu FVE panelů o 52%.....	60
4.2	Varianta 2 – Zateplení objektu na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla všech konstrukcí	64
4.3	Varianta 3 – Výměna TČ za TČ na zemní plyn.....	68
4.4	Varianta 4 – Výměna TČ a zdroje chladu za trigenerační jednotku	71
5	Posouzení výsledné optimalizační varianty	76
5.1	Vyhodnocení výsledné varianty softwarem DEKSOFT.....	76
5.2	Vyhodnocení výsledné varianty kritérii SBToolCZ	80
5.2.1	E.01 Spotřeba primární energie	80
5.2.2	E.02 Potenciál globálního oteplování.....	82
5.2.3	E.03 Potenciál okyselování prostředí.....	84
5.2.4	E.04 Potenciál eutrofizace prostředí.....	86
5.2.5	E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy.....	88
5.2.6	E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	89
5.2.7	E.13 Výroba obnovitelné energie.....	90
5.2.8	E.14 Chlazení	91
5.2.9	S.12 Kvalita vnitřního vzduchu	92
5.2.10	C.04 Management tříděného odpadu.....	92
5.3	Celkové shrnutí hodnocení návrhového stavu.....	93
6	Závěrečné zhodnocení	97
6.1	Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}	97
6.2	Porovnání celkových množství dodané energie	98
6.3	Porovnání neobnovitelné primární energie	99
6.4	Porovnání výroby energie z fotovoltaického systému.....	100
6.5	Porovnání návratnosti opatření	100
6.6	Porovnání enviromentálního dopadu.....	101

6.7	Ekonomické porovnání	102
7	Závěr	104
	Seznam příloh.....	105
	Seznam použité literatury.....	106
	Seznam použitých programů	108

Seznam obrázků

Obr.1 – Komplex budov maso-profit s.r.o., pohled ze dvora.....	15
Obr.2 – Komplex budov maso-profit s.r.o., pohled z ulice	15
Obr.3 – Sestava tepelného čerpadla s akumulací nádobou na otopnou vodu a zásobníkovým ohřivačem TUV	19
Obr.4 – Rozdělovač-sběrač	19
Obr.5 – Nádobu na led se spirálou a řezacím nožem na led	19
Obr.6 – Pohled shora na fotovoltaický systém	20
Obr.7 – Zónování 1.np	27
Obr.8 – Zónování 2.np	27
Obr.9 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1	31
Obr.10 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2	32
Obr.11 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 1	62
Obr.12 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 1	63
Obr.13 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 2	66
Obr.14 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 2	67
Obr.15 – Schéma principu tepelného čerpadla na zemní plyn	68
Obr.16 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 3	69
Obr.17 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 3	70
Obr.18 – Schéma principu kogenerační jednotky se spalovacím motorem	71
Obr.19 – Schéma principu absorpčního chlazení.....	72
Obr.20 – Možné schéma zapojení trigenerace (kogenerační jednotka + absorpční chladicí jednotka).....	73
Obr.21 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 4	74
Obr.22 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 4	75
Obr.23 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 výsledné varianty	78
Obr.24 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 výsledné varianty	79

Seznam grafů

Graf 1 – Spotřeba a výroba energie pro měsíc říjen 2018 – leden 2019	21
Graf 2 – Spotřeba a výroba energie pro měsíc únor 2019 – květen 2019	22
Graf 3 – Spotřeba a výroba energie pro měsíc červen 2019 – září 2019	23
Graf 4 – Hodinová spotřeba energie kritických dnů v kWh	25
Graf 5 – Hodinová výroba energie kritických dnů v kWh.....	25
Graf 6 – Přebytky vyrobené energie z FVE systému	26
Graf 7 – Měsíční účinnosti FVE systému	26
Graf 8 – Srovnání hodnot spotřeb, výrob a neobnovitelné primární energie	56
Graf 9 – Srovnání hodnot spotřeb, výrob a neobnovitelné primární energie pro návrhový stav...	93
Graf 10 – Porovnání průměrných součinitelů prostupu tepla obálky budovy	97
Graf 11 – Porovnání celkové dodané energie a měrné dodané energie a energetické třídy	98
Graf 12 – Porovnání neobnovitelné primární energie	99
Graf 13 – Porovnání výroby energie	100
Graf 14 – Porovnání návratnosti opatření	100
Graf 15 – Porovnání enviromentálního dopadu stávající a návrhové varianty.....	101

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výpočet počtu baterií podle množství přebytečné energie v kWh a jejich nacenění .	24
Tabulka 2 – Porovnání kritérií hodnocení energeticky nulových standardů.....	30
Tabulka 3 – Soupis konstrukcí nesplňujících požadovaný součinitel prostupu tepla Un.....	30
Tabulka 4 – Vyhodnocení svázaných energií pro kritérium E.01 pro stávající stav.....	33
Tabulka 5 – Vyhodnocení dílčích spotřeb energií kritéria E.01 pro stávající stav	34
Tabulka 6 – Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.01 pro stávající stav	34
Tabulka 7 – Výsledné vyhodnocení kritéria E.01 pro stávající stav.....	34
Tabulka 8 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.01 pro stávající stav.....	35
Tabulka 9 - Vyhodnocení svázaných emisí GWP kritéria E.02 pro stávající stav.....	35
Tabulka 10 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.02 pro stávající stav	36
Tabulka 11 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.02 pro stávající stav	36
Tabulka 12 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.02 pro stávající stav	37
Tabulka 13 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.02 pro stávající stav.....	37
Tabulka 14 - Vyhodnocení svázaných emisí Ap kritéria E.03 pro stávající stav	37
Tabulka 15 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.03 pro stávající stav	38
Tabulka 16 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.03 pro stávající stav	38
Tabulka 17 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.03 pro stávající stav	38
Tabulka 18 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.03 pro stávající stav.....	39
Tabulka 19 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.04 pro stávající stav	39
Tabulka 20 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.04 pro stávající stav	40
Tabulka 21 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.04 pro stávající stav.....	40
Tabulka 22 - Vyhodnocení svázaných emisí ODP kritéria E.05 pro stávající stav.....	41
Tabulka 23 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.05 pro stávající stav.....	41
Tabulka 24 - Vyhodnocení svázaných emisí POCP kritéria E.06 pro stávající stav	42
Tabulka 25 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.06 pro stávající stav.....	42
Tabulka 26 – Účinnost fotovoltaického systému podle hodnocení SBToolCZ pro stávající stav	43
Tabulka 27 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.13 pro stávající stav.....	43
Tabulka 28 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.14 pro stávající stav.....	44
Tabulka 29 – Soupis kancelářských místností s jejich koncentracemi CO ₂	45
Tabulka 30 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 1 v kritériu S.12 pro stávající stav	46
Tabulka 31 - Soupis kancelářských místností s jejich plochami konstrukcí v interiéru	47
Tabulka 32 – Přehled emisních hodnot jednotlivých interiérových materiálů	47
Tabulka 33 – Soupis kanceláří a jejich emisí TVOC a formaldehydu s plochami.....	52
Tabulka 34 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 2 v kritériu s.12 pro stávající stav	53
tabulka 35 - bodové ohodnocení budovy v kritériu S.12 pro stávající stav	53
Tabulka 36 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 1 v kritériu C.04 pro stávající stav.....	54
Tabulka 37 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 2 v kritériu C.04 pro stávající stav.....	54
Tabulka 38 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 3 v kritériu C.04 pro stávající stav.....	55
Tabulka 39 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu C.04 pro stávající stav	55
Tabulka 40 – Porovnání skutečných a modelových spotřeb a výrob.....	56
Tabulka 41 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií stávajícího stavu	57
Tabulka 42 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií stávajícího stavu	57
Tabulka 43 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management stávajícího stavu	58
Tabulka 44 – Celkové vyhodnocení obdržených bodů budovy stávajícího stavu	58
Tabulka 45 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií stávajícího stavu s úpravou	58
Tabulka 46 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií stávajícího stavu s úpravou.....	59
Tabulka 47 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management stávajícího stavu s úpravou.....	59
Tabulka 48 - Celkové vyhodnocení obdržených bodů budovy stávajícího stavu s úpravou	59
Tabulka 49 – Vstupní výkony pro vyhodnocení FVE v programu DEKSOFT	61

Tabulka 50 – Soupis zlepšovaných konstrukcí na U_{rec}	64
Tabulka 51 – Vyhodnocení svázaných energií PEI kritéria E.01 pro návrhový stav	80
Tabulka 52 – Vyhodnocení dílčích Spotřeb energií kritéria E.01 pro návrhový stav	81
Tabulka 53 – Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.01 pro návrhový stav ..	81
Tabulka 54 – Výsledné vyhodnocení kritéria E.01 pro návrhový stav.....	81
Tabulka 55 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.01 pro návrhový stav	82
Tabulka 56 - Vyhodnocení svázaných emisí GWP kritéria E.02 pro návrhový stav.....	82
Tabulka 57 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.02 pro návrhový stav	83
Tabulka 58 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.02 pro návrhový stav...	83
Tabulka 59 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.02 pro návrhový stav	84
Tabulka 60 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.02 pro návrhový stav.....	84
Tabulka 61 - Vyhodnocení svázaných emisí Ap kritéria E.03 pro návrhový stav	85
Tabulka 62 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.03 pro návrhový stav	85
Tabulka 63 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.03 pro návrhový stav...	85
Tabulka 64 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.03 pro návrhový stav	86
Tabulka 65 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.03 pro návrhový stav.....	86
Tabulka 66 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.04 pro návrhový stav	87
Tabulka 67 - celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.04 pro návrhový stav ...	87
Tabulka 68 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.04 pro návrhový stav.....	87
Tabulka 69 - Vyhodnocení svázaných emisí ODP kritéria E.05 pro návrhový stav.....	88
Tabulka 70 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.05 pro návrhový stav.....	88
Tabulka 71 - Vyhodnocení svázaných emisí POCP kritéria E.06 pro návrhový stav	89
Tabulka 72 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.06 pro návrhový stav.....	89
Tabulka 73 – Účinnost fotovoltaického systému podle hodnocení SBTToolCZ pro návrhový stav ..	90
Tabulka 74 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.13 pro návrhový stav	90
Tabulka 75 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.14 pro návrhový stav.....	91
Tabulka 76 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 1 v kritériu S.12 pro návrhový stav	92
Tabulka 77 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 2 v kritériu S.12 pro návrhový stav	92
Tabulka 78 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu S.12 pro návrhový stav.....	92
Tabulka 79 – Porovnání stávajících a návrhových spotřeb a výrob	93
Tabulka 80 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií návrhového stavu.....	94
Tabulka 81 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií návrhového stavu	94
Tabulka 82 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management návrhového stavu	94
Tabulka 83 – Celkové vyhodnocení obdržných bodů budovy návrhového stavu	94
Tabulka 84 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií návrhového stavu s úpravou	95
Tabulka 85 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií návrhového stavu s úpravou	95
Tabulka 86 – souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management návrhového stavu s úpravou.....	95
Tabulka 87 - Celkové vyhodnocení obdržných bodů budovy návrhového stavu s úpravou	95

Anotace

Hlavním tématem diplomové práce je optimalizace administrativní budovy se sklady. Cílem návrhu byla stavební a technologická opatření, kterými by se dosáhlo energeticky nulového standardu. Nejprve byl rozebrán stávající stav objektu a energetické chování dle spotřeb a výrob energií a vypracována projektová dokumentace stávajícího stavu podle informací od majitele a poskytnuté studie. Na základě poznatků byla navržena optimalizace stavebních konstrukcí a technologických zařízení. Dalším cílem bylo budovu posoudit v rámci hodnocení SBToolCZ pro vybraná kritéria. Na základě výsledků energetické optimalizace a vyhodnocení kritérií SBToolCZ byla vytvořena dokumentace navrhovaných opatření.

Klíčová slova: optimalizace, energeticky nulový standard, SBToolCZ, administrativní budova

Annotation

The main topic of the thesis is the optimization of the office building with stores. The aim of this design was construction and technological measures which would achieve an energy zero standard. At First, the current state of the building and energy behavior according to the energy consumption and production were analyzed and the project documentation of the current state was elaborated according to the information from the owner and provided study. Based on the findings, the optimization of building structures and technological equipment was proposed. The other aim was to assess the building within a part of the evaluation of SBToolCZ for the selected criteria. Based on the results of energy optimization and evaluation of SBToolCZ criteria, the documentation of the proposed measures was created.

Keywords: optimization, zero energy standard, SBToolCZ, office building

Použité zkratky

EPS	expandovaný polystyren
XPS	extrudovaný polystyren
PUR	izolace z polyuretanové pěny
TUV	teplá užitková voda
VZT	vzduchotechnická jednotka
FVE	fotovoltaika, fotovoltaický systém, fotovoltaická výroba
LED	„Light-Emitting Diode“ = elektroluminiscenční dioda
U _{em}	průměrný součinitel prostupu tepla [W/m ² K]
E _a	měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m ² a]
PEA	měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů [kWh/m ² a]
fr	redukční činitel na průměrný součinitel prostupu tepla obálkou
U	součinitel prostupu tepla [W/m ² K]
U _N	požadovaný součinitel prostupu tepla [W/m ² K]
U _{rec}	doporučený součinitel prostupu tepla [W/m ² K]
U _{em,R}	referen. hodnota průměrného součinitele prostupu tepla [W/m ² K]
PEI	roční svázaná spotřeba energie [MJ/a]
CO _{2,ekv.}	emise oxidu uhličitého
SO _{2,ekv.}	emise oxidu siřičitého
NO _x	emise vznikající při spalování fosilních paliv, oxidy dusíku a fosforu
R-11 _{ekv.}	emise trichlormonofluormetanu
C ₂ H ₄	emise ethylenu
EER	průměrný chladicí faktor
TVOC	soubor organických těkavých látek
TČ	tepelné čerpadlo

1 Úvod

Řešeným objektem je budova společnosti MASO-PROFIT s.r.o. v Praze 9 - Hrdlořezech, která se zaměřuje na gastro provoz a v této budově má skladovací prostory, administrativní část a obchod. Hlavním cílem diplomové práce je optimalizovat konstrukčně a technologicky budovu tak, aby splňovala podmínky pro energeticky nulový standard. Dalším úkolem je posoudit objekt ohledně dopadu na životní prostředí pomocí vybraných kritérií metodiky SBToolCZ.

První částí je rozbor stávajícího stavu a vytvoření projektové dokumentace podle poskytnutých informací a studie od majitele. Budova byla rozdělena do zón podle způsobu využití a použitých technologií a na základě těchto podkladů bylo zpracováno energetické vyhodnocení pomocí programu DEKSOFT, kde byla sledována třída energetické náročnosti budovy, průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, celková dodaná energie za rok a neobnovitelná primární energie za rok. Na základě výsledků byla pak navrhována stavební a technologická vylepšující opatření, aby se budova svými hodnotami zařadila do budov v nulovém standardu.

V dalším posouzení byla vybrána některá kritéria z metodiky SBToolCZ a budova byla posouzena ohledně dopadu na životní prostředí.

V závěru práce je shrnut výběr nejvhodnějších opatření, kterými bude docíleno energeticky nulového standardu a budova splní všechny požadavky normy. Výsledek může být podkladem pro majitele objektu, který by rád budovu optimalizoval a snížil spotřeby energií a dopad na životní prostředí a zvýšil soběstačnost budovy.

2 Popis objektu

V této části bude stručně popsán řešený objekt. Jedná se o budovu gastro provozu firmy MASO-PROFIT s.r.o., ve které jsou umístěny skladovací prostory, chladicí sklady, prodejna gastronomických potřeb a zařízení, kanceláře zaměstnanců, ateliér a jednací místnosti. Práce byla konzultována i s majiteli budovy, kteří by rádi optimalizovali budovu i ve skutečnosti, byla teda použita skutečná naměřená data a byly brány ohledy na požadavky majitelů.



*Obr.1 – Komplex budov MASO-PROFIT s.r.o.,
pohled ze dvora*



*Obr.2 – Komplex budov MASO-PROFIT s.r.o.,
pohled z ulice*

2.1 Umístění a geometrie objektu

Objekt se nachází v Praze 9 – Hrdlořezech v ulici Hrdlořezská 197/6. Komplex staveb stojí na pozemcích s parcelními čísly 322/1, 322/2, 322/3, 322/4, 323/1, 524/2 a 524/6. Objekt se nachází asi 100 m od hlavní silnice Českobrodská a stojí na téměř rovinatém terénu.

Tvarosloví komplexu tvoří několik hmot, jedná se v podstatě o několik podlouhlých samostatných budov se sedlovými střechami, které na sebe byly postupně napojovány ve tvaru Z. Všechny objekty jsou jednopodlažní a mají využívané podkroví. V žádné části není budova podsklepena. Všechny úseky komplexu jsou vzájemně propojeny, i když má budova do každé části samostatný vchod.

2.2 Dispoziční řešení objektu

Komplex budov je rozdělen na sedm objektů.

V jihozápadním výběžku v 1.NP se nachází část prodejny a ve 2.NP je umístěn byt, který má samostatný vstup po venkovním ocelovém schodišti přisazeném na fasádě.

V hlavní západní části je v 1.NP umístěna na jih prodejna, zádveří, sklad a kancelář fakturace, na severní straně této části jsou pak velkoprostorové sklady koření a sáčků a mezi sklady a prodejnou je umístěn meat-lab. V západní části jsou strojovny VZT, ohřevu TUV a chlazení, dále také výtah a schodiště do 2.NP, které vede do dalších technických místností a skladů drobných věcí a obalů. Z meat-labu v 1.NP vede schodiště do 2.NP, které ústí do showroomu. Nad prodejnou v 1.NP se pak nachází administrativní část s kanceláři obchodníků a projektantů.

Ve spojovací části mezi hlavním západním objektem a kolmou středovou částí se nachází část s pultovou střechou. V 1.NP je umístěn sklad manipulace s osobním výtahem. Ve 2.NP je severně orientovaná venkovní terasa, která je přístupná z otevřeného odpočinkového prostoru s kavárnou. Dále jsou zde vestavěny 2 jednací místnosti ve skleněných buňkách.

V podlouhlé střední části se v 1.NP na sever nachází sklad chladírny střev, velkoprostorový sklad expedice a v jižní části prostory servisu s vlastním vstupem, konkrétně tedy sklad, příjem, obchod s díly a zádveří. Ve 2.NP je nad skladem chladírny střev zasedací místnost, nad velkoprostorovým skladem sociální zázemí pro zaměstnance a dlouhá chodba se vstupy do 5 samostatných kanceláří technologů, nákupů, příjmu, vedení a účtárny. V pravém přístavku je umístěn ještě archiv.

V jižním přístavku je v 1.NP kryté venkovní schodiště polovalbovou střechou, které vede ke dveřím ve 2.NP, pod ním je přístup do šatny servisu se sociálním zázemím zaměstnanců a v pravé části je schodiště vedoucí do 2.NP a kanceláře vedení a servisu. Vnitřní schodiště ústí do kuchyňky, vedle které se nachází ještě prostor jídelny.

Mezi střední částí a nejuvýchodnějším traktem je vestavěná nová budova. V 1.NP v severní části je umístěn sklad zakladačů, na jih je orientována dílna servisu se schodištěm do 2.NP a sociálním zázemím personálu v pravé části. Ve 2.NP ústí schodiště do dlouhé chodby, odkud je přístup do vestavěných skleněných boxů s kanceláři personálního oddělení, grafiků, marketingu a komunikačního oddělení. Na severní i jižní stranu je část půdního prostoru ve zkosené části střechy s nízkou světlou výškou. V levé části je z chodby přístup na venkovní terasu s orientací na jih.

V posledním nejvýchodnějším objektu je v 1.NP umístěna dílna s brusírnou a strojovnou teplé a chladné vody. Ve 2.NP je celé podkroví využíváno jako ateliér.

Podrobné dispozice s tabulkou místností a plochami jsou uvedeny v příloze této práce ve výkresové části.

2.3 Konstrukční a materiálové provedení objektu

2.3.1 Základy

Základy pod celým objektem jsou z železobetonových pasů. Rozměry jsou uvedeny v příloze ve výkresové části.

2.3.2 Podlahy

Podlaha na terénu hlavního západního objektu je tvořena železobetonovou deskou a není zateplena. Podlaha na terénu střední části je tvořena železobetonovou deskou a je zateplena tepelnou izolací z EPS tl. 50 mm, na které je roznášecí vrstva betonové mazaniny. Podlaha jižního výběžku je tvořena železobetonovou deskou s tepelnou izolací z XPS tl. 50 mm, na které je roznášecí vrstva z betonové mazaniny s podlahovým teplovodním vytápěním. Východní část komplexu má podlahy z železobetonové desky a je zateplena tepelnou izolací z EPS tl. 80 mm s roznášecí vrstvou z betonové mazaniny.

2.3.3 Obvodové stěny

Konstrukční systém celého komplexu je stěnový podélný, pouze v úseku s bytem jsou 4 nosné sloupy uprostřed dispozice a ve středové administrativní části jsou skleněné příčky posíleny sloupy a uvnitř dispozic kanceláří jsou sloupy podpírající průběžný průvlak. Obvodové stěny jsou tvořeny převážně cihelnými tvárnici Porothem 44 Profi tl. 440 mm. Východní objekt a jižní výběžek jsou zděny z cihel plných pálených. Vestavěná nová část mezi těmito objekty je z jižní strany z cihelných tvárnici Porothem 30 Profi tl. 300 mm a ze severní strany z železobetonového ztraceného bednění tl. 240 mm.

2.3.4 Zateplení objektu

Zateplení obvodových stěn je převážně provedeno systémem ETISC. V západní části komplexu je použita teplená izolace z EPS tl. 30 mm, zbylá část západního objektu je nezateplena. Střední objekt je zateplen ze severní a východní strany tepelnou izolací z EPS tl. 150 mm, ze západní strany je nezateplen a výběžek na jihu je zateplen tepelnou izolací z EPS tl. 120 mm. Nově přistavěný objekt mezi střední a pravou částí je zateplen ze severu i jihu tepelnou izolací

z EPS tl. 150 mm. Nejvýhodnější objekt je zateplen ze severu a východu tepelnou izolací z minerální vaty tl. 150 mm, z jihu zateplen není, ale plánuje se zateplení tepelnou izolací EPS tl. 120 mm. Na izolaci je nanášena stěrková podkladní vrstva se síťovinou a jako povrchová úprava je použita tenkovrstvá silikonová omítka bílé barvy.

2.3.5 Střechy

Na celém komplexu jsou šikmé sedlové střechy, pouze u výtahu mezi hlavním objektem a středovou částí se nachází úsek s pultovou střechou. Střecha hlavního západního objektu je tvořena I-nosníky s tepelnou izolací z minerální vaty tl. 200 mm mezi nimi a tl. 300 mm pod nimi. Severní část středového traktu je zateplena tepelnou izolací z PUR pěny tl. 250 mm. Část s pultovou střechou je tvořena železobetonovou deskou a tepelnou izolací z minerální vaty tl. 100 mm. Středová část je tvořena I-nosníky s tepelnou izolací z minerální vaty tl. 120 mm mezi nimi a tl. 130 mm pod nimi. Jižní výběžek má střešní krov tvořen dřevěnými krokvemi o rozměrech 160x80 mm s tepelnou izolací z PUR pěny tl. 250 mm mezi nimi a pod nimi. Přistavěná část mezi střední a východní částí má také dřevěný krov s krokvemi o rozměrech 160x80 mm a je zateplen tepelnou izolací z foukané celulózy CLIMATIZER PLUS tl. 250 mm mezi krokvemi a nad nimi. Nejvýhodnější část komplexu má dřevěný krov s krokvemi o rozměrech 160x80 mm a je zateplen tepelnou izolací z PUR pěny tl. 250 mm mezi krokvemi a pod nimi.

2.3.6 Výplně otvorů

Výplně otvorů jsou v celém komplexu budov nové plastové. Okna jsou plastová s izolačním trojsklem s hodnotou součinitele prostupu tepla $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vstupní dveře jsou plastové s izolačním trojsklem a hodnotou součinitele prostupu tepla $U_d = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. V nejvýhodnější části komplexu jsou troje výsuvná plechová vrata.

2.4 Technologické vybavení budovy

2.4.1 Vytápění a zdroje

Jako hlavní zdroj tepla a ohřevu teplé vody jsou v objektu použita dvě stejná tepelná čerpadla vzduch-voda SINCLAIR SHP-180IRC o výkonu jednoho čerpadla 16,79 kW s napojením na akumulaci nádobu na otopnou vodu, která je spolu s čerpadly umístěna v technické místnosti v západní části komplexu. Jako záložní zdroj tepla slouží elektrokotel o výkonu 40 kW. Ke koncovým prvkům je otopná voda dovedena teplovodní otopnou soustavou. V celém objektu jsou použita desková otopná tělesa. Ve východní části a v 1.NP u prostoru servisu je použito teplovodní podlahové vytápění.

2.4.2 Příprava TUV

Příprava teplé užitkové vody je zajištěna tepelnými čerpadly s napojením na nepřímotopný zásobníkový ohřívač TUV JUMBO o objemu 800 litrů. Pro ohřev TUV je zároveň využívána energie vyrobená fotovoltaickým systémem na střeše hlavního západního objektu.



Obr.3 – Sestava tepelného čerpadla s akumulací nádobou na otopnou vodu a zásobníkovým ohřívačem TUV



Obr.4 – Rozdělovač-sběrač

2.4.3 Větrání

Větrání vytápěné části je převážně nucené. V západním hlavním objektu zajišťuje výměnu vzduchu v kancelářích vzduchotechnická jednotka REMAK AeroMaster XP Compact. Nejvýhodnější část komplexu je v 1.NP větrána přirozeně a ve 2.NP je větrání zajištěno nuceně pomocí vzduchotechnické jednotky System Air. Zbylá část budovy je větrána přirozeně manuálním otevíráním oken.

2.4.4 Chlazení

V objektu je i režim chlazení, chlazená část je v západní hlavní budově v prostoru kanceláří. Chlazení zajišťují koncové prvky, fan-coil jednotky, které jsou umístěny v prostoru kanceláří. Zdrojem chladu je nádoba na led, která je umístěna v technické místnosti v západní části. Led je vyráběn výrobníkem ledu s příkonem 3,2 kW a padá do nádoby s vodou o výšce 2,5 m a průměru 2 m, ve které je umístěna spirála a pomocí nože se namrzlý led na spirále odřezává do vody, kterou tak chladí, voda o potřebné teplotě na chlazení je rozvedena do fan-coil jednotek přes výměník, ty zajišťují koncové chlazení kancelářských místností.



Obr.5 – Nádoba na led se spirálou a řezacím nožem na led

Nádoba na led je umístěna v zóně 2. Doplnění ledu probíhá v průběhu celého dne a je možné vyrobit až 1 tunu ledu za den, energie na tuto výrobu je elektrická. Rozvody do kanceláří a k VZT jednotce jsou vedeny přes výměník, oběhová voda se ve výměníku ochladí na 12°C. U VZT jednotky je další výměník pro větrací vzduch.

2.4.5 Fotovoltaický systém

Posledním technologickým zařízením jsou instalované fotovoltaické panely na střeše západního objektu s jižní orientací panelů. 109 fotovoltaických panelů s monokrystalickými křemíkovými články zabírá plochu 174,7 m². Špičkový výkon FVE systému je 150 W/m². Panely jsou instalovány pod úhlem 17° podle sklonu střechy a jsou plně větrány. Vyrobená elektrická energie je použita na pokrytí části spotřeby ze spotřebičů, přípravu teplé užitkové vody a osvětlení. Přebytky z vyrobené energie nejsou nikam ukládány, ale jsou posílány do veřejné sítě za výkupní cenu elektrické energie.



Obr.6 – Pohled shora na fotovoltaický systém

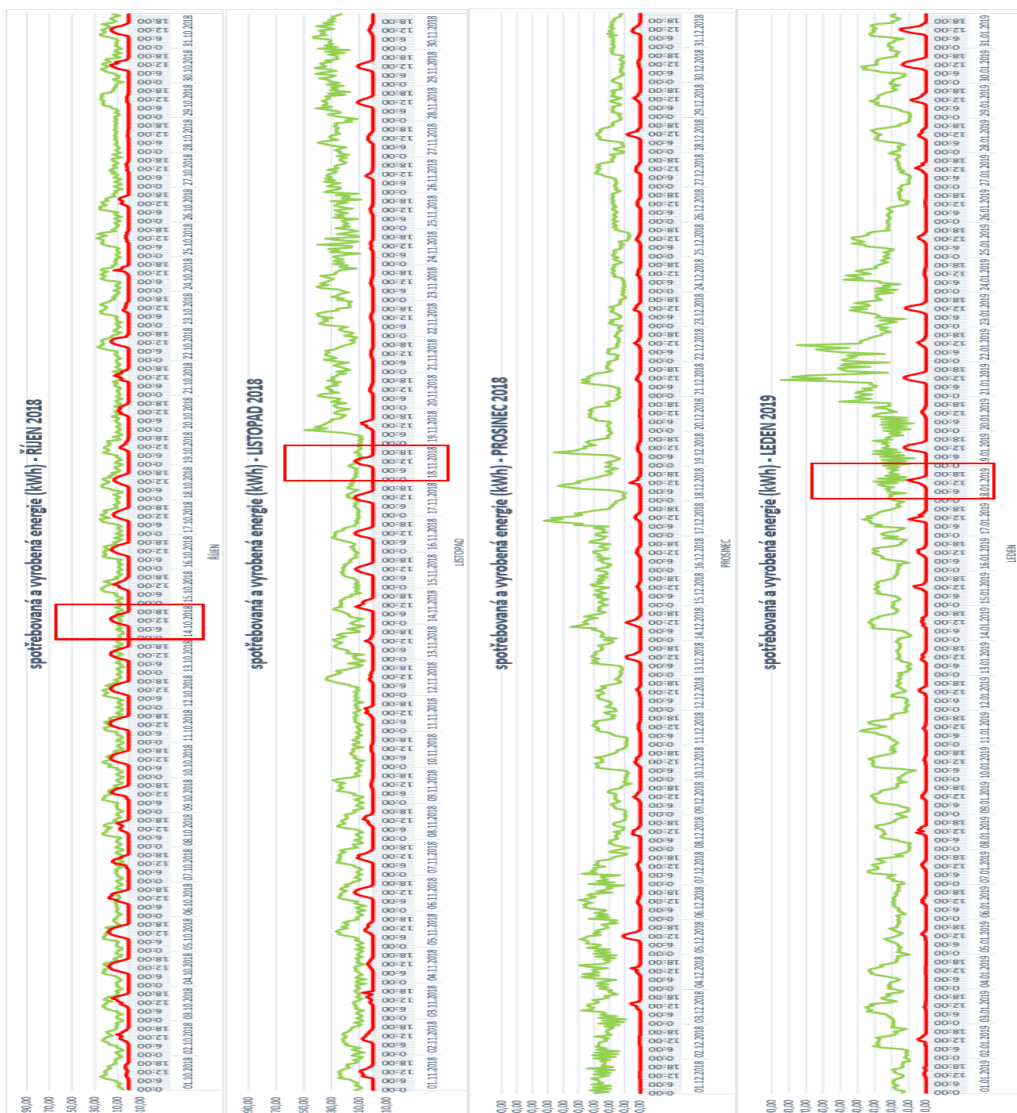
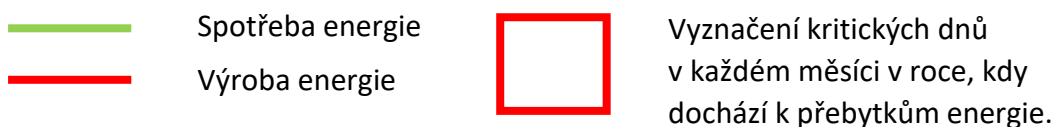
2.4.6 Osvětlení

Osvětlení v celém objektu je řešeno LED osvětlením s účinností 30%. Ovládání osvětlení je manuální a v objektu není zajištěno nouzové osvětlení. Část spotřeby energie na osvětlení je vyráběna pomocí fotovoltaické elektrárny na jižní střeše hlavního objektu.

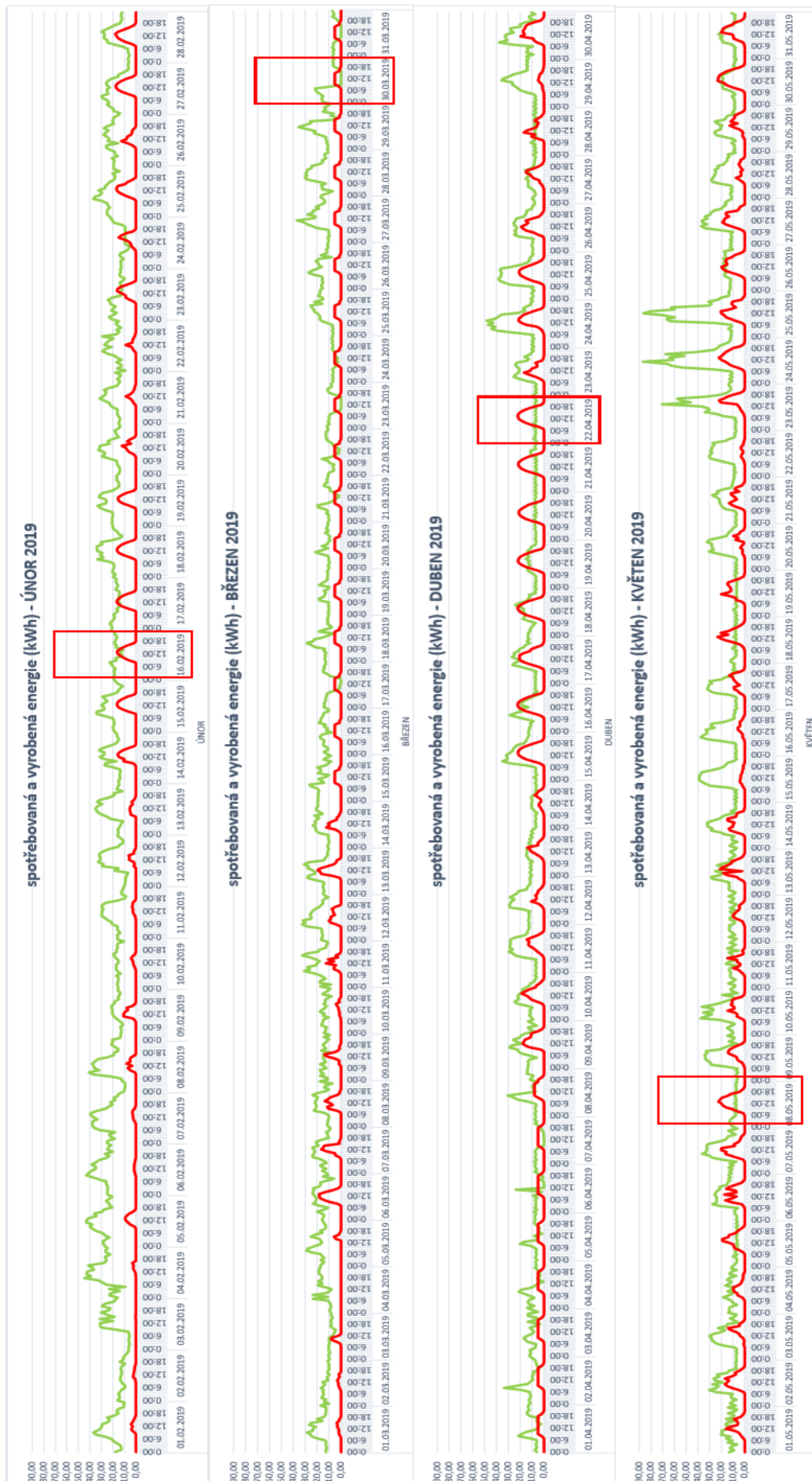
3 Posouzení stávajícího stavu budovy

3.1 Grafy skutečných spotřeb a výroby energie v kWh

V následujících grafech jsou zobrazeny skutečné naměřené spotřeby energie objektu a vyrobené energie z fotovoltaického systému. Data byla převzata ze systému LOXON, který byl poskytnut od majitelů firmy MASO-PROFIT s.r.o. Na základě tohoto systému jsem vypracovala tabulky hodinových dat pro celý rok na každý měsíc, a to od října 2018 do září 2019. Podrobné hodnoty a grafy pro jednotlivé měsíce jsou uvedeny v přílohové části této práce. V této zprávě je zobrazen pouze souhrn grafů pro celý rok.



Graf 1 – Spotřeba a výroba energie pro měsíc říjen 2018 – leden 2019



Graf 2 – Spotřeba a výroba energie pro měsíc únor 2019 – květen 2019



Graf 3 – Spotřeba a výroba energie pro mesic červen 2019 – září 2019

Naměřené hodnoty v grafech jsou ovlivněny především klimatickými daty v oblasti, kde se objekt nachází.

K nejvyšším spotřebám energie dochází **okolo 20. května 2019**, aktuální hodinová spotřeba energie **se blíží 90 kWh**. Tento jev je způsoben nejteplejšími dny v roce 2019, kdy byla nutná vysoká potřeba energie na chlazení kancelářských prostor. Naopak nejvyšší spotřeba energie na vytápění byla naměřena **okolo 20. ledna 2019**, kdy docházelo také k největším výkyvům spotřeby energie a aktuální hodinová spotřeba energie se pohybovala **od 7 kWh do 85 kWh**.

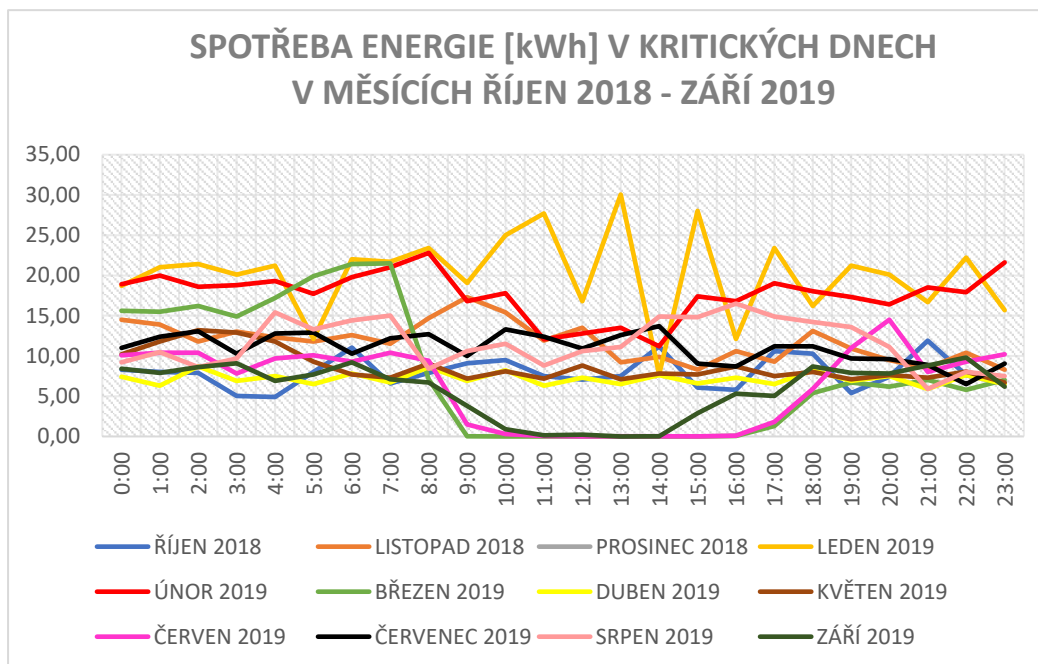
V každém měsíci dochází i k přebytkům energie ve výrobě, tato energie není ukládána, ale je prodávána do sítě za výkupní cenu elektrické energie. Tento způsob je výhodnější variantou pro hodnocený objekt. V následující tabulce je stručný výpočet ekonomických nákladů na pořízení akumulčního úložiště v podobě baterií, pokud by se přebytečná energie uchovávala v objektu a neprodávala se do veřejné sítě.

Tabulka 1 – Výpočet počtu baterií podle množství přebytečné energie v kWh a jejich nacenění

Solární baterie Banner 230Ah Solar:	230 Ah
	12V
Přepočet na kWh na 1 baterii:	2,76
Návrh počtu baterií:	1114
Cena 1 baterie v Kč:	7502
Celková cena baterií v Kč:	8 354 727 Kč

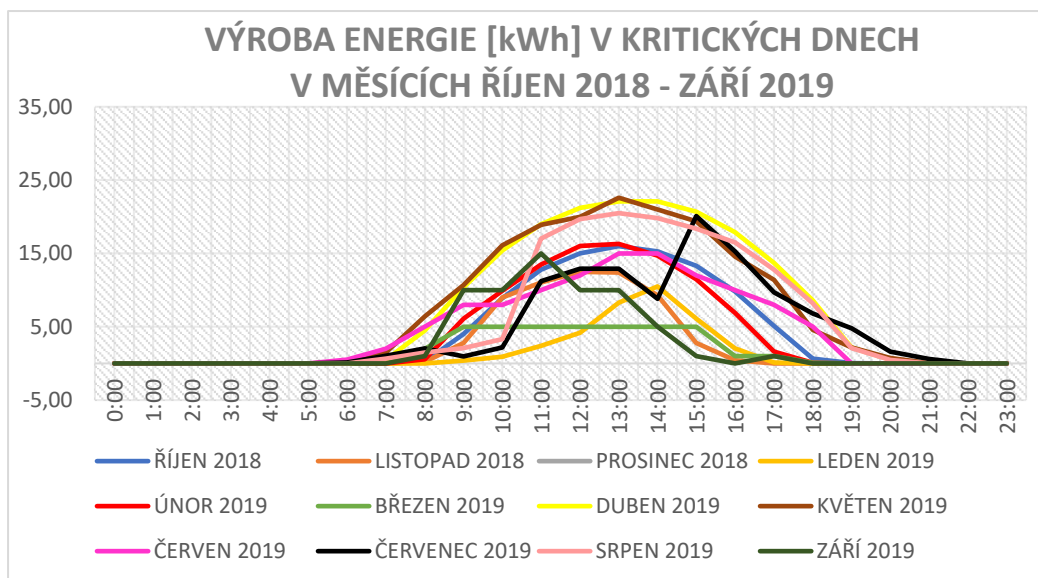
Po vyčíslení ceny z počtu potřebných baterií pro ukládání energie je zřejmé, že návrh úložiště je absolutně ekonomicky nevýhodný a návratnost tohoto opatření by byla nereálná. Proto budou přebytky nadále prodávány do veřejné sítě za výkupní cenu elektrické energie, jako je tomu doposud.

V grafech celkové měsíční spotřeby a energie pro celý rok, které jsou uvedeny výše, jsou nejkritičtější dny v měsíci vyznačeny v červeném rámečku. Hodnoty spotřeb a výrob energie v kWh jsem vybrala do tabulky, která je přiložena v přílohové části této práce a z ní byly vytvořeny dva souhrnné grafy, které jsou uvedeny níže. První zobrazuje hodinový průběh spotřeb energie kritického dne v každém měsíci, graf tedy slouží pro porovnání jednotlivých kritických dnů v každém měsíci v roce. Na stejném principu funguje i druhý graf, který zobrazuje ale hodinový průběh výroby energie v kritických dnech v každém měsíci za celý rok.



Graf 4 – Hodinová spotřeba energie kritických dnů v kWh

Z grafu je opět vidět, že k nejvyšší spotřebě energie, a zároveň k největším výkyvům, dochází v lednu 2019. Naopak nejmenší spotřeba energie je v měsíci červnu 2019, ovšem nejvíce ustálená spotřeba s relativně nízkými hodnotami je v dubnu 2019.

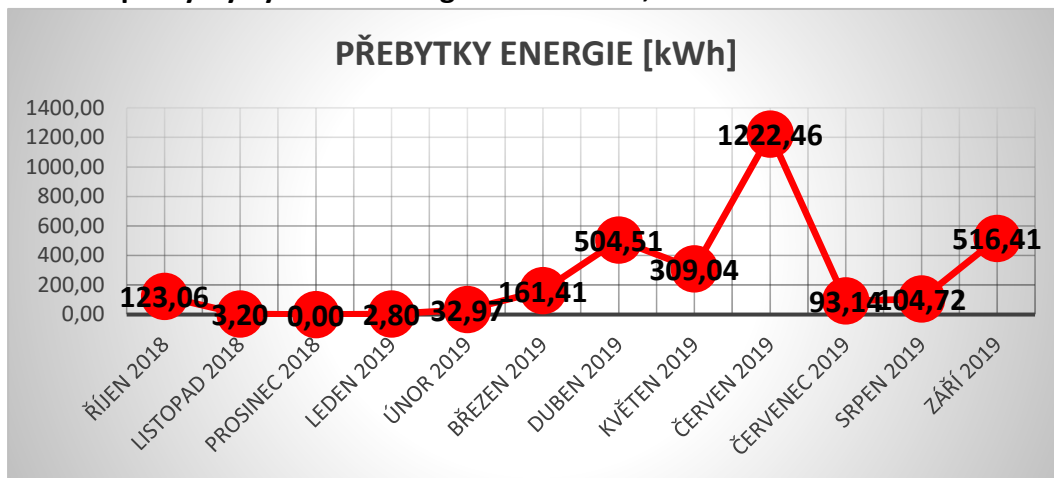


Graf 5 – Hodinová výroba energie kritických dnů v kWh

Nejvíce energie FVE systém vyrobí v dubnu a květnu. K největším výkyvům dochází v červenci, tento fakt je ovšem velmi ovlivněn klimatickými podmínkami v daném roce 2019. Běžně by docházelo k největší výrobě právě v červenci a srpnu. Nejméně energie se vyrobí v březnu. Obecně platí, že výroba energie FVE systémem je velmi závislá na klimatických podmínkách v hodnoceném roce.

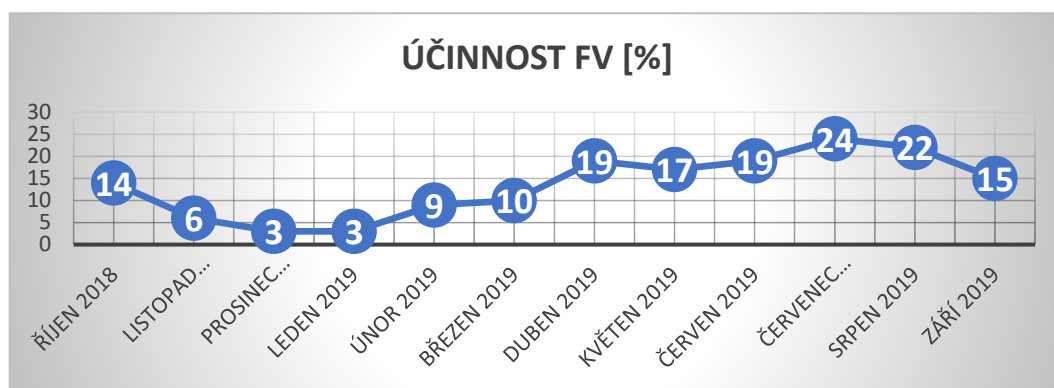
Množství vyrobené energie fotovoltaickým systémem, které objekt není schopen využít, je zobrazeno v následujícím grafu, kde je také vidět, který měsíc systém vyrobí nejvíce přebytečné energie.

Celkové přebytky vyrobené energie za rok činí 3,074 MWh.



Graf 6 – Přebytky vyrobené energie z FVE systému

V dalším grafu je zobrazena účinnost FVE systému. Ta byla vypočítána z poměru spotřeby energie a výroby energie pro hodinová data, která byla zprůměrována za každý měsíc a následně byl spočítán celkový průměr z měsíčních údajů a výsledkem byla roční průměrná účinnost FVE systému. **Celková průměrná roční účinnost celého systému vyšla ze skutečných naměřených hodnot 13%.** Následující graf zobrazuje měsíční průměrné účinnosti.



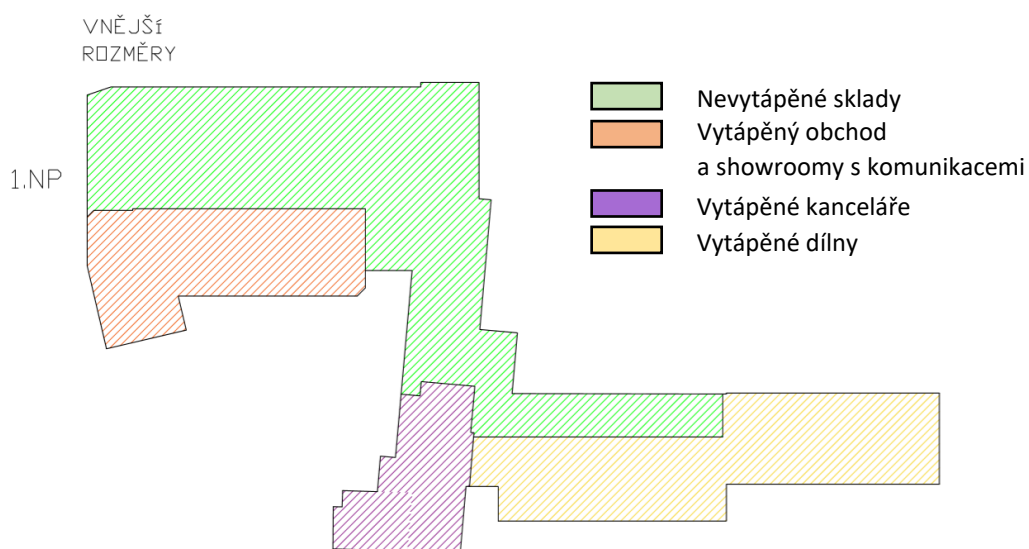
Graf 7 – Měsíční účinnosti FVE systému

Z grafů skutečných naměřených hodnot jsem tedy zjistila, že **celková roční spotřeba energie objektu je 141,59 MWh/rok** a **celková vyrobená energie za rok je 24,09 MWh/rok** i s přebytky vyrobené energie.

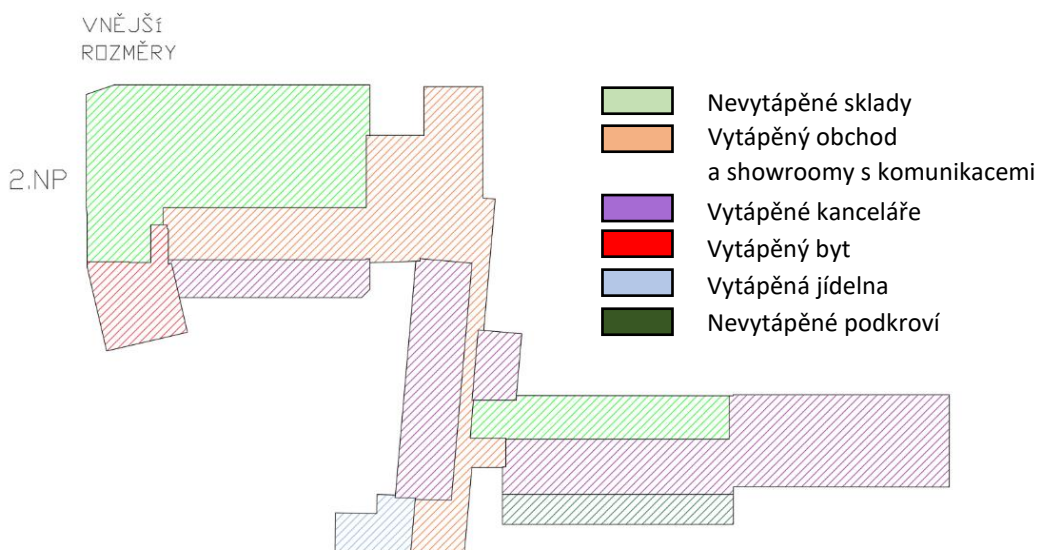
Hodnoty z těchto údajů byly základním podkladem pro následující vytvoření energetického modelu pomocí softwaru DEKSOFT – ENERGETIKA, aby se energetický model choval co nejvíce podobně jako skutečný hodnocený objekt, a výsledky byly tak co nejvíce přiblížené realitě.

3.2 Vyhodnocení stávajícího stavu softwarem DEKSOFT

Podle nově zpracované výkresové dokumentace, která byla zhotovena podle údajů od majitele objektu a je přiložena v přílohách ve výkresové části, a podle informací o spotřebách a výrobě energie z FVE uvedených výše, jsem vytvořila zónový energetický model budovy podle typu provozu a technologií v jednotlivých částech. Budova byla rozdělena do 7 zón: nevytápěné sklady, vytápěný obchod a showroomy s komunikacemi, vytápěné kanceláře, vytápěné dílny, vytápěný byt, vytápěná jídelna a nevytápěné podkroví. Pro výpočet byly nadefinovány všechny konstrukce obálky budovy a konstrukce mezi zónami s rozdílnými vnitřními teplotami, dále pak tepelně-technické vlastnosti konstrukcí a technické systémy. Výpočet energetického posouzení budovy byl proveden v programu DEKSOFT – ENERGETIKA. Veškeré výstupy napočítaných ploch a zónování celého objektu vodorovných a svislých konstrukcí jsou přiloženy v přílohách této práce.



Obr.7 – Zónování 1.NP



Obr.8 – Zónování 2.NP

Po zadání všech potřebných údajů do programu DEKSOFT, konkrétně tedy: informací o lokalitě a klimatických datech, katastrálních údajích, skladbách všech konstrukcí obálky budovy i konstrukcí mezi zónami v objektu s rozdílnými vnitřními teplotami, plochách všech těchto konstrukcí, přiřázení na tepelné vazby, podrobných informací o zdrojích tepla, způsobu vytápění, vzduchotechnických systémech, chladících zdrojích, informací o osvětlení a ohřevu teplé užitkové vody, návrhových opatřeních, analýze alternativních systémů a cenách energonositelů, které jsou v objektu využívány, byl vygenerován výstup současného energetického stavu hodnocené budovy. Zároveň byla budova zařazena do třídy energetické náročnosti budov. Dílčí výstupy jsou uvedeny v podrobném protokolu, který je součástí příloh této práce.

V této zprávě je uveden soupis důležitých faktorů, které je nutné hlídat, aby bylo splněno zadání mé diplomové práce, tedy optimalizace administrativní budovy do energeticky nulového standardu.

Na úvod bych zde chtěla porovnat dva pojmy vyskytující se v oblasti energeticky nulových standardů, které se velice často zaměňují. Těmi jsou **budova s téměř nulovou spotřebou energie (nearly zero energy building)** a **energeticky nulová budova (net zero energy building)**.

*„Hodnocení vychází z roční bilance energetických potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí, vyjádřené v hodnotách **primární energie**. Předpokládá se, že budova je připojena na obvyklé energetické síť. Zpravidla je potřebné, aby stavební řešení a technická zařízení budovy byla navržena tak, aby alespoň přibližně odpovídala standardu pasivního domu a část energetických potřeb kryla z obnovitelných zdrojů. Předběžně jsou stanoveny dvě základní úrovně hodnocení:*

Úroveň A – do energetických potřeb budovy se zahrne potřeba tepla na vytápění, potřeba energie na chlazení, energie na přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy, elektrická energie na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče.

Úroveň B – jako A, ale bez zahrnutí elektrické energie na elektrické spotřebiče.

Pro A i B je dále definováno, co se považuje za dosažení úrovně „energeticky nulového domu“ a co za dosažení úrovně domu „blízkého energeticky nulovému“. Hlavními třemi parametry pro splnění požadavků nulové budovy pro neobytné budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou 18°C – 22°C včetně jsou tedy:

- Průměrný součinitel prostupu tepla **$U_{em} \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$** , tento požadavek se řídí podle pasivních staveb
- Měrná potřeba tepla na vytápění **$E_a \leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$** , tento požadavek se řídí podle pasivních staveb, může být i maximálně o 20% vyšší, pokud je dobře zdůvodněno, proč nelze dosáhnout lepší hodnoty.

Tyto dva parametry jsou stejné pro **budovy s téměř nulovou spotřebou energie** i pro **energeticky nulové budovy**.

- Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů pro **budovy s téměř nulovou spotřebou energie** pro úroveň **A** $PE_A = 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, pro úroveň **B** $PE_A = 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ a pro **energeticky nulové budovy** pro obě úrovně **A i B** $PE_A = 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, přičemž hodnocená budova spadá do úrovně B [1]

A. Budova s téměř nulovou spotřebou energie

„Budova, jejíž energetická náročnost určená podle přílohy I je velmi nízká. Téměř nulová či nízká spotřeba požadované energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů, včetně energie z obnovitelných zdrojů vyráběné v místě či v jeho okolí. V případě České republiky je směrnice implementována do zákona 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů. Technické parametry dále specifikuje vyhláška 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (se změnou 230/2015 Sb.).“

Dnes už se tento typ budov nehodnotí absolutními hodnotami, které jsou uvedeny výše, ale spíše podle referenční budovy¹, která musí mít spotřebu energie vyšší než hodnocená budova. Podle tohoto hodnocení se určuje pevná hodnota pouze **redukčního činitele $fr = 0,7$** na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} . Z různých zdrojů je patrné, že kritéria hodnocení nejsou úplně jasná a nejsou ani legislativně pevně stanovená a podle různých zdrojů se i různí požadavky. Nicméně i název „téměř nulová spotřeba energie“ je zavádějící, protože hodnoty **měrné potřeby tepla na vytápění** podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. jsou pro tento typ **30 – 70 kWh/m²a**, což je více než u budov nízkoenergetických a pasivních. [2] [3]

B. Energeticky nulová budova

„Budova, jejíž součástí jsou zařízení na energetickou produkci, a u které roční bilance dodávané a vyprodukované energie je vyrovnaná (vyjádřeno hodnotou primární energie), přičemž není důležité, zdali se vyprodukovaná energie využije přímo v budově, či je distribuována dále. Přihlédneme-li k definici primární energie, která říká, že jde o energii, jež neprošla žádným procesem přeměny, je zřejmé, že se určitě nemusí jednat o budovu, která si zvládne vyrobit dostatečné množství energie pro svoji vlastní spotřebu. Vzhledem k tomu, že například pro dodávku elektřiny do budovy je třeba zajistit přibližně 3x více primárních zdrojů, nežli při dodávce uhlí či zemního plynu, stačí, aby na budově byla umístěna fotovoltaická elektrárna, která vyrobila třikrát méně elektřiny, nežli je dodávka plynu do budovy, a ta bude v hodnotách primární energie vykompenzována. To samé však již neplatí u spotřeby energie, kde bilance vyrovnaná nebude a už vůbec to neznámá, že by budova měla nulové platby za spotřebu energií. Výše uvedená definice dále neznámá ani to, že bilance, byť vyjádřená v hodnotách primární energie, bude vyrovnaná v každém časovém období. Jedná se o bilanci roční, přičemž zpravidla systémy produkující energii

¹ budova o stejné geometrii a orientaci světových stran s legislativně standardizovanými tepelně-izolačními vlastnostmi obálky budovy a účinnosti technických zařízení

budou mít v letním období výrazné přebytky. Ty se v ročním součtu uplatní v období zimním, kdy naopak nedostatek výroby vykompenzují. Budova tedy bude ve většině případů napojena na energetické sítě, jak je mimo jiné přímo uvedeno i v ČSN 730540 2.“ [2]

Tabulka 2 – Porovnání kritérií hodnocení energeticky nulových standardů

téměř nulová spotřeba energie	energeticky nulová budova
$PE_A = 90(120) \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$PE_A = 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
$E_A = 30 - 70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	dle referenční budovy (DEKSOF)
redukční činitel $fr = 0,7$	nekladou se požadavky
$U_{em} \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$	dle referenční budovy (DEKSOF)

Hodnocený objekt je posuzován v této diplomové práci pouze v rámci neobnovitelné primární energie PE_A , která má po optimalizaci do energeticky nulového standardu vyjít nulová a budova má mít tedy minimální dopad i na životní prostředí, na což navazuje hodnocení vybranými kritérii SBToolCZ, která jsou uvedena níže. Z výše uvedených definic je tedy patrné, že se jedná o **případ B – energeticky nulovou budovu**.

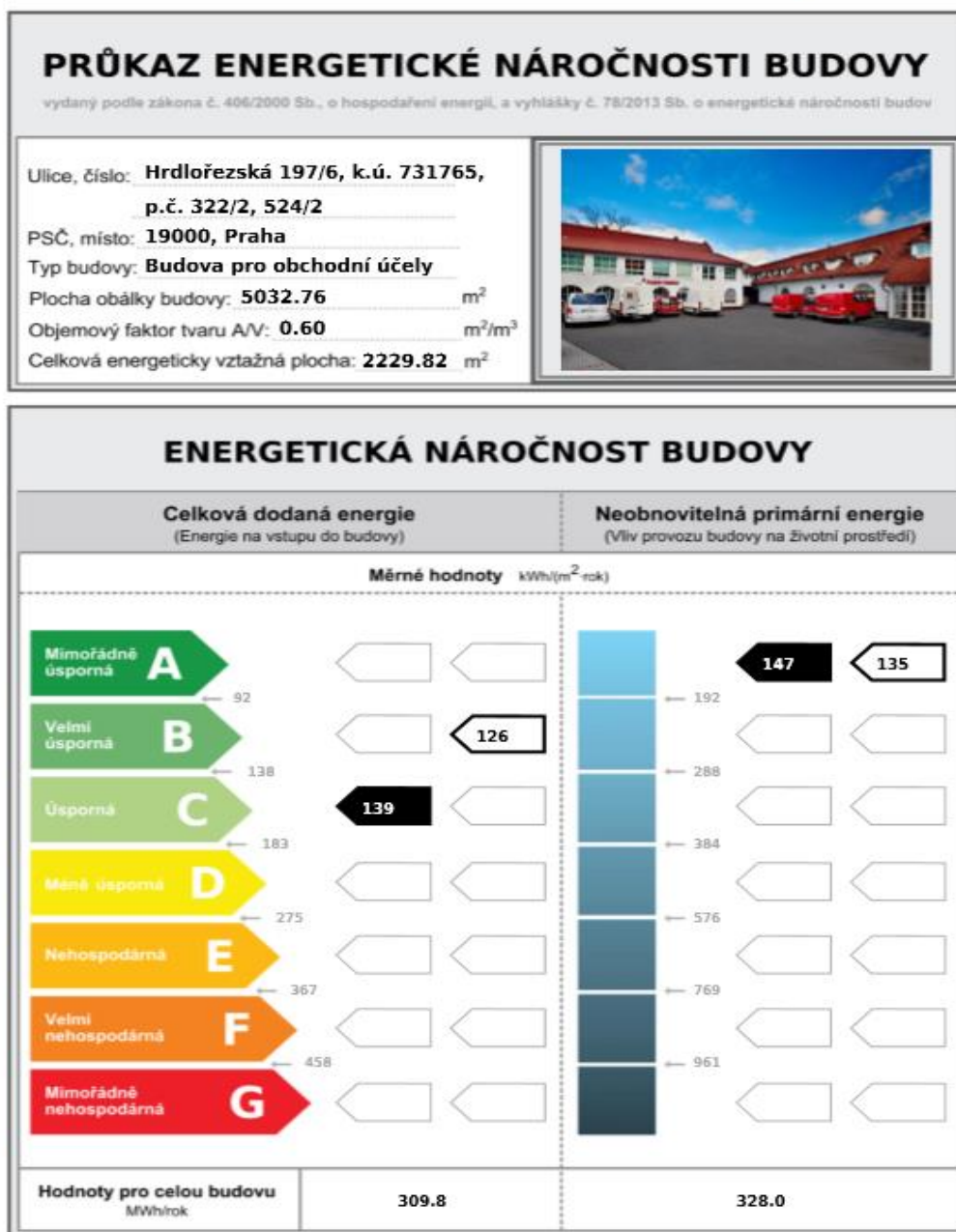
Na následujících stránkách je zobrazen výstup z programu DEKSOF energetického modelu hodnocené budovy v podobě štítku průkazu energetické náročnosti budovy, kde jsou uvedeny všechny tři dílčí hodnocené parametry podle referenční budovy:

- průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} [$\text{W/m}^2\text{K}$]
- celková dodaná energie pro celou budovu [MWh/rok]
- neobnovitelná primární energie [MWh/rok].

Podrobné informace celého vyhodnocení jsou uvedeny v protokolu v přílohách této práce. Z protokolu je možné také zjistit, které konstrukce nespĺňují požadavky na požadovaný součinitel prostupu tepla U_N [$\text{W/m}^2\text{K}$], tyto konstrukce jsou uvedeny v následující tabulce. Konstrukce, které nesplní hodnoty doporučeného součinitele prostupu tepla U_{rec} [$\text{W/m}^2\text{K}$], jsou vypsány v protokolu v přílohové části, požadavek nesplní téměř polovina konstrukcí.

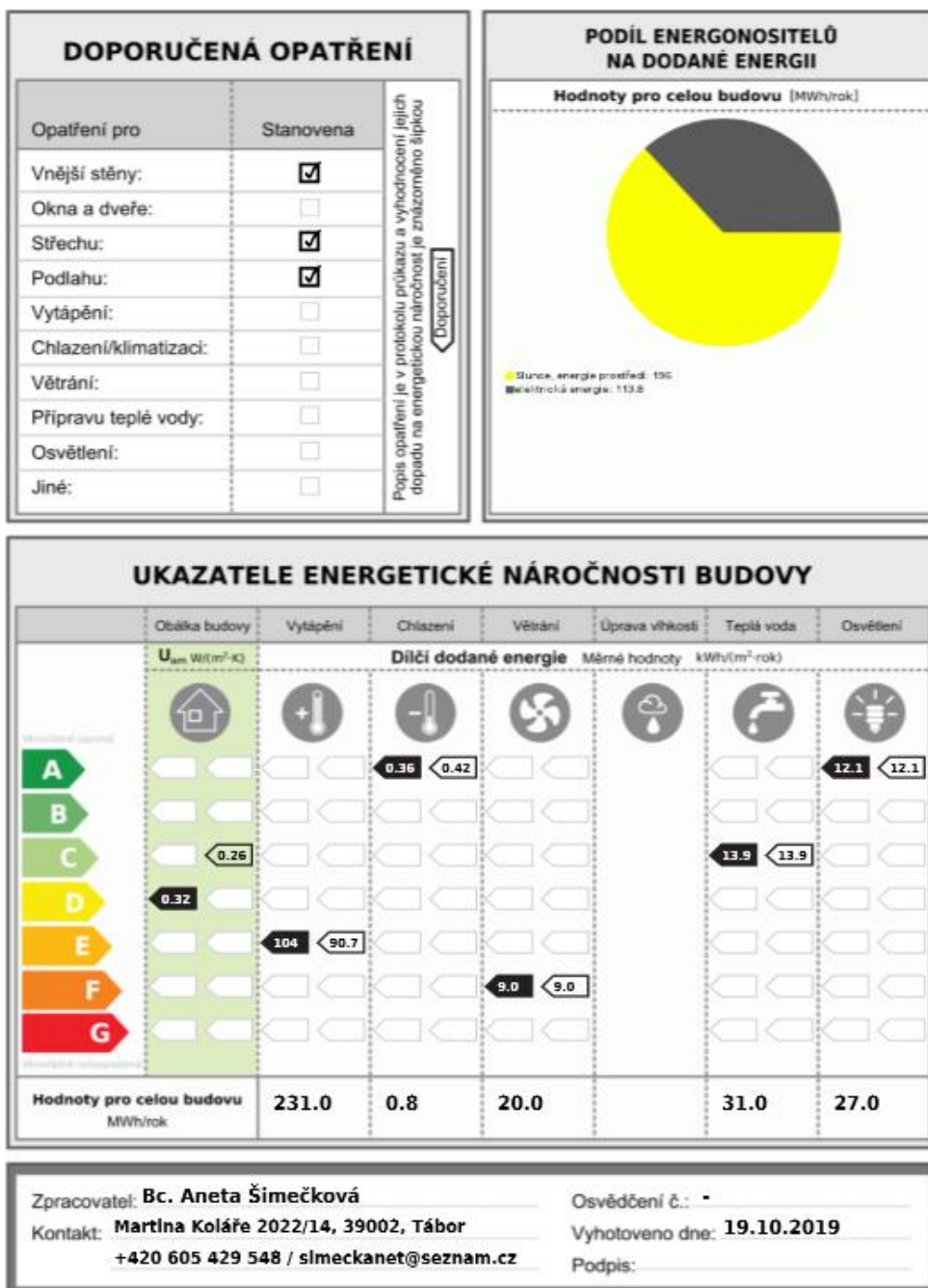
Tabulka 3 – Soupis konstrukcí nespĺňujících požadovaný součinitel prostupu tepla U_N

Konstrukce	U [$\text{W/m}^2\text{K}$]	U_N [$\text{W/m}^2\text{K}$]	U_{rec} [$\text{W/m}^2\text{K}$]
STN-21 Z1/Z2 příčka skleněná dvojitá	0,73	0,60	0,40
STN-22 Z1/Z3 příčka skleněná dvojitá	0,73	0,60	0,40
STN-44 Z2 obvodová stěna ŽB tl.250 mm	2,73	0,30	0,25
STN-45 Z2 obvodová stěna skleněná	1,41	0,30	0,20
PDL-46 Z2 podlaha na terénu	0,48	0,45	0,30
STN-21 Z1/Z2 příčka skleněná dvojitá	0,73	0,60	0,40
PDL-67 Z3 podlaha na terénu	0,58	0,45	0,30
STR-68 Z3 strop k exteriéru nad 1.NP	0,56	0,24	0,16
STN-22 Z1/Z3 příčka skleněná dvojitá	0,73	0,60	0,40
STN-77 Z3/Z7 vnitřní stěna Porotherm	0,71	0,60	0,40
PDL-86 Z4 podlaha na terénu	0,48	0,45	0,30
STR-87 Z4 strop k exteriéru nad 1.NP	0,71	0,24	0,16
PDL-116 Z4 podlaha na terénu 2	0,47	0,45	0,30



Obr.9 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1

Celková dodaná energie pro celou budovu vychází pro stávající stav **309,8 MWh/rok**, referenční hodnota je 393,4 MWh/rok (uvedeno v protokolu DEKSOFT), **požadavek je tedy splněn**. Sledované kritérium **neobnovitelné primární energie** dosahuje hodnoty **328,0 MWh/rok**, referenční hodnota je 820,2 MWh/rok (uvedeno v protokolu DEKSOFT), **požadavek je splněn**, ale stávající stav je daleko od energeticky nulového standardu a musí dojít k výrazným zlepšujícím návrhovým opatřením. Hodnocená budova vychází ve stávajícím stavu do energetické třídy **C – ÚSPORNÁ**.



číslo dokumentu:

DIPLOMKA

DEKSOFT - programy pro stavebnictví

2

Obr.10 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2

Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} vychází **0,32 W/m²K**. S návrhovými zlepšujícími opatřeními, které jsou uvedeny v protokolu v přílohové části, se hodnota sníží na 0,26 W/m²K. Ani to však nestačí ke splnění nižší hodnoty než je referenční hodnota součinitele prostupu tepla $U_{em,R}$, která je 0,25 W/m²K. **Požadavek tedy není splněn** a obálka budovy bude muset být vylepšena návrhovými opatřeními.

3.3 Vyhodnocení stávajícího stavu kritérii SBToolCZ

3.3.1 E.01 Spotřeba primární energie

Hodnocení je složeno ze dvou dílčích částí. První část je fáze výstavby a hodnotí se svázaná spotřeba energie. Druhá část je ve fázi provozu a hodnotí se primární energie z neobnovitelných zdrojů podle použitých energonositelů.

Základním prvkem fáze výstavby je vytvoření výkazu výměr jednotlivých konstrukčních prvků a materiálů použitých v budově. K materiálům se uvádí hodnoty svázaných spotřeb energie, které jsou převzaty z katalogu fyzikálních a environmentálních profilů stavebních konstrukcí. Hodnoty svázané spotřeby energie PEI [MJ/a] se převezmou ze stránek Envimat.cz [5] a vyplní se do tabulky s dílčími materiály a jejich výměrou v objektu. Dále se hodnoty svázané spotřeby energie přepočítávají na jeden rok podle předpokládaných životností dílčích materiálů, ty se převezmou z přílohy dokumentu manuálu hodnocení kritérií administrativních budov metodikou SBToolCZ. [4] Tabulka znázorňující celý výpočet je součástí příloh této zprávy. V této textové části bude popsáno jen vyhodnocení, které se vztahuje na vnitřní užitnou podlahovou plochu.

Tabulka 4 – Vyhodnocení svázaných energií PEI kritéria E.01 pro stávající stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:			
ROČNÍ SPOTŘEBA SVÁZANÉ ENERGIE	PEI [MJ/a]	427033,5	MJ/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP		1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP		1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA		3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ SPOTŘEBA ENERGIE		128,59	MJ/(m²*a)

Druhou částí vyhodnocení je fáze provozu, kde se hodnotí množství energie skutečně spotřebované. Do těchto spotřeb spadá spotřeba na vytápění, přípravu TUV, chlazení, úpravu vzduchu větráním, úpravu parametrů vnitřního prostředí klimatizačním systémem a osvětlením a pomocné energie, případně další energetické zdroje, například fotovoltaická elektrárna. Všechny tyto hodnoty jsou převzaty z průkazu energetické náročnosti budovy, jehož část je uvedena na obrázku výše. Do hodnocení dále vstupuje typ energonositele a faktor energetické přeměny, který slouží k přepočtu ze spotřeby energie na energii primární. Tyto údaje jsou k nalezení v příloze manuálu hodnocení kritérií SBToolCZ pro administrativní budovy. Pro výpočet této části byla opět zpracována tabulka, která je uvedena níže. [4]

Tabulka 5 – Vyhodnocení dílčích spotřeb energií kritéria E.01 pro stávající stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	MWh/a	MJ/a (a)	Energonositel	Faktor energetické přeměny (-) (b)	Roční spotřeba primární energie [MJ/a] (c = a*b)
Vytápění	228,30	821880,00	elektrická energie	3,16	2597140,80
Chlazení	0,80	2862,00	elektrická energie	3,16	9043,92
Větrání	19,81	71330,40	elektrická energie	3,16	225404,06
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	0,00	elektrická energie	3,16	0,00
Příprava teplé vody	31,02	111668,40	elektrická energie	3,16	352872,14
Osvětlení	27,02	97272,00	elektrická energie	3,16	307379,52
Pomocné energie	2,81	10098,00	elektrická energie	3,16	31909,68
Fotovoltaická elektrárna	23,15	83322,00	sluneční energie	0,3	24996,60
Celkem	332,90	1198432,80			3548746,73

Celková suma spotřeby primární energie se opět vztáhne na celkovou užitou podlahovou plochu, viz. následující tabulka.

Tabulka 6 – Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.01 pro stávající stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	1068,59	MJ/(m²*a)

Na závěr se sečte měrná roční svázaná spotřeba energie a měrná roční spotřeba primární energie v MJ/m²a.

Tabulka 7 – Výsledné vyhodnocení kritéria E.01 pro stávající stav

POLOŽKA	HODNOTA	MĚRNÁ JEDNOTKA
Měrná roční svázaná spotřeba energie	128,59	MJ/m ² *a
Měrná roční spotřeba primární energie	1068,59	MJ/m ² *a
CELKOVÁ MĚRNÁ ROČNÍ SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	1197,17	MJ/m²*a

Tabulka 8 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.01 pro stávající stav

Celková měrná roční spotřeba primární energie	Body
$\geq 1420 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	0
1321 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	1
1222 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	2
1123 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	3
1024 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	4
925 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	5
826 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	6
727 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	7
628 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	8
529 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{a}$	9
$\leq 430 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 2 body z 10 možných bodů.

3.3.2 E.02 Potenciál globálního oteplování

Toto kritérium je hodnoceno podle dvou fází jako předchozí kritérium E.01. Hodnotí se fáze výstavby, kde se vyhodnocují svázané emise oxidu uhličitého. Druhá je fáze provozu, která posuzuje ekvivalentní emise oxidu uhličitého. Pro posouzení první fáze je opět potřebný výkaz výměr všech konstrukcí a materiálů, který se převezme z hodnocení kritéria E.01, jediné, co se změní, je svázaná emise, kde se tentokrát hodnotí produkce $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ [kg/a]. Hodnota emise $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ v [kg/kg] se převezme opět z katalogu fyzikálních a enviromentálních profilů stavebních konstrukcí na stránkách www.envimat.cz. [4] Tabulka s podrobným výpočtem je součástí přílohové části této práce. V této zprávě je uveden opět pouze soubor výsledných tabulek hodnocení. Výsledná hodnota všech emisí se vztáhne na celkovou užitnou podlahovou plochu a výpočet je uveden v následující tabulce. [4]

Tabulka 9 - Vyhodnocení svázaných emisí GWP kritéria E.02 pro stávající stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:		
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ GWP [kg/a]	36235,0	kg/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m^2
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m^2
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m^2
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$	10,91	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$

Druhá fáze provozu se hodnotí stejným způsobem jako v kritériu E.01. Tabulka spotřeb se tedy přebere z tohoto kritéria. Hodnoty se musí jen přepočítat na m². Místo energonositele a faktoru energetické přeměny se do tabulky uvádí emisní faktor [g CO_{2,ekv.}/MJ], který lze nalézt v přílohách manuálu hodnocení kritérií SBToolCZ. Následující tabulka uvádí postup výpočtu a zjištěné výsledky. [4]

Tabulka 10 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.02 pro stávající stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	Roční měrná dodaná energie [MJ/(m ² *a)] (a)	Emisní faktor [g CO _{2,ekv.} /MJ] (b)	Měrná roční produkce emisí CO _{2, ekv.} [kg/(m ² *a)] (c = (a*b)/1000)
Vytápění	247,48	207,4	51,33
Chlazení	0,86	207,4	0,18
Větrání	21,48	207,4	4,45
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	207,4	0,00
Příprava teplé vody	33,63	207,4	6,97
Osvětlení	29,29	207,4	6,07
Pomocné energie	3,04	207,4	0,63
Fotovoltaická elektrárna	25,09	29,3	0,74
Celkem	360,87		70,38

Celková suma měrné roční produkce emisí CO_{2, ekv.} je již vztažena na celkovou užitnou podlahovou plochu, viz. následující tabulka.

Tabulka 11 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.02 pro stávající stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO_{2, ekv.}	70,38	kg/(m²*a)

Na závěr se sečte měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v kg/m²a.

Tabulka 12 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.02 pro stávající stav

POLOŽKA	HODNOTA	MĚRNÁ JEDNOTKA
Měrná roční svázaná produkce emisí CO ₂ , ekv.	10,91	kg/m ² *a
Měrná roční produkce emisí CO ₂ , ekv.	70,38	kg/m ² *a
CELKOVÁ MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO₂, ekv.	81,29	kg/m²*a

Tabulka 13 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.02 pro stávající stav

Celková měrná roční produkce emisí CO ₂ , ekv.	Body
>= 88 kg/m ² *a	0
82,4 kg/m²*a	1
76,8 kg/m ² *a	2
71,2 kg/m ² *a	3
65,6 kg/m ² *a	4
60,0 kg/m ² *a	5
54,4 kg/m ² *a	6
48,8 kg/m ² *a	7
43,2 kg/m ² *a	8
37,6 kg/m ² *a	9
<= 32 kg/m ² *a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 1 bod z 10 možných bodů.

3.3.3 E.03 Potenciál okyselování prostředí

Hodnocení tohoto kritéria je úplně stejné jako u kritéria E.02. Hodnotí se tedy znovu fáze výstavby a fáze provozu. Podkladem pro první fázi je stejný výkaz výměr, který je převzat z hodnocení kritéria E.01 s jediným rozdílem, místo svázané energie vstupuje do výpočtu svázaná produkce emisí SO_{2,ekv.} v [kg]. Z té se pak přes životnosti materiálů vypočítá roční svázaná produkce emisí SO_{2,ekv.} v [kg/a]. Podrobný výpočet je opět uveden v přílohové části této práce. V následující tabulce je uvedena výsledná hodnota podělená celkovou vnitřní užitnou podlahovou plochou. [4]

Tabulka 14 - Vyhodnocení svázaných emisí AP kritéria E.03 pro stávající stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:			
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ SO ₂ , ekv.	AP [kg/a]	102,2	kg/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP		1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP		1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA		3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ SO₂, ekv.		0,03	kg/(m²*a)

Druhá fáze provozu se hodnotí stejným způsobem jako v kritériu E.02. Tabulka spotřeb se tedy přebere z tohoto kritéria. Místo emisního faktoru [g CO_{2,ekv.}/MJ] do výpočtu vstupuje emisní faktor [g SO_{2,ekv.}/MJ], který lze nalézt v přílohách manuálu hodnocení kritérií SBToolCZ. Následující tabulka uvádí postup výpočtu a zjištěné výsledky. [4]

Tabulka 15 - vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.03 pro stávající stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	Roční měrná dodaná energie [MJ/(m ² *a)] (a)	Emisní faktor [g SO _{2,ekv.} /MJ] (b)	Měrná roční produkce emisí SO _{2, ekv.} [kg/(m ² *a)] (c = (a*b)/1000)
Vytápění	247,48	0,464	0,11
Chlazení	0,86	0,464	0,00
Větrání	21,48	0,464	0,01
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	0,464	0,00
Příprava teplé vody	33,63	0,464	0,02
Osvětlení	29,29	0,464	0,01
Pomocné energie	3,04	0,464	0,00
Fotovoltaická elektrárna	25,09	0,071	0,00
Celkem	360,87		0,16

Celková suma měrné roční produkce emisí SO_{2, ekv.} je opět již vztažena na celkovou užitnou podlahovou plochu, viz. následující tabulka.

Tabulka 16 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.03 pro stávající stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ SO_{2, ekv.}	0,16	kg/(m²*a)

Na závěr se sečte měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v kg/m²a.

Tabulka 17 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.03 pro stávající stav

POLOŽKA	HODNOTA	MĚRNÁ JEDNOTKA
Měrná roční svázaná produkce emisí SO _{2, ekv.}	0,03	kg/m ² *a
Měrná roční produkce emisí SO _{2, ekv.}	0,16	kg/m ² *a
CELKOVÁ MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ SO_{2, ekv.}	0,19	kg/m²*a

Tabulka 18 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.03 pro stávající stav

Celková měrná roční produkce emisí SO₂, ekv.	Body
>= 0,310 kg/m ² *a	0
0,296 kg/m ² *a	1
0,282 kg/m ² *a	2
0,268 kg/m ² *a	3
0,254 kg/m ² *a	4
0,240 kg/m ² *a	5
0,226 kg/m ² *a	6
0,212 kg/m ² *a	7
0,198 kg/m²*a	8
0,184 kg/m ² *a	9
<= 0,179 kg/m ² *a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 8 bodů z 10 možných bodů.

3.3.4 E.04 Potenciál eutrofizace prostředí

Na rozdíl od předešlých kritérií se v tomto kritériu hodnotí pouze fáze provozu. Z kritéria E.01 se převezmou dílčí množství dodané energie na systémové hranici budovy pro celoroční provoz a stejně jako u předchozích kritérií se přepočítají emisním faktorem pro emisi NO_x, který se dohledá v příloze manuálu hodnocení SBToolCZ pro administrativní budovy. Výsledky hodnocení jsou zobrazeny v následujících tabulkách. [4]

Tabulka 19 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.04 pro stávající stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	Roční měrná dodaná energie [MJ/(m²*a)] (a)	Emisní faktor [g NO_x/MJ] (b)	Měrná roční produkce emisí NO_x [kg/(m²*a)] (c = (a*b)/1000)
Vytápění	247,48	0,313	0,0775
Chlazení	0,86	0,313	0,0003
Větrání	21,48	0,313	0,0067
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	0,313	0,0000
Příprava teplé vody	33,63	0,313	0,0105
Osvětlení	29,29	0,313	0,0092
Pomocné energie	3,04	0,313	0,0010
Fotovoltaická elektrárna	25,09	0,043	0,0011
Celkem	360,87		0,1062

Celková suma měrné roční produkce emisí NO_x je již opět vztažena na celkovou užžitnou podlahovou plochu, viz. následující tabulka.

Tabulka 20 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.04 pro stávající stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ NO_x	0,106	kg/(m²*a)

Na závěr se nesčítá měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v kg/m²a, hodnotí se pouze měrná roční produkce emisí NO_x [kg/m²a] a hodnota 0,106 kg/m²a je tedy konečná a vstupuje do bodového hodnocení.

Tabulka 21 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.04 pro stávající stav

Celková měrná roční produkce emisí NO _x	Body
>= 0,123 kg/m ² *a	0
0,115 kg/m ² *a	1
0,106 kg/m²*a	2
0,098 kg/m ² *a	3
0,089 kg/m ² *a	4
0,081 kg/m ² *a	5
0,072 kg/m ² *a	6
0,064 kg/m ² *a	7
0,055 kg/m ² *a	8
0,047 kg/m ² *a	9
<= 0,038 kg/m ² *a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 2 body z 10 možných bodů.

3.3.5 E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy

V tomto kritériu se naopak hodnotí pouze fáze výstavby. Základním parametrem hodnocení je tedy výkaz výměr všech materiálů a konstrukcí, který se převezme z hodnocení kritéria E.01. Místo svázané spotřeby energie do výpočtu vstupují hodnoty svázaných produkcí emise R-11_{ekv.}, které se převezmou z katalogu Envimatu pro každý hodnocený materiál ve výkazu výměr. Hodnocení je provedeno v podrobných tabulkách pro dílčí konstrukce, které jsou součástí přílohové části této zprávy. Výsledná hodnota je opět vztažena na celkovou užžitnou podlahovou plochu, jak ukazuje následující tabulka. [4]

Tabulka 22 - Vyhodnocení svázaných emisí ODP kritéria E.05 pro stávající stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:			
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ R-11ekv.	ODP [g/a]	2,3	g/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP		1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP		1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA		3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ R-11ekv.		0,0006836	g/(m²*a)

Na závěr se nesčítá měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v g/m²a, hodnotí se pouze měrná roční svázaná produkce emisí R-11ekv. [g/m²a] a hodnota 0,0006836 g/m²a je tedy konečná a vstupuje do bodového hodnocení zaokrouhlena na 0,001 g/m²a.

Tabulka 23 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.05 pro stávající stav

Celková měrná roční produkce emisí R-11ekv.	Body
>= 0,016 g/m ² *a	0
0,0146 g/m ² *a	1
0,0132 g/m ² *a	2
0,0118 g/m ² *a	3
0,0104 g/m ² *a	4
0,009 g/m ² *a	5
0,0076 g/m ² *a	6
0,0062 g/m ² *a	7
0,0048 g/m ² *a	8
0,0034 g/m ² *a	9
<= 0,002 g/m²*a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů.

3.3.6 E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu

Toto kritérium se hodnotí stejně jako předešlé. Do hodnocení vstupuje tedy pouze první fáze výstavby. Hlavním podkladem je opět výkaz výměr materiálů převzatý z kritéria E.01 jako u předešlého kritéria, ovšem tentokrát je převzatou vstupní emisí z ENVIMATU emise C₂H_{4,ekv.}, neboli přízemní ozon. Podrobný výpočet je opět zapsán do tabulek podle dílčích konstrukcí, které jsou založeny v přílohové části této zprávy. V následující tabulce jsou uvedeny výsledné hodnoty, které vstupují do bodování. Celková hodnota je opět ovlivněna celkovou užitnou podlahovou plochou. [4]

Tabulka 24 - Vyhodnocení svázaných emisí POCP kritéria E.06 pro stávající stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:		
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ C ₂ H ₄ ,ekv. POCP [g/a]	9899,7	g/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ C₂H₄,ekv.	2,98	g/(m²*a)

Na závěr se nesčítá měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v g/m²a, hodnotí se pouze měrná roční svázaná produkce emisí C₂H₄ekv. [g/m²a] a hodnota 2,98 g/m²a je tedy konečná a vstupuje do bodového hodnocení.

Tabulka 25 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.06 pro stávající stav

Celková měrná roční produkce emisí C₂H₄,ekv.	Body
>= 14,0 g/m ² *a	0
13,1 g/m ² *a	1
12,2 g/m ² *a	2
11,3 g/m ² *a	3
10,4 g/m ² *a	4
9,5 g/m ² *a	5
8,6 g/m ² *a	6
7,7 g/m ² *a	7
6,8 g/m ² *a	8
5,9 g/m ² *a	9
<= 5,0 g/m²*a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů.

3.3.7 E.13 Výroba obnovitelné energie

Kritérium hodnotí podíl vyrobené energie z obnovitelných zdrojů k celkové roční spotřebě energie z kritéria E.01. Do energie se zahrnuje i teplo. Musí být splněny dvě podmínky. Zaprvé zdroj energie musí splňovat definici obnovitelných zdrojů. Zadruhé zdroj musí být umístěn v budově nebo na ní, případně na pozemku příslušejícímu k objektu. Do výroby vstupuje pouze energie spotřebovaná na místě, do kritéria tedy nevstupuje přebytečná vyrobená energie a je prodávána za garantované výkupní ceny do veřejné sítě. [4]

Stanovení podílu vyrobené obnovitelné energie a spotřebované energie za rok je uvedené v následující tabulce:

Tabulka 26 – Účinnost fotovoltaického systému podle hodnocení SBToolCZ pro stávající stav

Položka	Měrná jednotka	Hodnota
Celková roční spotřeba energie	Mj/a	3 975 780,231
Energie vyrobená z obn. zdrojů v místě	Mj/a	83 322
Podíl obn. energie na spotřebě celkem	%	2,1

Poznámka 1: celková roční spotřeba energie je konečná hodnota z kritéria E.01 (1197,17 MJ/m²*a) vynásobená celkovou vnitřní užitnou podlahovou plochou (Ap = 3320,97 m²). Celková roční spotřeba energie je tedy:

$$1197,17 * 3320,97 = 3\,975\,780,231 \text{ MJ/a}$$

Hodnoty jsou uvedeny v přílohových grafech pro kritérium E.01 stávajícího stavu. Poznámka 2: energie vyrobené z obnovitelných zdrojů v místě je převzata z výstupu DEKSOFT pro stávající stav, který je přiložen v přílohové části. Hodnota v MJ/a se vypočítá z uvedené hodnoty v protokolu v kWh/rok, která se vydělí 1000 na MWh/rok a vynásobí 3600 na MJ/a.

$$23145/1000 = 23,145 \rightarrow 23,145 * 3600 = 83\,322 \text{ MJ/a.}$$

Celkové vyhodnocení tohoto kritéria je v následující tabulce.

Tabulka 27 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.13 pro stávající stav

Podíl obnovitelné energie na spotřebě energie celkem [%]	Body
0	0
0,5	1
1,0	2
1,5	3
2,0	4
4,0	5
6,0	6
8,0	7
10,0	8
12,0	9
>= 14,0	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 4 body z 10 možných bodů.

3.3.8 E.14 Chlazení

Do hodnocení kritéria vstupují kvantitativní a kvalitativní parametry systému chlazení. K vyhodnocení je nutné mít technickou zprávu z oblasti chlazení, studii z oblasti větrání a chlazení, pokud je dostupná, dynamickou simulaci systému chlazení, pokud existuje, a energetickou bilanci chlazení, tedy roční spotřebu energie na chlazení.

Toto kritérium hodnotí nízkoenergetické systémy chlazení, a to především noční větrání přirozené a nucené, adiabatické chlazení, neboli přeměna citelného tepla na vázané teplo, ke kterému dochází při odpařování vody přímo, nepřímo nebo s využitím sorpčních výměníků, dále využití nízkopotenciálního chladu ze zemského polomasivu, systém vysokoteplotního chlazení s využitím akumulární hmoty stavebních konstrukcí a systémy s průměrným chladícím faktorem EER > 10.

V objektu je instalováno pouze strojní chlazení v podobě několika Multi-Split jednotek, tento systém pokrývá 70% chlazení objektu. Zbýlých 30% chlazení objektu zajišťuje výrobek ledu s akumulární nádobou chladící vody, ze které vedou rozvody přes výměník do koncových prvků chlazení – fancoilů. V objektu tedy není instalován žádný nízkoenergetický systém uvedený výše. Není k dispozici ani žádná studie nebo počítačová simulace systému chlazení. [4]

Bodové vyhodnocení je uvedeno v následující tabulce:

Tabulka 28 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.14 pro stávající stav

Podmínka	Body
Budova má navržen pouze systém strojního chlazení.	0
Systém nízkoenergetického chlazení není technicky možný nebo ekonomicky nevhodný, což je prokázáno příslušnou odbornou studií.	2
Systém nízkoenergetického chlazení není technicky možný nebo ekonomicky nevhodný, což je prokázáno příslušnou odbornou studií. Nedílnou součástí studie je počítačová simulace zohledňující různé scénáře užití systémů nízkoenergetického chlazení a dokládající technické nebo ekonomické bariéry.	4
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 20% celkového potřebného chladícího výkonu.	5
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 50% celkového potřebného chladícího výkonu.	6
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 70% celkového potřebného chladícího výkonu.	8
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 100% celkového potřebného chladícího výkonu, nebo budova nemá žádný jiný aktivní systém chlazení, který spotřebovává energii.	10

Hodnocená budova získala v tomto kritériu 0 bodů z 10 možných bodů.

3.3.9 S.12 Kvalita vnitřního vzduchu

Toto kritérium se hodnotí dvěma různými způsoby podle fáze hodnocení objektu. První fáze je precertifikace, kdy budova ještě není vystavěna a objekt se hodnotí pouze podle projektové dokumentace, toto hodnocení se ještě dělí na režim přirozeného nebo nuceného větrání. Druhá fáze je certifikace, kdy se budova hodnotí již za provozu a objekt je již delší dobu postaven a využíván.

Hodnocená budova spadá do fáze certifikace. Postup je shodný pro mechanicky i přirozeně větrané budovy a hodnotí se koncentrace emisí oxidu uhličitého CO₂ vnitřního vzduchu a koncentrace VOC (těkavých látek) a formaldehydu vnitřního vzduchu. K vyhodnocení je nutná technická zpráva z oblasti větrání, příslušná výkresová dokumentace, dynamická simulace systému větrání, pokud existuje a energetická bilance větrání.

Koncentrace CO₂ se stanoví buď skutečným měřením, pokud jsou instalována čidla nebo musí být provedeno měření kompetentní osobou. Do hodnocení vstupují pouze kancelářské prostory v objektu. Soupis místností a jejich koncentrace CO₂ jsou uvedeny v následující tabulce. [4]

Tabulka 29 – Soupis kancelářských místností s jejich koncentracemi CO₂

Místnost	CO ₂ z čidel [PPM]	Plochy podlah [m ²]
Kancelář fakturace 1.NP	420	8,89
Kancelář servis 1.NP	430	14,03
Kancelář vedení servisu 1.NP	415	8,94
Kancelář obchodníků 1 2.NP	495	21,98
Kancelář projektantů 2.NP	410	12,88
Kancelář obchodníků 2 2.NP	500	25,25
Jednací místnost 1 2.NP	450	8,78
Jednací místnost 2 2.NP	445	7,10
Zasedací místnost 2.NP	566	58,67
Kancelář technologů 2.NP	400	13,86
Účtárna 2.NP	501	38,10
Kancelář nákupů 2.NP	498	26,91
Kancelář příjmu 2.NP	425	20,90
Kancelář vedení 2.NP	465	18,64
Kancelář personálního oddělení 2.NP	450	20,81
Kancelář grafiků 2.NP	490	25,00
Kancelář marketingu 2.NP	495	25,00
Kancelář komunikač. oddělení 2.NP	420	15,69

Výsledný kredit K1 se stanoví jako vážený průměr jednotlivých posuzovaných místností přes jejich podlahové plochy a výsledek se vyhodnotí podle následující tabulky.

Výpočet:

Celková podlahová plocha:

$8,89+14,03+8,94+21,98+12,88+25,25+8,78+7,1+58,67+13,86+38,1+26,91+20,9$
 $+18,64+20,81+25+25+15,69 = 371,43 \text{ m}^2$

Průměrná hodnota koncentrace CO₂ vstupující do kritéria K1:

$((420*8,89)+(430*14,03)+(415*8,94)+(495*21,98)+(410*12,88)+(500*25,25)$
 $+ (450*8,78)+(445*7,1)+(566*58,67)+(400*13,86)+(501*38,1)+(498*26,91)$
 $+ (425*20,9)+(465*18,64)+(450*20,81)+(490*25)+(495*25)+(420*15,69))/371,43$
 $= 481,23 \text{ PPM}$

Tabulka 30 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 1 v kritériu S.12 pro stávající stav

Koncentrace CO ₂ ve vnitřním vzduchu	Kredity K1
$\geq 1600 \text{ PPM}$	0
1500 PPM	4
1300 PPM	6
1100 PPM	8
$\leq 1000 \text{ PPM}$	10

Hodnocená budova obdržela pro dílčí kredit K1 10 bodů z 10 možných bodů.

Koncentrace TVOC a formaldehydu se stanoví měřením z instalovaných čidel nebo měřením provedeným kompetentní osobou. Při měření je uvažován standartní režim větrání. V případě nuceného větrání lze spustit měření až po třech výměnách vzduchu v místnosti. Hodnocení probíhá opět pouze pro kancelářské místnosti a výsledná hodnota se stanoví přes vážený průměr z podlahových ploch dílčích místností. [4]

Bohužel nebyly k dispozici naměřené údaje z čidel a ani nebyla možnost provést hodnocení s kompetentní osobou, proto jsem provedla studii interiérových materiálů a jejich ploch, ke kterým jsem následně dohledala množství produkce těkavých látek a formaldehydu a na následujících stránkách jsem uvedla postup náhradního výpočtu hodnocení. Soupis hodnocených místností a ploch jednotlivých materiálů v interiéru podílejících se na tvorbě emisí je uveden v následující tabulce.

Tabulka 31 - Soupis kancelářských místností s jejich plochami konstrukcí v interiéru

Místnost	SDK[m ²]	VPC om.[m ²]	SKLO[m ²]	DLAŽBA[m ²]
Kancelář fakturace 1.NP	0(0)	37,1(0,64)	12,4(0,21)	8,9(0,15)
Kancelář servis 1.NP	0(0)	61,8(0,77)	4,1(0,05)	14,0(0,18)
Kancelář vedení servisu 1.NP	0(0)	47,8(0,8)	2,7(0,05)	8,94(0,15)
Kancelář obchodníků 1 2.NP	21,2(0,18)	61,8(0,54)	10,0(0,09)	22,0(0,19)
Kancelář projektantů 2.NP	11,8(0,16)	40,8(0,54)	10,0(0,13)	12,9(0,17)
Kancelář obchodníků 2 2.NP	24,5(0,19)	65,4(0,51)	12,7(0,1)	25,3(0,2)
Jednací místnost 1 2.NP	0(0)	30,4(0,5)	21,6(0,36)	8,8(0,14)
Jednací místnost 2 2.NP	0(0)	18,6(0,36)	26,5(0,51)	7(0,13)
Zasedací místnost 2.NP	90,2(0,34)	95,1(0,36)	19,8(0,08)	58,7(0,22)
Kancelář technologů 2.NP	15,8(0,19)	11,9(0,14)	41,4(0,5)	13,9(0,17)
Účtárna 2.NP	43,5(0,25)	31,3(0,18)	58,8(0,34)	38,1(0,23)
Kancelář nákupů 2.NP	33,8(0,24)	25,3(0,18)	53,2(0,38)	26,9(0,2)
Kancelář příjmu 2.NP	23,9(0,22)	17,3(0,16)	46,0(0,43)	20,9(0,19)
Kancelář vedení 2.NP	21,3(0,21)	31,4(0,31)	30,9(0,3)	18,6(0,18)
Kancelář personálního oddělení 2.NP	22,0(0,26)	4,0(0,05)	39,0(0,45)	20,8(0,24)
Kancelář grafiků 2.NP	27,0(0,27)	0(0)	49,0(0,49)	25,0(0,24)
Kancelář marketingu 2.NP	27,0(0,27)	0(0)	49,0(0,49)	25,0(0,24)
Kancelář komunikač. oddělení 2.NP	18,5(0,25)	14,0(0,19)	25,7(0,35)	15,7(0,21)

Hodnoty v závorkách jsou procentuální zastoupení jednotlivých ploch z celkové plochy povrchů dělené 100, aby hodnota byla bezrozměrná.

V následující tabulce jsou uvedeny emise TVOC a formaldehydu pro jednotlivé interiérové materiály.

Tabulka 32 – Přehled emisních hodnot jednotlivých interiérových materiálů

	TVOC [µg/m ³]	Formaldehyd [µg/m ³]
Sádkartón	500	0
Vápenocementová omítka	0	0
Sklo	0	0
Keramická dlažba	12	20
Nábytek pro jednu místnost	30	120

Hodnoty emisí byly odhadnuty z běžně používaných materiálů a jejich emisních charakteristik, stejným způsobem byla odhadnuta i emisní stopa nábytku.

Výpočet dílčích emisí pro jednotlivé kancelářské místnosti:

<p>1. Kancelář fakturace 1.NP</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>TVOC</u> $(0*500)+(0,64*0)+(0,21*0)+(0,15*12) = 1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $1,8 + 30 = \mathbf{31,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$• <u>FORMALDEHYD</u> $(0*0)+(0,64*0)+(0,21*0)+(0,15*20) = 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $3,0 + 120 = \mathbf{123 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>2. Kancelář servis 1.NP</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>TVOC</u> $(0*500)+(0,77*0)+(0,05*0)+(0,18*12) = 2,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $2,16 + 30 = \mathbf{32,16 \mu\text{g}/\text{m}^3}$• <u>FORMALDEHYD</u> $(0*0)+(0,77*0)+(0,05*0)+(0,18*20) = 3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $3,6 + 120 = \mathbf{123,6 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>3. Kancelář vedení servisu 1.NP</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>TVOC</u> $(0*500)+(0,8*0)+(0,05*0)+(0,15*12) = 1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $1,8 + 30 = \mathbf{31,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$• <u>FORMALDEHYD</u> $(0*0)+(0,8*0)+(0,05*0)+(0,15*20) = 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $3,0 + 120 = \mathbf{123,0 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>4. Kancelář obchodníků 1 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>TVOC</u> $(0,18*500)+(0,54*0)+(0,09*0)+(0,19*12) = 92,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $92,28 + 30 = \mathbf{122,28 \mu\text{g}/\text{m}^3}$• <u>FORMALDEHYD</u> $(0,18*0)+(0,54*0)+(0,09*0)+(0,19*20) = 3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $3,8 + 120 = \mathbf{123,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>5. Kancelář projektantů 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>TVOC</u> $(0,16*500)+(0,54*0)+(0,13*0)+(0,17*12) = 82,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $82,04 + 30 = \mathbf{112,04 \mu\text{g}/\text{m}^3}$• <u>FORMALDEHYD</u> $(0,16*0)+(0,54*0)+(0,13*0)+(0,17*20) = 3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $3,4 + 120 = \mathbf{123,4 \mu\text{g}/\text{m}^3}$

<p>6. Kancelář obchodníků 2 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>TVOC</u> $(0,19*500)+(0,51*0)+(0,1*0)+(0,2*12) = 97,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $97,4 + 30 = \mathbf{127,4 \mu\text{g}/\text{m}^3}$ • <u>FORMALDEHYD</u> $(0,19*0)+(0,51*0)+(0,1*0)+(0,2*20) = 4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $4,0 + 120 = \mathbf{124,0 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>7. Jednací místnost 1 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>TVOC</u> $(0*500)+(0,5*0)+(0,36*0)+(0,14*12) = 1,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $1,68 + 30 = \mathbf{31,68 \mu\text{g}/\text{m}^3}$ • <u>FORMALDEHYD</u> $(0*0)+(0,5*0)+(0,36*0)+(0,14*20) = 2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $2,8 + 120 = \mathbf{122,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>8. Jednací místnost 2 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>TVOC</u> $(0*500)+(0,36*0)+(0,51*0)+(0,13*12) = 1,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $1,56 + 30 = \mathbf{31,56 \mu\text{g}/\text{m}^3}$ • <u>FORMALDEHYD</u> $(0*0)+(0,36*0)+(0,51*0)+(0,13*20) = 2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $2,6 + 120 = \mathbf{122,6 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>9. Zasedací místnost 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>TVOC</u> $(0,34*500)+(0,36*0)+(0,08*0)+(0,22*12) = 172,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $172,64 + 30 = \mathbf{202,64 \mu\text{g}/\text{m}^3}$ • <u>FORMALDEHYD</u> $(0,34*0)+(0,36*0)+(0,08*0)+(0,22*20) = 4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $4,4 + 120 = \mathbf{124,4 \mu\text{g}/\text{m}^3}$
<p>10. Kancelář technologů 2.NP</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>TVOC</u> $(0,19*500)+(0,14*0)+(0,5*0)+(0,17*12) = 97,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $97,04 + 30 = \mathbf{127,04 \mu\text{g}/\text{m}^3}$ • <u>FORMALDEHYD</u> $(0,19*0)+(0,14*0)+(0,5*0)+(0,17*20) = 3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $3,4 + 120 = \mathbf{123,4 \mu\text{g}/\text{m}^3}$

11. Účtárna 2.NP• TVOC

$$(0,25*500)+(0,18*0)+(0,34*0)+(0,23*12) = 127,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$127,76 + 30 = \mathbf{157,76 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,25*0)+(0,18*0)+(0,34*0)+(0,23*20) = 4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$4,6 + 120 = \mathbf{124,6 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

12. Kancelář nákupů 2.NP• TVOC

$$(0,24*500)+(0,18*0)+(0,38*0)+(0,2*12) = 122,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$122,4 + 30 = \mathbf{152,4 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,24*0)+(0,18*0)+(0,38*0)+(0,2*20) = 4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$4,0 + 120 = \mathbf{124,0 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

13. Kancelář příjmu 2.NP• TVOC

$$(0,22*500)+(0,16*0)+(0,43*0)+(0,19*12) = 112,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$112,28 + 30 = \mathbf{142,28 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,22*0)+(0,16*0)+(0,43*0)+(0,19*20) = 3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$3,8 + 120 = \mathbf{123,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

14. Kancelář vedení 2.NP• TVOC

$$(0,21*500)+(0,31*0)+(0,3*0)+(0,18*12) = 107,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$107,16 + 30 = \mathbf{137,16 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,21*0)+(0,31*0)+(0,3*0)+(0,18*20) = 3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$3,6 + 120 = \mathbf{123,6 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

15. Kancelář personálního oddělení 2.NP• TVOC

$$(0,26*500)+(0,05*0)+(0,45*0)+(0,24*12) = 132,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$132,88 + 30 = \mathbf{162,88 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,26*0)+(0,05*0)+(0,45*0)+(0,24*20) = 4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$4,8 + 120 = \mathbf{124,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

16. Kancelář grafiků 2.NP• TVOC

$$(0,27*500)+(0*0)+(0,49*0)+(0,24*12) = 137,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$137,88 + 30 = \mathbf{167,88 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,27*0)+(0*0)+(0,49*0)+(0,24*20) = 4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$4,8 + 120 = \mathbf{124,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

17. Kancelář marketingu 2.NP• TVOC

$$(0,27*500)+(0*0)+(0,49*0)+(0,24*12) = 137,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$137,88 + 30 = \mathbf{167,88 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,27*0)+(0*0)+(0,49*0)+(0,24*20) = 4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$4,8 + 120 = \mathbf{124,8 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

18. Kancelář komunikačního oddělení 2.NP• TVOC

$$(0,25*500)+(0,19*0)+(0,35*0)+(0,21*12) = 127,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$127,52 + 30 = \mathbf{157,52 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

• FORMALDEHYD

$$(0,25*0)+(0,19*0)+(0,35*0)+(0,21*20) = 4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nábytek produkuje na jednu místnost přibližně 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$4,2 + 120 = \mathbf{124,2 \mu\text{g}/\text{m}^3}$$

Díčí vypočtené hodnoty TVOC a FORMALDEHYDU v jednotlivých kancelářských místnostech jsou shrnuty v následující tabulce. Další údaj uvedený v této tabulce je podlahová plocha každé z kanceláří, přes kterou se vypočítá průměrná hodnota emisí TVOC i formaldehydu pro celou budovu, respektive pro veškeré kancelářské prostory v objektu, které vstupují do tohoto kritéria. Ostatní místnosti nespádají do hodnocení pro administrativní budovy. Výpočet průměrných hodnot emisí, které vstupují do bodového ohodnocení, je uveden pod tabulkou.

Tabulka 33 – Soupis kanceláří a jejich emisí TVOC a formaldehydu s plochami

Místnost	TVOC [µg/m ³]	Formaldehyd [µg/m ³]	Plochy podlah [m ²]
Kancelář fakturace 1.NP	31,80	123,0	8,89
Kancelář servis 1.NP	32,16	123,6	14,03
Kancelář vedení servisu 1.NP	31,80	123,0	8,94
Kancelář obchodníků 1 2.NP	122,28	123,8	21,98
Kancelář projektantů 2.NP	112,04	123,4	12,88
Kancelář obchodníků 2 2.NP	127,40	124,0	25,25
Jednací místnost 1 2.NP	31,68	122,8	8,78
Jednací místnost 2 2.NP	31,56	122,6	7,10
Zasedací místnost 2.NP	202,64	124,4	58,67
Kancelář technologů 2.NP	127,04	123,4	13,86
Účtárna 2.NP	157,76	124,6	38,10
Kancelář nákupů 2.NP	152,40	124,0	26,91
Kancelář příjmu 2.NP	142,28	123,8	20,90
Kancelář vedení 2.NP	137,16	123,6	18,64
Kancelář personálního oddělení 2.NP	162,88	124,8	20,81
Kancelář grafiků 2.NP	167,88	124,8	25,00
Kancelář marketingu 2.NP	167,88	124,8	25,00
Kancelář komunikač. oddělení 2.NP	157,52	124,2	15,69

Výsledný kredit K2 se stanoví jako vážený průměr jednotlivých posuzovaných místností přes jejich podlahové plochy a výsledek se vyhodnotí podle následující tabulky.

Výpočet:

Celková podlahová plocha:

$$8,89+14,03+8,94+21,98+12,88+25,25+8,78+7,1+58,67+13,86+38,1+26,91+20,9+18,64+20,81+25+25+15,69 = \mathbf{371,43 \text{ m}^2}$$

Průměrná hodnota koncentrace TVOC vstupující do kritéria K2:

$$\begin{aligned} & ((31,8*8,89)+(32,16*14,03)+(31,8*8,94)+(122,28*21,98)+(112,04*12,88) \\ & +(127,4*25,25)+(31,68*8,78)+(31,56*7,1)+(202,64*58,67)+(127,04*13,86) \\ & +(157,76*38,1)+(152,4*26,91)+(142,28*20,9)+(137,16*18,64)+(162,88*20,81) \\ & +(167,88*25)+(167,88*25)+(157,52*15,69))/371,43 = \mathbf{141,12 \text{ µg/m}^3} \end{aligned}$$

Průměrná hodnota koncentrace formaldehydu vstupující do kritéria K2:

$$\begin{aligned} & ((123*8,89)+(123,6*14,03)+(123*8,94)+(123,8*21,98)+(123,4*12,88) \\ & +(124*25,25)+(122,8*8,78)+(122,6*7,1)+(124,4*58,67)+(123,4*13,86) \\ & +(124,6*38,1)+(124*26,91)+(123,8*20,9)+(123,6*18,64)+(124,8*20,81) \\ & +(124,8*25)+(124,8*25)+(124,2*15,69))/371,43 = \mathbf{124,08 \text{ µg/m}^3} \end{aligned}$$

Tabulka 34 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 2 v kritériu S.12 pro stávající stav

Koncentrace v kancelářských prostorech		Kredity K2
TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Formaldehyd [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
≥ 3000	≥ 60	0
2000	60	4
1000	60	8
≤ 500	≤ 60	10

Hodnocená budova obdržela pro dílčí kredit K2 10 bodů pro TVOC a pro formaldehyd 0 bodů, průměrná hodnota je tedy 5 bodů z 10 možných bodů. Ve fázi certifikace se stanoví celkové kreditové ohodnocení podle vzorce:

$$K = \frac{K1 + K2}{2}$$

K1...celkové kreditové ohodnocení dle naměřené koncentrace emise CO₂
 K2...celkové kreditové ohodnocení dle naměřené koncentrace TVOC a formaldehydu

$$K = \frac{10+5}{2} = 7,5$$

Celkový počet bodů z toho kritéria je zobrazen v následující tabulce.

Tabulka 35 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu S.12 pro stávající stav

Kreditové ohodnocení K	Body
0	0
3	4
5	6
7	8
9	10

Hodnocená budova získala v tomto kritériu 8 bodů z 10 možných bodů.

3.3.10 C.04 Management tříděného odpadu

V kritériu se hodnotí hospodaření s odpady v budově a jejím okolí, tedy vybudování sběrných míst, počet komodit, které se třídí, kapacita sběrných nádob a nakládání s odpadem v budově. Hodnocení vybudování sběrných míst záleží i na velikosti objektu, pro budovy nad 1000 m² užitné plochy slouží následující tabulka. [4]

Tabulka 36 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 1 v kritériu C.04 pro stávající stav

Administrativní budovy s užitnou plochou nad 1000 m²	Kredity K1
Není žádné sběrné místo v budově ani mimo ni.	0
Existuje sběrné místo mimo budovu na pozemku vlastnický příslušejícímu k budově.	2
Existuje jedno sběrné místo v budově, které je umístěno centrálně na vhodném místě ve společných prostorech budovy.	3
Existuje jedno sběrné místo v každém podlaží objektu.	4
Existuje jedno sběrné místo alespoň na každých 500 m ² užitné podlahové plochy každého podlaží objektu a centrální místo sběru pro celou budovu.	6
V budově jsou nádoby oddělené pro sbírané druhy komodit v počtu jedné sady sběrných nádob pro maximálně 5 pracovních míst a jedno sběrné místo ve společných prostorech budovy na každých 1000 m ² užitné podlahové plochy a centrální místo sběru pro celou budovu.	8
V budově jsou nádoby oddělené pro sbírané druhy komodit v počtu jedné sady sběrných nádob pro každé pracovní místo, jedno sběrné místo ve společných prostorech budovy na každých 1000 m ² užitné podlahové plochy a centrální místo sběru pro celou budovu.	10

Podle informací od majitele hodnocená budova splňuje podmínky pro sběrná místa pro dosažení 6 kreditů z 10 možných kreditů.

Dále se hodnotí počet komodit, které se v daném objektu třídí. Obvykle se sbírají tyto typy komodit: papír, plasty, sklo, nápojové kartony, kovy, textil, bioodpad a netříděný směsný odpad. Pro přidělení kreditových bodů v této části slouží následující tabulka. [4]

Tabulka 37 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 2 v kritériu C.04 pro stávající stav

Počet komodit	Kredity K2
Pouze 1 komodita.	2
2 komodity.	4
3 komodity.	7
Nad 4 komodity.	10

V objektu jsou nádoby na třídění 3 komodit: papír, plasty a směsný odpad. Budova tedy splňuje podmínky pro obdržení 7 kreditových bodů z 10 možných bodů.

Dalším krokem je vyhodnocení potřebného a navrženého objemu sběrných nádob. V manuálu hodnocení jsou potřebné tabulky k vyhodnocení bodového ohodnocení. V případě, kdy však není objem znám nebo nevyhovuje potřebnému objemu, se za tuto dílčí část obdrží 0 bodů. V hodnoceném objektu není znám objem nádob, proto za tuto část obdržel objekt 0 bodů (K3 = 0). [4]

Poslední částí je vyhodnocení nakládání s odpadem v budově. Pokud není v budově zavedeno ani jedno opatření z následující tabulky, pak je výsledek 0 bodů (K4 = 0). [4]

Tabulka 38 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 3 v kritériu C.04 pro stávající stav

Opatření	Kredity K4
V budově je nainstalován kompaktor či lis.	1
Sběrná místa jsou přehledně označena včetně popisu sbíraných položek a probíhají pravidelné kontroly oddělení odpadů v prostoru budovy.	1

V budově není žádný kompaktor ani lis, ale tříděný odpad je průběžně kontrolován a označen dle typu komodit, proto je tato část ohodnocena 1 bodem z 10 možných bodů.

Výsledné hodnocení budovy se stanoví z následujícího vzorce:

$$K = \frac{K1 + K2 * K3}{2} + K4$$

K1 – K4...jednotlivá dílčí kreditová hodnocení výše popsaných subkritérií
K4.....výsledné kreditové hodnocení managementu tříděného odpadu

$$K = \frac{6 + 7 * 0}{2} + 1 = 4$$

Tabulka 39 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu C.04 pro stávající stav

Kreditové ohodnocení K	Body
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
> = 10	10

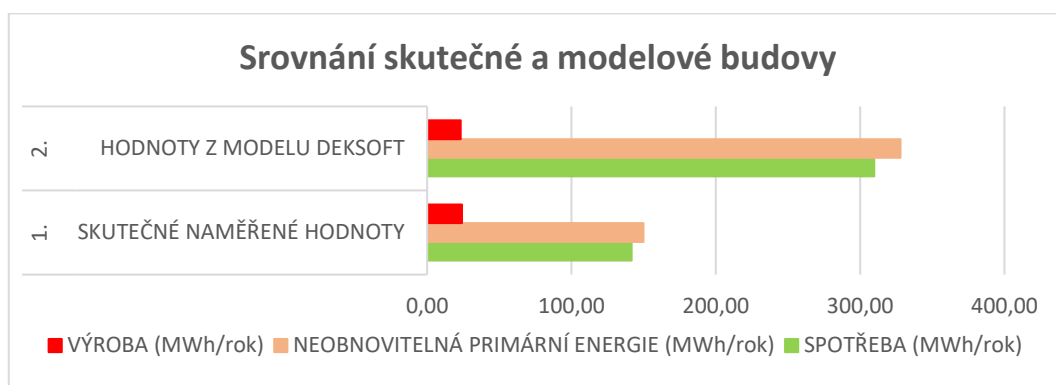
Hodnocená budova získala v tomto kritériu 4 body z 10 možných bodů.

3.4 Celkové shrnutí hodnocení stávajícího stavu

Posuzovány byly tři části: skutečné naměřené hodnoty spotřeby objektu a výroby energie z fotovoltaického systému, vytvořený energetický model s pomocí programu DEKSOFT, který vznikl na základě skutečných spotřeb a informací od majitele, ze kterých byla zpracována i výkresová dokumentace stávajícího stavu, která je součástí příloh této zprávy a vybraná kritéria z metodiky SBTToolCZ, která řeší dopad budovy na životní prostředí.

Tabulka 40 – Porovnání skutečných a modelových spotřeb a výrob

		SPOTŘEBA [MWh/rok]	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [MWh/rok]	VÝROBA [MWh/rok]	NÁVRATNOST [roky]
1.	SKUTEČNÉ NAMĚŘENÉ HODNOTY	141,59	149,91	24,09	37,00
2.	HODNOTY Z MODELU DEKSOFT	309,80	328,00	23,15	37,00



Graf 8 – Srovnání hodnot spotřeb, výrob a neobnovitelné primární energie

Výroba energie z fotovoltaické elektrárny je v energetickém modelu téměř totožná se skutečnou naměřenou hodnotou. Rozdíl však vzniká u spotřeby energie. Takto velký rozdíl je způsoben tím, že skutečné naměřené hodnoty jsou za období od října 2018 do září 2019, kdy byl vytápěn pouze hlavní a středový objekt, kde se nachází i mnoho nevytápěných skladů. Teprve před 2 měsíci byl dostavěn celý objekt vestavby, který je vyznačený v situaci přiložené ve výkresové části a je vytápěný v 1.NP i v podkroví, vytápění bylo zároveň zavedeno i do nejvýchodnější budovy do 1.NP i podkroví. Z průkazu energetické náročnosti budovy, který je přiložen výše na straně 30, je patrné, že největší podíl spotřeby energie zabírá právě vytápění. Nově navržené vytápěné části zabírají téměř stejnou vytápěnou plochu jako vytápěné části původní. Došlo tedy k navýšení přibližně o 50% vytápěné plochy, to odpovídá navýšení spotřeby přibližně o 50% ve vytvořeném modelu oproti skutečným naměřeným hodnotám.

Dále se bude optimalizace tedy odvíjet od hodnot z vytvořeného modelu. Optimalizace se bude týkat hodnoty neobnovitelné primární energie, která v současné době vychází 328 MWh/rok a její hodnota by měla být 0 MWh/rok. Musí tedy dojít k návrhu zlepšujících variant, aby se tato hodnota výrazně snížila. Dalším hlídaným parametrem je také návratnost opatření, která v současné době vychází 37 let, což není výhodné a měla by se tedy snížit.

Další zhodnocení stávajícího stavu se týká vybraných kritérií SBToolCZ.

Výše jsou uvedeny dílčí body za každé kritérium. Celkový počet bodů, který budova obdrží, se ale přepočítává podle procentuální váhy jednotlivých kritérií, v dalším kroku se vážené body z jednotlivých kritérií ještě třídí podle čtyř skupin a znovu se váhově přepočítají součty vážených bodů kritérií, které spadají do stejné skupiny (skupina E = ENVIROMENTÁLNÍ KRITÉRIA, skupina S = SOCIÁLNÍ KRITÉRIA, skupina C = EKONOMIKA A MANAGEMENT, skupina L = LOKALITA). Skupina L se v celkovém váhovém hodnocení nezahrnuje, protože se nedá přímo ovlivnit, má tedy váhu 0%. Z tohoto důvodu ani není hodnoceno žádné kritérium z této skupiny v této práci. [4]

Pro tuto práci byla vybrána z každé skupiny jen některá kritéria kvůli omezenému rozsahu práce, a to taková, která mají největší váhu v hodnocení a bylo dostatečné množství informací, které jsou zapotřebí k vyhodnocení. V následujícím zhodnocení tedy nemůže být dosaženo 100% váhy, a to ani v dílčích čtyřech skupinách. Výsledky jsou shrnuty v následujících tabulkách. Normalizované body se násobí procentuální váhou, tím dostaneme vážené body, které se pak sečtou a dostaneme výsledné hodnoty HE, HS a HC.

Tabulka 41 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií stávajícího stavu

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
E.01 Spotřeba primární energie	2,0	22,8	45,60
E.02 Potenciál globálního oteplování	1,0	16,5	16,50
E.03 Potenciál okyselování prostředí	8,0	5,0	40,00
E.04 Potenciál eutrofizace prostředí	2,0	3,4	6,80
E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy	10,0	5,4	54,00
E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	10,0	3,5	35,00
E.13 Výroba obnovitelné energie	4,0	4,1	16,40
E.14 Chlazení	0,0	3,7	0,00
Celkem	-	64,4	HE = 214,30

Tabulka 42 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií stávajícího stavu

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
S.12 Kvalita vnitřního vzduchu	8,0	10,4	83,20
Celkem	-	10,4	HS = 83,20

Tabulka 43 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management stávajícího stavu

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
C.04 Management tříděného odpadu	4,0	23,1	92,40
Celkem	-	23,1	HC = 92,40

Výsledky vážených bodů HE, HS a HC jsou součinem normalizovaných bodů a procentuální váhy, celková hodnota musí být tedy zpětně vydělena 100%, aby se docílilo bodové hodnoty od 0 do 10 bodů. Výsledky jsou tedy: HE = 2,14 BODŮ, HS = 0,83 BODŮ a HC = 0,92 BODŮ.

Tabulka 44 – Celkové vyhodnocení obdržných bodů budovy stávajícího stavu

Skupina kritérií	Vážené body	Váha [%]	Finální celkové skóre
E. Enviromentální kritéria	HE = 2,14	50	107,0
S. Sociální kritéria	HS = 0,83	35	29,1
C. Ekonomika a management	HC = 0,92	15	13,8
L. Lokalita	HL = 0,00	0	0,0
Celkem	-	100	H = 149,9

Váhy dílčích kritérií i skupin kritérií jsou převzaty z manuálu hodnocení administrativních budov SBToolCZ. Výsledná hodnota H musí být opět vydělena 100%, abychom získali bodovou škálu 0 -10 bodů. Pak je výsledný počet bodů pro hodnocenou budovu 1,5 bodu. Tento výsledek je však zkreslený, protože nebyla hodnocena všechna kritéria, tím budova obdržela méně bodů, než by ve skutečnosti měla, to můžeme také vidět i na průběžném hodnocení dílčích kritérií, že hodnoty se pohybují mnohem výš a výsledek je tedy nereálný. Proto byly upraveny všechny váhy jednotlivých kritérií tak, aby součet v každé skupině kritérií dával 100%. U kritérií skupiny S a C byla váha zvednuta přímo na 100%, protože se hodnotí pouze jedno kritérium. U skupiny kritérií E byl součet vah 64,4%, do 100% tedy chybí 35,6%, ta byla rovnoměrně rozdělena mezi osm hodnocených kritérií přírůžkou 4,45% ke každému, aby byl zachován poměr rozdílů procentuálních vah jednotlivých kritérií, a zároveň součet % byl 100%. Za těchto předpokladů byl objekt znovu vyhodnocen.

Tabulka 45 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií stávajícího stavu s úpravou

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
E.01 Spotřeba primární energie	2,0	27,3	54,60
E.02 Potenciál globálního oteplování	1,0	21,0	21,00
E.03 Potenciál okyselování prostředí	8,0	9,5	76,00
E.04 Potenciál eutrofizace prostředí	2,0	7,9	15,80
E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy	10,0	9,8	98,00
E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	10,0	7,9	79,00
E.13 Výroba obnovitelné energie	4,0	8,5	34,00
E.14 Chlazení	0,0	8,1	0,00
Celkem	-	100,0	HE = 378,40

Tabulka 46 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií stávajícího stavu s úpravou

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
S.12 Kvalita vnitřního vzduchu	8,0	100,0	800,00
Celkem	-	100,0	HS = 800,00

Tabulka 47 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management stávajícího stavu s úpravou

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
C.04 Management tříděného odpadu	4,0	100,0	400,00
Celkem	-	100,0	HC = 400,00

Výsledky vážených bodů HE, HS a HC jsou součinem normalizovaných bodů a procentuální váhy, celková hodnota musí být tedy zpětně vydělena 100%, aby se docílilo bodové hodnoty od 0 do 10 bodů. Výsledky jsou tedy: HE = 3,78 BODŮ, HS = 8,00 BODŮ a HC = 4,00 BODŮ.

Tabulka 48 - Celkové vyhodnocení obdržených bodů budovy stávajícího stavu s úpravou

Skupina kritérií	Vážené body	Váha [%]	Finální celkové skóre
E. Enviromentální kritéria	HE = 3,78	50	189,0
S. Sociální kritéria	HS = 8,00	35	280,0
C. Ekonomika a management	HC = 4,00	15	60,0
L. Lokalita	HL = 0,00	0	0,0
Celkem	-	100	H = 529,0

Po vydělení hodnoty H = 529,0 100% dostaneme 5,3 bodů, budova tedy po této úvaze celkem obdrží 5 bodů za všechna kritéria s procentuální vahou skupin kritérií dle SBToolCZ. Tento výsledek odpovídá pravděpodobněji dílčím hodnotám jednotlivých kritérií. Protože dílčí kritéria nebyla interpolována pro mezilehlé hodnoty a v těchto případech byla uvažována horší bodová hranice, výpočet je zatížen malou chybou a bodování je uvažováno pouze na celá čísla. Systém výsledného vyhodnocení je pouhou úvahou, která není podložena ověřenou metodou a není tedy tolik přesná, proto i v celkovém bodování bude hodnocení zaokrouhлено na celá čísla s příkloněním se k nižší bodové hranici, tedy na straně bezpečnosti.

Hodnocená budova tedy celkem obdržela z hodnocených kritérií SBToolCZ

5 bodů. V rámci ocenění SBToolCZ by budova obdržela bronzový certifikát, ten platí pro bodové ohodnocení od 4 do 5,9 bodů. Do tohoto rozmezí spadají budovy s „dobrou kvalitou budovy“. Otázkou zůstává, zda by budova spadala do stejné kategorie, i kdyby se vyhodnotila veškerá kritéria, ale ta s největší vahovou hodnotou jsou započtena.

4 Návrh optimalizačních variant

Cílem této kapitoly je návrh několika variant, kterými by došlo k výraznému snížení neobnovitelné primární energie, v ideálním případě na nulovou hodnotu, aby budova splnila energeticky nulový standard, pokud je to pro hodnocený objekt možné. Zároveň se hodnotí i návratnost a technická proveditelnost takovýchto opatření. Další sledované hodnoty jsou průměrný součinitel prostupu tepla, dílčí měrné spotřeby energií, celková dodaná energie za rok pro celou budovu a třída energetické náročnosti budovy. Jednotlivé varianty budou závěrem porovnány a bude vybrána nejoptimálnější nebo kombinace více variant, která splní požadavek, že neobnovitelná primární energie dosáhne nulové hodnoty. Protože v objektu už došlo k částečnému zateplení a výměně oken za nová s izolačním trojsklem, týkají se návrhová opatření spíše technologických zařízení než zlepšování konstrukčních prvků objektu.

4.1 Varianta 1 – navýšení počtu FVE panelů o 52%

V první variantě jsem navrhla navýšení počtu fotovoltaických panelů o 52%. Návrh jsem provedla úpravou údajů k fotovoltaickému systému v energetickém modelu v programu DEKSOFT. Zadání lze provádět dvěma způsoby. První způsob určuje výslednou hodnotu podle typu panelů, plochy fotovoltaické elektrárny, špičkového výkonu FVE systému a sklonu a typu větrání panelů. Druhý způsob je zadání podle známých naměřených hodnot. Druhý způsob je přesnější, proto jsem zvolila tuto metodu zadání, protože hodnoty na každý měsíc byly známy z naměřených hodnot za uplynulý rok. Fotovoltaické panely jsou plně větrány se sklonem 17° podle sklonu střechy. Jedná se o 109 fotovoltaických panelů s monokrystalickými křemíkovými články, které zabírají plochu 174,7 m².

Existují čtyři základní typy fotovoltaických panelů:

- 1) Monokrystalické panely – nejčastěji užívaný typ, mají nejvyšší účinnost při ideálních podmínkách a krystaly jsou větší než 10 cm a rovnoměrně rozprostřené, jejich účinnost je nejvyšší ze všech čtyř typů, tedy 14-18%, panely mají pomalý náběh, ale potom pracují efektivněji
- 2) Polykrystalické panely – účinnost tohoto typu je 12-17%, výroba panelů je jednodušší a dříve byly levnější, dnes už jsou ceny téměř stejné jako u panelů monokrystalických, tyto panely jsou složeny z více malých krystalů, mají rovnoměrnější výkon a využívají energii i z difuzního záření a horší orientace vůči světovým stranám

- 3) Amorfni panely – základem je tenká křemíková vrstva napařovaná na sklo fólií, účinnost je relativně nízká, tedy 7-9%, oproti předešlým typům je tedy potřeba 2,5x větší plochy, celoročně vyrobí však až o 10% více kvůli vyšší citlivosti panelů na difuzní záření, účinnost s rostoucí teplotou klesá pomaleji a nedochází tolik k přehřívání jako u předešlých typů [6]
- 4) Panely integrované ve střešní krytině – jde o hydroizolační folii s pruhy amorfniho křemíku, elektrárna nezávisle vizuální dojem objektu a systém využívá i difuzní záření, pásy krytiny však nelze řezat, proto tento systém není vhodný na členité střechy a střecha je méně pochůzná [7]

Na hodnoceném objektu je využit systém monokrystalických panelů, je nevhodnější variantou, má nejvyšší účinnost, orientace střechy je čistě jižní a střecha je šikmá se sklonem 17°, není tedy nutné panely instalovat na konstrukci, ale podél sklonu střechy. Nejlepší účinnost panelů se pohybuje okolo sklonu 35° pro ČR, sklon ostatních šikmých střech se pohybují v rozmezí sklonů 29 – 46°, převážně 37°, sklon je tedy ideální a předpoklad je, že nově instalované panely budou vyrábět při příznivých klimatických podmínkách téměř s nejlepší účinností. V rámci první optimalizace jsem tedy navrhla 56 nových monokrystalických panelů na jižně orientované šikmé střechy nejvýchodnějšího objektu se sklonem 33° a jižního výběžku se sklonem střechy 35°. V následující tabulce jsou uvedeny původní měsíční výkony FVE systému a navýšené výkony o 52% pro návrhový stav, předpokládala jsem instalaci nových monokrystalických panelů se stejnými vlastnostmi jako mají panely původní a výkony byly tedy v každém měsíci navýšeny parametricky o 50%, i když nové panely budou mít optimálnější sklon oproti původním 17°.

Tabulka 49 – Vstupní výkony pro vyhodnocení FVE v programu DEKSOFT

	Původní měsíční výkony	Navrhované měsíční výkony
Říjen 2018	2087,30 kWh/rok	3172,70 kWh/rok
Listopad	912,97 kWh/rok	1387,71 kWh/rok
Prosinec	438,69 kWh/rok	666,81 kWh/rok
Leden 2019	666,05 kWh/rok	1012,40 kWh/rok
Únor	1538,68 kWh/rok	2338,79 kWh/rok
Březen	1346,99 kWh/rok	2047,42 kWh/rok
Duben	3204,50 kWh/rok	4870,84 kWh/rok
Květen	3338,44 kWh/rok	5074,43 kWh/rok
Červen	3958,78 kWh/rok	6017,35 kWh/rok
Červenec	4007,64 kWh/rok	6091,61 kWh/rok
Srpen	3509,45 kWh/rok	5334,36 kWh/rok
Září	2592,07 kWh/rok	3939,95 kWh/rok

Výkony v pravém sloupci byly tedy základním podkladem hodnocení první optimalizační varianty. Výstup výsledků je uveden v průkazu energetické náročnosti budovy na následujících dvou stránkách, kde jsou popsány i výsledky, kterých bylo tímto opatřením docíleno.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Hrdlořežská 197/6, k.ú. 731765,**

p.č. 322/2, 524/2

PSC, místo: **19000, Praha**

Typ budovy: **Budova pro obchodní účely**

Plocha obálky budovy: **5032.76** m²

Objemový faktor tvaru A/V: **0.60** m²/m³

Celková energeticky vztažná plocha: **2229.82** m²



ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

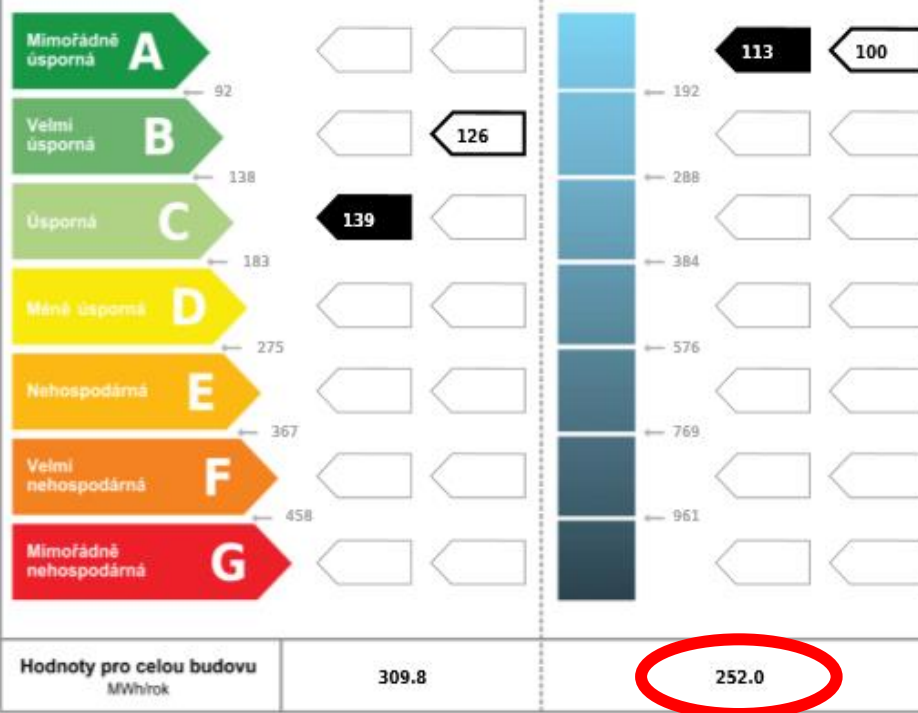
Celková dodaná energie

(Energie na vstupu do budovy)

Neobnovitelná primární energie

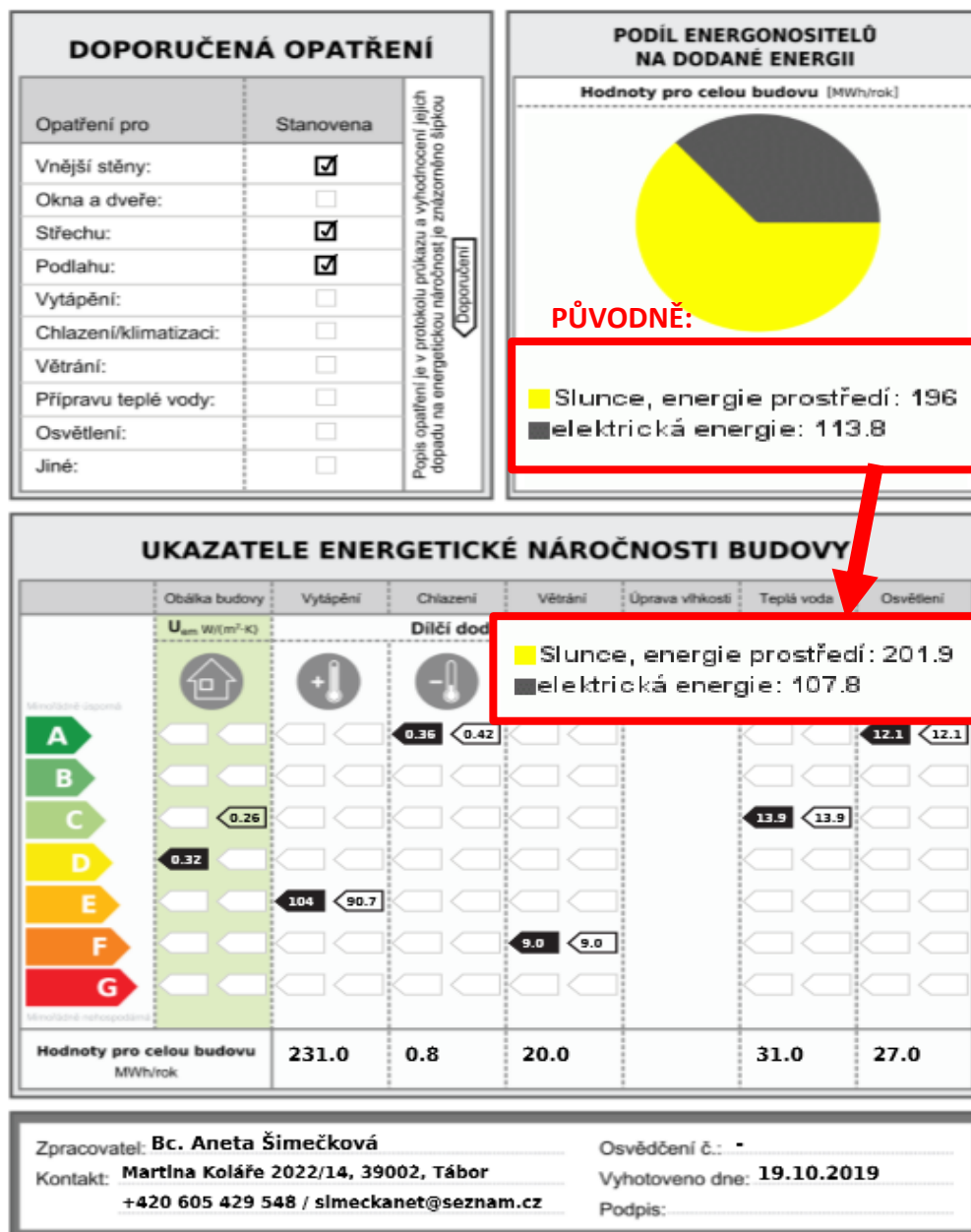
(Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)



Obr.11 – Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 1

Tímto opatřením se změnila pouze neobnovitelná primární energie, která nás zajímá nejvíce. Hodnota klesla na 252,0 MWh/rok z původních 328,0 MWh/rok. Třída energetické náročnosti zůstala ve třídě C – úsporná a hodnota celkové dodané energie za rok se nezměnila vůbec, stále má hodnotu 309,8 MWh/rok.



číslo dokumentu:

DIPLOMKA

DEKSOFT - programy pro stavebnictví

2

Obr.12 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 1

Z toho vyplývá, že navýšením počtu FVE panelů, tím pádem zvětšením výroby, dojde ke snížení spotřeby elektrické energie současnými tepelnými čerpadly, chlazením a větráním z veřejné sítě. Tato energie má vysoký konverzní faktor, okolo 3,16 pro přepočet na primární energii. Oproti tomu energie z FVE systému má konverzní faktor pouze 0,3. Proto se nemění spotřeba energie pro celý objekt, zůstávají stejné i dílčí energie, ale mění se pouze neobnovitelná primární energie. Díky nižšímu konverznímu faktoru došlo ke snížení neobnovitelné primární energie o 76 MWh/rok.

4.2 Varianta 2 – Zateplení objektu na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla všech konstrukcí

Druhá varianta jako jediná hodnotí konstrukční optimalizaci. Návrh spočívá ve vylepšení všech konstrukcí obálky budovy a konstrukcí mezi zónami s různými teplotami na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Toto opatření bylo provedeno pro konstrukce, které tento požadavek ještě nespĺňovaly. Soupis zlepšených konstrukcí s jejich původními a novými hodnotami součinitelů prostupu tepla je uveden v tabulce níže. Nejprve byly hodnoty sníženy pouze parametricky ve vstupu konstrukcí v programu DEKSOFT. V dalším kroku bylo opatření zaneseno i do výkresové dokumentace, kde jsou červeně vyznačeny navrhované izolanty s tloušťkami a popisem materiálu. Tyto výkresy tvoří druhou polovinu výkresové části, jsou tedy přiloženy v přílohové výkresové části.

Tabulka 50 – Soupis zlepšovaných konstrukcí na U_{rec}

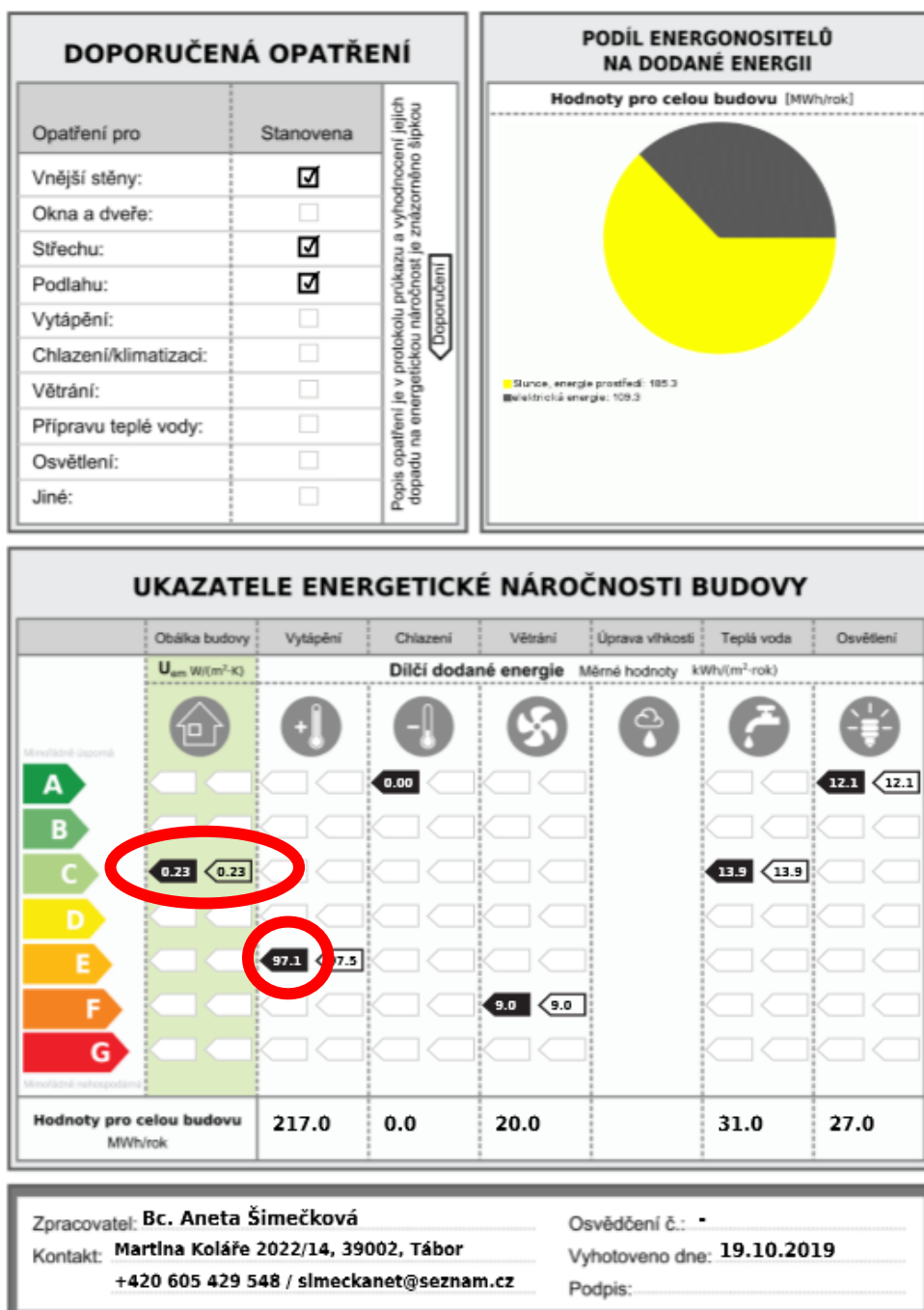
Konstrukce	Původní U [W/m ² K]	Navržené U_{rec} [W/m ² K]
STN-5 Z1 obvodová stěna Porotherm 44 Profi	0,26	0,25
STN-8 Z1 obvodová stěna z ŽB 240 s tep.iz. EPS 150	0,26	0,25
STN-9 Z1 obvodová stěna z ŽB 340 s tep.iz. EPS 150	0,26	0,25
STR-12 Z1 strop k exteriéru nad 1.NP	0,64	0,16
PDL-13 Z1 podlaha k exteriéru 2.NP	1,89	0,30
STR-14 Z1 šikmá sedlová střecha se sklonem 16°	0,35	0,16
STR-15 Z1 šikmá sedlová střecha se sklonem 31°	0,21	0,16
PDL-11 Z1 podlaha na terénu	3,77	0,30
PDL-114 Z1 podlaha na terénu 2	0,59	0,30
PDL-115 podlaha na terénu 3	0,40	0,30
PDL-16 Z1/Z2 podlaha 2.NP	0,56	0,40
STR-18 Z1/Z2 strop nad 1.NP	0,60	0,40
STN-21 Z1/Z2 příčka skleněná dvojitá tl. 150 mm	0,73	0,40
PDL-17 Z1/Z3 podlaha 2.NP	0,55	0,40
STN-22 Z1/Z3 příčka skleněná dvojitá tl. 150 mm	0,73	0,40
STN-23 Z1/Z3 vnitřní stěna Porotherm tl. 300 mm	0,51	0,40
STN-24 Z1/Z3 vnitřní stěna Porotherm tl. 325 mm	0,48	0,40
STN-27 Z1/Z4 vnitřní stěna Porotherm tl. 325 mm	0,48	0,40
STN-40 Z2 obvodová stěna Porotherm 44 Profi 440	0,26	0,25
STN-43 Z2 obvodová stěna CP 440 s tep.iz.EPS 120	0,28	0,25
STN-44 Z2 obvodová stěna ŽB tl. 250 mm	2,73	0,25
STN-45 Z2 obvodová stěna skleněná tl. 80 mm	1,41	0,20
STR-48 Z2 šikmá sedlovo-valbová střecha 29,35,37°	0,20	0,16
STR-49 Z2 šikmá pultová střecha 29°, 37°	0,18	0,16
STR-50 Z2 šikmá sedlová střecha se sklonem 37°	0,21	0,16
PDL-46 Z2 podlaha na terénu	0,48	0,30
STN-62 Z3 obvodová stěna Porotherm 44 Profi 440	0,26	0,25
STN-65 Z3 obvodová stěna CP 440 s t.i.MV 120	0,27	0,25
STN-66 Z3 obvodová stěna CP 440 s t.i.EPS 120	0,28	0,25
STR-68 Z3 strop k exteriéru nad 1.NP	0,56	0,16
PDL-69 Z3 podlaha k exteriéru 2.NP	0,18	0,16

STR-71 Z3 šikmá sedlovo-valbová střecha 29,35,37°	0,22	0,16
STR-72 Z3 šikmá sedlová střecha 37°, 8°	0,21	0,16
STR-73 Z3 šikmá sedlová střecha 33°	0,21	0,16
PDL-67 Z3 podlaha na terénu	0,58	0,30
STN-77 Z3/Z7 vnitřní stěna Porotherm tl. 200 mm	0,71	0,40
VYP-81 Z4 garážová vrata 1.NP V	1,70	1,20
VYP-82 Z4 garážová vrata 1.NP J	1,70	1,20
STN-85 Z4 obvodová stěna CP 440 s t.i.MV 120	0,27	0,25
STR-87 Z4 strop k exteriéru nad 1.NP	0,71	0,16
PDL-86 Z4 podlaha na terénu	0,48	0,30
PDL-116 Z4 podlaha na terénu 2	0,47	0,30
STN-91 Z5 obvodová stěna Porotherm 44 Profi 440	0,26	0,25
STN-99 Z6 obvodová stěna Porotherm 44 Profi 440	0,26	0,25
STN-100 Z6 obvodová stěna CP 440 s t.i.EPS 120	0,28	0,25
STR-101 Z6 šikmá polovalbová střecha 34°	0,21	0,16
STN-105 Z7 obvodová stěna Porotherm 44 Profi 440	0,26	0,25
STN-107 Z7 obvodová stěna CP 440 s t.i.EPS 120	0,28	0,25
STR-109 Z7 šikmá pultová střecha se sklonem 5°	0,34	0,16
STR-110 Z7 šikmá sedlová střecha se sklonem 37°	1,48	0,16
STR-111 Z7 šikmá polovalbová střecha 34°	1,08	0,16
STR-112 Z7 šikmá sedlová střecha se sklonem 37°,8°	1,48	0,16
STR-113 Z7 šikmá sedlová střecha se sklonem 33°	1,48	0,16

Navíc byla uvažována i lepší hodnota přírážky na tepelné vazby. Původní stav objektu byl hodnocen s přírážkou na tepelné vazby $\Delta U_{em} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$, tedy se středním vlivem tepelných vazeb, to znamená, že je zajištěna souvislost tepelněizolačních vrstev téměř ve všech napojeních. Pro optimalizační variantu 2 byla uvažována přírážka na tepelné vazby $\Delta U_{em} = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$, tedy lepší hodnota, neboli je zajištěna souvislost tepelněizolačních vrstev ve všech napojeních, převážně v neztenčené tloušťce.

Obecně lze říci, že byla doplněna tepelná izolace z EPS do doposud nezateplených podlah na terénu. Nezateplené obvodové stěny z tvárnic Porotherm 44 Profi tl. 440 mm byly zatepleny tenkou vrstvou EPS. Obvodové stěny z cihel plných pálených, které byly zatepleny EPS nebo minerální vatou tl. 120 mm měly navýšenou tepelnou izolaci na 140 mm. Železobetonová stěna v přistavěné části na sever byla zateplena tepelným izolantem z EPS tl. 160 mm místo původních 150 mm. Všechny obvodové stěny byly opatřeny systémovou omítkou ETICS. Tepelné izolace střech byly navýšeny o 50 – 140 mm dle typu konstrukce. Dále byla vyměněna garážová vrata za nová s lepšími tepelně-technickými vlastnostmi. Jako poslední část byla zateplena celá výtahová šachta, která byla v současném stavu velmi závažným tepelným mostem. Podrobné informace o konstrukcích a tloušťkách izolantů jsou uvedeny ve výkresové příloze této práce.

Na další straně je protokol s výsledky hodnocené varianty.



číslo dokumentu:

DIPLOMKA

DEKSOFT - programy pro stavebnictví

2

Obr.14 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 2

Zateplením se snížila i hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy z $U_{em} = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $U_{em} = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ a je jediný ze 3 požadavků, které se hodnotí podle referenční budovy, který u stávajícího stavu nebyl splněn.

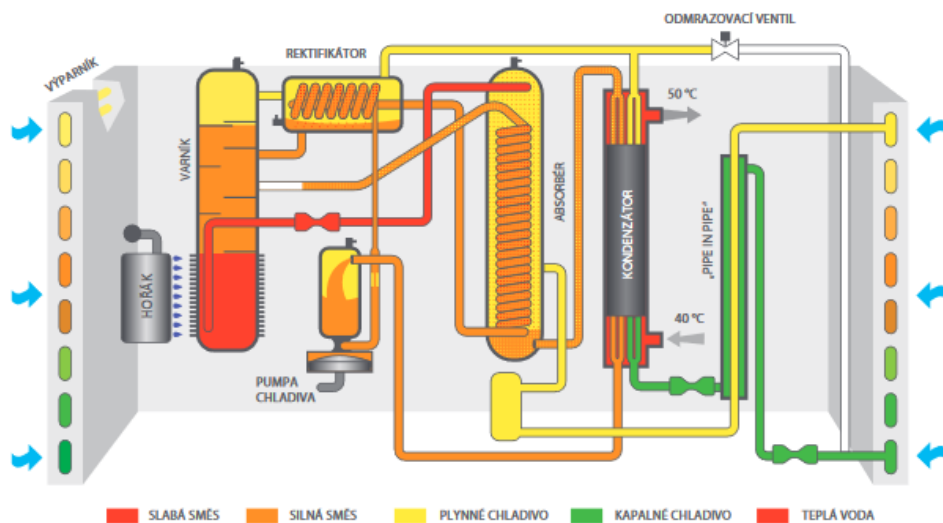
$U_{em,R} = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ke snížení celkové dodané energie přispělo především snížení měrné potřeby tepla na vytápění ze $104 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$ na $97,1 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$.

4.3 Varianta 3 – Výměna TČ za TČ na zemní plyn

Ve třetí variantě je navržena výměna současných tepelných čerpadel VZDUCH/VODA na elektrickou energii o výkonu 2x 16,79 kW za plynové tepelné čerpadlo GAHP-A VZDUCH/VODA o výkonu 41,3 kW na zemní plyn. Technický list je přiložen v přílohách. Jelikož do objektu není zaveden plyn, musela by být zřízena i nová plynovodní přípojka, 25m od objektu se nachází střednětlaká zaslepená větev plynovodu (uvedeno v příloze v koordinační situaci). Před vyhodnocením energetického modelu se záměnou tepelného zdroje bych ráda popsala princip tohoto systému, protože není ještě tolik užíván.

Oproti klasickému tepelnému čerpadlu se k pohonu kompresoru používá plynový spalovací motor. Teplo je získáváno z okolního prostředí, tedy ze vzduchu. Toto teplo je převáděno na vyšší teplotu k vytápění a ohřevu teplé vody stlačením par chladiva kompresoru a tím se ohřeje. Tepelné čerpadlo má rekuperaci odpadního tepla z motoru, je tedy možné ho využít až do -21°C. Oproti ostatním plynovým a chladícím jednotkám zajišťuje minimalizaci nákladů na vytápění. Zajišťuje stálou požadovanou teplotu v interiéru během celého roku a produkuje méně emisí oxidu dusíku NOx. [10]

Plynové tepelné čerpadlo lze umístit i do technické místnosti. Využívá absorpce plynu v kapalině. Funguje na stejném principu jako kompresorové čerpadlo, pro kompresi chladiva je u plynového čerpadla využita tepelná energie vzniklá hořením plynu, nikoli kompresor jako v případě elektrického tepelného čerpadla, ohříváním - vařením směsi vody s chladivem dochází k odpaření chladiva a nárůstu tlaku v celém okruhu. Dále cyklus pokračuje stejně jako u kompresorového tepelného čerpadla. Na konci okruhu je chladivo pohlceno (absorbováno) zpět do vody a tato směs je pomocí pumpy dopravena zpět do varníku, poté se proces opakuje. Princip tedy je: komprese chladiva a nárůst teploty -> předání tepla do topného systému kondenzací -> expanze chladiva -> přestup tepla do chladiva z obnovitelného zdroje odpařením. [9]

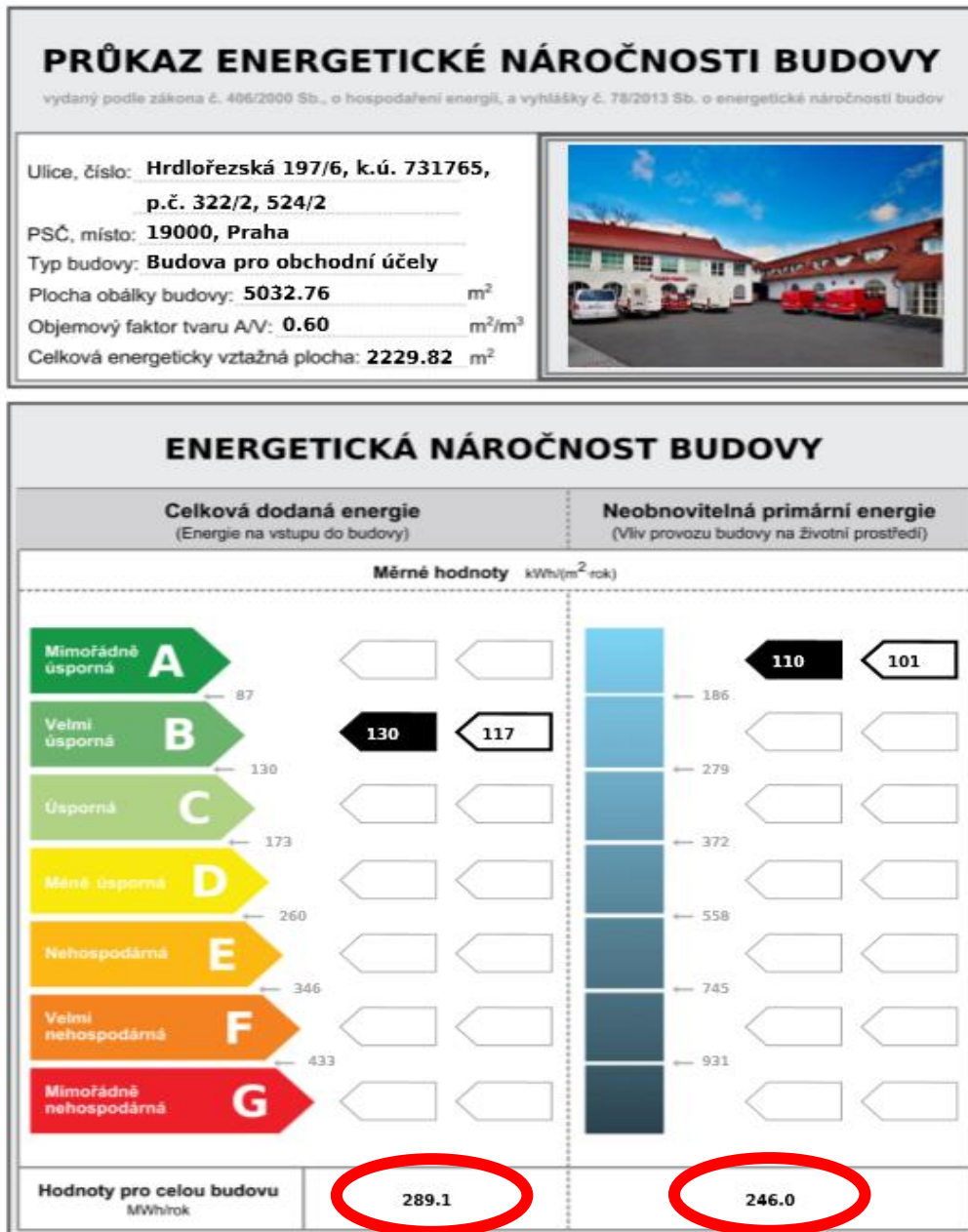


Obr.15 – Schéma principu tepelného čerpadla na zemní plyn

Do energetického modelu v programu DEKSOFT bylo tedy nadefinováno výše zmíněné tepelné čerpadlo na zemní plyn dle údajů z technického listu. Původní tepelná čerpadla vzduch/voda byla i s elektrokotlem úplně odstraněna.

program ENERGETIKA
verze 4.4.2

DEKSOFT

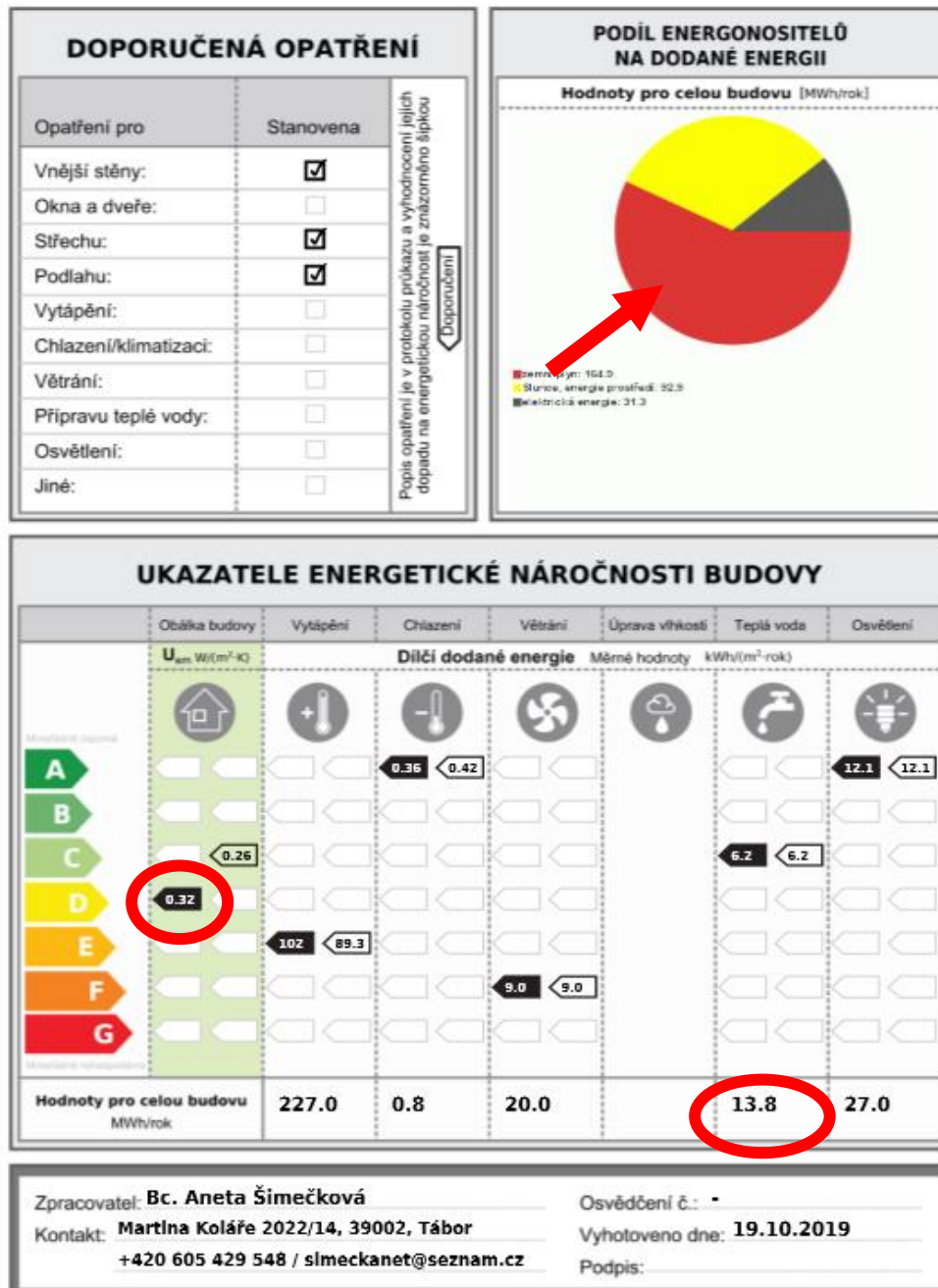


DEKSOFT - programy pro stavebnictví

1

Obr.16 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 3

S výměnou zdrojů tepla za tepelné čerpadlo na zemní plyn došlo k výraznému snížení neobnovitelné primární energie o 82 MWh/rok, to je způsobeno snížením spotřeby elektrické energie a zařazením zemního plynu, který má nižší konverzní faktor. Zároveň však došlo i k mírnému snížení celkové dodané energie o 20,7 MWh/rok oproti stávajícímu stavu, aniž by bylo řešeno zateplení konstrukcí. Budova sice spadá nyní do energetické třídy B, nicméně požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla podle referenční budovy nebyl splněn.



Obr.17 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 3

Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy U_{em} zůstala beze změny oproti stávajícímu stavu. Změna zdroje nemá vliv na tento parametr. Proto tedy požadavek podle referenční budovy není splněn, i když se o jednu energetickou třídu zlepšila kvalita budovy z C na B. Zatímco potřeba tepla na vytápění zůstala téměř stejná, výrazně se snížila potřeba tepla na ohřev vody. Energetická bilance se změnila, převážnou část zabírá zemní plyn s nižším konverzním faktorem, který je příznivý pro neobnovitelnou primární energii.

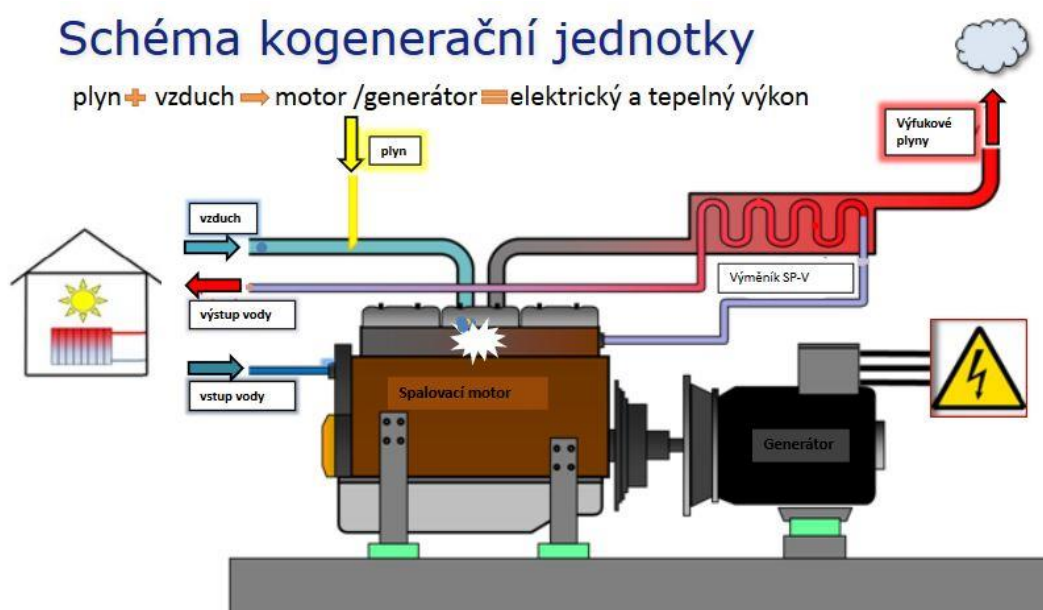
4.4 Varianta 4 – Výměna TČ a zdroje chladu za trigenerační jednotku

Poslední optimalizační variantou je návrh trigenerační jednotky místo stávajících zdrojů chladu a tepla. Jelikož trigenerační jednotka funguje na zemní plyn, musel by být do objektu zaveden plyn jako u předchozí varianty. Na začátek bych chtěla stručně popsat, v čem vlastně trigenerace spočívá, jde totiž o poměrně novou technologii, která ještě není tolik využívána.

„Trigenerací se označuje společná výroba elektřiny, tepla a chladu. Princip je založen na kogenerační jednotce s absorpční chladicí jednotkou, která umožňuje pomocí absorpčního procesu přeměnit teplo z kogenerace na chlad.“ [11]

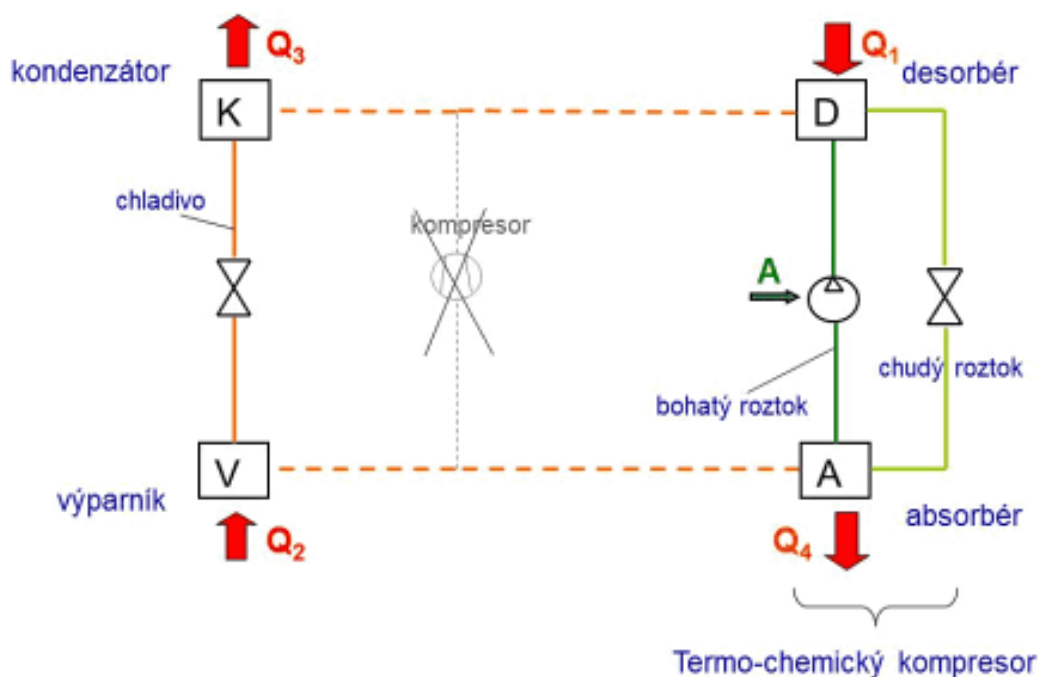
Je na místě uvést, co znamená kogenerace a absorpční chlazení.

Kogenerace je účinný a ekologický způsob výroby elektřiny a tepla. Energie vstupního paliva je využita až z 90%, na rozdíl od ostatních zdrojů, které mají účinnost 30-40%, a odpadají ztráty přenosem a distribucí elektrické energie, to má pozitivní dopad na životní prostředí. Objekt je zároveň chráněn proti black-outu. [12] Díky kogeneraci dojde k vysoké úspoře paliva a nákladů na elektřinu a tepla. Existují 4 druhy kogenerace: motor/generátor, plynová turbína/generátor, parní turbína/generátor a palivový článok, přičemž palivové články se ještě moc nevyužívají. Malé kogenerační jednotky, což je případ mnou hodnocené budovy, fungují na principu plynových motorů spalujících zemní plyn nebo bioplyn pro decentralizovanou výrobu. Plyn je nejprve spálen v motoru, tím se vyrobí elektrická energie. Následně je z jednotlivých částí motoru a spalin získáno teplo dodávané spotřebiteli. Princip je naznačen na následujícím schématu. [13]



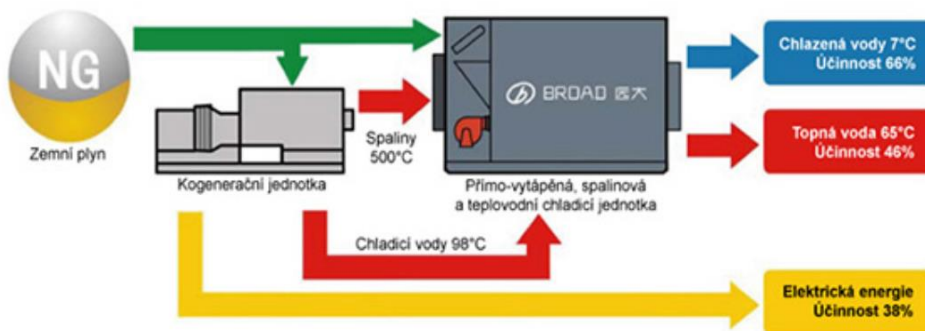
Obr.18 – Schéma principu kogenerační jednotky se spalovacím motorem [14]

Princip absorpčního chlazení funguje na kolování chladiva a absorpční látky. Páry chladiva odchází z výparníku do absorbéru, kde jsou pohlceny do absorpční kapaliny, tím se uvolní teplo a vznikne kapalná směs, která je čerpadlem dopravena do části s vyšším tlakem. Směs se zahřeje a páry chladiva se vypudí do kondenzátoru z absorpční kapaliny. Při kontaktu s chladným povrchem kondenzují. Kapalné chladivo projde přes škrtkový ventil do výparníku, snížením tlaku dojde k varu při nízké teplotě a chladivo odnímá teplo ochlazovanému médiu. Páry chladiva uzavřou okruh absorpcí do absorbéru, oddělenou větví s vysokým tlakem odchází přes škrtkový ventil do absorpční kapaliny bez chladiva. Kvůli účinnosti se systém doplňuje výměníky tepla pro opakované využití tepelných toků. Hnací tepelná energie je dodávána integrovanými hořáky nebo teplosměnnou plochou ohřívanou vodou nebo párou (přímo x nepřímo vytápěné absorpční oběhy). Jednotky se dělí ještě na jednostupňové s řídicí teplotou nad 90°C a výkonovým číslem (poměr vyrobeného chladu a tepla dodaného zdrojem desorbéru) COP = 0,7 a dvoustupňové s řídicí teplotou nad 120°C a COP = 1,2. Základní výhodou absorpčního chlazení oproti kompresorovému je nahrazení elektrické energie tepelnou pro chod chladicího oběhu. [15]



Obr.19 – Schéma principu absorpčního chlazení

Trigenerace je tedy složena z těchto dvou dílčích procesů. Propojení procesů je řešeno pouze tepelnými výměníky. Absorpční oběh využívá teplo produkované kogenerační jednotkou v letních měsících, tím se navyšuje roční účinnost kogenerace. Toto řešení je výhodné, pokud potřeba chladu dosahuje přibližně 80% hodnoty potřebné energie na vytápění, zároveň roční potřeba chladu je přibližně 25% roční potřeby tepla. Trigenerace má větší vstupní náklady než čistá kogenerace, ovšem během užívání dochází k větším ziskům za životnost zařízení v podobě úspor za dodávku energie. [15]



Obr.20 – Možné schéma zapojení trigenerace (kogenerační jednotka+absorpční chladicí jednotka)

V této variantě jde spíše o teoretickou úvahu. Jak bylo uvedeno výše, trigenerace je výhodná, pokud roční potřeba chladu zabírá přibližně čtvrtinu roční potřeby tepla. Objekt, který hodnotím, má však potřebu chladu zanedbatelnou oproti potřebě tepla. Jediným důvodem, proč je uvažováno o trigeneraci je fakt, že se jedná o gastroprovoz, kde jsou i chladicí sklady, které jsou využívány celoročně a zároveň je v současné době zvláště vyráběn chlad na klimatizování kanceláří.

Do energetického modelu tedy vstupuje návrh konkrétní kogenerační jednotky, která nahradí tepelná čerpadla se součtovým výkonem 33,58 kW a záložní zdroj ve formě elektrokotle s výkonem 40 kW. Kogenerační jednotka je typu VITOBLOC 200 na zemní plyn s výkony 20 kW_{el}/39 kW_{th}, konkrétní specifikace je uvedena v technickém listě v přílohouvé části. [16]

U absorpčního chlazení nastává problém, že v České republice se v současné době dělají jednotky o výkonech nejméně 200 kW, potřebný výkon pro hodnocený objekt je však pouze 15 kW. V této části je tedy varianta hodnocena pouze jako teoretická úvaha do budoucna, protože trigenerace začíná mít širší uplatnění a je možné, že v blízké době dojde k výrobě menších jednotek i pro běžnější provozy, než velké komplexy budov s náročným provozem jako jsou například nemocnice. Proto bylo absorpční chlazení do energetického modelu v programu DEKSOFT zadáno pouze parametricky s chladícím výkonem 15 kW jako jednostupňový zdroj chladu s vodou chlazeným kondenzátorem, pracuje tedy s nižší teplotou okolo 90°C.

V programu DEKSOFT nelze přímo zadat trigeneraci. Ta vznikne samostatným zadáním kogenerační jednotky jako zdroje tepla a absorpčního chladiče jako zdroje chladu. Při zadávání zdroje chladu jsem zadala typ zdroje jako absorpční chlazení, program pak automaticky sám propíše kogeneraci do nabídky ve zdrojích chladu, při výběru zadané kogenerační jednotky dojde k propsání údajů kogenerace do chlazení a samostatné zdroje se tak sloučí a vznikne trigenerace.

Na základě těchto údajů jsem tedy vytvořila model s trigenerací a výstupy vyhodnocení jsou uvedeny na dalších dvou stránkách.

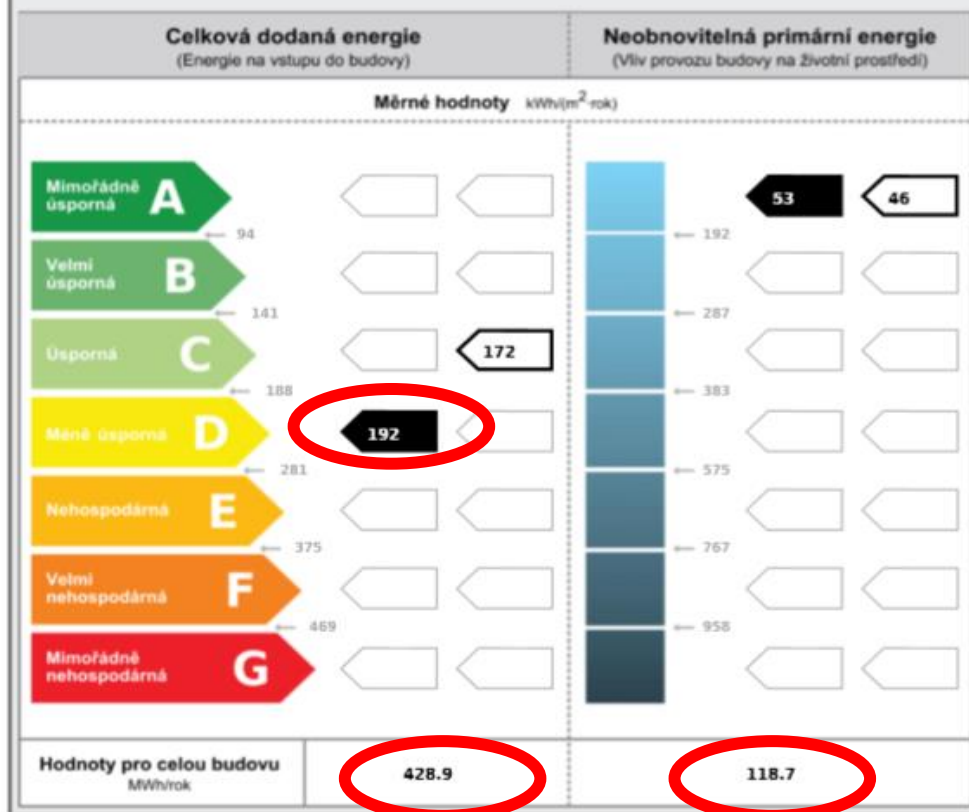
PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Hrdlořežská 197/6, k.ú. 731765,**
p.č. 322/2, 524/2
 PSC, místo: **19000, Praha**
 Typ budovy: **Budova pro obchodní účely**
 Plocha obálky budovy: **5032.76** m²
 Objemový faktor tvaru A/V: **0.60** m³/m³
 Celková energeticky vztažná plocha: **2229.82** m²

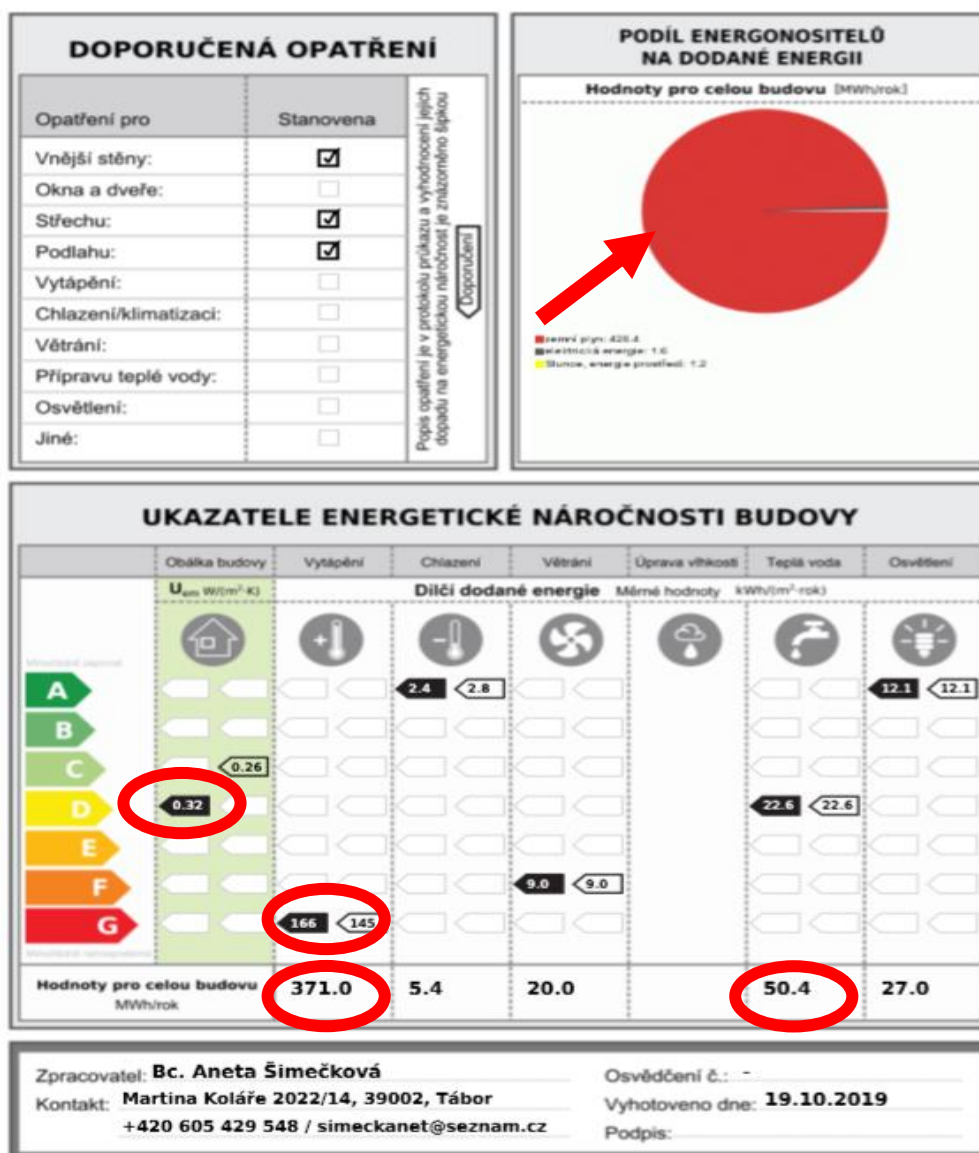


ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY



Obr.21 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 varianty 4

Z výsledků je patrné, že hodnota celkové dodané energie se výrazně zvýšila, z původních 309,8 MWh/rok na 428,9 MWh/rok. Došlo dokonce ke zhoršení energetické třídy objektu, nyní budova spadá až do třídy D – „méně úsporná“ místo původní třídy C. Došlo ovšem k velmi výraznému poklesu neobnovitelné primární energie a hodnota se snížila o celých 209,3 MWh/rok, tedy na hodnotu **118,7 MWh/rok**, což je nejvíce ze všech doposud hodnocených variant. Ani toto opatření však nedosáhne na nulovou hodnotu neobnovitelné primární energie.



číslo dokumentu:

DIPLOMKA

DEKSOFT - programy pro stavebnictví

2

Obr.22 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 varianty 4

Velmi neefektivní se jeví vytápění, které se zvýšilo přibližně o 60 MWh/rok a spadá nyní do nejméně úsporné třídy G. K navýšení dodané energie došlo i u teplé vody, v tomto případě přibližně o 70%. Průměrný součinitel prostupu tepla naopak zůstal úplně stejný jako ve stávajícím stavu, U_{em} nezahrnuje vliv tepelného zdroje a zdroje chladu. K výraznému snížení neobnovitelné primární energie přispěl především poměr dodaných energií, kdy s trigenerací téměř celý podíl energonositelů zabírá zemní plyn s nižším konverzním faktorem oproti původní elektrické energii.

Zřejmým závěrem ze všech optimalizačních variant je tedy fakt, že žádná nesplní snížení neobnovitelné primární energie na nulovou hodnotu a musí být tedy navržena kombinace předešlých variant, která je vyhodnocena a popsána v následující kapitole.

5 Posouzení výsledné optimalizační varianty

5.1 Vyhodnocení výsledné varianty softwarem DEKSOFT

Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, žádná z navržených optimalizačních variant nesplnila požadavek, že neobnovitelná primární energie musí být nulová. Proto byla vytvořena sada opatření, které nejvíce přispívala ke snížení energií a průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy. Pro některá opatření muselo být přijato ještě drobné zlepšení a návrh dodatečných drobných zlepšujících úprav v ostatních oblastech hodnocení.

Nejvíce ke snížení hlavního hodnoceného kritéria neobnovitelné primární energie přispěla výměna stávajících zdrojů tepla a chladu za trigenerační jednotku, ale toto opatření hodně zvyšuje celkovou dodanou energii, a tedy i náklady na provoz budovy. Dále výrazně snížilo neobnovitelnou primární energii plynové tepelné čerpadlo, které by mohlo být alternativním zdrojem tepla, hodnota vychází však dvakrát větší než u trigenerace a v obou případech by musel být objekt napojen plynovodní přípojkou na stávající zaslepenou větev střednětlakého plynovodu, který je ukončen asi 25 m od objektu, což sebou nese další vstupní náklady. Tepelné čerpadlo na zemní plyn má však nižší hodnotu celkové dodané energie než stávající stav, naopak trigenerační jednotka má celkovou dodanou energii vyšší. Optimalizace se ale zabývá nulovým standardem, nehodnotí budovu jako budovu s téměř nulovou spotřebou energie, v tomto případě se nehodnotí celková dodaná energie, ale pouze neobnovitelná primární energie a dopad na životní prostředí, proto byla jako zdroj zvolena trigenerační jednotka, která se nulovému standardu blíží 2x více, i když jde částečně o teoretické řešení kvůli nedostupnosti malých absorpčních jednotek v současné době.

Další varianta, která výrazně přispěla ke snížení neobnovitelné primární energie, byla instalace dalších fotovoltaických panelů na střechu objektu, konkrétně tedy navýšení počtu o 52%. V tomto případě jsem zkoušela navýšení fotovoltaického systému o 52%, což nebylo také dostačující a jako postačující hodnota se ukázalo navýšení počtu fotovoltaických panelů až o 117%, tedy z původních 109 monokrystalických panelů na 236 panelů stejného typu jako ve stávajícím stavu. Rozložení navržených panelů je znázorněno ve výkresové části v návrhovém stavu ve výkresu pohledů.

V hodnocení musí budova dosáhnout ve třech parametrech nižší hodnoty než referenční budova. Konkrétně tedy průměrným součinitelem prostupu tepla obálky budovy U_{em} [W/m^2K], celkovou dodanou energií [kWh/rok] a neobnovitelnou primární energ [kWh/rok]. Z těchto hodnot nebyla splněna ve všech případech hodnota U_{em} [W/m^2K], požadavek splnila pouze varianta se zateplením všech konstrukcí na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla.

Proto bylo toto opatření zahrnuto také do výsledných návrhů ke zlepšení neobnovitelné primární energie. Navíc toto opatření zajišťuje zlepšení energetického zatřídění budovy z třídy C („ÚSPORNÁ“) do třídy B („VELMI ÚSPORNÁ“).

Ani tato kombinace opatření nevedla v hodnocení k úplně nulové hodnotě neobnovitelné primární energie, hodnota byla snížena pod 50 MWh/rok.

Proto byla tato dílčí podstatná optimalizační opatření doplněna ještě menšími zásahy do energetického modelu.

Stávající LED osvětlení bylo vylepšeno schopností využívat denní osvětlenosti ve vytápěných zónách. Tento parametr je ovlivněn odklonem výplní otvorů od vodorovné roviny a orientací proskleného otvoru ke světovým stranám. Regulace umělého osvětlení byla vylepšena na automatickou při sdruženém osvětlení. Takto byla upravena každá vytápěná zóna a úpravy byly zahrnuty do celkového výpočtu.

Posledním dílčím vylepšením byl návrh lepší regulace otopných těles. Navrhla jsem tedy do vytápěných místností PI regulaci, která udržuje stálou teplotu v místnosti i teplotu otopné vody. Princip PI regulace spočívá v porovnání aktuální teploty v místnosti s požadovanou teplotou. Při nastavení časového úseku je nutné dbát na tepelnou setrvačnost místnosti. Optimální je nastavení na 10-15 minut. [17]

Soubor navržených optimalizačních opatření:

- Výměna zdrojů tepla a chladu za trigenerační jednotku
- Navýšení počtu fotovoltaických panelů o 117%
- Zateplení všech konstrukcí na doporučené normové hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce, pokud požadavek ještě nesplňují
- Optimalizace LED osvětlení – schopnost reagovat na denní světlo s automatickou regulací
- Vylepšení regulace otopných těles pomocí instalace PI regulace do vytápěných prostor v objektu

Vyhodnocení souboru těchto kritérií je shrnuto na dalších dvou stranách průkazem energetické náročnosti budov. Podrobný protokol se všemi vstupními parametry je přiložen v přílohové části této práce.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Hrdlořezská 197/6, k.ú. 731765,**

p.č. 322/2, 524/2

PSČ, místo: **19000, Praha**

Typ budovy: **Budova pro obchodní účely**

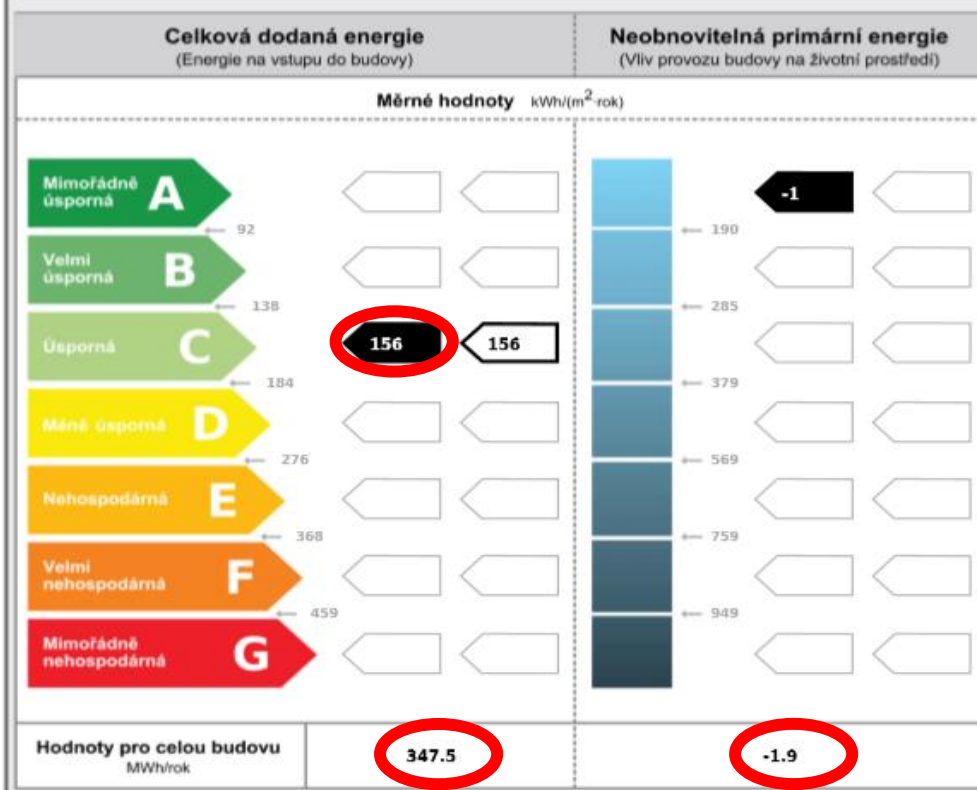
Plocha obálky budovy: **5032.76** m²

Objemový faktor tvaru A/V: **0.60** m²/m³

Celková energeticky vztažná plocha: **2229.82** m²

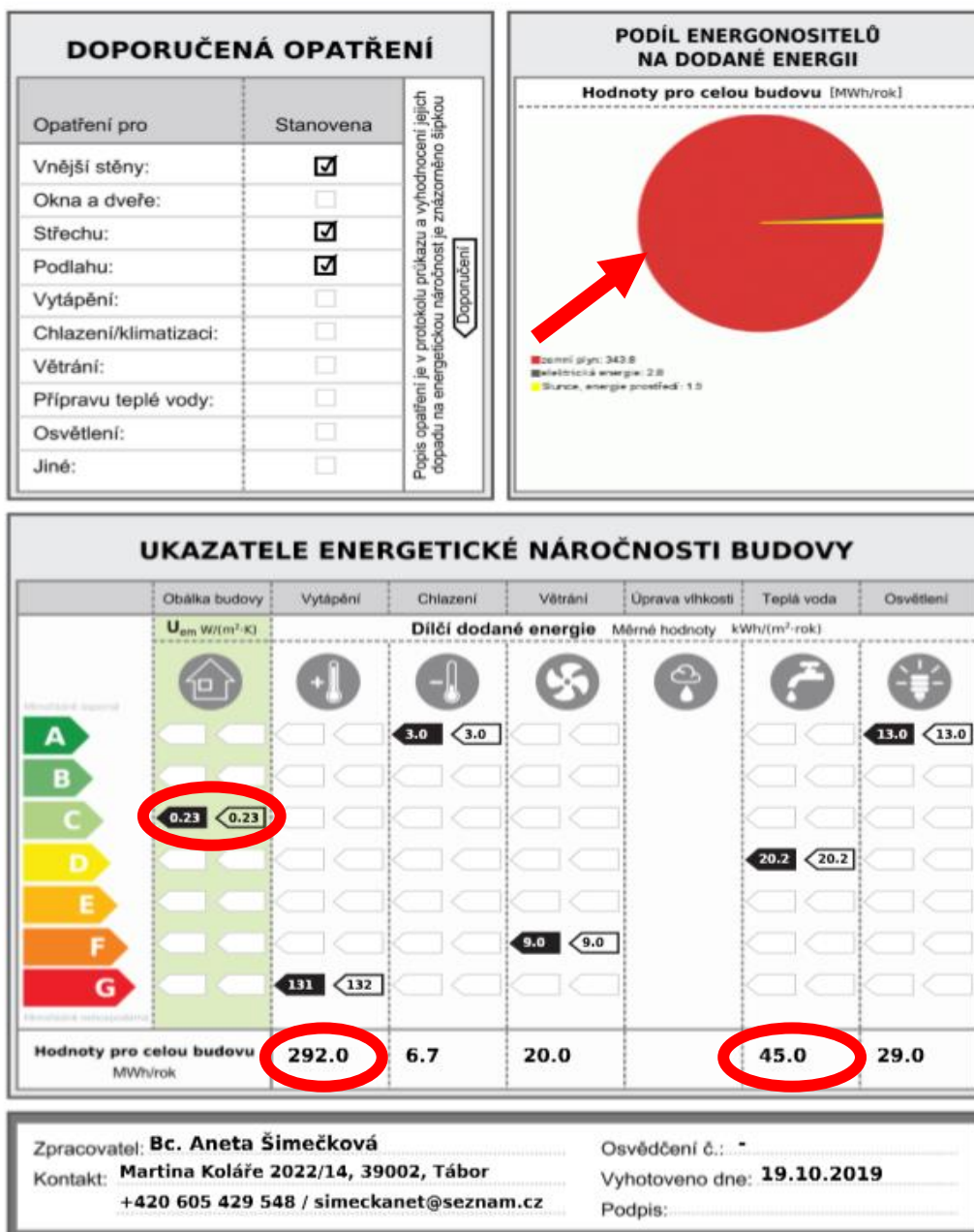


ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY



Obr.23 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 1 výsledné varianty

Po uvážení všech výše zmíněných opatření se hodnota **neobnovitelné primární energie snížila pod nulovou hodnotu**. Tím bylo tedy splněno hlavní zadání mé diplomové práce. Oproti stávajícímu stavu se mírně zvýšila celková dodaná energie z původních 309,8 MWh/rok na 347,5 MWh/rok. Rozdíl není příliš velký, jedná se o necelých 50 MWh/rok. Budova je stále zařazena do energetické třídy C („úsporná“). Navýšení celkové dodané energie je nepatrné oproti snížení neobnovitelné primární energie z 328 MWh/rok na **-1,9 MWh/rok**, tedy snížení o 326 MWh/rok. Budova má výrazně lepší dopad na životní prostředí.



Obr.24 - Štítek průkazu energetické náročnosti budovy část 2 výsledné varianty

Hlavním rozdílem od stávajícího stavu je využití převážné většiny energie zemního plynu, který má mnohem menší konverzní faktor než původně využívaná elektrická energie. To je hlavní důvod snížení neobnovitelné primární energie. Mírné navýšení celkové dodané energie způsobily především dílčí dodané energie na vytápění a přípravu teplé vody, které se od původního stavu zvýšily. Nicméně díky zlepšení obálky budovy zateplením konstrukcí na doporučené normové hodnoty došlo ke splnění posledního požadavku ze tří hodnocených podle referenční budovy a **vyhovuje** tedy už i průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy s hodnotou $U_{em} = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.2 Vyhodnocení výsledné varianty kritérii SBToolCZ

Tato kapitola je zaměřena na hodnocení jednotlivých vybraných kritérií metodiky SBToolCZ. Hodnocení probíhá totožně jako pro stávající stav výše. Mění se pouze vstupní údaje. Není tedy již popsán podrobný postup hodnocení dílčích kritérií, ale u každého kritéria je spíše uvedeno, v čem se dané hodnocení liší od hodnocení stávajícího stavu a na základě výsledků jsou pak uvedeny výsledné tabulky.

5.2.1 E.01 Spotřeba primární energie

Základním prvkem fáze výstavby je opět vytvoření výkazu výměr jednotlivých konstrukčních prvků a materiálů použitých v budově. Na rozdíl od stávajícího stavu je zde zahrnuto větší množství tepelných izolací díky zateplování konstrukcí, aby splnily doporučené normové hodnoty. Hodnoty svázané spotřeby energie PEI [MJ/a] se převezmou ze stránek Envimat.cz [5] a doplní se do tabulky s dílčími materiály a jejich výměrou v objektu. Dále se hodnoty svázané spotřeby energie opět přepočítávají na jeden rok podle předpokládaných životností dílčích materiálů, ty se převezmou z přílohy dokumentu manuálu hodnocení kritérií administrativních budov metodikou SBToolCZ. [4] Tabulka znázorňující celý výpočet je součástí příloh této zprávy. V této textové části bude popsáno jen vyhodnocení, které se vztahuje na vnitřní užitnou podlahovou plochu.

Tabulka 51 – Vyhodnocení svázaných energií PEI kritéria E.01 pro návrhový stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:		
ROČNÍ SPOTŘEBA SVÁZANÉ ENERGIE PEI [MJ/a]	461300,9	MJ/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ SPOTŘEBA ENERGIE	138,91	MJ/(m²*a)

Druhou částí vyhodnocení je fáze provozu, kde se hodnotí množství energie skutečně spotřebované. Do těchto spotřeb spadá stejný výpočet dílčích energií, které jsou uvedeny v následující tabulce. Všechny tyto hodnoty jsou převzaty z průkazu energetické náročnosti budovy, jehož část je uvedena na obrázku výše. Do hodnocení dále vstupuje typ energonositele a faktor energetické přeměny, který slouží k přepočtu ze spotřeby energie na energii primární. Tyto údaje jsou k nalezení v příloze manuálu hodnocení kritérií SBToolCZ pro administrativní budovy. Pro výpočet této části byla opět zpracována tabulka, která je uvedena níže. [4]

Tabulka 52 – Vyhodnocení dílčích spotřeb energií kritéria E.01 pro návrhový stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	MWh/a	MJ/a (a)	Energonositel	Faktor energetické přeměny (-) (b)	Roční spotřeba primární energie [MJ/a] (c = a*b)
Vytápění	292,09	1051516,80	zemní plyn	0,13	136697,18
Chlazení	6,73	24224,76	zemní plyn	0,13	3149,22
Větrání	19,81	71330,40	elektrická energie	3,16	225404,06
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	0,00	elektrická energie	3,16	0,00
Příprava teplé vody	45,03	162111,60	zemní plyn	0,13	21074,51
Osvětlení	28,98	104317,20	elektrická energie	3,16	329642,35
Pomocné energie	0,19	666,97	elektrická energie	3,16	2107,63
Fotovoltaická elektrárna	1,86	6712,56	sluneční energie	0,3	2013,77
Celkem	394,69	1420880,29			720088,73

Celková suma spotřeby primární energie se opět vztáhne na celkovou užitou podlahovou plochu, viz. následující tabulka.

Tabulka 53 – Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.01 pro návrhový stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	216,83	MJ/(m²*a)

Na závěr se sečte měrná roční svázaná spotřeba energie a měrná roční spotřeba primární energie v MJ/m²a.

Tabulka 54 – Výsledné vyhodnocení kritéria E.01 pro návrhový stav

POLOŽKA	HODNOTA	MĚRNÁ JEDNOTKA
Měrná roční svázaná spotřeba energie	138,91	MJ/m ² *a
Měrná roční spotřeba primární energie	216,83	MJ/m ² *a
CELKOVÁ MĚRNÁ ROČNÍ SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE	355,74	MJ/m²*a

Tabulka 55 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.01 pro návrhový stav

Celková měrná roční spotřeba primární energie	Body
$\geq 1420 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	0
1321 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	1
1222 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	2
1123 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	3
1024 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	4
925 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	5
826 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	6
727 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	7
628 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	8
529 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	9
$\leq 430 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů. Za zlepšení může především změna hlavní elektrické energie na zemní plyn. Do výpočtu vstupují faktory energetické přeměny a zemní plyn má tento faktor 24x menší než elektrická energie. Došlo tedy ke snížení měrné roční spotřeby primární energie z původních 1068,59 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$ na pouhých 216,83 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$. Vliv zateplení není tak velký, z původních 128,59 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$ se hodnota zvýšila na 138,91 $\text{ MJ/m}^2\cdot\text{a}$.

5.2.2 E.02 Potenciál globálního oteplování

Pro posouzení první fáze je opět potřebný výkaz výměr všech konstrukcí a materiálů, který se převezme z hodnocení kritéria E.01, jediné, co se změní, je svázaná emise, kde se tentokrát hodnotí produkce $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ [kg/a] a oproti stávajícímu stavu je opět zahrnut vliv většího počtu tepelných izolací. Hodnota emise $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ v [kg/kg] se převezme opět z katalogu fyzikálních a enviromentálních profilů stavebních konstrukcí na stránkách www.envimat.cz. [4] Tabulka s podrobným výpočtem je součástí přílohové části této práce. V této zprávě je uveden opět pouze soubor výsledných tabulek hodnocení. Výsledná hodnota všech emisí se vztáhne na celkovou užitnou podlahovou plochu a výpočet je uveden v následující tabulce. [4]

Tabulka 56 - Vyhodnocení svázaných emisí GWP kritéria E.02 pro návrhový stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:			
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ CO_2 , ekv.	GWP [kg/a]	37775,1	kg/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP		1672,7	m^2
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP		1648,27	m^2
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA		3320,97	m^2
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ CO_2, ekv.		11,37	$\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$

Druhá fáze provozu se hodnotí stejným způsobem jako v kritériu E.01. Tabulka spotřeb se tedy přebere z tohoto kritéria, hodnoty se musí jen přepočítat na m². Místo energonositele a faktoru energetické přeměny se do tabulky uvádí emisní faktor [g CO_{2,ekv.}/MJ], který lze nalézt v přílohách manuálu hodnocení kritérií SBToolCZ. Následující tabulka uvádí postup výpočtu a zjištěné výsledky. [4]

Tabulka 57 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.02 pro návrhový stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	Roční měrná dodaná energie [MJ/(m ² *a)] (a)	Emisní faktor [g CO _{2, ekv.} /MJ] (b)	Měrná roční produkce emisí CO _{2, ekv.} [kg/(m ² *a)] (c = (a*b)/1000)
Vytápění	316,63	10,4	3,29
Chlazení	7,29	10,4	0,08
Větrání	21,48	207,4	4,45
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	207,4	0,00
Příprava teplé vody	48,81	10,4	0,51
Osvětlení	31,41	207,4	6,51
Pomocné energie	0,20	207,4	0,04
Fotovoltaická elektrárna	2,02	29,3	0,06
Celkem	427,85		14,95

Celková suma měrné roční produkce emisí CO_{2, ekv.} je již vztažena na celkovou užitnou podlahovou plochu a nepřepočítává se, viz. následující tabulka.

Tabulka 58 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.02 pro návrhový stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO_{2, ekv.}	14,95	kg/(m²*a)

Na závěr se sečte měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v kg/m²a.

Tabulka 59 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.02 pro návrhový stav

POLOŽKA	HODNOTA	MĚRNÁ JEDNOTKA
Měrná roční svázaná produkce emisí CO ₂ , ekv.	11,37	kg/m ² *a
Měrná roční produkce emisí CO ₂ , ekv.	14,95	kg/m ² *a
CELKOVÁ MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ CO₂, ekv.	26,32	kg/m²*a

Tabulka 60 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.02 pro návrhový stav

Celková měrná roční produkce emisí CO ₂ , ekv.	Body
>= 88 kg/m ² *a	0
82,4 kg/m ² *a	1
76,8 kg/m ² *a	2
71,2 kg/m ² *a	3
65,6 kg/m ² *a	4
60,0 kg/m ² *a	5
54,4 kg/m ² *a	6
48,8 kg/m ² *a	7
43,2 kg/m ² *a	8
37,6 kg/m ² *a	9
<= 32 kg/m²*a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů. Za zlepšení může opět především změna hlavní elektrické energie na zemní plyn. Do výpočtu vstupuje emisní faktor a zemní plyn má tento faktor 20x menší než elektrická energie. Došlo tedy ke snížení měrné roční produkce emisí CO_{2,ekv.} z původních 70,38 kg/m²*a na pouhých 14,95 kg/m²*a. Vliv zateplení není tak velký, z původních 10,91 kg/m²*a se hodnota zvýšila na 11,37 kg/m²*a.

5.2.3 E.03 Potenciál okyselování prostředí

Hodnocení tohoto kritéria je úplně stejné jako u kritéria E.02. Hodnotí se tedy znovu fáze výstavby a fáze provozu. Podkladem pro první fázi je stejný výkaz výměr, který je převzat z hodnocení kritéria E.01 s jediným rozdílem, místo svázané energie vstupuje do výpočtu svázaná produkce emisí SO_{2,ekv.} v [kg]. Z té se pak přes životnosti materiálů vypočítá roční svázaná produkce emisí SO_{2,ekv.} v [kg/a]. Výkaz materiálů je opět obohacen o nově navržené zateplení. Podrobný výpočet je opět uveden v přílohové části této práce. V následující tabulce je uvedena výsledná hodnota podělená celkovou vnitřní užitnou podlahovou plochou. [4]

Tabulka 61 - Vyhodnocení svázaných emisí AP kritéria E.03 pro návrhový stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:			
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ SO ₂ , ekv.	AP [kg/a]	107,5	kg/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP		1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP		1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA		3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ SO₂, ekv.		0,03	kg/(m²*a)

Druhá fáze provozu se hodnotí stejným způsobem jako v kritériu E.02.

Tabulka spotřeb se tedy přebere z tohoto kritéria. Místo emisního faktoru

[g CO_{2,ekv.}/MJ] do výpočtu vstupuje emisní faktor [g SO_{2,ekv.}/MJ],

který lze nalézt v přílohách manuálu hodnocení kritérii SBToolCZ.

Následující tabulka uvádí postup výpočtu a zjištěné výsledky. [4]

Tabulka 62 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.03 pro návrhový stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	Roční měrná dodaná energie [MJ/(m²*a)] (a)	Emisní faktor [g SO₂, ekv./MJ] (b)	Měrná roční produkce emisí SO₂, ekv. [kg/(m²*a)] (c = (a*b)/1000)
Vytápění	316,63	0,144	0,0456
Chlazení	7,29	0,144	0,0011
Větrání	21,48	0,464	0,0100
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	0,464	0,0000
Příprava teplé vody	48,81	0,144	0,0070
Osvětlení	31,41	0,464	0,0146
Pomocné energie	0,20	0,464	0,0001
Fotovoltaická elektrárna	2,02	0,071	0,0001
Celkem	427,85		0,0785

Celková suma měrné roční produkce emisí SO_{2, ekv.} se již nevztahuje na celkovou užitnou podlahovou plochu, přepočten na plochu už je proveden v rámci tabulky viz. následující tabulka.

Tabulka 63 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.03 pro návrhový stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ SO₂, ekv.	0,08	kg/(m²*a)

Na závěr se sečte měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v kg/m²a.

Tabulka 64 - Výsledné vyhodnocení kritéria E.03 pro návrhový stav

POLOŽKA	HODNOTA	MĚRNÁ JEDNOTKA
Měrná roční svázaná produkce emisí SO ₂ , ekv.	0,03	kg/m ² *a
Měrná roční produkce emisí SO ₂ , ekv.	0,08	kg/m ² *a
CELKOVÁ MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ SO₂, ekv.	0,111	kg/m²*a

Tabulka 65 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.03 pro návrhový stav

Celková měrná roční produkce emisí SO ₂ , ekv.	Body
>= 0,310 kg/m ² *a	0
0,296 kg/m ² *a	1
0,282 kg/m ² *a	2
0,268 kg/m ² *a	3
0,254 kg/m ² *a	4
0,240 kg/m ² *a	5
0,226 kg/m ² *a	6
0,212 kg/m ² *a	7
0,198 kg/m ² *a	8
0,184 kg/m ² *a	9
<= 0,179 kg/m²*a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů. Za zlepšení může opět především změna hlavní elektrické energie na zemní plyn. Do výpočtu vstupuje emisní faktor a zemní plyn má tento faktor 3x menší než elektrická energie. Došlo tedy ke snížení měrné roční produkce emisí SO_{2,ekv.} z původních 0,16 kg/m²*a na 0,111 kg/m²*a. Vliv zateplení není téměř žádný, hodnota se nezměnila, protože čísla se pohybuji ve velmi malých řádech.

5.2.4 E.04 Potenciál eutrofizace prostředí

Na rozdíl od předešlých kritérií se v tomto kritériu hodnotí pouze fáze provozu. Z kritéria E.01 se převezmou dílčí množství dodané energie na systémové hranici budovy pro celoroční provoz a stejně jako u předchozích kritérií se přepočítají emisním faktorem pro emisi NO_x, který se dohledá v příloze manuálu hodnocení SBToolCZ pro administrativní budovy. Výsledky hodnocení jsou zobrazeny v následujících tabulkách. [4]

Tabulka 66 - Vyhodnocení dílčích emisí pro energie kritéria E.04 pro návrhový stav

ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE NA:	Roční měrná dodaná energie [MJ/(m ² *a)] (a)	Emisní faktor [g NO _x /MJ] (b)	Měrná roční produkce emisí NO _x [kg/(m ² *a)] (c = (a*b)/1000)
Vytápění	316,63	0,158	0,0500
Chlazení	7,29	0,158	0,0012
Větrání	21,48	0,313	0,0067
Úprava vlhkosti vzduchu	0,00	0,313	0,0000
Příprava teplé vody	48,81	0,158	0,0077
Osvětlení	31,41	0,313	0,0098
Pomocné energie	0,20	0,313	0,0001
Fotovoltaická elektrárna	2,02	0,043	0,0001
Celkem	427,85		0,0756

Celková suma měrné roční produkce emisí NO_x je již opět vztažena na celkovou užitnou podlahovou plochu a nemusí se už přepočítávat, viz. následující tabulka.

Tabulka 67 - Celkové vyhodnocení skutečných spotřeb energií kritéria E.04 pro návrhový stav

VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ PRODUKCE EMISÍ NO_x	0,076	kg/(m²*a)

Na závěr se nesčítá měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v kg/m²a, hodnotí se pouze měrná roční produkce emisí NO_x [kg/m²a] a hodnota 0,076 kg/m²a je tedy konečná a vstupuje do bodového hodnocení.

Tabulka 68 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.04 pro návrhový stav

Celková měrná roční produkce emisí NO _x	Body
>= 0,123 kg/m ² *a	0
0,115 kg/m ² *a	1
0,106 kg/m ² *a	2
0,098 kg/m ² *a	3
0,089 kg/m ² *a	4
0,081 kg/m²*a	5
0,072 kg/m ² *a	6
0,064 kg/m ² *a	7
0,055 kg/m ² *a	8
0,047 kg/m ² *a	9
<= 0,038 kg/m ² *a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 5 bodů z 10 možných bodů. Vlivem 2x nižší hodnoty emisního faktoru pro zemní plyn než pro elektrickou energii došlo ke snížení emisí z původních 0,106 kg/m²a na 0,076 kg/m²a.

5.2.5 E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy

V tomto kritériu se naopak hodnotí pouze fáze výstavby. Základním parametrem hodnocení je tedy výkaz výměr všech materiálů a konstrukcí, který se převezme z hodnocení kritéria E.01, oproti stávajícímu stavu jsou zde zahrnuty i navýšené tepelné izolace. Místo svázané spotřeby energie do výpočtu vstupují hodnoty svázaných produkcí emise R-11_{ekv.}, které se převezmou z katalogu Envimatu pro každý hodnocený materiál ve výkazu výměr. Hodnocení je provedeno v podrobných tabulkách pro dílčí konstrukce, které jsou součástí přílohouvé části této zprávy. Výsledná hodnota je opět vztažena na celkovou užitnou podlahovou plochu, jak ukazuje následující tabulka. [4]

Tabulka 69 - Vyhodnocení svázaných emisí ODP kritéria E.05 pro návrhový stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:			
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ R-11 _{ekv.}	ODP [g/a]	2,4	g/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP		1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP		1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA		3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ R-11_{ekv.}		0,0007092	g/(m²*a)

Na závěr se nesčítá měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v g/m²a, hodnotí se pouze měrná roční svázaná produkce emisí R-11_{ekv.} [g/m²a] a hodnota 0,0007092 g/m²a je tedy konečná a vstupuje do bodového hodnocení zaokrouhlena na 0,0007 g/m²a.

Tabulka 70 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.05 pro návrhový stav

Celková měrná roční produkce emisí R-11_{ekv.}	Body
>= 0,016 g/m ² *a	0
0,0146 g/m ² *a	1
0,0132 g/m ² *a	2
0,0118 g/m ² *a	3
0,0104 g/m ² *a	4
0,009 g/m ² *a	5
0,0076 g/m ² *a	6
0,0062 g/m ² *a	7
0,0048 g/m ² *a	8
0,0034 g/m ² *a	9
<= 0,002 g/m²*a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů. Do hodnocení nevstupují energie a jejich emisní faktory, vliv má pouze navýšení tepelné izolace. Hodnota oproti stávajícímu stavu jen nepatrně narostla z 0,0006836 g/m²a na 0,0007092 g/m²a a budova dosáhla i tak 10 bodů.

5.2.6 E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu

Toto kritérium se hodnotí stejně jako předešlé. Do hodnocení vstupuje tedy pouze první fáze výstavby. Hlavním podkladem je opět výkaz výměr materiálů převzatý z kritéria E.01 obohacený o navýšené tepelné izolace jako u předešlého kritéria, ovšem tentokrát je převzatou vstupní emisí z ENVIMATU emise $C_2H_4, \text{ekv.}$, neboli přízemní ozon. Podrobný výpočet je opět zapsán do tabulek podle dílčích konstrukcí, které jsou založeny v přílohové části této zprávy. V následující tabulce jsou uvedeny výsledné hodnoty, které vstupují do bodování. Celková hodnota je opět ovlivněna celkovou užitnou podlahovou plochou. [4]

Tabulka 71 - Vyhodnocení svázaných emisí POCP kritéria E.06 pro návrhový stav

CELKOVÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU:		
ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ $C_2H_4, \text{ekv.}$ POCP [g/a]	11427,4	g/a
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 1.NP	1672,7	m ²
VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA 2.NP	1648,27	m ²
CELKOVÁ VNITŘNÍ UŽITNÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	3320,97	m²
MĚRNÁ ROČNÍ SVÁZANÁ PRODUKCE EMISÍ $C_2H_4, \text{ekv.}$	3,44	g/(m²*a)

Na závěr se nesčítá měrná roční svázaná produkce emisí a měrná roční produkce emisí v g/m²a, hodnotí se pouze měrná roční svázaná produkce emisí $C_2H_4, \text{ekv.}$ [g/m²a] a hodnota 3,44 g/m²a je tedy konečná a vstupuje do bodového hodnocení.

Tabulka 72 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.06 pro návrhový stav

Celková měrná roční produkce emisí $C_2H_4, \text{ekv.}$	Body
>= 14,0 g/m ² *a	0
13,1 g/m ² *a	1
12,2 g/m ² *a	2
11,3 g/m ² *a	3
10,4 g/m ² *a	4
9,5 g/m ² *a	5
8,6 g/m ² *a	6
7,7 g/m ² *a	7
6,8 g/m ² *a	8
5,9 g/m ² *a	9
<= 5,0 g/m²*a	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů. Do hodnocení nevstupují energie a jejich emisní faktory, vliv má pouze navýšení tepelné izolace. Hodnota oproti stávajícímu stavu jen nepatrně narostla z 2,98 g/m²a na 3,44 g/m²a a budova dosáhla i tak 10 bodů.

5.2.7 E.13 Výroba obnovitelné energie

Zdroj energie musí splňovat definici obnovitelných zdrojů. Zadrugé zdroj musí být umístěn v budově nebo na ní, případně na pozemku příslušejícímu k objektu.

Do výroby vstupuje pouze energie spotřebovaná na místě, do kritéria tedy nevstupuje přebytečná vyrobená energie, která je prodávána za garantované výkupní ceny do veřejné sítě. Hodnocení zahrnuje navýšení počtu FVE panelů o 117% oproti stávajícímu stavu.[4]

Stanovení podílu vyrobené obnovitelné energie a spotřebované energie za rok je uvedené v následující tabulce:

Tabulka 73 – Účinnost fotovoltaického systému podle hodnocení SBToolCZ pro návrhový stav

Položka	Měrná jednotka	Hodnota
Celková roční spotřeba energie	Mj/a	1 181 401,87
Energie vyrobená z obn. zdrojů v místě	Mj/a	6 712,56
Podíl obn. energie na spotřebě celkem	%	0,57

Poznámka 1: celková roční spotřeba energie je konečná hodnota z kritéria E.01 (345,42 MJ/m²*a) vynásobená celkovou vnitřní užžitnou podlahovou plochou (A_p = 3320,97 m²). Celková roční spotřeba energie je tedy:

$$355,74 \cdot 3320,97 = 1\,181\,401,87 \text{ MJ/a}$$

Hodnoty jsou uvedeny v přílohové části pro kritérium E.01 návrhový stav.

Poznámka 2: energie vyrobené z obnovitelných zdrojů v místě je převzata z výstupu DEKSOFT pro návrhový stav, který je přiložen v přílohové části. Hodnota v MJ/a se vypočítá z uvedené hodnoty v protokolu v kWh/rok, která se vydělí 1000 na MWh/rok a vynásobí 3600 na MJ/a.

$$1864,6/1000 = 1,8646 \rightarrow 1,8646 \cdot 3600 = 6712,56 \text{ MJ/a.}$$

Celkové zhodnocení kritéria E.13 je vyhodnoceno v následující tabulce:

Tabulka 74 – Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.13 pro návrhový stav

Podíl obnovitelné energie na spotřebě energie celkem (%)	Body
0	0
0,5	1
1,0	2
1,5	3
2,0	4
4,0	5
6,0	6
8,0	7
10,0	8
12,0	9
>= 14,0	10

Hodnocená budova obdržela v tomto kritériu 1 bod z 10 možných bodů. Snížení počtu bodů oproti stávající variantě, která má přitom méně FVE panelů je z důvodu vyšších přebytků, které vznikají díky instalaci zdroje tepla a chladu na obnovitelný zdroj energie ve formě trigenerace. Přebytky do hodnocení nevstupují a potřebná vyrobená energie je tedy nižší, i když je FVE panelů více.

5.2.8 E.14 Chlazení

Toto kritérium hodnotí nízkoenergetické systémy chlazení, a to především noční větrání přirozené a nucené, adiabatické chlazení, neboli přeměnu citelného tepla na vázané teplo, ke kterému dochází při odpařování vody přímo, nepřímo nebo s využitím sorpčních výměníků, dále využití nízkopotenciálního chladu ze zemského polomasivu, systém vysokoteplotního chlazení s využitím akumulární hmoty stavebních konstrukcí a systémy s průměrným chladícím faktorem EER > 10. [4]

V objektu je instalováno nízkoenergetické chlazení v rámci trigenerace, konkrétně tedy absorpční chlazení. Tento typ chlazení spadá do adiabatického chlazení, kdy je využívána absorpční tekutina a citelné teplo je přeměněno na teplo vázané a dochází k míšení čpavkových a vodíkových par ve výparníku, odkud je dopravována chladicí voda ke koncovým prvkům, jedná se tedy o adiabatické chlazení s využitím sorpčních výměníků. Tento systém pokrývá 100% potřebu energie na chlazení. Žádné jiné nízkoenergetické systémy chlazení uvedené výše využity nejsou. Není k dispozici ani žádná studie nebo počítačová simulace systému chlazení.

Bodové vyhodnocení je uvedeno v následující tabulce:

Tabulka 75 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu E.14 pro návrhový stav

Podmínka	Body
Budova má navržen pouze systém strojního chlazení.	0
Systém nízkoenergetického chlazení není technicky možný nebo ekonomicky nevhodný, což je prokázáno příslušnou odbornou studií.	2
Systém nízkoenergetického chlazení není technicky možný nebo ekonomicky nevhodný, což je prokázáno příslušnou odbornou studií. Nedílnou součástí studie je počítačová simulace zohledňující různé scénáře užití systémů nízkoenergetického chlazení a dokládající technické nebo ekonomické bariéry.	4
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 20% celkového potřebného chladicího výkonu.	5
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 50% celkového potřebného chladicího výkonu.	6
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 70% celkového potřebného chladicího výkonu.	8
Systém nízkoenergetického chlazení pokrývá 100% celkového potřebného chladicího výkonu, nebo budova nemá žádný jiný aktivní systém chlazení, který spotřebovává energii.	10

Hodnocená budova získala v tomto kritériu 10 bodů z 10 možných bodů.

5.2.9 S.12 Kvalita vnitřního vzduchu

Parametry vstupující do tohoto kritéria se v návrhovém stavu neliší od původního stávajícího stavu. Proto je podrobný postup hodnocení uveden ve zprávě výše u stávajícího stavu a zde jsou pouze zrekapitulované výstupy výsledků hodnocení:

Tabulka 76 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 1 v kritériu S.12 pro návrhový stav

Koncentrace CO ₂ ve vnitřním vzduchu	Kredity K1
>= 1600 PPM	0
1500 PPM	4
1300 PPM	6
1100 PPM	8
<= 1000 PPM	10

Hodnocená budova obdržela pro dílčí kredit K1 10 bodů z 10 možných bodů.

Tabulka 77 - Dílčí bodové ohodnocení budovy 2 v kritériu S.12 pro návrhový stav

Koncentrace v kancelářských prostorech		Kredity K2
TVOC (µg/m ³)	Formaldehyd (µg/m ³)	
>= 3000	>= 60	0
2000	60	4
1000	60	8
<= 500	<= 60	10

Hodnocená budova obdržela pro dílčí kredit K2 10 bodů pro TVOC a pro formaldehyd 0 bodů, průměrná hodnota je tedy 5 bodů z 10 možných bodů.

$$K = \frac{10 + 0}{2} = 5$$

Celkový počet bodů z tohoto kritéria je zobrazen v následující tabulce:

Tabulka 78 - Bodové ohodnocení budovy v kritériu S.12 pro návrhový stav

Kreditové ohodnocení K	Body
0	0
3	4
5	6
7	8
9	10

Hodnocená budova získala v tomto kritériu 8 bodů z 10 možných bodů.

5.2.10 C.04 Management tříděného odpadu

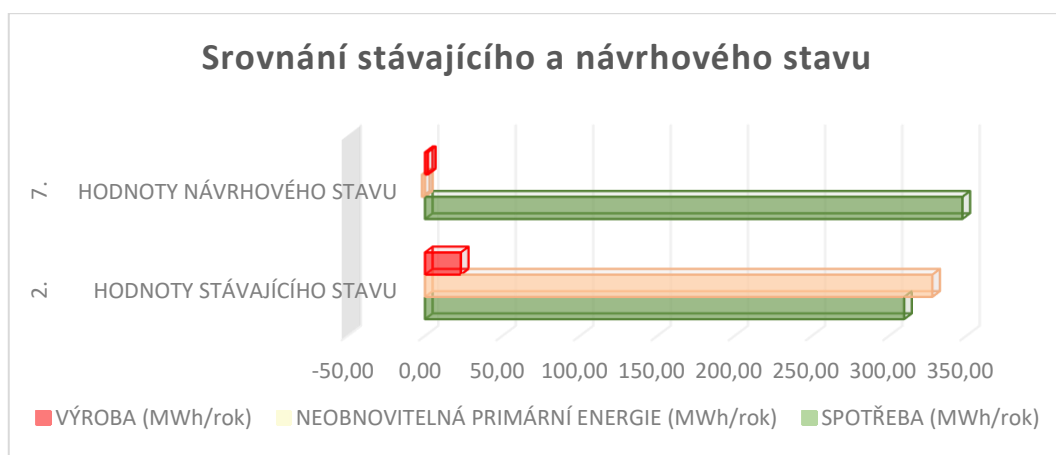
Do tohoto kritéria nevstupují žádná data, která by se změnila oproti původnímu stavu, objekt je tedy ohodnocen 4 kreditovými body z 10 možných bodů. K = 4.

5.3 Celkové shrnutí hodnocení návrhového stavu

Posuzovány byly dvě oblasti: vytvořený energetický model s pomocí programu DEKSOFT, který vznikl na základě modelu stávajícího stavu a byla přidána návrhová opatření a vybraná kritéria z metodiky SBToolCZ, která řeší dopad budovy na životní prostředí.

Tabulka 79 – Porovnání stávajících a návrhových spotřeb a výrob

		SPOTŘEBA [MWh/rok]	NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE [MWh/rok]	VÝROBA [MWh/rok]	NÁVRATNOST [roky]
1.	HODNOTY STÁVAJÍCÍHO STAVU	309,80	328,00	23,15	37,00
2.	HODNOTY NÁVRHOVÉHO STAVU	347,50	-1,90	1,86	-350537,00



Graf 9 – Srovnání hodnot spotřeb, výrob a neobnovitelné primární energie pro návrhový stav

Výroba energie z fotovoltaické elektrárny je v navrženém stavu nižší než ve stávajícím, přestože v návrhovém stavu je navýšen počet fotovoltaických panelů o 117%. Tento fakt je způsoben tím, že v grafu je pouze potřebná vyrobená energie bez přebytků. V kombinaci s úspornou trigenerační jednotkou došlo ke snížení využití fotovoltaické elektrárny a vzniká více přebytečné energie, která je prodávána za výkupní cenu do sítě, což je pro majitele příznivé, protože mají větší finanční zisky z výroby. Malý rozdíl vzniká u spotřeby energie, která je o necelých 50 MWh/rok vyšší, než tomu bylo u stávajícího stavu. K navýšení došlo zvětšenou potřebou tepla na vytápění a ohřev vody. Toto navýšení je však nepatrné oproti rapidnímu snížení hlavního kritéria neobnovitelné primární energie, která se dostala návrhem pod nulovou hodnotu a budova má tedy minimální dopad na životní prostředí. Toto hledisko je hodnoceno i v následujícím vyhodnocení metodiky SBToolCZ.

Další zhodnocení návrhového stavu se týká vybraných kritérií SBToolCZ. Princip vyhodnocení je stejný jako u stávajícího stavu výše, postup tedy nebude už tak podrobně vysvětlený.

Hodnocení návrhového stavu jsem provedla pro stejná vybraná kritéria jako u stávajícího stavu, aby výsledky mohly být porovnány a jestli opatření vedla ke zlepšení. Výsledky jsou shrnuty v následujících tabulkách.

Tabulka 80 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií návrhového stavu

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
E.01 Spotřeba primární energie	10,0	22,8	228,00
E.02 Potenciál globálního oteplování	10,0	16,5	165,00
E.03 Potenciál okyselování prostředí	10,0	5,0	50,00
E.04 Potenciál eutrofizace prostředí	5,0	3,4	17,00
E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy	10,0	5,4	54,00
E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	10,0	3,5	35,00
E.13 Výroba obnovitelné energie	1,0	4,1	4,10
E.14 Chlazení	10,0	3,7	37,00
Celkem	-	64,4	HE = 590,10

Tabulka 81 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií návrhového stavu

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
S.12 Kvalita vnitřního vzduchu	8,0	10,4	83,20
Celkem	-	10,4	HS = 83,20

Tabulka 82 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management návrhového stavu

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
C.04 Management tříděného odpadu	4,0	23,1	92,40
Celkem	-	23,1	HC = 92,40

Výsledky vážených bodů HE, HS a HC jsou součinem normalizovaných bodů a procentuální váhy, celková hodnota musí být tedy zpětně vydělena 100%, aby se docílilo bodové hodnoty od 0 do 10 bodů. Výsledky jsou tedy: HE = 5,90 BODŮ, HS = 0,83 BODŮ a HC = 0,92 BODŮ.

Tabulka 83 – Celkové vyhodnocení obdržných bodů budovy návrhového stavu

Skupina kritérií	Vážené body	Váha [%]	Finální celkové skóre
E. Enviromentální kritéria	HE = 5,90	50	295,0
S. Sociální kritéria	HS = 0,83	35	29,1
C. Ekonomika a management	HC = 0,92	15	13,8
L. Lokalita	HL = 0,00	0	0,0
Celkem	-	100	H = 337,9

Váhy dílčích kritérií i skupin kritérií jsou převzaty z manuálu hodnocení administrativních budov SBToolCZ. Výsledná hodnota H musí být opět vydělena 100%, abychom získali bodovou škálu 0 -10 bodů. Pak je výsledný počet bodů pro hodnocenou budovu 3,4 bodů. Tento výsledek je opět zkrácený. Proto byly upraveny všechny váhy jednotlivých kritérií tak, aby součet v každé skupině kritérií dával 100%. U kritérií skupiny S a C byla váha zvednuta přímo na 100%, protože se hodnotí pouze jedno kritérium. U skupiny kritérií E byl součet vah zvednut stejně jako u stávajícího stavu.

Tabulka 84 – Souhrnné hodnocení enviromentálních kritérií návrhového stavu s úpravou

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
E.01 Spotřeba primární energie	10,0	27,3	273,00
E.02 Potenciál globálního oteplování	10,0	21,0	210,00
E.03 Potenciál okyselování prostředí	10,0	9,5	95,00
E.04 Potenciál eutrofizace prostředí	5,0	7,9	39,50
E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy	10,0	9,8	98,00
E.06 Potenciál tvorby přízemního ozonu	10,0	7,9	79,00
E.13 Výroba obnovitelné energie	1,0	8,5	8,50
E.14 Chlazení	10,0	8,1	81,00
Celkem	-	100,0	HE = 884,00

Tabulka 85 – Souhrnné hodnocení sociálních kritérií návrhového stavu s úpravou

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
S.12 Kvalita vnitřního vzduchu	8,0	100,0	800,00
Celkem	-	100,0	HS = 800,00

Tabulka 86 – Souhrnné hodnocení kritérií ekonomika a management návrhového stavu s úpravou

Kritérium	Normalizované body	Váha [%]	Vážené body
C.04 Management tříděného odpadu	4,0	100,0	400,00
Celkem	-	100,0	HC = 400,00

Výsledky vážených bodů HE, HS a HC jsou součinem normalizovaných bodů a procentuální váhy, celková hodnota musí být tedy zpětně vydělena 100%, aby se docílilo bodové hodnoty od 0 do 10 bodů. Výsledky jsou tedy: HE = 8,84 BODŮ, HS = 8,00 BODŮ a HC = 4,00 BODŮ.

Tabulka 87 - Celkové vyhodnocení obdržených bodů budovy návrhového stavu s úpravou

Skupina kritérií	Vážené body	Váha [%]	Finální celkové skóre
E. Enviromentální kritéria	HE = 8,84	50	442,0
S. Sociální kritéria	HS = 8,00	35	280,0
C. Ekonomika a management	HC = 4,00	15	60,0
L. Lokalita	HL = 0,00	0	0,0
Celkem	-	100	H = 782,0

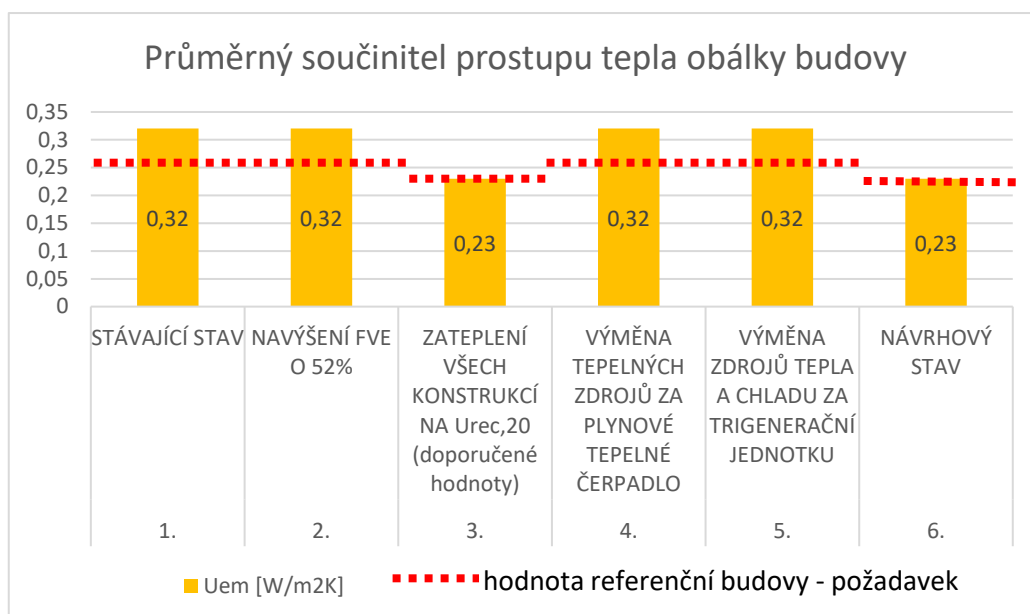
Po vydělení hodnoty $H = 782,0$ 100% dostaneme 7,8 bodů, budova tedy po této úvaze celkem obdrží 7 bodů za všechna kritéria s procentuální váhou skupin kritérií dle SBToolCZ. Tento výsledek odpovídá pravděpodobněji dílčím hodnotám jednotlivých kritérií. Protože dílčí kritéria nebyla interpolována pro mezilehlé hodnoty a v těchto případech byla uvažována horší bodová hranice, výpočet je zatížen malou chybou a bodování je uvažováno pouze na celá čísla. Systém výsledného vyhodnocení je pouhou úvahou, která není podložena ověřenou metodou a není tedy tolik přesná, proto i v celkovém bodování bude hodnocení zaokrouheno na celá čísla s příkloněním se k nižší bodové hranici, tedy na straně bezpečnosti.

Hodnocená budova tedy celkem obdržela z hodnocených kritérií SBToolCZ při započítání návrhových opatření 7 bodů. V rámci ocenění SBToolCZ by budova obdržela **stříbrný certifikát**, ten platí pro bodové ohodnocení od 6 do 7,9 bodů. **Do tohoto rozmezí spadají budovy s „vysokou kvalitou budovy“.** Otázkou zůstává, zda by budova spadala do stejné kategorie, i kdyby se vyhodnotila veškerá kritéria, ale ta s největší váhovou hodnotou jsou započtena. Oproti stávajícímu stavu se pomocí navržených opatření **zlepšila i environmentální stopa budovy** a hodnocený objekt si polepšil **o jeden kvalitativní stupeň** z bronzové pozice na stříbrnou, tedy z „dobré kvality budovy“ na „vysokou kvalitu budovy“.

6 Závěrečné zhodnocení

V této kapitole bude shrnuto vyhodnocení jednotlivých optimalizačních variant. Hodnocená kritéria jsem znázornila porovnáním výsledků všech variant v grafických výstupech.

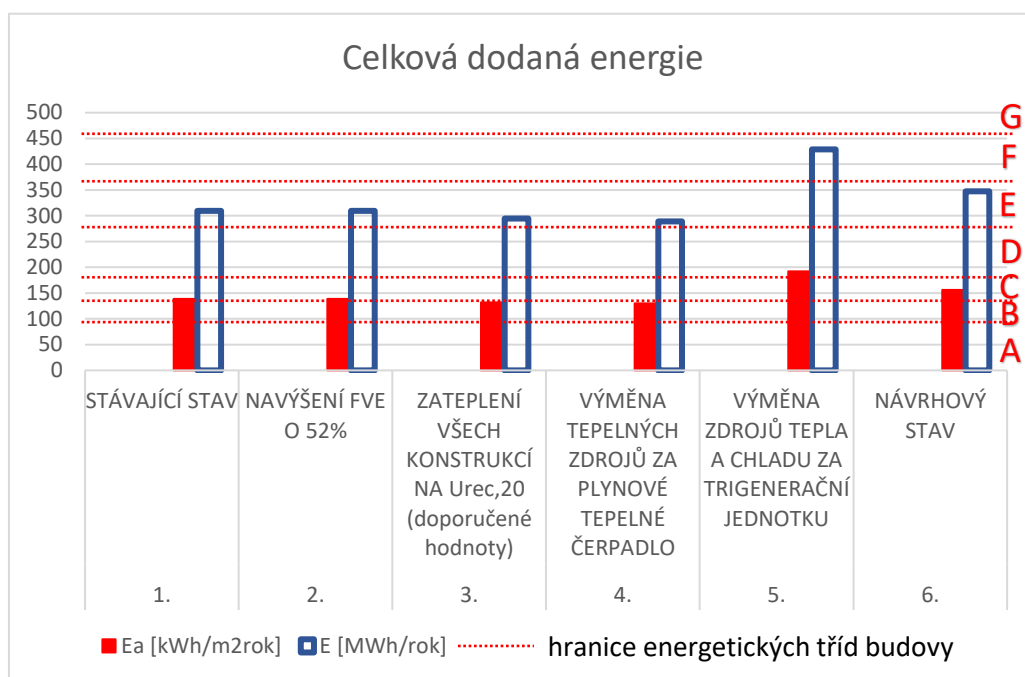
6.1 Porovnání průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}



Graf 10 – Porovnání průměrných součinitelů prostupu tepla obálky budovy

Jeden ze tří důležitých parametrů, který musí splnit normový požadavek referenční budovy, je průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy. V grafu je červeně vyznačena referenční hodnota, která nesmí být překročena. Stávající stav, varianta s navýšením počtu FVE panelů o 52%, tepelné čerpadlo na zemní plyn a trigenerační jednotka tento požadavek nespĺní, hodnota U_{em} hodnocené budovy překračuje povolenou mez 0,25 W/m²K. Varianta zateplení konstrukcí na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla a výsledná varianta s kombinací dílčích variant normový požadavek referenční budovy nepřekračují. Hodnota posuzované budovy je $U_{em} = 0,23$ W/m²K a referenční požadavek je $U_{em,R} = 0,23$ W/m²K. Požadavek je tedy splněn. Tyto dvě varianty jsou tedy možné.

6.2 Porovnání celkových množství dodané energie

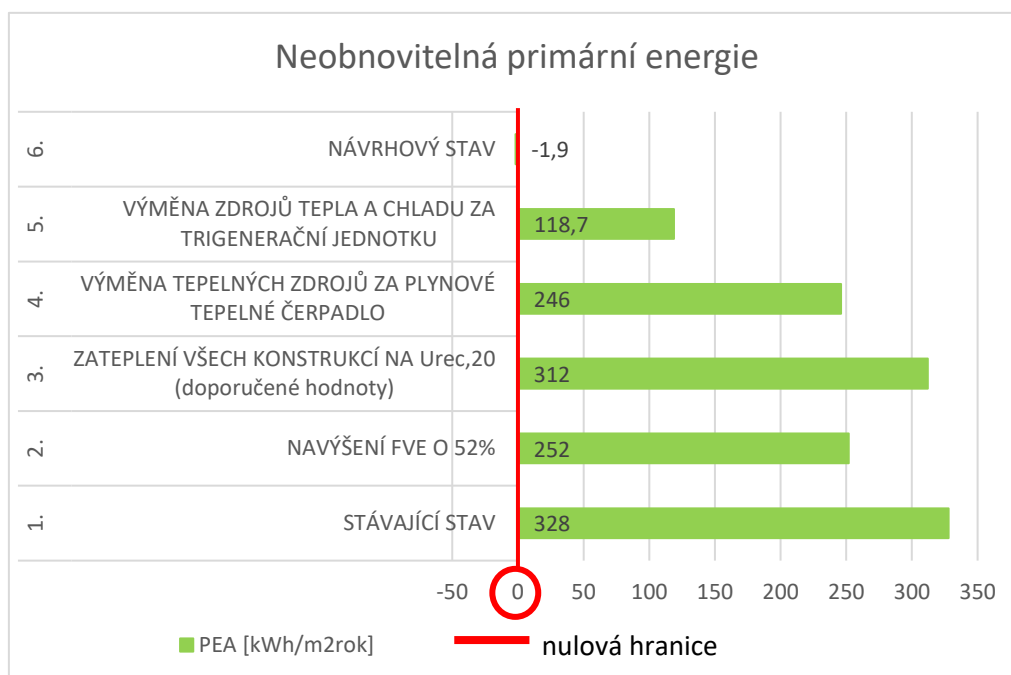


Graf 11 – Porovnání celkové dodané energie a měrné dodané energie a energetické třídy

Do hodnocení vstupují dva druhy energie. První je měrná dodaná energie E_a , která je přepočtená na užitnou podlahovou plochu. Podle této energie se zároveň hodnotí energetické zařazení objektu do třídy A - G, hranice těchto tříd jsou v grafu označeny červenou tečkovanou čarou. Stávající stav a varianta s navýšením počtu FVE panelů spadá těsně do energetické třídy C, zateplením objektu na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla se obálka zlepší a klesne spotřeba energie, tím je budova zařazena do kategorie B, této kategorie je docíleno i tepelným čerpadlem na zemní plyn. Návrhem trigenerace se spotřeba energie naopak zvýší a budova se dostane až do energetické třídy D, toto opatření nemá tedy zrovna příznivý vliv na dodanou energii, sníží se spíše špatný vliv na životní prostředí díky lepším konverzním faktorům a tím i neobnovitelné primární energii. Celková dodaná energie se u této varianty zvýší, protože trigenerace je výhodná, pokud potřeba chladu dosahuje čtvrtiny potřeby tepla. Tato budova má však potřebu chladu vůči potřebě tepla zanedbatelnou. Kombinací dílčích variant dojde ke snížení spotřeby vlivem zateplení a nárůstu vlivem trigenerace. Výsledný efekt je mírně stoupající oproti stávajícímu stavu, ne však o velké množství spotřebované energie a budova spadá stále do energetické třídy C. Druhou hodnocenou energií je celková dodaná energie pro budovu E. Průběh hodnot dílčích variant kopíruje průběh měrné spotřeby energie, pouze ve vyšších hodnotách, protože tato energie není vztažena na užitnou plochu. Celková užitná plocha objektu se nemění, proto mají obě energie stejný průběh, jen v jiných mezích hodnot.

Všechny varianty splňují normový požadavek podle referenční budovy, hodnoty jsou uvedeny v protokolech v přílohách. Nejvýhodnější variantou se tedy jeví zateplení a tepelné čerpadlo na zemní plyn.

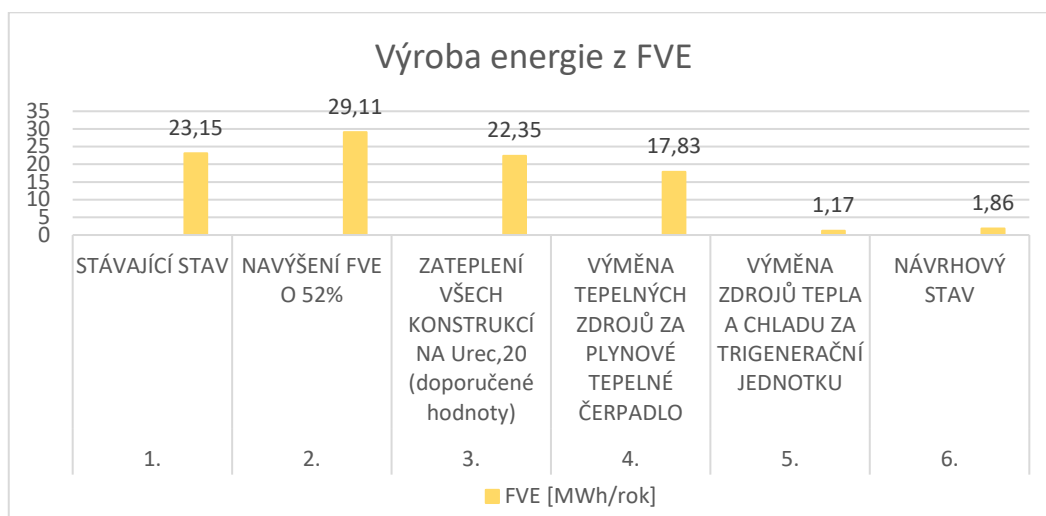
6.3 Porovnání neobnovitelné primární energie



Graf 12 – Porovnání neobnovitelné primární energie

Třetí z hodnocených kritérií je neobnovitelná primární energie. Ta je zároveň nejsledovanějším cílem diplomové práce, byla snaha dosáhnout nulové hodnoty. Z grafu je patrné, že ani jedna z dílčích variant tohoto požadavku nedosáhla. K největšímu snížení této hodnoty přispěla trigenerační jednotka. Výsledkem tohoto hodnocení tedy byla kombinace dílčích variant s primárním požadavkem, aby stávající zdroje tepla v podobě dvou tepelných čerpadel vzduch-voda a záložního elektrokotle a zdroje chladu v podobě ledovače a Multi-split jednotek byly nahrazeny jediným zdrojem, a to trigenerační jednotkou, která se skládá z kogenerační jednotky na zemní plyn a absorpčního chladiče. Dále snížily nejvíce hodnotu fotovoltaické panely a tepelné čerpadlo na zemní plyn. Tepelný zdroj už je instalován v podobě trigenerační jednotky, která je ohledně tohoto hodnocení dvakrát výhodnější, proto jsem zahrнула do návrhové varianty pouze navýšení počtu FVE panelů. Zateplení nemá na obnovitelnou primární energii skoro žádný vliv, do návrhové varianty je zahrnuto tedy z důvodu snížení průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy, z hlediska neobnovitelné primární energie je bezvýznamné. Kombinací těchto variant došlo k výraznému snížení hodnoty k nule, proto byla navržena ještě drobná opatření v podobě lepší inteligentní regulace otopných těles a LED osvětlení s možností reakce na denní osvětlení s automatickou regulací. Všemi těmito opatřeními bylo dosaženo záporné hodnoty neobnovitelné primární energie, tím bylo splněno hlavní zadání mé diplomové práce.

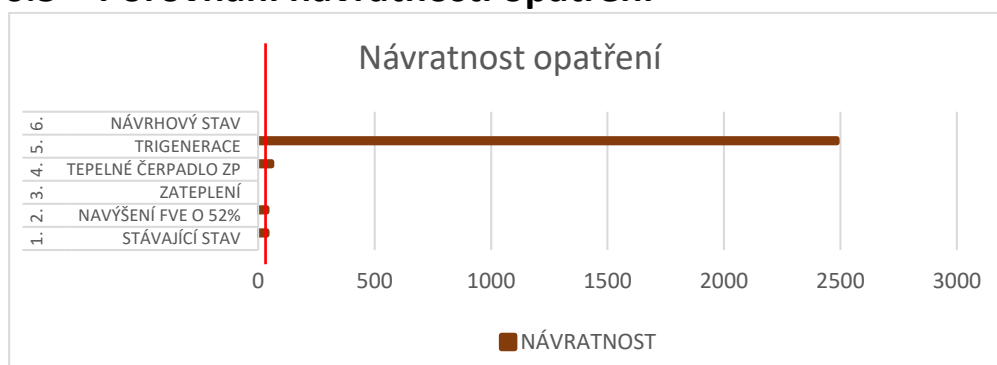
6.4 Porovnání výroby energie z fotovoltaického systému



Graf 13 – Porovnání výroby energie

Při hodnocení výroby energie FVE systémem se při navýšení počtu panelů logicky množství vyrobené energie zvýší. Při zateplení objektu klesne spotřeba, vyrobené energie tedy spotřebováváme méně, za to jde více vyrobené energie do veřejné sítě a máme tedy více finančních zisků z prodeje. S tepelným čerpadlem na zemní plyn je prodej ještě větší. S instalací trigenerační jednotky však dojde k výraznému snížení vyrobené energie spotřebované v objektu, protože trigenerace vyrábí také vlastní elektrickou energii. Proto FVE systém trochu ztrácí smysl. Pokud však prodáváme energii do sítě za výkupní cenu, může fotovoltaická elektrárna být nemalým příjmem na provoz budovy. V návrhové variantě výroba mírně stoupne, protože je navýšen počet fotovoltaických panelů a vyrábíme tedy více energie než ve stávajícím stavu.

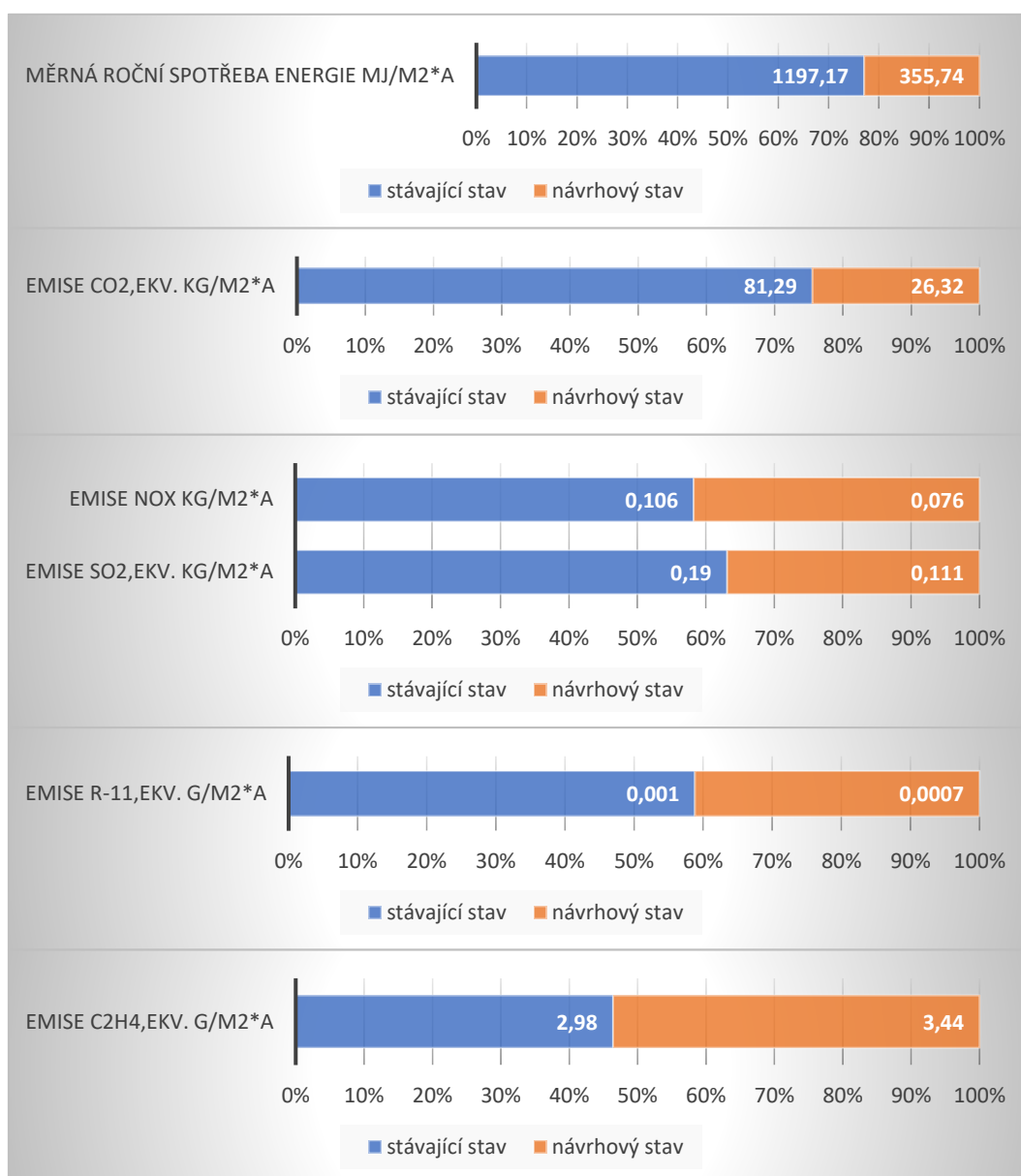
6.5 Porovnání návratnosti opatření



Graf 14 – Porovnání návratnosti opatření

V grafu je červeně naznačena hranice efektivní návratnosti opatření. Stávající stav i navýšení počtu FVE panelů tuto hranici překračuje. Zateplení naopak vychází velice výhodně do záporných hodnot. Tepelné čerpadlo na zemní plyn má návratnost větší než stávající varianta. Trigenerace má návratnost však ještě mnohonásobně vyšší. Jediným výhodným řešením je kombinace FVE systému s trigenerací a zateplením.

6.6 Porovnání enviromentálního dopadu



Graf 15 – Porovnání enviromentálního dopadu stávající a návrhové varianty

V tomto hodnocení jsou porovnávány pouze stávající stav s výsledným návrhovým opatřením. V hodnocení jsou porovnávány emise a měrná roční spotřeba energie, tedy enviromentální kritéria E.01 – E.06 z metodiky SBToolCZ.

Ve všech případech kromě emise přízemního ozonu došlo v návrhové variantě ke snížení emisí i spotřeby energie. U energie je snížení nejvyšší, zlepšení bylo až o 65%. Dále byly nejvíce sníženy emise oxidu uhličitého. Ostatní emise byly návrhovým opatřením sníženy téměř o polovinu. Jediná emise, která byla zhoršena, je emise přízemního ozonu. Do tohoto kritéria vstupuje pouze výkaz výměr a ne energie. Z toho plyne, že ke zhoršení přispívají použité izolační materiály k zateplení. Emise se zateplením zvýšily přibližně o 10%. Celkově je tedy navržená varianta výhodnější a má příznivější dopad na životní prostředí než stávající stav.

6.7 Ekonomické porovnání

Varianta 1 – více FVE o 56 panelů

- navýšení počtu FVE panelů o 52%, tedy instalace 56 nových panelů
- pokud budeme uvažovat cenu jednoho panelu okolo 3 000 Kč, pořizovací cena by byla 168 000 Kč
- protože fotovoltaická elektrárna již na objektu je a šlo by tedy pouze o rozšíření novými panely, budeme uvažovat pořizovací cenu pouze za panely přibližně **170 000 Kč**
- spotřeba energie zůstává stejná, dojde pouze k navýšení vyrobené energie
- navýšením počtu panelů se vyrobí o 19,35 MWh/rok více energie, která je posílána do sítě, výkupní cena za 1 MWh je 2794 Kč [18], celkový výtěžek z prodané elektrické energie je tedy **54 064 Kč/rok**
- již za 3 roky by se navrhované opatření vrátilo a dále by prodejem elektrické energie docházelo k výtěžku, kterým by se mohl částečně pokrýt provoz budovy

Varianta 2 – zateplení konstrukcí

- ve výpočtu v programu DEKSOFT se vyplňují i požadované hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí, ke zlepšovaným konstrukcím se zároveň vyplňují ceny za m² zateplené konstrukce podle typu konstrukce z předdefinované databáze
- po zadání zateplování konstrukcí byly vypočítány náklady na zateplení **2 120 500 Kč**
- tímto opatřením klesla spotřeba energie o 15,3 MWh/rok
- pokud uvažujeme cenu elektrické energie 4 Kč/kWh, ročně **se ušetří 61 200 Kč**
- návratnost takového opatření je tedy 35 let, **to není příliš výhodné**

Varianta 3 – tepelné čerpadlo na zemní plyn

- prvním nákladem by bylo zařízení nové plynovodní přípojky, cena za dokumentaci je asi 10 000 Kč, cena za 2 m přípojky je asi 17 000 Kč a za každý další metr 1 400 Kč, protože je slepá větev vzdálená asi 25 m od objektu, celkové náklady by byly 59 200 Kč
- další investicí by bylo tepelné čerpadlo o výkonu 41,3 kW, cena tepelných čerpadel systému vzduch/voda se pohybuje od 90 000 do 250 000, tepelná čerpadla jsou dražší, budeme tedy uvažovat pořizovací cenu 200 000 Kč
- celková pořizovací cena by tedy byla **259 200 Kč**
- s instalací tohoto tepelného čerpadla došlo k úspoře energie 21 MWh/rok
- s cenou zemního plynu 1,4 Kč/kWh se ročně ušetří **29 400 Kč**
- návratnost by tedy byla **9 let**, to je reálná návratnost, ovšem musely by se odstranit stávající tepelná čerpadla na elektrickou energii, tím by se návratnost prodloužila, pokud vezmeme v úvahu, že dvě tepelná čerpadla stála každé okolo 150 000 Kč

Varianta 4 – návrh trigenerace

- opět by se musela zavést nová plynová přípojka, náklady by tedy byly 59 200 Kč
- pořizovací cena kogenerační jednotky a absorpčního chladiče je velmi vysoká, s výkonem 20/39 kW předpokládáme pořizovací cenu 1 000 000 Kč
- celkové náklady by tedy byly 1 059 200 Kč

- s tímto opatřením se navíc ještě zvýšila spotřeba energie o 119 MWh/rok, náklady tedy s cenou zemního plynu 1,4 Kč/kWh stoupnou o 166 600 Kč/rok
- celkové náklady tedy jsou **1 225 800 Kč**
- díky stávající FVE elektrárně se vyrobí 22 MWh/rok, které se prodávají do sítě
- výkupní cena je 2794 Kč/MWh, zisk je tedy 61 468 Kč/rok
- navíc se prodává elektrická energie z kogenerační jednotky, množství energie prodávané do sítě je 100 MWh/rok
- výkupní cena za KVET je 597 Kč/MWh, výdělek je tedy 59 700 Kč/rok
- celkový výnos je tedy **121 168 Kč/rok**
- návratnost tohoto opatření je tedy **10 let a je reálná**

Varianta 5 – návrhová varianta

- jde o kombinaci trigenerace, navýšení počtu FVE panelů a zateplení objektu, panelů by ovšem bylo místo 56 zřízeno 127 panelů, pořizovací cena tedy stoupne na 381 000 Kč
- celkové náklady by tedy byly 381 000 + 2 120 500 + 1 225 800 = **3 727 300 Kč**
- FVE systémem dojde k výrobě elektrické energie, která je prodávána do sítě za výkupní cenu 2794Kč/MWh, množství energie je 53,44 MWh/rok, výdělek je tedy 149 311 Kč/rok
- kogenerační jednotka vyrobí 71,59 MWh ročně, která je prodávána do sítě za cenu 597 Kč/MWh, výdělek je tedy 42 739 Kč/rok
- celkový výdělek z prodeje je **192 050 Kč/rok**
- celková návratnost takovýchto opatření by tedy byla **19 let**

Efektivní opatření se uvažuje s návratností do 20 let. Tento požadavek je splněn. Navíc po uplynutí doby návratnosti opatření bude trigenerační jednotka spolu s fotovoltaickou elektrárnou vyrábět ročně velké množství energie, která bude prodávána do sítě za výkupní cenu. Z tohoto výdělku je možné pokrýt velký podíl nákladů na provoz objektu. Opatření jsou tedy doporučena k realizaci.

7 Závěr

Po vyhodnocení enviromentálních, ekologických a ekonomických podmínek a porovnání navrhovaných variant jsem dospěla k závěru, že návrh trigenerační jednotky v kombinaci se zateplením objektu na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla a instalací dalších fotovoltaických panelů na jižně orientované šikmé střechy je nejvýhodnější.

Zprv je to jediné opatření, které dosáhlo nulové hodnoty neobnovitelné primární energie. Zadruhé spotřeba energie se zvýší jen nepatrně oproti stávajícímu stavu, budova však vychází mnohem lépe v hodnocení metodikou SBToolCZ v rámci dopadu na životní prostředí. Kromě emisí přízemního ozonu se veškeré emise snížily.

Energetická třída budovy vychází s návrhovým opatřením stále do třídy C, nedošlo tedy ke zhoršení, i když se mírně zvýšila dodaná energie do budovy.

Pomocí trigenerační jednotky a fotovoltaické elektrárny se vyrobí velké množství energie, které je prodáváno za výkupní cenu do veřejné sítě. Výdělek může tedy pokrývat některé náklady na provoz budovy.

I přes velké investiční náklady na tzb systémy a tepelné izolace se návratnost pohybuje do 20 let a realizace je tedy reálná.

V neposlední řadě bylo v této variantě dosaženo splnění normového požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy a hodnota je rovna referenční budově, podle které se tento parametr hodnotí. Ve stávajícím stavu tento požadavek splněn nebyl.

Tato varianta tedy příznivě ovlivnila celkové chování budovy a je zvolena jako výsledná, protože jako jediná splnila hlavní zadání mé diplomové práce, aby neobnovitelná primární energie dosáhla nulové hodnoty a budova byla tedy zaříděna do energeticky nulového standardu.

Seznam příloh

PŘÍLOHA 1 – VÝPOČET PLOCH ZÓN

PŘÍLOHA 2 – GRAFY SKUTEČNÝCH SPOTŘEB

PŘÍLOHA 3 – VÝSTUP Z DEKSOFTU – STÁVAJÍCÍ STAV

PŘÍLOHA 4 – VÝSTUP Z DEKSOFTU – NÁVRHOVÝ STAV

PŘÍLOHA 5 – TEPELNÉ ZTRÁTY – STÁVAJÍCÍ STAV

PŘÍLOHA 6 – TEPELNÉ ZTRÁTY – NÁVRHOVÝ STAV

PŘÍLOHA 7 – VYBRANÁ KRITÉRIA SBTOOLCZ

PŘÍLOHA 8 – VÝKAZY VÝMĚR

PŘÍLOHA 9 – TECHNICKÉ LISTY TZB SYSTÉMŮ

PŘÍLOHA 10 – POROVNÁNÍ SPOTŘEB A VÝROB ENERGIÍ

Seznam použité literatury

- [1] TYWONIAK, CSC., prof. Ing. Jan. Nulové domy. *Tzbinfo* [online]. seminář Dřevostavby, aktualizováno autorem podle poslední verze revize ČSN 73 0540-2, 2011 [cit. 2019-12-31]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/7785-nulove-domy>
- [2] ČEJKA, Ing. Michal a Ing. Jan ANTONÍN, PH.D. Pasivní a nulové budovy na společné cestě. *Tzbinfo* [online]. PORSENNA o.p.s., EnergySim, 2017 [cit. 2019-12-31]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/8029-pasivni-a-nulove-budovy-na-spolecne-ceste>
- [3] Legislativa, Nízkoenergetické a pasivní domy. *EFEKT energie efektivně* [online]. 2017 [cit. 2019-12-31]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/programy-podpory/efekt/i-ekis/81178>
- [4] VONKA, Martin. *METODIKA SBToolCZ Manuál hodnocení administrativních budov* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta stavební: CIDEAS Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí a Centrum udržitelné výstavby budov, 2011 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: https://www.sbtool.cz/upload/metodiky/SBtoolCZ_ADM_2011.PDF
- [5] HODKOVÁ, Ing. Julie. *Envimat* [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz>
- [6] innogy. *Typy solárních panelů – co bychom o nich měli vědět?* [online]. Praha: innogy Energie, 2019 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.elektrinazeslunce.cz/#jak-na-to>
- [7] BERANOVSKÝ, Jiří, Karel SRDEČNÝ a Petr VOGEL. PASIVNÍ PANELÁK? A TO MYSLÍTE VÁŽNĚ? *Pasivní panelák? A to myslíte vážně?*. Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2011, s. 91-98. ISBN 978-80-87333-07-5.
- [8] ROBUR. *Plynové tepelné čerpadlo GAHP-A (vzduch/voda)* [online]. Popůvky, 2019 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.robur.cz/produkty/plynova-tepelna-cerpadla/plynove-tepelne-cerpadlo-gahp-a-vzduch-voda#>
- [9] ROBUR. *PRODUKTOVÝ KATALOG Plynová absorpční tepelná čerpadla GAHP* [online]. Popůvky, 2017 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: https://www.robur.cz/spc_dwn.php?dl=fwdvn&d=6/&f=533.pdf&h=8a80028693&ns=1

- [10] SCHWANK CZ, s.r.o. Plynové tepelné čerpadlo: princip, výhody a využití. *Tzbinfo* [online]. Brno, 2018 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/16894-plynové-tepelne-cerpadlo-princip-vyhody-a-vyuziti>
- [11] TEDOM. *TRIGENERACE* společná výroba elektřiny, tepla a chladu [online]. Třebíč, 2015, s. 2 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/wp-content/uploads/2017/12/TEDOM-Trigenerace.pdf>
- [12] VIZUS. *Kogenerace / trigenerace* [online]. Praha: VIZUS, 2020, s. 2 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.lgsystems.cz/moderni-zdroje-energie/kogenerace-trigenerace/>
- [13] BUDÍN, Jan. *Kogenerace - princip, technologie a výhody* [online]. Třebíč: OM Solutions, 2015 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/kogenerace-princip-technologie-a-vyhody/>
- [14] TEDOM. *Firemní profil Kogenerační jednotky micro - ppt stáhnout* [online]. In: , TEDOM. SlidePlayer.cz, Inc, 2020, s. 5 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2684576/>
- [15] POSPÍŠIL, PH.D., doc. Ing. Jiří. *Tzbinfo: Chladicí oběhy, trigenerace, dálkové chlazení* [online]. tzbinfo, 2011 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7910-chladici-obehy-trigenerace-dalkove-chlazení>
- [16] Viessmann, spol. s r.o. *Viessmann: Vitobloc 200* [online]. Allendorf, 2020 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/obytne-budovy/kogenerace/kogeneracni-jednotka-pro-provoz-na-zemnikapalneny-plyn/vitobloc-200-em-20-39.html>
- [17] ELEKTROBOCK CZ s.r.o. *ELEKTROBOCK CZ: PI regulace* [online]. Kuřim, 2020 [cit. 2020-01-03]. Dostupné z: <https://www.elektrobock.cz/pi-regulace/t2046>
- [18] Cenové rozhodnutí ERÚ č. 3/2019. *Tzbinfo: Výše výkupních cen a zelených bonusů* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>

Seznam použitých programů

- Autodesk. AutoCAD 2018 [software]. Plná verze. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/>.
- Microsoft. Microsoft Office Excel 2018 [software]. Plná verze. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/CZ/Office>.
- Microsoft. Microsoft Office Word 2018 [software]. Plná verze. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/CZ/Office>.
- DEKSOFT. ENERGETIKA [software]. Plná Verze. Dostupné z: <https://deksoft.eu/codek/?penb>.
- DEKSOFT. TEPELNÁ TECHNIKA 1D [software]. Plná Verze. Dostupné z: <https://deksoft.eu/codek/?penb>.