

Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Studie proveditelnosti energetických úspor pro vybraný objekt

Vojtěch Matouš

Vedoucí: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA

Obor: Elektrotechnika a management

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Leden 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Matouš** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **409087**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Studie proveditelnosti energetických úspor pro vybraný objekt

Název diplomové práce anglicky:

Feasibility study of energy savings for selected object

Pokyny pro vypracování:

- Uvedení do problematiky, formulace zadání a metodika.
- Analýza stávajícího stavu, sestavení energetické bilance.
- Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby a jejich případné hodnocení ve smyslu platné legislativy či programů podpor.
- Sestavení variant řešení a ekonomického modelu.
- Vyhodnocení variant, shrnutí a vyhodnocení výsledků, formulace závěrů.

Seznam doporučené literatury:

1. Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům? [online] Praha, ? EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dostupné z <http://www.ekowatt.cz/cz/datum-publikace>.
2. Beranovský, J., Jindrák, M., Bejvlová, V. (2017) Efektivní vytápění energeticky úsporných domů. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: ISBN 978-80-87333-14-3. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 pro rok 2017. Dostupné z <http://ekowatt.cz/cz/publikace/>.
3. Srdečný, K. (2006) Katalog energeticky soběstačných řešení nejen pro nízkoenergetické domy. Praha: EkoWATT o. s.
4. Srdečný, K., Purkert, M., Klínerová, J. (2011) Porovnání kvality realizovaných pasivních domů v ČR z environmentálních hledisek. Odborná studie. [online] Praha: EkoWATT o. s. , elektronická publikace. Dostupné z <http://www.ekowatt.cz/cz/datum-publikace>.
5. Vyhláška 480/2000 Sb. v platném znění.
6. ČSN EN 16247 1 - 3.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **16.09.2019**

Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **19.02.2021**

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji ČVUT, že mi je tak dobrou *alma mater*. Dále děkuji svému vedoucímu práce Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA, za pomoc a vedení při práci, a také panu doc. Ing. Jaromíru Vastlovi, CSc. a panu doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc. za odborné konzultace.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 3. ledna 2020

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá energeticko-ekonomickou optimalizací víceúčelové sportovní haly v Novém Boru. Práce postupuje v souladu s principy studie proveditelnosti energetických úspor. V práci jsou nejdříve popsány související legislativní požadavky pro možnou rekonstrukci, dále je zanalyzován současný stav objektu včetně energetických vstupů, a jsou navržena možná opatření ke snížení energetické spotřeby. Dále jsou vytvořeny varianty navržených opatření, a ty jsou potom ekonomicky zhodnoceny.

Klíčová slova: studie proveditelnosti energetických úspor, energetický audit, energetická bilance, spotřeba elektřiny, spotřeba plynu, tepelný tok, energetická optimalizace, ekonomická optimalizace, energetická náročnost budovy, součinitel prostupu tepla,

Vedoucí: Ing. Jiří Beranovský,
Ph.D., MBA
EkoWATT Praha,
Areál Štrasburk
Švábky 52/2
180 00 Praha 8

Abstract

This diploma thesis is focused on energy and economical optimization of multipurpose sports hall in Nový Bor. This work proceeds according to the principles of feasibility study of energy savings. In this work are first described related legislative requirements for the possible reconstruction, next is analyzed the current state of the building including the energy inputs and are proposed possible measures to lower the energy consumption. Next are created variants of the proposed measures and these are then evaluated from the economic point of view.

Keywords: feasibility study of energy savings, energy audit, energy balance, electricity consumption, gas consumption, heat flow, energy optimization, energy performance of buildings, heat transfer coefficient

Title translation: Feasibility study of energy savings for selected object

Obsah

1 Úvod	1	2.2.5 Varianta částečné rekonstrukce (var 2)	21
2 Uvedení do problematiky a metodika	3	2.2.6 Nízkonákladová varianta (var 3)	22
2.1 Rozdíly mezi studií proveditelnosti energetických úspor a energetickým auditem	3	3 Analýza stávajícího stavu	23
2.1.1 Studie proveditelnosti energetických úspor	3	3.1 Energetické vstupy za časový úsek 3 let	23
2.1.2 Energetický audit	4	3.1.1 Sběr dat a jejich zpracování	23
2.1.3 Obecný postup zpracování energetického auditu resp. studie proveditelnosti a zmatení pojmů (podle zahraníční literatury)	5	3.1.2 Vstupy elektrické energie	24
2.2 Kritická analýza návržení variant	6	3.1.3 Vstupy plynu	28
2.2.1 Stručný popis stávajícího stavu	7	3.2 Popis vlastních zdrojů energie	34
2.2.2 Legislativa a možnosti dotačního titulu	9	3.3 Popis významných spotřebičů energie	35
2.2.3 Předběžný návrh variant	18	3.4 Obsazenost a využití haly .	36
2.2.4 Varianta s cílem dosažení na dotaci (var 1)	20	3.5 Popis stavebních konstrukcí a základní údaje o objektu . .	37
		3.5.1 Obalové konstrukce a hodnoty stávajícího stavu . .	39
		3.6 Měrný tepelný tok	40
		3.7 Energetická bilance	41
		3.8 PENB	42

4 Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby	45	5.2 Shrnutí variant	56
4.1 Vybourání kopilitu a dozdění na hygienické minimum (Opatření 1)	46	5.3 Ekonomický model	59
4.2 Okna s trojskly a dveře (Opatření 2)	47	5.3.1 Stanovení výše diskontu, doby porovnání a výše eskalace cen energií	59
4.3 Zateplení (Opatření 3)	47	5.3.2 Ekonomické vyhodnocení variant	60
4.3.1 Střecha (Opatření 3.1)	47	5.3.3 Varianta 1 (dotační varianta)	61
4.3.2 Obvodové konstrukce (Opatření 3.2)	48	5.3.4 Varianta 2 (po částech)	62
4.3.3 Základový pas (Opatření 3.3)	48	5.3.5 Varianta 3 (nízkonákladová)	63
4.4 Nucené větrání s rekuperací (Opatření 4)	48	5.3.6 Porovnání variant a citlivostní analýza	64
4.5 Souhrn opatření	49	5.4 Závěrečné doporučení	67
5 Varianty řešení a ekonomický model	51	6 Závěr	69
5.1 Sestavení variant	51	A Pojmy a definice	73
5.1.1 Varianta 1 (dotační varianta)	51	B Cenová nabídka	77
5.1.2 Varianta 2 (po částech)	55	C Literatura	79
5.1.3 Varianta 3 (nízkonákladová)	55		

Obrázky

2.1 Foto části budovy víceúčelové sportovní haly TJ Jiskra. Leden 2019.	8	2.7 Maximální způsobilé výdaje spojené s dalšími opatřeními majícími prokazatelně vliv na energetickou náročnost budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí. [36]	13
2.2 Foto vnitřních prostor víceúčelové sportovní haly TJ Jiskra. Leden 2019.	8	2.8 Maximální výše podpory pro běžné objekty stanovena pro konkrétní typy projektů. [36]	14
2.3 Foto plynových zářičů, závěsů a kopilitových desek sportovní haly TJ Jiskra. Leden 2019.	9	2.9 Klasifikační třídy.[30]	17
2.4 Maximální výše podpory pro běžné objekty odstupňovaná dle dosažených parametrů (výše se odvíjí ze způsobilých výdajů, nikoli z výdajů celkových). U_{rec} značí doporučené hodnoty, $U_{em,R}$ potom průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy pro referenční budovu [36]. . .	11	2.10 Vstupy a výstupy tvorby variant.....	19
2.5 Maximální způsobilé výdaje v případě snižování spotřeby energie zlepšením energetických vlastností obálky budovy. [36]	13	2.11 Varianta 1 cílená na dotaci. Rekonstrukce proběhne najednou. Okna by byla na dvou stěnách, to je naznačeno na dvou stranách tohoto obrázku.	20
2.6 Maximální způsobilé výdaje u realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla. [36].....	13	2.12 Varianta částečné rekonstrukce. Bez dotace. Rekonstrukce může proběhnout po částech. Okna by byla na dvou stěnách, to je naznačeno na dvou stranách tohoto obrázku.	21
		2.13 Nízkonákladová varianta. Bez dotace. Rekonstrukce proběhne najednou. Okna by byla na dvou stěnách, to je naznačeno na dvou stranách tohoto obrázku.	22

3.1 Hodnoty odběru elektrické energie haly a přilehlých budov (tedy bez korekce, více v 3.1.2) za roku 2016, 2017, 2018	25	3.6 Tabulka shrnutí postupu korekce původních hodnot spotřeby plynu celého komplexu na spotřebu pouze haly.	31
3.2 Vizualizace hodnot spotřeby elektrické energie haly a přilehlých budov (tedy bez korekce, více v 3.1.2) podle tabulky na obrázku 3.1. Trend teploty je potom reálná teplota přenásobená číslem (faktorem) 100. To z důvodu vložení třetí veličiny s rozdílnou jednotkou do grafu.	26	3.7 Tabulka přepočtu hodnot spotřeby plynu v jednotlivých letech na klimaticky normální rok metodou vytápěcích denostupňů.	33
3.3 Tabulka shrnutí postupu korekce původních celkových hodnot spotřeby elektrické energie celého komplexu (viz 3.1) na spotřebu pouze haly jako takové.	27	3.8 Foto plynových zářičů Helios.	34
3.4 Hodnoty odběru plynu haly a přilehlých budov (tedy bez korekce, více v 3.1.3) za roky 2016, 2017, 2018. Jedná se o nepřepočtené vstupní hodnoty (více v podkapitole 3.1.1). . . .	29	3.9 Tabulka s údaji o typu topení.	34
3.5 Vizualizace hodnot plynu haly a přilehlých budov 3.1.3) podle tabulky na obrázku 3.4. Trend teploty je potom reálná teplota přenásobená čísle (faktorem) 1000. To z toho důvodu vložení třetí veličiny s rozdílnou jednotkou do grafu. Jedná se o přepočtené hodnoty (více v podkapitole 3.1.1). . . .	30	3.10 Tabulka významných spotřebičů elektrické energie. Hodnoty jsou z roku 2018, protože teprve v roce 2017 se nainstalovalo toto nové osvětlení. Hodnoty ročního časového využití a roční spotřeby elektřiny vyplývají z obr. 3.3.	35
		3.11 Foto nových LED světel z neutěsněné „půdy“. Každé svítidlo je složeno ze tří světel po 33 W. V hale je potom 50 svítidel, resp. 150 světel. . . .	36

3.12 Situační plán rozmístění svítidel v hale (Každé svítidlo je označeno pomocí 3 kroužků zakleslých natěsno v sobě). V úzkém pruhu v dolní a levé části se potom nachází tribuna. Jak vidíme z tohoto situačního plánu, tak i tu tato světla, díky své symetričnosti umístění a výkonu osvětlí. Obrázek upraven z [17].	36	3.17 Vrchní náhled na sportovní halu ze serveru Mapy.cz.	39
3.13 Počet sektorohodin v jednotlivých měsících v letech 2016, 2017 a 2018. Pro červenec v letech 2016 a 2018 chybí data. Pro srpen a září v letech 2016 a 2018 byla data zaznamenána pouze v intervalu dvou měsíců, jsou tedy rovnoměrně rozdělována do srpna a září.	37	3.18 Hodnoty parametrů obalové konstrukce budovy.	40
3.14 Průměrný počet sektorohodin v jednotlivých letech a měsících.	37	3.19 Rozložení měrných tepelných toků objektem.	41
3.15 Grafický model sportovní haly v současném stavu s vyznačenými hlavními rozměry. Modrou barvou je vyznačen kopilit zabírající velkou část přední a zadní části haly. Bílé výřezy v kopilitu jsou potom klasická dvojitá skla staršího typu. Hnědou barvou je potom naznačen přilehlý objekt. Nakresleno podle původní stavební dokumentace. [24], [25], [26], [27], [28], [29]	38	3.20 Energetická bilance pro stávající stav sportovní haly.	41
3.16 Základní číselné údaje k objektu.	39	3.21 Část PENB stávajícího stavu (varianta 0).	42
		3.22 Ukazatele energetické náročnosti budovy současného stavu (z PENB).	43
		4.1 Souhrn opatření a zvýraznění jejich aplikace v jednotlivých variantách z kapitoly 5. Římské číslice potom vyjadřují fáze varianty 2, které mají rozdílný rok realizace.	49
		5.1 Shrnutí hodnot a podmínek, na které je potřeba podle dotačního titulu OPŽP cílit.	52
		5.2 Způsobitelné výdaje pro jednotlivé části dotace a maximální výše podpory.	53
		5.3 PENB varianty 1.	54
		5.4 Část PENB varianty 2, 1. části (2.1) a 2. části (2.2)	55

5.5 Část PENB varianty 3. . . .	56	5.14 Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na diskontu.	66
5.6 Shrnutí navrhovaných variant. Více k nesplnění (resp. splnění) požadavku na součinitel prostupu tepla jednotlivé konstrukce u varianty 3 je v kapitole 5.1.3	58	5.15 Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na eskalaci cen energie.	66
5.7 Shrnutí jednotlivých variant.	59	5.16 Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na výši investice do rekuperace.	67
5.8 Ekonomické porovnání jednotlivých variant.	61	5.17 Závěrečné shrnutí vybraných ukazatelů.	68
5.9 Varianta 1: Diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (DCF) a kumulativní diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (ADCF).	62	B.1 Cenová nabídka nuceného větrání s rekuperací.	77
5.10 Varianta 2: Diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (DCF) a kumulativní diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (ADCF).	63		
5.11 Varianta 3: Diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (DCF) a kumulativní diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (ADCF).	63		
5.12 Kumulovaný diskontovaný CF jednotlivých variant se započtením zůstatkové hodnoty na konci 20. roku (ACDF). . .	65		
5.13 Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na výši investice.	65		

Tabulky

A.1 Pojmy a definice 1/3. 73

A.2 Pojmy a definice 2/3. 74

A.3 Pojmy a definice 3/3. 75

Kapitola 1

Úvod

Toto téma bylo vybráno po přečtení knih od známého kanadského autora Václava Smila. Tento původně český autor a vědec emigroval do USA po sovětské invazi v roce 1968. [12] Václav Smil upozorňuje mimo jiné na limity integrace obnovitelných zdrojů a doporučuje jako efektivnější cestu k dosažení mírnění změny klimatu lepší hospodaření s energií. Při lepším hospodaření, resp. neplýtvání energií, nebude potřeba tolik energie vyrobit¹ a zredukuje se stopa skleníkových plynů vypouštěných do ovzduší.

Velkou část plýtvání energií potom tvoří energeticky neefektivní budovy. Jedním z příkladů takovéto budovy je pravděpodobně víceúčelová sportovní hala, kterou se tato diplomová práce zabývá.

V této diplomové práci se tedy budu zabývat energeticko-ekonomickou optimalizací sportovní haly v Novém Boru. Půjde o diplomovou práci, která bude postupovat s souladu s principy studie proveditelnosti energetických úspor.

Čtenáři se touto prací pokusím poskytnout dostatečný vhled do související legislativní problematiky (dotační titul OPŽP, související normy a vyhlášky). Dále předběžně popíši současný stav budovy a předběžně navrhnu možné varianty energetických opatření. Také provedu rozbor současného stavu budovy (energetické vstupy, vlastní zdroje energie, spotřebiče, jednotlivé konstrukce, obsazenost...) a vytvořím energetický model budovy ve vybraném programu.

Dále si kladu za cíl navrhnout opatření ke snížení energetické spotřeby, z nichž dále sestavit varianty v souladu s výše zmíněnou legislativou. Tyto varianty dále ekonomicky vyhodnotím a provedu citlivostní analýzu na významné vstupní parametry.

¹Vyrobít ve smyslu přeměnit. Energie samozřejmě podle zákona zachování energie nevzniká ani nezániká, ale pouze se přeměňuje do různých forem.

Kapitola 2

Uvedení do problematiky a metodika

2.1 Rozdíly mezi studií proveditelnosti energetických úspor a energetickým auditem

2.1.1 Studie proveditelnosti energetických úspor

Studie proveditelnosti (feasibility study) je podle [7] analýza, která bere v úvahu relevantní faktory ovlivňující daný projekt (např. technické, ekonomické, právní, politické etc.) Jedná se tedy o studii, která má posoudit přínosy a zápory daného projektu, a to v relevantním kontextu.

V tomto konkrétním případě se jedná především o kontext technický a ekonomický. Pod ekonomickým kritériem, se potom skrývá i kritérium právní, což je v podstatě kritérium dotační. Účelem studie proveditelnosti energetických úspor je identifikovat používání energie (kde a kdy se používá) v daném zařízení (v našem případě sportovní hale) a identifikovat možnosti zvýšení energetické účinnosti. Tato informace potom může být použita k uskutečnění projektu v takové podobě, která se blíží podobě optimální (včetně případného neuskutečnění projektu).

Ve zkratce se nejdříve vyhodnotí současný stav budovy, navrhnou se opatření ke zlepšení současného stavu, ty se potom zkombinují do variant a vyhodnotí se z ekonomické stránky.

Tato diplomová práce, která postupuje v souladu se studií proveditelnosti, není energetickým auditem, přestože je jím do určité míry inspirována. Obecně se dá říci, že studie proveditelnosti dává větší míru svobody a možnost se soustředit na „jádro pudla“, bez nároků na rigidní formu, která je přítomna v energetickém auditu.

[31], [5]

2.1.2 Energetický audit

Dalším pojmem, který vstupuje do problematiky energetických úspor budov je energetický audit. Energetický audit se ovšem od studie proveditelnosti energetických úspor liší v několika ohledech.

1. Energetický audit má do vysoké míry pevnou strukturu, resp. metodiku. Tato metodika je v ČR dána pouze vyhláškou č. 480/2012 Sb. (Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku [16]) Tento systém nám pomůže vyhnout se některým chybám, které by se bez něj mohly vyskytnout. Zároveň také poskytuje lepší možnost porovnání jednotlivých auditů, lepší orientaci ostatních lidí a v neposlední řadě oporu při vypracování samotném. Dá se tedy říci, že tento systém je jakýmsi souhrnem nejlepších praktik při provádění auditu.¹
2. **Rigidní forma energetického auditu potom podle vyhlášky č. 480/2012 Sb. zahrnuje cituji:**
 - a. *titulní list,*
 - b. *identifikační údaje,*
 - c. *popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu,*
 - d. *vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu,*
 - e. *návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie,*
 - f. *varianty z návrhu jednotlivých opatření,*
 - g. *výběr optimální varianty,*
 - h. *doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický audit,*
 - i. *evidenční list energetického auditu, jehož vzor je uveden v příloze č. 1 k této vyhlášce, a*
 - j. *kopii dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon“) nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie. [16].*

Tyto body jsou potom dále upřesněny v podbodech. Ty říkají jakým způsobem musí být části vypracovány, co všechno (někdy i opakovaně) musí obsahovat, jak mají vypadat tabulky, výstupy, evidenční listy etc.

3. Energetický audit mohou vykonávat pouze osoby, které k tomu mají oprávnění, což autor této diplomové práce není.

¹Nejlepší praktiky jsou ovšem do značné míry diskutabilní. Obecně odborníci, se kterými jsem na toto téma hovořil, preferovali spíše technickou normu ČSN EN 16247 před platnou vyhláškou č. 480/2012 Sb. Tento problém, kdy současná forma auditu není zcela ideální (k 05/2019) má řešit připravovaná novela zákona 406/2000.

2.1.3 Obecný postup zpracování energetického auditu resp. studie proveditelnosti a zmatení pojmů (podle zahraniční literatury)

Pojmy energetický audit a studie proveditelnosti jsou často zaměňovány. Napomáhá tomu jistě i to, že v různých zemích vypadá energetický audit různě a že se také běžně v anglosaské literatuře používá pojem auditu v podstatě k označení studie proveditelnosti. Tato práce je nicméně diplomovou prací, která postupuje v souladu se studií proveditelnosti, tedy jakousi „volnou formou auditu“.

Základní kroky studie proveditelnosti energetických úspor/auditů jsou podle [5], [1] takovéto (v následujících bodech je slovo audit použito ve významu studie proveditelnosti, jak byla popsána výše):

1. Fáze 1; před - auditní část
 - a. Plánování a organizace auditu
Dedikace zdrojů. Výběr/ustanovení auditního týmu.
 - b. Předběžné zjištění současného stavu. Z angl. walk through Audit, tedy hrubé zjištění současného stavu pomocí prohlídky objektu a nahlédnutí na základní ukazatele.

Ve své podstatě jde o rámcové zhodnocení úrovně oprav, údržby a postupů, které ovlivňují energetickou efektivnost. Označení situací, které vyžadují zevrubnější hodnocení dále v auditu.
 - c. Ustanovení pověření k auditu.
Tedy získání závazku ze strany managementu a zformulování očekávání a výstupů auditu.
 - d. Stanovení rozsahu auditu.
Určení rozsahu auditu. (Do jaké hloubky audit půjde, co všechno bude v auditu zahrnuto.)
2. Fáze 2; auditní část
 - a. Analýza energetické spotřeby a výdajů.
Sběr, organizace, sumarizace a analýza historických faktur za energii a jejich příslušných tarifů.
 - b. Porovnání energetické spotřeby v různých časových obdobích.

Zjištění a porovnání energetické spotřeby mezi jednotlivými obdobími, kterými se energetický audit zabývá. Možnost porovnání mezi jednotlivými podobnými zařízeními v rámci jedné organizace nebo s ostatními podobnými zařízeními mimo danou organizaci.

c. Zjištění vzorů energetické spotřeby.

Zjištění časových souvislostí energetické spotřeby, jako je např. poptávková křivka elektřiny.

d. Přípravení seznamu energetických spotřebičů.

Přípravení seznamu všech energetických spotřebičů v auditovaném objektu a změření/určení jejich spotřeby.

e. Sestavení energetické bilance.

f. Identifikace možných energetických zlepšení za pomoci energetického managementu (tzv. EMOS, neboli energy management opportunities)

Zahrnutí operačních a technologických opatření k redukcí plýtvání energií.

g. Zjištění potenciálních energetických a ekonomických úspor a dalších případných benefitů. Jako např. příjemnější vnitřní prostředí, lepší hygienický standart...

3. Fáze 3; po - auditní část

a. Předání výsledků a závěru auditu

Předání výsledků a závěrů auditu ve srozumitelné formě.

Volně přeloženo a doplněno podle [5], [1], [34], [35].

V této diplomové práci jsem do vysoké míry sledoval tento postup, některé body jsou ovšem z logiky věci vynechány nebo jinak uspořádány, popř. probíhaly ústní formou.

2.2 Kritická analýza navržení variant

Tato sekce se zabývá tzv. kritickou analýzou navržení variant. Jde zde tedy o myšlenkový postup vytvoření možných řešení, zatím nikoliv zcela prozkoumaného problému, a nahlédnutí na možné překážky u postupu řešení. Jinými slovy je mým cílem pomocí logického postupu dokonvergovat k několika možným předběžným variantám řešení. Ty budou později v této práci vzaty v úvahu a rozpracovány dále v kapitole 4 a 5.

V diplomové práci navrhuji několik variant, které cílí na energeticko-ekonomické optimum a zároveň vyžadují různou výši investice. Je nutno vzít v potaz, že varianty zde nastíněné nemusí být varianty konečné. Do volby variant totiž v pozdější fázi projektu vstupuje analýza současného stavu (viz kapitola 3).

■ 2.2.1 Stručný popis stávajícího stavu

Přesnější údaje je možné najít v kapitole 3.

■ Budova sportovní haly

Budova, kterou se zabývá tato diplomová práce, je velká sportovní hala postavená na počátku 90. let. Designově ovšem patří spíše do let 70. a 80. Tomu ostatně odpovídá i její energetická neefektivita. Už pouze z obrázku 2.1 vidíme, že velkou část celé budovy (resp. přední a zadní stěnu) pokrývají tzv. kopility, tedy skleněné tvárnice profilu U. Ty do vysoké míry nahrazují okna. Uvnitř jsou po celé ploše přední stěny kopilitových desek závěsy. Ty jsou ovšem permanentně zatažené, aby se zabránilo oslňování sportovců sluncem.

Budova také není zateplena a je postavena ze špatně izolujících materiálů. Ze strany jsou k budově ještě připojeny další budovy zahrnující šatny, přístavek se vchodem a příležitostným občerstvením, toalety, kanceláře, původní kotelna (halu nevytápí), šatny, sprchy etc. Při této energeticko-ekonomické optimalizaci půjde ovšem výhradně o velkou sportovní halu.

■ Vytápění a větrání

Vytápění probíhá pomocí nověji instalovaných plynových tepelných záříčů umístěných pod stropem budovy. Takovéto záříče mj. produkují škodlivé plyny NO_x . V hale zároveň chybí v podstatě jakékoliv aktivní větrání. Plynové záříče můžeme vidět společně s jedním větrákem na obr. 2.3. Takovýto větrák je ovšem větráním naprosto nedostatečným a zároveň vytváří další tepelný most.



Obrázek 2.1: Foto části budovy víceúčelové sportovní haly TJ Jiskra. Leden 2019.



Obrázek 2.2: Foto vnitřních prostor víceúčelové sportovní haly TJ Jiskra. Leden 2019.



Obrázek 2.3: Foto plynových zářičů, závěsů a kopilitových desek sportovní haly TJ Jiskra. Leden 2019.

■ Vytíženost sportovní haly

Vytíženost této sportovní haly v zimním období je ve všedních dnech především v odpoledních a večerních hodinách a o víkendech celý den, v letním období potom výrazně menší.

Varianty nastíněné v následujících kapitolách kritické analýzy se tedy budou vztahovat na sportovní halu jako takovou. Přesný rozbor současného stavu je možno najít v kapitole 3.

■ 2.2.2 Legislativa a možnosti dotačního titulu

Provozovatelem a majitelem je Tělovýchovná jednota, což je nezisková organizace typu spolek. Ta je podle [36] sekce B.6.5.1.2 oprávněna žádat o podporu v Operačním programu Životního prostředí (dále jen OPŽP).

■ Princip dotačního titulu

Dotační titul je obecně závislý na tom, kdo je žadatelem. Zda se jedná o fyzickou osobu, právnickou osobu, podnikatele etc. Dále záleží na tom, zda se jedná o bytový, nebytový dům, školu etc. Od těchto vstupů se potom odvíjí dotační titul jako takový a požadavky na energetickou optimalizaci. Pro klienta je tedy možné žádat o podporu v OPŽP. Není ovšem možné žádat o podporu v programu Nová zelená úsporám. A to z toho důvodu, že Nová zelená úsporám je program zaměřený na rodinné a bytové domy, nikoli na tělocvičny.

Výhodou dotačního titulu OPŽP je, že se nejedná o bodový systém. Princip tedy není založen na tom, že každý přihlášený projekt získá určitý počet bodů, potom se projekty seřadí a nějaká část jich zůstane pod čarou a na dotaci nedosáhne. Princip spočívá v tom, že kdo splní požadavky, ten dotaci dostane. Dále je nové kolo dotačního titulu otevřeno od dubna 2019 do února 2020. Mohlo by se tedy zdát, že pro případnou realizaci navržených energetických úspor pro tuto budovu je otevřeno okno příležitosti získání dotace. Reálně by ovšem bylo k přípravě potřeba více času.

Zároveň, jelikož dotační titul OPŽP operuje s reálnou úsporou reálné budovy, je v podstatě nutné nejdříve do haly a ostatních přilehlých budov nainstalovat měření spotřebovaných energií jednotlivých sekcí. To z toho důvodu, aby bylo možno zjistit po roce po provedení úsporných opatření, jestli k úspoře reálně došlo. V opačném případě by musel majitel vrátet určitou část dotace. Rozdělení energetických vstupů pro tuto diplomovou práci je potom popsáno v kapitole 3.

■ Analýza možnosti dotace a požadavků na rekonstrukci

Shrnutí této kapitoly pro tuto konkrétní sportovní halu je potom možno vidět v kapitole 5 na obrázku 5.1.

Majitel objektu (TJ) je v podávání žádostí o dotace znalý. Dotace je zároveň potenciálně ekonomicky výhodná. Z tohoto pohledu je vhodné rovnou vytvořit variantu, která cílí na dotaci. Viz sekce 2.2.4.

Možnost dotace se odvíjí od současného stavu budovy. Pokud by tedy

hypoteticky nejdříve proběhla menší rekonstrukce bez dotace a až potom by chtěl klient na danou dotaci dosáhnout, nemuselo by se mu to podařit. A to proto, že současný stav budovy by se už mezitím změnil, resp. z dotačního pohledu zlepšil. Na požadovanou dotaci už by tedy nemuselo být možné dosáhnout. Z tohoto plyne, že na dotaci, která bere v potaz budovu jako celek, se tedy v podstatě nedá cílit postupně (vyplývá z podmínek na obrázku 2.4 a dále v textu). Toto je zohledněno při tvorbě variant.

Forma a výše podpory se odvíjí od typu podporovaných projektů a aktivit. 1) na obrázku 2.4 znamená; cituji: „Je možné získat bonifikaci ve výši 5 % pro žadatele, kteří zrealizují celkové nebo dílčí energeticky úsporné renovace způsobilé pro podporu, energetický management a další úsporná opatření metodou EPC.“ [36]. Pokud se jedná o cituji: „Celkové nebo dílčí energeticky úsporné renovace veřejných budov, včetně projektu realizovaných metodou EPC.“ [36] str. 98, potom se maximální výše podpory pro běžné objekty odvíjí od dosažení sledovaných parametrů. To je možné vidět v [36] na straně 100 a na obrázku 2.4.

Metoda EPC se ovšem používá pouze u větších investic. Typicky v průmyslu, u nemocnic, administrativních budov. Tedy tam, kde má firma EPC jednoznačnou kontrolu nad tím, jak se daná budova větrá a vytápí. Např. u bytového domu je provedení EPC prakticky nemožné. Není v podstatě možné ohlídat, jak moc se v daném domě větrá etc. Totéž platí pro sportovní halu.

Vidíme tedy, že v případě, že bez započítání bonifikace se dostaneme na hodnoty dotace v rozmezí 35-50 %.

Výše podpory	%	35 ¹⁾	40 ¹⁾	50 ¹⁾
Sledovaný parametr	Jednotka			
Úspora celkové energie	%	≥ 20	≥ 40	≥ 60
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	-	≤ 0,9× $U_{em,R}$	≤ 0,80× $U_{em,R}$
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí objektu, na něž je žádána podpora (bez dveří, střešních oken a světlíků)	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,85× U_{rec}	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	
Součinitel prostupu tepla oken, na něž je žádána podpora	U_w [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,80× $U_{rec}^{2)}$		
Součinitel prostupu tepla dveří, střešních oken a světlíků, na něž je žádána podpora	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ $U_{rec}^{2)}$	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	

Obrázek 2.4: Maximální výše podpory pro běžné objekty odstupňovaná dle dosažených parametrů (výše se odvíjí ze způsobilých výdajů, nikoli z výdajů celkových). U_{rec} značí doporučené hodnoty, $U_{em,R}$ potom průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy pro referenční budovu [36].

Maximální výši podpory pro jednotlivé konkrétní projekty potom můžeme vidět v [36] a na obrázku 2.8. Zde je důležité si povšimnout, jak výrazně je dotováno nucené větrání s rekuperací. Jde tedy o 70 %, což je vzhledem k ostatním dotacím relativně vysoké číslo. Pro rekuperaci hrají i tepelné zisky většího množství sportovců (vytíženost haly je možné vidět v kapitole 3.4), popřípadě fanoušků (ve sportovní hale je ochoz se sedačkami). To potom činí rekuperaci v kombinaci s dotací atraktivní možností.

Maximální výše způsobilých výdajů podle dotačního titulu OPŽP.

Maximální výši podpory podle obrázku 2.4 je ovšem nutné zkorigovat na hodnoty pomocí specifických způsobilých výdajů (viz sekce B.6.5.1.5 v dotačním titulu OPŽP. Cituji: „*Za způsobilé výdaje jsou obecně považovány stavební práce, dodávky a služby bezprostředně související s předmětem podpory, zejména pak:*

- a) *stavební práce, dodávky a služby spojené se zlepšováním energetických vlastností obálky budov,*
- b) *stavební práce, dodávky a služby spojené s dalšími opatřeními majícími prokazatelně vliv na energetickou náročnost budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí,*
- c) *stavební práce, dodávky a služby spojené s realizací systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla,*
- d) *stavební práce, dodávky a služby spojené s realizací fotovoltaických systémů,*
- e) *stavební práce, dodávky a služby spojené s výměnou zdroje využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii za účinné zdroje využívající: biomasu, tepelná čerpadla, kondenzační kotle na zemní plyn, zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo chladu využívající obnovitelné zdroje nebo zemní plyn, fototerminické solární systémy,*
- f) *stavební práce, dodávky a služby spojené s výstavbou a rekonstrukcí teplovodní otopné soustavy,*
- g) *náklady na zkoušky nebo testy související s uváděním majetku do stavu způsobilého k užívání a k prokázání splnění technických parametrů, ovšem pouze v období do kolaudace (uvedení do trvalého provozu).*

“

V tomto případě nás podle uvažovaných variant z 2.2.4, 2.2.5, 2.2.6 zajímají omezení, která můžeme vidět v následujících tabulkách 2.5, 2.6, 2.7.

ZATEPLOVANÉ KONSTRUKCE	Kč bez DPH / m ² *
Obvodové stěny	3 335**
Ploché a šikmé střešní konstrukce	2 530**
Konstrukce k nevytápěným prostorům (půdám, suterénům, ostatním místnostem)	1 150**
Podlahy na zemině	2 875**
Výplně otvorů	8 050**

Obrázek 2.5: Maximální způsobilé výdaje v případě snižování spotřeby energie zlepšením energetických vlastností obálky budovy. [36]

Typ opatření	Kč bez DPH / (m ³ h ⁻¹)*
Systém nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla	460

* Výkon vzduchotechnické jednotky.

Obrázek 2.6: Maximální způsobilé výdaje u realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla. [36]

Typ opatření	Kč bez DPH / GJ*
Další opatření mající prokazatelně vliv na energetickou náročnost budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí	10 000

* Úspora dosažená realizací všech dalších opatření navržených v energetickém posudku

Obrázek 2.7: Maximální způsobilé výdaje spojené s dalšími opatřeními majícími prokazatelně vliv na energetickou náročnost budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí. [36]

Přímé způsobilé výdaje na projekt jsou potom omezeny i zdola, a to minimální hodnotou 100 000 Kč bez DPH.

Dalším poznatkem je, že rekuperace jde ruku v ruce se zateplením. Není tedy možné nainstalovat rekuperaci bez provedení zateplení. To se potom promítne do příslušných variant. Nemožnost instalace rekuperace bez zateplení vyplývá ze sekce B.6.5.1.4 Obecná kritéria přijatelnosti z [36], kde se v podsektci b) píše citují : „V případě realizace výměny zdroje tepla na vytápění, instalace fotovoltaického systému a instalace nuceného systému větrání s rekuperací musí budova splňovat minimálně požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,N}$ uvedenou v odst. 5.3 normy ČSN 730540-2 (znění říjen 2011).“ Aktivní větrání s rekuperací nám potom umožní vytvořit

příjemnější a „dýchatelnější“ prostředí uvnitř a zároveň zlepši energetickou náročnost budovy.

Typ projektu	Výše podpory (%)
Samostatná opatření výměny zdroje tepla s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii pro vytápění nebo přípravu teplé vody za kondenzační kotle na zemní plyn nebo zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla využívající obnovitelné zdroje nebo zemní plyn	40
Samostatná opatření výměny zdroje tepla s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii pro vytápění nebo přípravu teplé vody za účinné zdroje využívající biomasu, tepelná čerpadla, instalace solárně-termických kolektorů a fotovoltaického systému	60
Instalace fotovoltaického systému, realizovaná současně se systémem nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla ^{92,93}	70
Instalace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla ⁹³	70

Obrázek 2.8: Maximální výše podpory pro běžné objekty stanovena pro konkrétní typy projektů. [36]

Obecně pokud rekonstrukce zabere více jak 25 % obálky budovy (jde tedy o větší změnu obálky budovy, viz dále), musí budova splňovat průkaz energetické náročnosti budovy neboli PENB. V našem případě je tedy při žádosti o dotaci nezbytné PENB vyhotovit. Tzn. pro rekonstrukci $\geq 25\%$ musí vnější rekonstrukce splňovat minimální doporučené hodnoty podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. (Vyhláška o energetické náročnosti budov. Více dále.) z normy ČSN 730540-2:2011 (Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky). Tzn. přestože obecně jsou požadavky na dotaci podle OPŽP náročnější, než požadavky z vyhlášky č. 78/2013 Sb., stále je nutné požadavky korigovat podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. Je to proto, že některé dílčí požadavky mohou být náročnější ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. než požadavcích z OPŽP, kde se cílí spíše na parametry celkové (viz obr. 2.4).

Větší změna je definována v zákoně č. 406/2000 SB. v sekci základní pojmy. Definice potom zní cituji: „větší změnou dokončené budovy změna dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy“ [15]. Podle zákona 318/2012 je potom cituji „Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je povinen a) zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti (dále jen „průkaz“) při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov,“ [14]. Odtud tedy plyne nezbytnost vytvoření průkazu energetické náročnosti. Vzhledem k tomu, že ve všech nastíněných variantách v sekcích 2.2.4, 2.2.5, 2.2.6 je jako základní prvek výměna kopilitových desek, které zcela určitě pokrývají více než 25 % obálky budovy, týká se tedy požadavek zpracování průkazu energetické náročnosti všech variant.

Dalším požadavkem je cituji (viz sekce B.6.5.3.4; Obecná kritéria přijatelnosti v dotačním titulu OPŽP [36]): „Po realizaci projektu musí dojít k úspoře celkové energie min. o 20 % oproti původnímu stavu, u památkově chráněných a architektonicky cenných budov min. o 10 %. Do celkové energie nemusí být započítána spotřeba energie na technologické a ostatní procesy. Realizací projektu musí dojít k min. úspoře 20 % emisí CO₂ oproti původnímu stavu, u památkově chráněných a architektonicky cenných budov 10 %. Při výpočtu emisí je uvažováno s celkovou energií bez spotřeby energie na technologické a ostatní procesy“ Z této citace plyne, že je potřeba přepočítat model (nebo některé jeho části) vytvořen např. v programu Energie, tak aby odpovídal reálné spotřebě podle faktur v jednotlivých letech (Spotřeba v modelu normálně vychází i násobně větší, než reálně je. PENB totiž slouží primárně k tomu, aby se zatřídily budovy a zároveň měli srovnatelnou metodiku výpočtu. Tzn. spotřeby energie z PENB, při určitých klimatických podmínkách nemusí souhlasit s reálnými spotřebami energií. Více v podkapitole o PENB). Rok po realizaci projektu je totiž u tohoto dotačního titulu (OPŽP) nezbytné doložit úsporu, a to pomocí faktur za energie. Pokud by tedy byl model postaven na „nereálné“ spotřebě energií a klient by potom úspory podle faktur nedocílil, musel by vrátit určitou část dotace.

Hygienické minimum velikosti oken.

Dvě stěny, které jsou z velké části pokryty kopilitovými deskami se dají dozdít na hygienické minimum. Tzn. odstranit kopilitové desky, zbytek dozdít a zateplit a na plochu, která splňuje hygienické minimum potom dát okna s trojskly. Požadavek na okna je zásadní. Obvodová konstrukce musí být významně lepší než doporučená.

Situace požadavků na hygienické minimum je relativně komplikovaná. Hygienické minimum je definováno v normě ČSN 73 0580-3 (Denní osvětlení budov. Část 3: Denní osvětlení škol), kde se tato sportovní hala pravděpodobně posuzuje stejně jako tělocvična u školní budovy. Tzn. teoreticky by měly být dodrženy stejné požadavky na denní osvětlení. Zároveň ovšem do hry vstupuje ještě norma ČSN EN 1246-1 (Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory) a norma ČSN EN 17037 (Denní osvětlení budov, platí od 1.9.2019). Tato norma je velice přísná a reálně není možné její parametry dodržet.

Zároveň ovšem tato sportovní hala není místem trvalého pobytu (to je místo, kde člověk pobývá více jak 4 hodiny denně více jak dvakrát v týdnu), tzn., že jaké osvětlení bude vyžadováno, závisí na příslušné hygienické stanici. V této práci tedy není reálně možné určit minimum, na které se dá stěna s

kopilitem dozrát. Po konzultaci s odborníkem se ovšem dá říci, že 1/2 až 1/3 velikosti kopilit bude muset být zachována pro okna.

Korekce parametrů podle vyhlášky 78/2013 (vyhláška o energetické náročnosti budov).

Podle vyhlášky 78/2013 (viz [13]) § 6 odst. 2 je cituji: „2) *Požadavky na energetickou náročnost při větší změně dokončené budovy a při jiné než větší změně dokončené budovy, stanovené výpočtem na nákladově optimální úrovni, jsou splněny, pokud*

- a) hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy uvedených v § 3 odst. 1 písm. b) a e) nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu, nebo*
- b) hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy uvedených v § 3 odst. 1 písm. c) a e) nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu, nebo*
- c) hodnota ukazatele energetické náročnosti hodnocené budovy pro všechny měněné stavební prvky obálky budovy uvedeného v § 3 odst. 1 písm. f) není vyšší než referenční hodnota tohoto ukazatele energetické náročnosti uvedená v tabulce č. 2 přílohy č. 1 k této vyhlášce a současně hodnota ukazatele energetické náročnosti hodnocené budovy pro všechny měněné technické systémy uvedeného v § 3 odst. 1 písm. g) není nižší než referenční hodnota tohoto ukazatele energetické náročnosti uvedená v tabulce č. 3 přílohy č. 1 k této vyhlášce.*

“

Zmíněné ukazatele energetické náročnosti jsou potom: b) Neobnovitelná primární energie za rok. c) Celková dodaná energie za rok. e) Průměrný součinitel prostupu tepla. f) Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici. g) Účinnost technických systémů.

Referenční hodnoty budovy se potom v podstatě stanoví podle dokumentace a podle přílohy č. 1 k vyhlášce č. 78/2013 Sb. (více dále).

Průkaz energetické náročnosti budov (PENB) a energetický štítek obálky budovy.

PENB slouží k tomu (jak už bylo zmíněno výše), aby se zatřídily budovy a zároveň měly srovnatelnou metodiku výpočtu. Tzn. spotřeby energie z PENB nemusí souhlasit s reálnými spotřebami energií. Průkaz energetické náročnosti budov neboli zkráceně PENB je v podstatě obsahově rozšířenou obdobou energetických štítků obálky budovy.

Energetický štítek obálky budovy je vymezen stavebně technickou normou ČSN 73 0540-2, tepelná ochrana budov, Část 2: Požadavky. [4].

Energetických štítků nicméně existuje více typů. Štítky navíc vypadají podobně, ale vyjadřují rozdílné veličiny, což může být matoucí. U spotřebičů energie (lednička, pračka etc.) udává energetický štítek energetickou náročnost chodu spotřebiče. Energetický štítek obálky budovy (naš případ) potom pomocí odstupňování průměrného součinitele prostupu tepla udává míru hospodárnosti obálky budovy. Energetický štítek porovnává testovaný objekt s referenční budovou, což je jakási „průměrná budova“ (více dále). [4]

Vyhláška 78/2013. Sb. stanovuje kritéria, podle kterých by bylo možné porovnat jednotlivé budovy podle jejich tepelně-technických vlastností. Pomocí tohoto principu je stanoveno i PENB. V PENB jsou budovy rozděleny do jednotlivých tříd. Ty jsou potom reprezentovány pomocí písmen A - G. Průkaz při rozřazení do tříd pracuje s tzv. referenční budovou, což je podle ČSN 73 0540 – 2 (2011) – Tepelná ochrana budov - Část 2, Požadavky, citují: „virtuální budova stejných rozměrů a stejného prostorového uspořádání jako budova hodnocená, shodného účelu a shodného umístění, na jejíchž všech plochách obálky budovy jsou použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla právě odpovídajícími příslušné normové požadované hodnotě.“ [33]. Část PENB pro současný stav posuzované budovy je potom možné vidět na obrázku 3.21 a 3.22. [9], [10].



Obrázek 2.9: Klasifikační třídy.[30]

Korekce parametrů podle normy ČSN 73 0540/2 (Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky).

Požadavky na vytápění jsou definovány v ČSN 73 0331-1 (Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet - Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data, 2018) v tabulce B.26 parametrů pro vytápění a chlazení zóny. Pro sportovní zařízení; sportovní plochy je tu udána hodnota návrhové teploty vytápění 18°C . Jedná se o korekci součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540 - 2 [33]. Norma nám říká, že se součinitel prostupu tepla hodnotí dvěma způsoby současně. Pro jednotlivé konstrukce a pro budovy jako celek.

1. Pro jednotlivé konstrukce se jedná o cituji: „*Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu φ_1 % součinitel tepla U , ve $W/(m^{-2} \cdot K)$ takový, aby splňoval podmínku: $U \leq U_N$, kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla ve $W/(m^{-2} \cdot K)$*
Požadovaná hodnota U_N se stanoví: a) pro budovy s převažující návrhovou teplotou Θ_{im} v intervalu 18°C až 22°C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 3“ [33].
2. Pro budovu jako celek se jedná o cituji: „*Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} ve $W/(m^{-2} \cdot K)$, budovy nebo vytápěné zóny budovy musí splňovat podmínku $U_{em} \leq U_{em,N}$, kde $U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla ve $W/(m^{-2} \cdot K)$*
Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanoví: a) pro budovy s převažující návrhovou teplotou Θ_{im} v intervalu 18°C až 22°C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 5“ [33].

2.2.3 Předběžný návrh variant

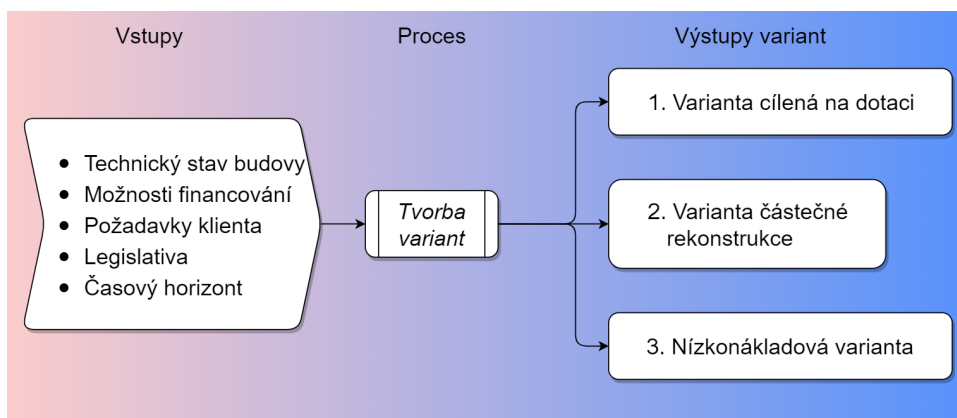
Návrh možných variant je proces, jehož vstupy a výstupy můžeme vidět na obrázku 2.10. Prvním parametrem je technický stav budovy a její energetické náročnosti (viz dále v kapitole 3). Přestože v této části práce ještě není vytvořen přesný energetický model, už jen z pohledu na budovu je zřejmé, že stav není optimální.

Dalším vstupem jsou možnosti financování, které by mohly připadat v úvahu. Vzhledem k povaze majitele, tedy tělovýchovné jednoty, je zřejmé, že by se na financování musela podílet další strana. To ve formě dotace (OPŽP)

a příspěvek města, nebo jenom příspěvek města, popř. nějaká jiná možnost. Důležité ovšem je, že v této fázi nikdo neví, jak by se tento projekt financoval. Je tedy vhodné vybrat varianty, které respektují tuto skutečnost. Takové varianty, ve kterých se projeví volnost pro případného investora. Rozhodl jsem se tedy varianty odstupňovat podle předpokládané finanční náročnosti. Zároveň varianty respektují i vstup v podobě časového horizontu. Zatímco dotační titul OPŽP neumožňuje provádět rekonstrukci po částech, v případě jiného způsobu financování, by mohlo jít o vhodnou formu.

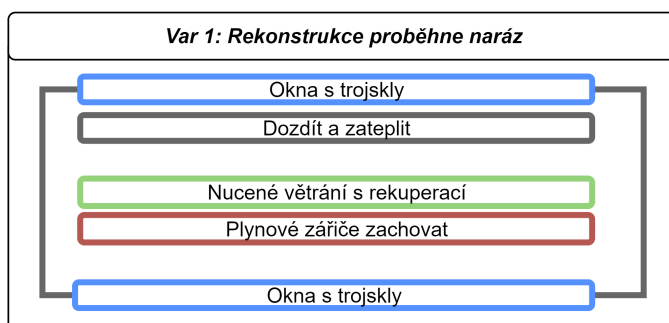
První varianta (var 1) je tedy kapitálově nejintenzivnější. Vstupuje do ní dotace (legislativní vstup). To, že do ní vstupuje dotace s sebou nese i fakt, že by měla být velmi energeticky optimalizační. Toto je vidět v kapitole zabývající se dotačním titulem OPŽP. Ten je totiž zaměřen na výrazné zlepšení energetického stavu budovy.

Další varianty potom vznikly postupnou degradací varianty nejvyšší (var 1). Co je v dalších variantách (var 2 a var 3) ovšem vždy zachováno, je odstranění kopilit, jako velice špatného izolačního materiálu a náhrada za dozdění a okna s trojskly. Ve všech variantách jsou také zachovány plynové zářiče, a to proto, že tento typ topení je velmi efektivní a zároveň ani v dotační variantě (var 1) není poskytována podpora na výměnu plynového topení za cokoli jiného. Nucené větrání s rekuperací je použito nikoli pouze z důvodu vysoké dotační podpory a relativně velkých možných energetických úspor. Tento typ větrání také velice zvyšuje komfort uvnitř haly, která se při větší aktivitě (zápasy etc.) není v zimě okny schopná dostatečně rychle vyvětrat.



Obrázek 2.10: Vstupy a výstupy tvorby variant.

2.2.4 Varianta s cílem dosažení na dotaci (var 1)



Obrázek 2.11: Varianta 1 cílená na dotaci. Rekonstrukce proběhne najednou. Okna by byla na dvou stěnách, to je naznačeno na dvou stranách tohoto obrázku.

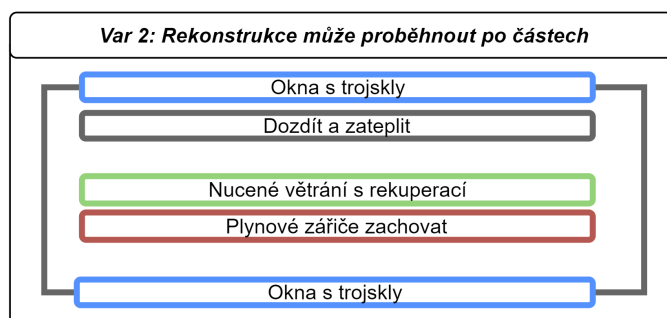
U varianty 1 cílím na dotaci. Zároveň se jedná o nejvíce investičně intenzivní variantu. Velká část této částky by ovšem byla kryta dotací. Zbytek by mohl být zafinancován TJ, resp. městem.

V této variantě je tedy budova co možná nejvíce energeticky optimalizovaná. Jako dobrá kombinace se mi jeví použití aktivního větrání s rekuperací, dozdění části kopilit a zateplení budovy a instalace oken s trojskly do zbylé nezazděné části.

Tepelný zdroj v podobě plynových zářičů navrhuji zachovat. Na výměnu by se totiž nevztahovala dotace a o odvod škodlivých NO_x se postará systém nuceného větrání s rekuperací. Větrání s rekuperací se také postará o lepší komfort uvnitř tělocvičny a zároveň zachová část tepelných zisků od sportovců, popř. diváků.

Okna s trojskly by zabírala cca 1/3 stěny a zbytek navrhuji dozdít (reálnou část, kterou je potřeba dozdít je ovšem ještě prokonzultovat s odborníkem a stejně tak zkorigovat podle požadavků místní hygienické stanice).

2.2.5 Varianta částečné rekonstrukce (var 2)



Obrázek 2.12: Varianta částečné rekonstrukce. Bez dotace. Rekonstrukce může proběhnout po částech. Okna by byla na dvou stěnách, to je naznačeno na dvou stranách tohoto obrázku.

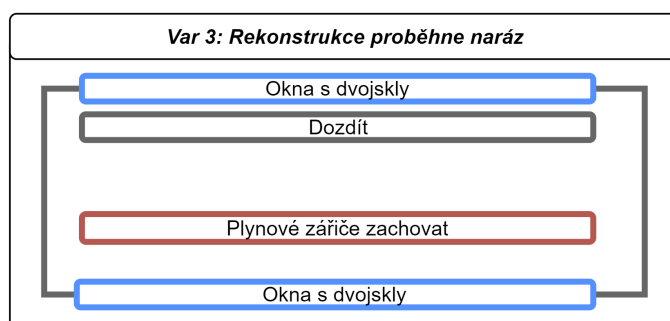
Méně investičně (v jeden rok) intenzivní cestou jde varianta 2 částečné rekonstrukce. Zde uvažuji, že by probíhala po částech podle toho, jak by TJ postupně získávala zdroje financování.

U této varianty necílím na dotaci. Jedná se o investičně středně intenzivní variantu. Financování by probíhalo pouze za účasti TJ a např. města. Varianta je podobná variantě s cílem na dotaci (viz 2.2.4), s tím rozdílem, že tuto variantu jde provést po částech.

Pro tuto variantu navrhuji tedy zachování současného tepelného zdroje v podobě plynových záříčů a nainstalování prvku aktivního větrání s rekuperací. Dále navrhuji nainstalovat okna s trojskly a zbytek dozdít a zateplit.

Výhodou tohoto postupu bez dotace je, že se dá dělat po částech. Nejdříve se dají odstranit kopilitové desky, zbytek dozdít a osadit okna. To je totiž pravděpodobně největší tepelná ztráta. To proto, že kopilit jako takový neposkytuje dostatečnou tepelnou izolaci, a mezi jednotlivými panely dokonce profukuje (ty tedy netěsní). Dále by bylo možné pokračovat navrhovaným zateplením a větráním s rekuperací.

2.2.6 Nízkonákladová varianta (var 3)



Obrázek 2.13: Nízkonákladová varianta. Bez dotace. Rekonstrukce proběhne najednou. Okna by byla na dvou stěnách, to je naznačeno na dvou stranách tohoto obrázku.

U varianty 3 také necílím na dotaci. Jedná se o investičně nejméně intenzivní variantu. Zároveň se jedná o variantu s nejmenší energetickou optimalizací. Financování by probíhalo pouze za TJ klienta a např. města (jako v předchozí variantě). Rekonstrukce by proběhla najednou.

Navrhuji pouze řešení nejpalcivějšího problému, tedy výměnu kopilitových desek za okna s trojskly a dozdění co nejlíže k povolenému hygienickému standartu.

Kapitola 3

Analýza stávajícího stavu

Tato kapitola navazuje na základní popis v kapitole 2.2.1.

3.1 Energetické vstupy za časový úsek 3 let

V této kapitole je potřeba zdůraznit, že vstupní hodnoty z faktur jsou nejen pro sportovní halu jako takovou, ale i pro přilehlé budovy. To je zapříčiněno společným elektroměrem a plynoměrem a absencí jakéhokoliv dalšího podružného měření spotřeby jednotlivých sekcí objektů. V podkapitolách 3.1.2 a 3.1.3 byla tedy provedena korekce spotřebované energie, resp. její redistribuce na samotnou sportovní halu a přilehlé objekty.

3.1.1 Sběr dat a jejich zpracování

Přestože se vytvoření grafů 3.2 a 3.5 může zdát triviální záležitostí, opak je pravdou. Chybělo mi několik faktur za energii, a bylo tedy nutno dopočítat období bez vyúčtování. Toho jsem dosáhl „zalgoritmizováním“ faktur, kdy stačí do Excelu doplnit pouze základní hodnoty a zbytek se dopočítává sám. Zároveň se střídali poskytovatelé energií a faktury byly o to více nečitelné. Největší překážkou se ovšem ukázalo nerovnoměrné rozúčtování plynu (a v jednom měsíci i elektřiny). Tzn., že fakturace byla prováděna v různě dlouhých obdobích, nikoli po měsících (taková data označuji za nepřepočtená). Graf vytvořený z takovýchto hodnot by potom měl zavádějící vypovídající hodnotu, kdy by plocha pod křivkou neodpovídala skutečné zobrazované hodnotě (ať už peněžní nebo energetické). Hodnoty jsem tedy rozdistribuoval po jednotlivých měsících. Zároveň jsem provedl korekci vstupních hodnot pouze na sportovní halu jako takovou.

■ 3.1.2 Vstupy elektrické energie

V objektu je jistič na 3x160 A. Tento jistič, (tedy i elektrické vstupy), ovšem není pouze pro halu jako takovou, ale i pro přilehlé budovy, kde se nachází další sportovní zázemí. Totéž platí i pro plynové vstupy. U elektřiny je v současné době tarif sazby C02d. Jedná se tedy o jednotarifovou sazbu pro střední spotřebu podle distribučních tarifů ČEZ distribuce (více zde [19]).

Na obrázku v tabulce 3.1 a na obrázku 3.2 můžeme vidět hodnoty odběru elektrické energie a jejich příslušné finanční ohodnocení podle faktur. Na přelomu dubna a května roku 2017 byly do haly nainstalovány nové LED lampy, které značně snížily spotřebu elektrické energie. Více v kapitole 3.3. Pokud se zaměříme pouze na roky 2016 a 2018, tedy na roky, kde neprobíhal přechod na LED lampy, všimneme si, že spotřeba elektrické energie klesla v podstatě na polovinu. Cena klesla na méně než polovinu, což ovšem není dáno spotřebou, ale mírným nárůstem cen jako takových. Průměrná cena ať už variabilní či celková je potom v jednotlivých letech relativně vysoká.

Na grafu na obrázku 3.2 vidíme potom vykreslenou cenu, resp. platbu za elektrickou energii, a to ve fixní a variabilní složce se započítanou DPH. Dále je zde vidět spotřeba elektrické energie v kWh. Můžeme si všimnout, že i zde je při porovnání let 2016 a 2018 značný pokles spotřeby elektrické energie, a tedy i plateb. Trend teploty má za úkol pouze dokreslit celkový obrázek spotřeby. Sportovní haly jsou totiž za příznivých venkovních teplot využívány podstatně méně, především pokud jsou v blízkosti venkovní kurty (což v tomto případě jsou). Aby se teplota dala vykreslit do grafu, přenásobil jsem ji faktorem (hodnotou) 100. Nejedná se tedy o absolutní hodnoty teploty, ale pouze o trend.

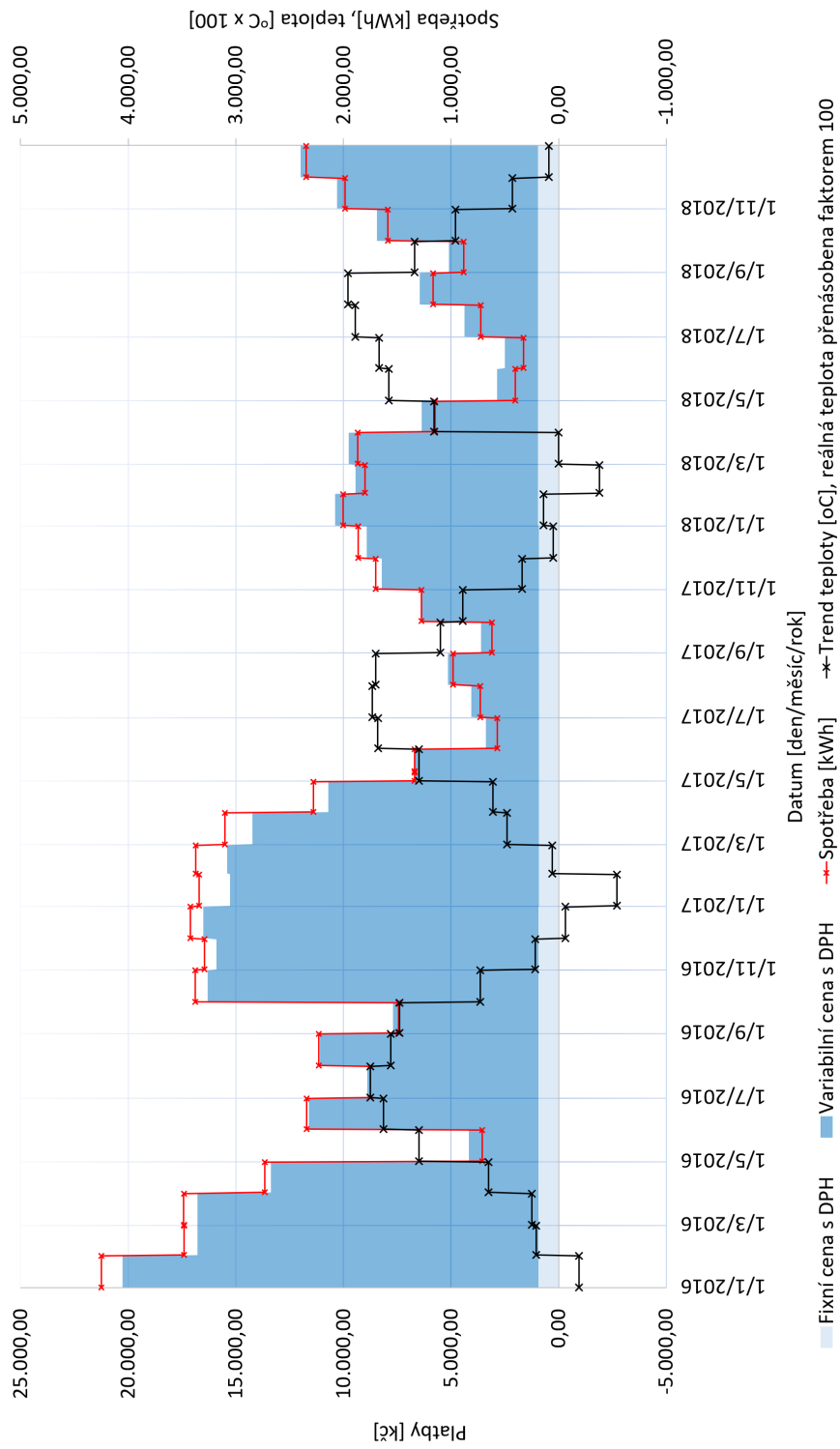
■ Korekce vstupu elektrické energie na samotný objekt sportovní haly

V tabulce na obrázku 3.3 můžeme vidět hodnoty spotřeby elektrické energie před korekcí, tedy pro halu a přilehlé budovy, tak jak do úlohy vstupují z faktur za elektrickou energii, a jak je můžeme vidět v tabulce na obrázku 3.1 a v grafu na obrázku 3.2. Také zde ovšem můžeme vidět hodnoty po korekci, tedy hodnoty spotřeby elektrické energie pro samostatnou sportovní halu.

3.1. Energetické vstupy za časový úsek 3 let

Rok	Období		Dodané množství elektriny [MWh]	Spotřeba elektriny [kWh]	Cena bez DPH				Cena s DPH				Suma roční spotřeby [kWh]	Suma roční ceny s DPH [kč]	
	Od	Do			Regulované platby [kč]	Obchodní cena za silovou elektřinu [kč]	Celkem [kč]	Fixní cena [kč]	Variabilní cena [kč]	Regulované platby [kč]	Obchodní cena za silovou elektřinu [kč]	Celkem [kč]			Fixní cena [kč]
2016	1/1/2016	31/1/2016	4.247	4.247	12.028,81	4.714,48	16.743,29	779,58	15.963,71	14.554,86	5.704,52	20.259,38	943,29	19.316,09	Průměrná celková variabilní cena s DPH [kč/kWh]
	1/2/2016	29/2/2016	3.481	3.481	9.990,95	3.873,18	13.864,03	779,58	13.084,45	12.088,93	4.686,55	16.775,48	943,29	15.832,19	
	1/3/2016	31/3/2016	3.483	3.483	9.996,17	3.875,38	13.871,55	779,58	13.091,97	12.095,37	4.689,21	16.784,58	943,29	15.841,28	
	1/4/2016	30/4/2016	2.731	2.731	7.995,46	3.049,46	11.044,92	779,58	10.265,34	9.674,51	3.689,84	13.364,35	943,29	12.421,06	
	1/5/2016	31/5/2016	710	0,710	2.618,55	829,79	3.448,34	779,58	2.668,76	3.168,44	1.004,05	4.172,49	943,29	3.229,20	
	1/6/2016	30/6/2016	2.343	2,343	6.963,18	2.623,32	9.586,50	779,58	8.806,92	8.425,45	3.174,21	11.599,66	943,29	10.656,37	
	1/7/2016	31/7/2016	1.750	1,750	5.385,49	1.972,03	7.357,52	779,58	6.577,94	6.516,44	2.386,15	8.902,59	943,29	7.959,30	
	1/8/2016	31/8/2016	2.229	2,229	6.659,88	2.498,11	9.157,99	779,58	8.378,41	8.058,45	3.022,71	11.081,17	943,29	10.137,88	
	1/9/2016	30/9/2016	1.487	1,487	4.685,77	1.683,17	6.368,95	779,58	5.589,37	5.669,79	2.036,64	7.706,42	943,29	6.763,13	
	1/10/2016	31/10/2016	3.376	3,376	9.711,50	3.757,86	13.469,36	779,58	12.689,78	11.750,91	4.547,01	16.297,92	943,29	15.354,63	
	1/11/2016	30/11/2016	3.290	3,290	9.482,69	3.663,41	13.146,10	779,58	12.366,52	11.474,06	4.432,72	15.906,78	943,29	14.963,49	
	1/12/2016	31/12/2016	3.421	3,421	9.831,22	3.807,28	13.638,50	779,58	12.858,92	11.895,77	4.606,81	16.502,59	943,29	15.559,30	
2017	1/1/2017	31/1/2017	3.339	3,339	9.493,72	3.116,20	12.609,93	769,90	11.840,03	11.487,41	3.770,61	15.258,01	931,58	14.326,43	Průměrná celková variabilní cena s DPH [kč/kWh]
	1/2/2017	28/2/2017	3.371	3,371	9.577,81	3.145,59	12.723,40	769,90	11.953,50	11.589,15	3.806,16	15.395,31	931,58	14.463,73	
	1/3/2017	31/3/2017	3.099	3,099	8.863,08	2.895,81	11.758,89	769,90	10.988,99	10.724,33	3.503,93	14.228,26	931,58	13.296,68	
	1/4/2017	30/4/2017	2.278	2,278	6.705,76	2.141,89	8.847,64	769,90	8.077,74	8.113,96	2.591,68	10.705,65	931,58	9.774,07	
	1/5/2017	9/5/2017	484	0,484	1.480,80	458,97	1.939,77	223,52	1.716,25	1.791,77	555,36	2.347,13	270,46	2.076,67	
	10/5/2017	31/5/2017	856	0,856	2.760,19	821,55	3.581,74	546,38	3.035,36	3.399,83	994,07	4.339,90	661,12	3.672,78	
	1/6/2017	30/6/2017	571	0,571	2.220,31	574,35	2.794,65	769,90	2.024,75	2.686,57	694,96	3.381,53	931,58	2.449,95	
	1/7/2017	31/7/2017	730	0,730	2.638,11	720,36	3.358,47	769,90	2.588,57	3.192,11	871,63	4.063,74	931,58	3.132,16	
	1/8/2017	31/8/2017	981	0,981	3.297,65	950,85	4.248,51	769,90	3.478,61	3.990,16	1.150,53	5.140,69	931,58	4.209,11	
	1/9/2017	30/9/2017	622	0,622	2.354,32	621,18	2.975,50	769,90	2.205,60	2.848,72	751,63	3.600,35	931,58	2.668,78	
	1/10/2017	31/10/2017	1.275	1,275	4.070,19	1.220,83	5.291,02	769,90	4.521,12	4.924,93	1.477,21	6.402,14	931,58	5.470,56	
	1/11/2017	30/11/2017	1.700	1,700	5.186,96	1.611,11	6.798,07	769,90	6.028,17	6.276,22	1.949,44	8.225,66	931,58	7.294,08	
1/12/2017	31/12/2017	1.861	1,861	5.610,01	1.758,96	7.368,97	769,90	6.599,07	6.788,12	2.128,34	8.916,45	931,58	7.984,87		
2018	1/1/2018	31/1/2018	2.005	2,005	6.225,92	2.362,37	8.588,29	804,40	7.783,89	7.533,37	2.858,46	10.391,83	973,32	9.418,51	Průměrná celková variabilní cena s DPH [kč/kWh]
	1/2/2018	28/2/2018	1.801	1,801	5.669,22	2.127,09	7.796,31	804,40	6.991,91	6.859,76	2.573,78	9.433,54	973,32	8.460,22	
	1/3/2018	31/3/2018	1.868	1,868	5.852,06	2.204,36	8.056,42	804,40	7.252,02	7.080,99	2.667,28	9.748,27	973,32	8.774,95	
	1/4/2018	30/4/2018	1.148	1,148	3.887,22	1.373,99	5.261,21	804,40	4.456,81	4.703,54	1.662,53	6.366,07	973,32	5.392,74	
	1/5/2018	31/5/2018	402	0,402	1.851,43	513,63	2.365,06	804,40	1.560,66	2.240,23	621,49	2.861,72	973,32	1.888,40	
	1/6/2018	30/6/2018	325	0,325	1.641,31	424,82	2.066,13	804,40	1.261,73	1.985,98	514,04	2.500,01	973,32	1.526,69	
	1/7/2018	31/7/2018	725	0,725	2.732,88	886,14	3.619,02	804,40	2.814,62	3.306,79	1.072,23	4.379,02	973,32	3.405,70	
	1/8/2018	31/8/2018	1.166	1,166	3.936,34	1.394,75	5.331,09	804,40	4.526,69	4.762,98	1.687,64	6.450,62	973,32	5.477,30	
	1/9/2018	30/9/2018	881	0,881	3.158,60	1.066,06	4.224,65	804,40	3.420,25	3.821,90	1.289,93	5.111,83	973,32	4.138,51	
	1/10/2018	31/10/2018	1.589	1,589	5.090,69	1.882,59	6.973,28	804,40	6.168,88	6.159,73	2.277,94	8.437,67	973,32	7.464,34	
	1/11/2018	30/11/2018	1.985	1,985	6.171,35	2.339,30	8.510,65	804,40	7.706,25	7.467,33	2.830,55	10.297,88	973,32	9.324,56	
	1/12/2018	31/12/2018	2.347	2,347	7.159,22	2.756,80	9.916,02	804,40	9.111,62	8.662,66	3.335,72	11.998,38	973,32	11.025,06	
													4,55	4,99	
													32.548	159.353	
													4,29	5,04	
													21.167	101.999	
													4,70	5,75	
													16.242	87.977	

Obrazek 3.1: Hodnoty odběru elektrické energie haaly a přilehlých budov (tedy bez korekce, více v 3.1.2) za roku 2016, 2017, 2018



Obrázek 3.2: Vizualizace hodnot spotřeby elektrické energie haly a přílehlých budov (tedy bez korekce, více v 3.1.2) podle tabulky na obrázku 3.1. Trend teploty je potom reálná teplota přenosobena číslem (faktorem) 100. To z důvodu vložení třetí veličiny s rozdílnou jednotkou do grafu.

Typ svítidla	Název svítidla	Rok	Celkový instalovaný výkon osvětlení na celou halu [W]	Spotřeba před korekcí		Spotřeba po korekci		Zbytková spotřeba přilehlých budov (mimo halu) [kWh]
				Celková spotřeba haly a přilehlých budov [kWh]	Počet sektorohodin [sekt*hod]	Počet hodin na celou halu (3 sektory) [hod]	Instal. výkon osvětlení * 3 * počet sektorohodin [kWh]	
Staré výbojkové osvětlení	Metasport DSS 400.20	2016	25.000	32.548	2.584	861	21.535	11.013
Nová LED svítidla	Appled new tuna	2018	4.950	16.242	2.303	768	3.799	12.443
Poměr hodnot v letech 2016/2018			5,1	2,0			5,7	0,9

Obrázek 3.3: Tabulka shrnutí postupu korekce původních celkových hodnot spotřeby elektrické energie celého komplexu (viz 3.1) na spotřebu pouze haly jako takové.

Metoda korekce spotřeby elektrické energie.

Metoda vychází z předpokladu korelace používání osvětlení a používání hracích ploch. To je založeno na tom, že z důvodu velkého rozměru kopilitových desek a možnosti oslňování hráčů sluncem z jihozápadu (viz obr. 3.15) jsou na jedné straně haly permanentně zataženy závěsy. Bez umělého nasvícení je tedy i ve dne na hracích plochách přílišná tma. Obsazenost dané haly můžeme potom vidět v podkapitole 3.4. Z této kapitoly potom dostaneme tzv. počet sektorohodin v daném roce. Sektorohodina je časová jednotka používání daného sektoru haly. Jsou zde 3 hřiště, tedy 3 sektory. Počet sektorohodin v roce 2018 je potom navýšen o červencové sektorohodiny z roku 2016. To proto, že v roce 2018 pro měsíc červenec chybí data.

Model je založen na rozdílu instalovaného výkonu osvětlení v letech 2016 a 2018 a na úpravě hodnot spotřeby na počet sektorohodin v daných letech. Kolonka poměr hodnot potom slouží jako jakási kontrola výsledků. Vidíme např. že poměr spotřeby před korekcí a po korekci jsou mírně rozdílné, což je podle počtu sektorohodin správně. Také si můžeme všimnout, že úspora haly a přilehlých budov v roce 2018 vůči roku 2016 je reprezentována poměrem 2. Tzn. podle těchto hodnot by úspora byla poloviční, což by ale nereprezentovalo poměr instalovaného výkonu, který je 5,1. U poměru zbytkové spotřeby můžeme vidět, že se v letech 2016 a 2018 výrazně neliší. To také pravděpodobně odpovídá realitě, protože hala je využívána v jednotlivých letech relativně stejně. Nové LED osvětlení je v hale možné tlumit podle potřeby (přestože nemám informace, že by k tomu docházelo), na druhou stranu se dá předpokládat, že světla budou rozsvícena mírně déle, než čemu odpovídá obsazenost haly. Uvažuji, že se tyto dva vstupy do vysoké míry pokrátí a v modelu s nimi nepočítám.

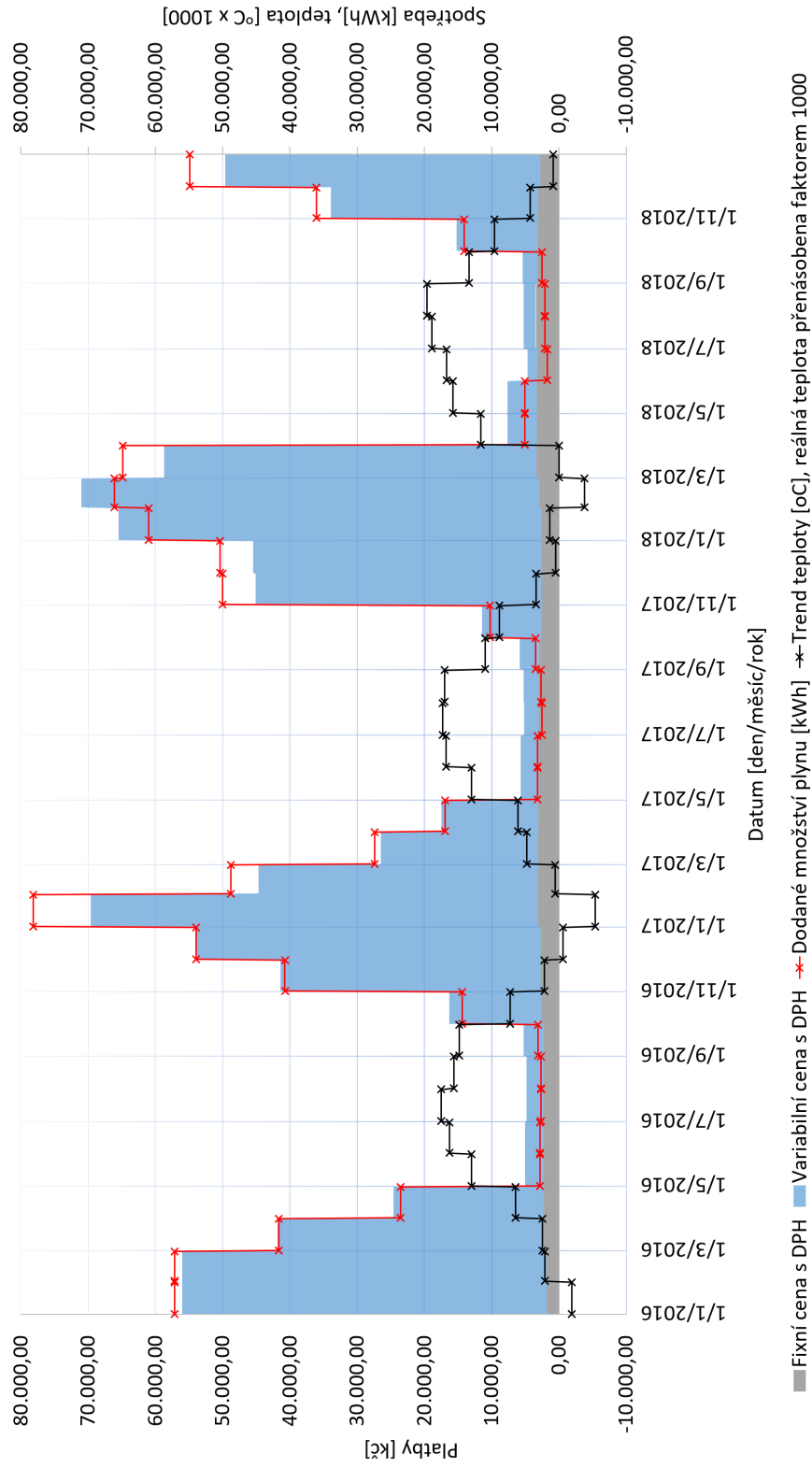
■ 3.1.3 Vstupy plynu

Na obrázku 3.4 můžeme vidět platby a spotřebu plynu v letech 2016 - 2018. Můžeme si povšimnout, že sumy roční hodnoty spotřeby se v podstatě mění velice málo. Suma ceny plynu potom mírně klesá (což ostatně odráží cenu plynu v jednotlivých letech). V tabulce na obrázku 3.4 se jedná o nepřečtené hodnoty, tedy hodnoty, které stojí ve fakturách a nejsou tedy za stejné časové úseky. Naproti tomu v grafu na obrázku 3.5 už se jedná o hodnoty přečtené. Takové hodnoty totiž lépe vystihují danou situaci, kdy plocha pod křivkou odpovídá velikosti vstupních dat (více v podkapitole 3.1.1). Podobně jako u elektrických vstupů jsou faktury, a tedy i údaje pro plyn nejen pro sportovní halu ale i pro přidružené budovy se zázemím.

3.1. Energetické vstupy za časový úsek 3 let

Rok	Období		Spotřeba [m ³]	Dodané množství plynu [kWh]	Cena bez DPH				Cena s DPH				Suma roční spotřeby [kWh]	Suma roční ceny s DPH [Kč]				
	Od	Do			Regulované platby [Kč]	Zemní plyn a ostatní služby dodávky [Kč]	Celkem [Kč]	Fixní cena [Kč]	Variabilní cena [Kč]	Regulované platby s DPH [Kč]	Zemní plyn a ostatní služby dodávky [Kč]	Celkem [Kč]			Fixní cena [Kč]	Variabilní cena [Kč]		
2016	1/1/2016	29/2/2016	10.686	114.282,64	17.139,33	75.495,11	92.634,45	3.042,57	89.591,88	20.738,59	91.334,09	112.087,68	3.681,51	108.406,17	Průměrná variabilní cena s DPH [Kč/kWh] 0,95 1,26 302.747 315.268			
	1/3/2016	31/3/2016	3.865	41.679,93	7.059,36	27.533,76	34.593,12	1.918,14	32.674,98	8.541,82	33.315,85	41.857,67	2.320,95	39.536,72				
	1/4/2016	30/4/2016	2.182	23.530,56	4.820,63	15.544,29	20.364,92	1.918,14	18.446,78	5.832,97	18.808,59	24.641,55	2.320,95	22.320,60				
	1/5/2016	30/6/2016	532	5.737,06	4.543,96	3.789,90	8.333,85	3.836,29	4.497,56	5.498,19	4.585,78	10.083,96	4.641,91	5.442,05				
	1/7/2016	31/8/2016	494	5.327,32	4.493,41	3.519,23	8.012,64	3.836,29	4.176,35	5.437,03	4.258,26	9.695,29	4.641,91	5.053,38				
	1/9/2016	30/9/2016	291	3.138,16	2.305,23	2.073,07	4.378,30	1.918,14	2.460,16	2.789,33	2.508,41	5.297,74	2.320,95	2.976,79				
	1/10/2016	13/10/2016	438	4.704,30	1.471,83	3.107,66	4.579,49	891,56	3.687,93	1.780,92	7.737,71	10.775,80	1.593,28	9.182,52				
	14/10/2016	31/10/2016	902	9.680,29	2.510,82	6.394,80	8.905,62	1.316,76	7.588,86	3.038,10	7.737,71	10.775,80	1.593,28	9.182,52				
	1/11/2016	30/11/2016	3.797	40.749,50	7.294,21	26.919,12	34.213,33	2.267,76	31.945,57	8.826,00	32.572,14	41.398,13	2.743,99	38.654,14				
	1/12/2016	31/12/2016	5.024	53.917,70	8.918,51	35.618,03	44.536,54	2.267,76	42.268,78	10.791,39	43.097,82	53.889,21	2.743,99	51.145,22				
	1/1/2017	31/1/2017	7.275	78.155,76	12.168,39	45.349,08	57.517,47	2.600,54	54.916,92	14.723,75	54.872,38	69.596,14	3.146,66	66.449,48				
	1/2/2017	28/2/2017	4.526	48.804,12	8.555,30	28.336,87	36.892,17	2.610,20	34.281,96	10.351,92	34.287,61	44.639,52	3.158,35	41.481,18				
1/3/2017	31/3/2017	2.544	27.432,10	5.929,96	15.949,64	21.879,61	2.610,20	19.269,40	7.175,26	19.299,07	26.474,32	3.158,35	23.315,98					
1/4/2017	30/4/2017	1.571	16.945,14	4.603,10	9.871,40	14.474,50	2.571,56	11.902,94	5.569,75	11.944,40	17.514,15	3.111,59	14.402,56					
1/5/2017	30/6/2017	590	6.357,79	5.669,53	3.784,98	9.454,51	4.988,54	4.465,97	6.860,13	4.579,82	11.439,95	6.036,14	5.403,82					
1/7/2017	31/7/2017	239	2.574,41	2.741,19	1.542,13	4.283,31	2.474,95	1.808,37	3.316,84	1.865,97	5.182,81	2.994,69	2.188,12					
1/8/2017	31/8/2017	251	2.703,08	2.747,33	1.616,71	4.364,04	2.465,29	1.898,75	3.324,27	1.956,21	5.280,49	2.983,00	2.297,49					
1/9/2017	10/9/2017	81	872,16	892,90	522,17	1.415,07	802,43	612,64	1.080,41	631,83	1.712,24	970,94	741,30					
11/9/2017	30/9/2017	243	2.616,49	1.892,96	1.549,85	3.442,81	1.604,89	1.837,92	2.290,49	1.875,32	4.165,80	1.941,92	2.223,89					
1/10/2017	9/10/2017	165	1.776,54	894,19	1.044,20	1.938,39	690,48	1.247,91	1.081,97	1.263,48	2.345,45	835,48	1.509,98					
10/10/2017	31/10/2017	789	8.495,10	2.538,22	4.959,25	7.497,46	1.530,16	5.967,30	3.071,24	6.000,69	9.071,93	1.851,50	7.220,43					
1/11/2017	25/12/2017	8.388	90.321,43	14.917,16	52.440,62	67.357,78	3.912,39	63.445,38	18.049,76	63.453,15	81.502,91	4.734,00	76.768,92					
26/12/2017	31/12/2017	937	10.089,55	1.648,91	5.857,58	7.506,50	419,19	7.087,31	1.995,19	7.087,68	9.082,86	507,22	8.575,64					
1/1/2018	13/1/2018	1.882	20.265,25	3.432,70	14.725,22	18.157,93	908,35	17.249,58	4.153,57	17.817,52	21.971,09	1.099,10	20.871,99					
14/1/2018	31/1/2018	3.782	40.724,33	6.343,57	29.578,31	35.921,88	1.257,74	34.664,14	7.675,71	35.789,76	43.465,47	1.521,86	41.943,61					
1/2/2018	28/2/2018	6.144	66.114,21	10.671,16	48.021,97	58.693,13	2.417,37	56.275,76	12.912,10	58.106,59	71.018,69	2.925,02	68.093,67					
1/3/2018	31/3/2018	6.050	64.875,92	10.873,24	37.652,08	48.525,32	2.775,47	45.749,85	13.156,62	45.559,02	58.715,64	3.358,32	55.357,32					
1/4/2018	31/5/2018	949	10.204,95	6.616,61	6.014,79	12.631,39	5.434,97	7.196,43	8.006,09	7.277,89	15.283,99	6.576,31	8.707,68					
1/6/2018	30/6/2018	165	1.770,53	2.822,19	1.076,20	3.898,39	2.649,83	1.248,56	3.414,85	1.302,20	4.717,05	3.206,29	1.510,76					
1/7/2018	31/8/2018	397	4.258,89	6.082,47	2.568,45	8.650,92	5.647,59	3.003,33	7.359,78	3.107,83	10.467,61	6.833,59	3.634,03					
1/9/2018	30/9/2018	238	2.553,45	2.959,18	1.529,98	4.489,16	2.688,49	1.800,67	3.580,60	1.851,28	5.431,88	3.253,07	2.178,81					
1/10/2018	9/10/2018	352	3.775,53	1.234,56	2.202,82	3.437,38	774,91	2.662,47	1.493,82	2.665,41	4.159,23	937,64	3.221,59					
10/10/2018	31/10/2018	966	10.361,26	3.118,88	6.040,87	9.159,75	1.853,10	7.306,66	3.773,85	7.309,46	11.083,30	2.242,24	8.841,06					
1/11/2018	30/11/2018	3.366	36.092,25	7.065,00	20.969,07	28.034,07	2.582,17	25.451,89	8.548,65	25.372,57	33.921,22	3.124,43	30.796,79					
1/12/2018	31/12/2018	5.121	54.900,75	9.146,88	31.870,47	41.017,35	2.301,90	38.715,46	11.067,73	38.563,27	49.631,00	2.785,29	46.845,70					
														0,85	1,33	297.144	288.009	
															0,90	1,41	315.897	329.866

Obrázek 3.4: Hodnoty odběru plynu byly a přílehlých budov (tedy bez korekce, více v 3.1.3) za roky 2016, 2017, 2018. Jedná se o nepřepočtené vstupní hodnoty (více v podkapitole 3.1.1).



Obrázek 3.5: Vizualizace hodnot plynu haly a přilehlých budov 3.1.3) podle tabulky na obrázku 3.4. Trend teploty je potom reálná teplota přenásobená čísle (faktorem) 1000. To z toho důvodu vložení třetí veličiny s rozdílnou jednotkou do grafu. Jedná se o přepočtené hodnoty (více v podkapitole 3.1.1).

Korekce vstupu plynu na samotný objekt sportovní haly

		Hodnoty PŘED "odříznutím" spotřeby na ohřev teplé vody pro přilehlé budovy				Hodnoty PO "odříznutím" spotřeby na ohřev teplé vody pro přilehlé budovy		Spotřeba haly po korekci pomocí objemu vzduchu v jednotlivých budovách	
od	do	Spotřeba [m ³]	Dodané množství plynu [kWh]	Průměrná teplota [°C]	Vytíženost haly v jednotlivých měsících	Spotřeba [m ³]	Dodané množství plynu [kWh]	Spotřeba [m ³]	Dodané množství plynu [kWh]
1/1/2016	31/1/2016	5.343	57.141	-1,9	302	5.019	53.653	4.138	44.231
1/2/2016	29/2/2016	5.343	57.141	2,1	266	5.019	53.653	4.138	44.231
1/3/2016	31/3/2016	3.865	41.680	2,5	335	3.541	38.191	2.919	31.485
1/4/2016	30/4/2016	2.182	23.531	6,5	161	1.858	20.042	1.532	16.522
1/5/2016	31/5/2016	266	2.869	13,0	104	0	0	0	0
1/6/2016	30/6/2016	266	2.869	16,3	80	0	0	0	0
1/7/2016	31/7/2016	247	2.664	17,5	72	0	0	0	0
1/8/2016	31/8/2016	247	2.664	15,6	147	0	0	0	0
1/9/2016	30/9/2016	291	3.138	14,8	147	0	0	0	0
1/10/2016	31/10/2016	1.340	14.385	7,3	241	1.016	10.896	838	8.983
1/11/2016	30/11/2016	3.797	40.750	2,2	552	3.473	37.261	2.863	30.718
1/12/2016	31/12/2016	5.024	53.918	-0,6	251	4.700	50.429	3.875	41.574
1/1/2017	31/1/2017	7.275	78.156	-5,4	272	6.951	74.667	5.730	61.555
1/2/2017	28/2/2017	4.526	48.804	0,6	365	4.202	45.315	3.464	37.358
1/3/2017	31/3/2017	2.544	27.432	4,8	308	2.220	23.943	1.830	19.739
1/4/2017	30/4/2017	1.571	16.945	6,1	138	1.247	13.456	1.028	11.093
1/5/2017	31/5/2017	295	3.179	13,0	93	0	0	0	0
1/6/2017	30/6/2017	295	3.179	16,8	72	0	0	0	0
1/7/2017	31/7/2017	239	2.574	17,3	72	0	0	0	0
1/8/2017	31/8/2017	251	2.703	17,0	26	0	0	0	0
1/9/2017	30/9/2017	324	3.489	11,0	26	0	0	0	0
1/10/2017	31/10/2017	954	10.272	8,9	185	630	6.783	519	5.592
1/11/2017	30/11/2017	4.643	49.999	3,4	312	4.319	46.511	3.561	38.343
1/12/2017	31/12/2017	4.682	50.412	0,5	277	4.358	46.923	3.592	38.683
1/1/2018	31/1/2018	5.664	60.990	1,4	302	5.340	57.501	4.402	47.404
1/2/2018	28/2/2018	6.144	66.114	-3,8	283	5.820	62.626	4.798	51.628
1/3/2018	31/3/2018	6.050	64.876	0,0	310	5.726	61.387	4.720	50.607
1/4/2018	30/4/2018	654	7.026	11,6	198	330	3.537	272	2.916
1/5/2018	31/5/2018	295	3.179	15,8	182	0	0	0	0
1/6/2018	30/6/2018	165	1.771	16,7	60	0	0	0	0
1/7/2018	31/7/2018	199	2.129	18,9	72	0	0	0	0
1/8/2018	31/8/2018	199	2.129	19,6	26	0	0	0	0
1/9/2018	30/9/2018	238	2.553	13,4	26	0	0	0	0
1/10/2018	31/10/2018	1.318	14.137	9,6	185	994	10.648	819	8.778
1/11/2018	30/11/2018	3.366	36.092	4,3	312	3.042	32.604	2.508	26.878
1/12/2018	31/12/2018	5.121	54.901	0,9	277	4.797	51.412	3.955	42.384
Legenda		V těchto měsících se netopí.				Suma rok 2016		20.302	217.743
						Suma rok 2017		19.725	235.068
						Suma rok 2018		21.475	228.194
		Objem vzduchu hala	13.444						
		Objem vzduchu ostatní	2.864						
								m ³	

Obrázek 3.6: Tabulka shrnutí postupu korekce původních hodnot spotřeby plynu celého komplexu na spotřebu pouze haly.

V tabulce na obrázku 3.6 můžeme vidět hodnoty spotřeby plynu před korekcí, tedy pro halu a přilehlé budovy, tak jak do úlohy vstupují z faktur za

elektrickou energii, jak je můžeme vidět v tabulce na obrázku 3.4 a v grafu na obrázku 3.5. Také zde ovšem můžeme vidět hodnoty po korekci, tedy hodnoty spotřeby plynu pro samostatnou sportovní halu. Ve sportovní hale je jako jediný plynový spotřebič plynové topení a v přilehlých budovách je potom plynové topení a ohřev teplé vody. Období vyznačené zelenou barvou, počítám jako období, ve kterém se netopí. Plně neodpovídá „vyhláškovému“ otopnému období, které je od 1. září do 31. května. Zde nás ovšem zajímá reálné vytápění. Je tedy počítáno s tím, že se ani v květnu netopí.

Metoda korekce spotřeby plynu.

Metoda vychází z několika předpokladů. Prvním je, že v 5. až 9. měsíci (včetně) nedochází k vytápění objektů. Jak si můžeme povšimnout, i hodnoty v grafu na obrázku 3.5 jsou v těchto měsících relativně podobné. Jediný rozdíl je v roce 2018 u 5. měsíce. To je ovšem zapříčiněno tím, že hodnota v roce 2018 pro 4. a 5. měsíc byla ve společném vyúčtování. Dalším předpokladem je, že obsazenost haly v podstatě nekoreluje se spotřebou (a tedy plynovým ohřevem) teplé vody (především do sprch) v jednotlivých měsících. To je vidět v tabulce na obrázku 3.6 např. na hodnotách z roku 2018 pro 7. a 8. měsíc, kdy při obsazenosti 26 a 72 sektorohodin je stejná spotřeba plynu, a tedy i teplé vody. Dalším předpokladem je, že vzhledem k tomu, že většina budov byla postavena najednou (ve stejném roce) podobnou metodou, je možné rozdělit spotřebu plynu podle objemu vzduchu v jednotlivých budovách. Posledním předpokladem je to, že objekty mají v podstatě totožný provoz. V ostatních budovách se netopí, pokud se v hale nehraje. Takováto metoda se jistě neřadí mezi nejpřesnější. Přesnější by bylo vytvořit energetický model i pro přilehlé budovy (mimo halu) a rozdělení spotřeby plynu provést porovnáním modelu haly a přilehlých budov. K takovému postupu jsem ovšem neměl dostatek dat. Postup dělení podle objemu tedy považuji za nejlepší ze všech špatných variant.

Pro vytíženost haly v měsících v 7. měsíci roku 2016 a 2017 mi chyběla data. Doplnil jsem je tedy pomocí hodnoty z roku 2018. Pro spotřebu, tedy i dodané množství plynu v roce 2018 pro 4. a 5. měsíc byla hodnota účtována po dvou měsících. Původně jsem hodnoty rozdělil rovnoměrně do obou měsíců. Zde, jelikož jedna z hodnot zasahovala do období, kdy nedochází k vytápění, jsem ji zkorigoval na hodnotu 295 z roku 2017. To proto, že v roce 2018 a 2017 v 5. měsíci byla stejná teplota $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (proti $15,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ v roce 2018) a byla nejvyšší hodnota spotřeby 295 m^3 . Jde tedy v podstatě o horní odhad. Reálně by mohla hodnota spotřeby na ohřev teplé vody být ještě nižší. Hodnota 654 m^3 je potom zbytek do reálné spotřeby. Stejná logika a postup potom platí pro hodnoty dodaného množství plynu. Spotřebu jsem dále rozdělil podle vnitřního objemu haly a zbylých budov.

■ Přepočítání spotřeby plynu na vytápění na klimaticky normální rok

Problém s výslednými daty, které můžeme vidět v tabulce na obrázku 3.6 je ten, že jsou pro konkrétní roky. Data spotřeby jsou tedy v této formě ve své podstatě neporovnatelná. V rozdílných letech totiž nastávají rozdílné klimatické podmínky (především rozdílná teplota v různých ročních měsících). Data je tedy potřeba převést na tzv. klimaticky normální rok.

Převedená data potom umožní porovnání spotřeby v jednotlivých letech. Metoda pro výpočet denostupňů je popsána např. zde [20]. V podstatě je založena na otopném období, které je stanoveno od 1. září do 31. května a na tom, že vytápění začíná, pokud teplota klesne pod $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve dvou následujících dnech a nelze očekávat zvýšení na $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro následující den. Zároveň je potřeba znát teplotu, na kterou se vytápí, ta je v našem případě $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Záporná odchylka od $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ v jednotlivých dnech je potom počítána pomocí tzv. klimatických denostupňů. Např. pro průměrnou teplotu $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ v daném dni nasbíráme $13 - 5$, tedy 8 klimatických denostupňů. Pro teplotu, na kterou se uvažuje vytápění sportovní haly, tedy $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ je potom potřeba použít tzv. vytápěcí denostupně. Jde v podstatě o korekci na jinou teplotu, než výše zmíněných $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Metoda ale zůstává stejná, pouze má jiný číselný základ.

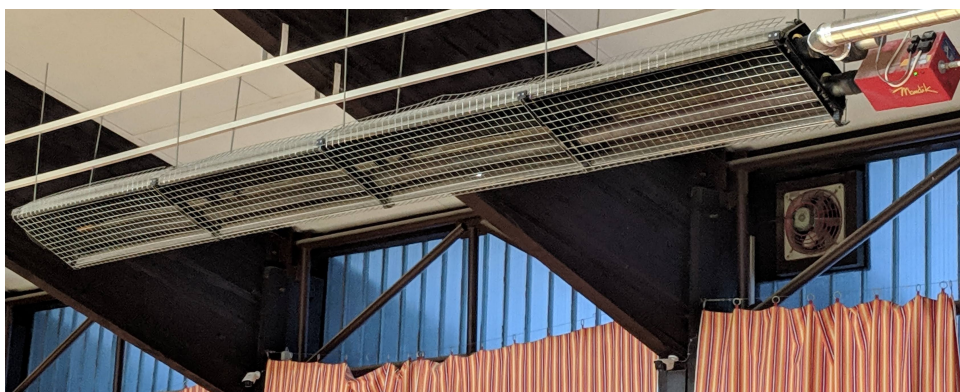
Pro zjištění počtu vytápěcích denostupňů v dané lokalitě pro roky 2016, 2017, 2018 byla použita kalkulačka z TZB.info. Ta už má v sobě veškerá potřebná lokalizovaná klimatická data a stačí do ní pouze vložit období, lokalitu a vytápěcí teplotu (viz [23]). Přepočtení výsledných dat spotřeby podle tabulky z obrázku 3.3 je potom možné vidět v tabulce na obrázku 3.7. Dále do metody vstupují normované denostupně, jde o vytápěcí denostupně doložené podle meteorologických dat z let 1960 až 1990. Výsledná normovaná energie je potom v podstatě doložena pomocí trojčlenky.

Suma denostupňů D_{18} pro jednotlivé roky [D*K]	Energie na vytápění		Suma vytápěcích normálových denostupňů pro jednotlivé roky [D*K]	Normovaná energie na vytápění (přes vytápěcí denostupně)	
	[kWh]	[GJ]		[kWh]	[GJ]
3.343,2	217.743,3	783,9	3.013,1	196.243,8	706,5
3.394,9	235.067,5	846,2	3.013,1	208.631,2	751,1
2.994,7	228.194,4	821,5	3.013,1	229.596,4	826,5
Průměr	227.001,7	817,2		211.490,5	761,4

Obrázek 3.7: Tabulka přepočtu hodnot spotřeby plynu v jednotlivých letech na klimaticky normální rok metodou vytápěcích denostupňů.

Hodnota spotřeby energie 761,4 GJ na obrázku 3.7 potom představuje normovanou průměrnou reálnou spotřebu energie sportovní haly. Z tohoto čísla se potom také vychází, když se míří na dotaci OPŽP. V tomto dotačním titulu je totiž nezbytné operovat s reálnou spotřebou, nikoli spotřebou modelovou, jako je tomu u jiných dotačních programů. Reálná spotřeba se vůči modelové může lišit i o 2 až 3 násobek. V tomto konkrétním případě vyšla modelová spotřeba haly cca 1615 GJ.

3.2 Popis vlastních zdrojů energie



Obrázek 3.8: Foto plynových zářičů Helios.

Typ topení	Název	Počet [ks]	Jmenovitý příkon/výkon [kW]	Průměrné roční časové využití plného výkonu všech zářičů [h/rok]	Průměrná spotřeba plynu [kWh/rok]	
					[kWh/rok]	[GJ/rok]
Plynový zářič	Helios 33 UD+	6	33/29,5	1.282,5	227.001,7	817,2

Obrázek 3.9: Tabulka s údaji o typu topení.

Ve sportovní hale jsou nainstalovány plynové zářiče Helios 30 UD+ (viz obr. 3.8). Jde typ s izolovaným reflektorem, dvoustupňovým hořákem a s uvažovanou účinností cca 90 %. V celé hale je celkem 6 těchto zářičů. Jedná se o velice vhodný typ topení, který díky záření vytváří lepší tepelný komfort než srovnatelně výkonné klasické radiátorové topení. To proto, že se vyzářené teplo na kůži/oděvu lidí přeměňuje na teplo. Teplo se tedy z části dopravuje „napřímo“, bez toho, aniž by nadbytečně ohřívalo vzduch. Tento typ topení je vhodný do otevřených prostor, kde mezi lidmi (v tomto případě hráči) a zářiči není žádná překážka. tento typ topení také znamená, že v hale v podstatě nejsou rozvody energie.

V tabulce na obrázku 3.9 mj. vidíme průměrné roční časové využití (plného výkonu všech zářičů.) To bylo, stejně tak jako průměrná spotřeba za rok, dopočítáno z hodnot let 2016, 2017 a 2018 po korekci. Průměrná spotřeba dopočítána pomocí korekce je tady cca 227.000 kWh/rok.

Následující úvaha kontroluje rámcovou přesnost dopočtené reálné spotřeby plynu. Pokud bychom vzali v úvahu roční časové využití LED svítidel, které bylo dopočítáno ze záznamů sektorohodin a přenásobili toto číslo jm. příkonem všech zářičů, dostaneme se na hodnotu cca 170.500 kWh/rok. (Ke svícení samozřejmě dochází i mimo otopné období, nicméně hala je v letních měsících využita velmi málo. Takovýto předpoklad tedy do úvahy pravděpodobně nevnese velkou chybu.) Toto číslo je menší než 227.000 kWh. Je ovšem nutné si uvědomit, že hala je při nepřítomnosti hráčů ještě temperována, stejně tak se zářiče pouští na plný výkon nějaký čas před začátkem tréninků, zápasů ... Hodnota 227.00 kWh po korekci, tedy vypadá jako rámcově reálná hodnota.

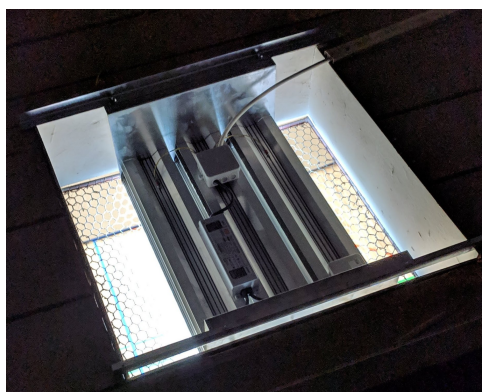
3.3 Popis významných spotřebičů energie

Jedinými významnými spotřebiči v hale jsou lampy osvětlení. Jde o hlavní osvětlení nad hrací plochou a potom 25 nástěnných světel. Nástěnná světla se ovšem v podstatě nepoužívají, jelikož světla osvětlující hlavní hrací plochu jsou dostatečně výkonná (navíc jsou v hale umístěna symetricky) i na osvětlení tribuny a dalších prostor (vyplývá z obrázku 3.12). Nástěnná světla mají navíc poměrově vůči hlavnímu osvětlení hrací plochy zanedbatelný výkon. Pokud by se v nich nacházely stále původní žárovky, mělo by každé světlo výkon max 100 W. Data k použitým žárovkám ale bohužel chybí (světla jsou také relativně prostorově nedostupná). Z výše zmíněných důvodů tedy nástěnná světla z analýzy vynechávám.

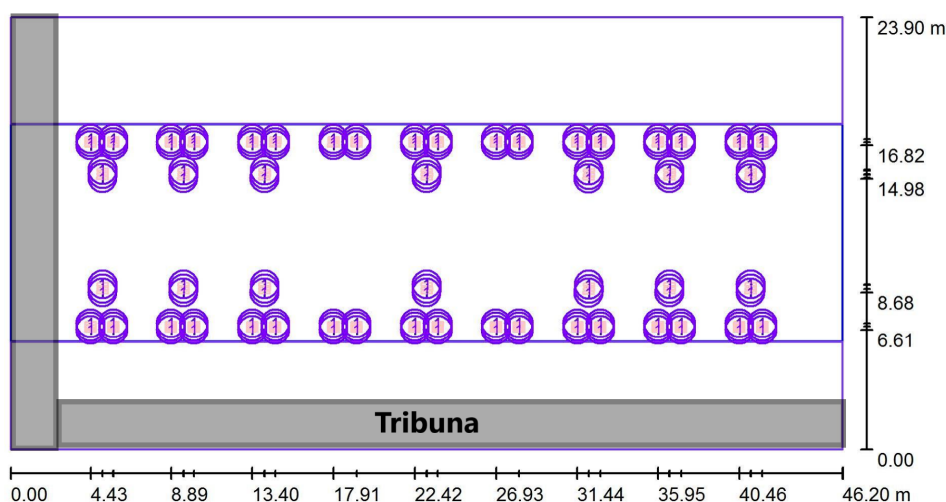
V hale je cca od poloviny roku 2017 výměnou za staré osvětlení instalováno nové LED osvětlení. To je ostatně vidět i na obrázcích 3.1 a 3.2, kdy v květnu roku 2017 spotřeba elektrické energie prudce klesne.

Spotřebiče	Název	Počet [ks]	Elektrický příkon [W]	Elektrický příkon celkem [kW]	Roční časové využití (2018) [h/rok]	Spotřeba elektřiny (2018) [kWh/rok]
LED osvětlení	Appled new tuna	150	33	4,95	861,4	3799

Obrázek 3.10: Tabulka významných spotřebičů elektrické energie. Hodnoty jsou z roku 2018, protože teprve v roce 2017 se nainstalovalo toto nové osvětlení. Hodnoty ročního časového využití a roční spotřeby elektřiny vyplývají z obr. 3.3.



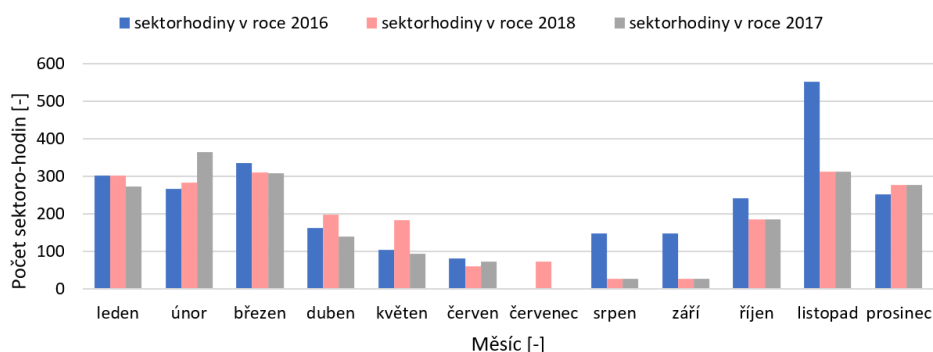
Obrázek 3.11: Foto nových LED světel z neutěsněné „půdy“. Každé svítidlo je složeno ze tří světel po 33 W. V hale je potom 50 svítidel, resp. 150 světel.



Obrázek 3.12: Situační plán rozmístění svítidel v hale (Každé svítidlo je označeno pomocí 3 kroužků zakleslých natěsno v sobě). V úzkém pruhu v dolní a levé části se potom nachází tribuna. Jak vidíme z tohoto situačního plánu, tak i tu tato světla, díky své symetričnosti umístění a výkonu osvětlí. Obrázek upraven z [17].

3.4 Obsazenost a využití haly

Na obrázku 3.13 můžeme vidět rozložení „obsazenosti haly“, resp. počet sektorohodin v jednotlivých měsících v letech 2016, 2017 a 2018. Sektorohodina je jednotka obsazenosti počtu hodin na jednotlivý sektor sportovní haly. Je možné si všimnout, že v letních měsících je hala využívána podstatně méně než v měsících zimních. Hala je rozdělena na 3 sektory, což jsou v podstatě 3 hřiště. Každé hřiště potom může být využíváno po tzv. půlsektorech. Je nutno uznat, že některé hodnoty jsou podezřelé tím, že v různých letech



Obrázek 3.13: Počet sektorohodin v jednotlivých měsících v letech 2016, 2017 a 2018. Pro červenec v letech 2016 a 2018 chybí data. Pro srpen a září v letech 2016 a 2018 byla data zaznamenána pouze v intervalu dvou měsíců, jsou tedy rovnoměrně rozdělována do srpna a září.

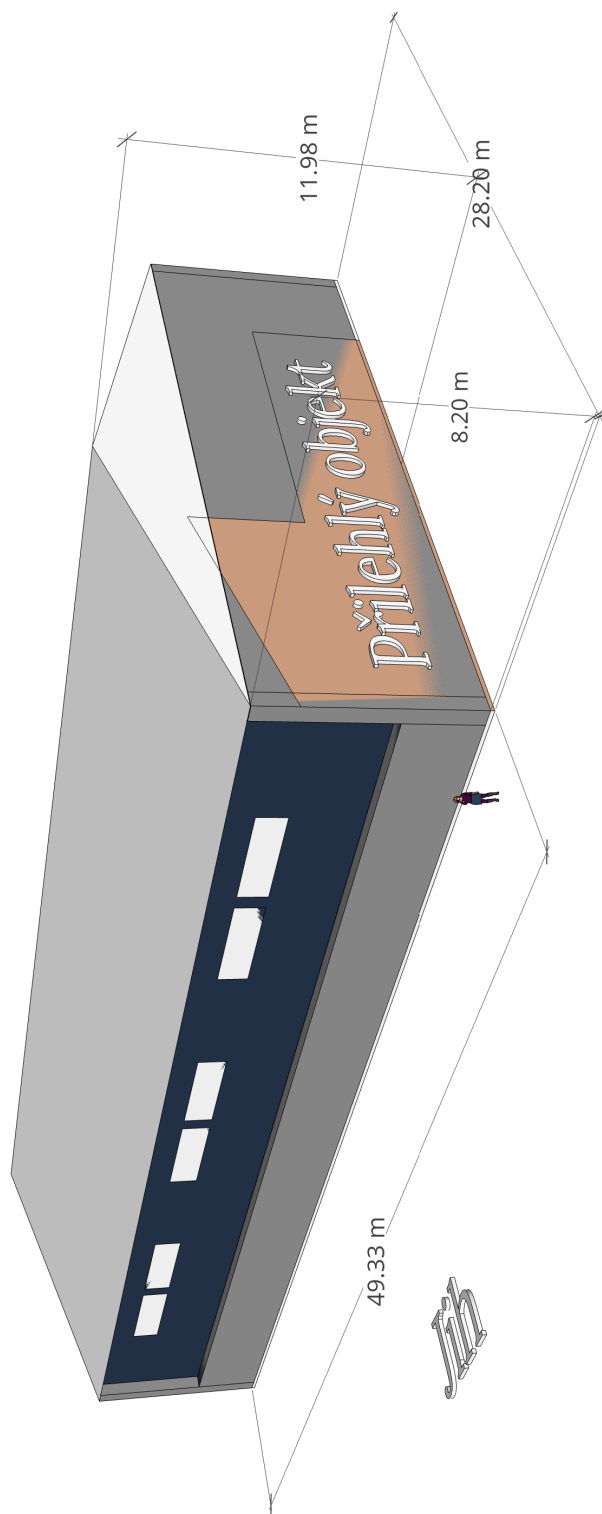
rok	2016	2017	2018
suma sektorohodin za rok	2584,2	2072,2	2230,7
průměr počtu sektorohodin na měsíc	234,9	188,4	185,9

Obrázek 3.14: Průměrný počet sektorohodin v jednotlivých letech a měsících.

nastal v určitých měsících stejný počet sektorohodin. To je ovšem možné (do vysoké míry) vysvětlit např. neměním se („ustáleným“) rozvrhem sportovní haly a jejich družstev. V grafu na obrázku 3.13 potom tedy vidíme sumu času všech sektorů po jednotlivých měsících. Na obrázku 3.14 potom můžeme vidět celkový počet sektorohodin v jednotlivých letech a měsíční průměry v jednotlivých letech 2016, 2017, 2018. Je ovšem potřeba si uvědomit, že toto číslo reprezentuje všechny 3 sektory, bez toho, aniž by v něm byla zahrnuta jakákoliv soudobost využití sektorů.

3.5 Popis stavebních konstrukcí a základní údaje o objektu

Tato kapitola navazuje na základní popis v kapitole 2.2.1. Budova sportovní haly byla postavena na počátku 90. let za pomoci systému Chanos. Jde o systém dřevostaveb, konstrukce nicméně obsahuje i některé strukturální ocelové prvky. Designově se jedná o systém spíše ze 70. a 80. let. Tomu ostatně odpovídá i návrh samotný, který je na energetickou efektivitu zaměřen naprosto minimálně.

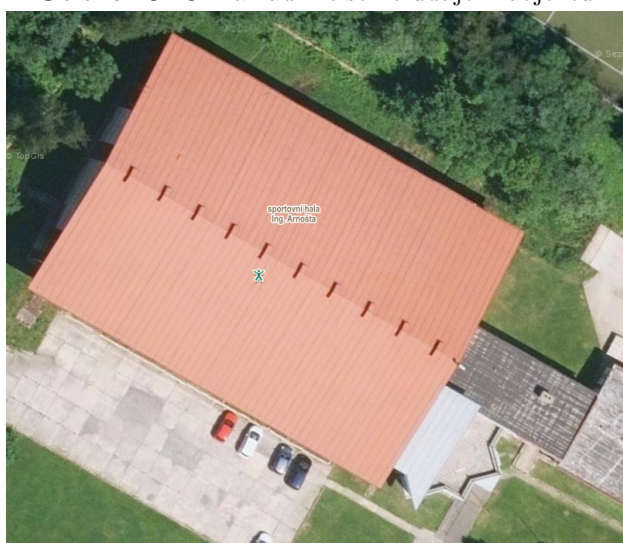


Obrázek 3.15: Grafický model sportovní haly v současném stavu s vyznačenými hlavními rozměry. Modrou barvou je vyznačen koplit zabírající velkou část přední a zadní části haly. Bílé výřezy v koplitu jsou potom klasická dvojitá skla staršího typu. Hnědou barvou je potom naznačen přílehlý objekt. Nakresleno podle původní stavební dokumentace. [24], [25], [26], [27], [28], [29]

Budova sportovní haly se nachází na severu Čech v městě Nový Bor a jejím majitelem je TJ Jiskra. Budovu je možné vidět na fotkách v kapitole 2.2.1, její grafický model včetně základních rozměrů potom na obrázku 3.15. Tabulku dalších rozměrů a údajů je potom možné vidět na obrázku 3.16. Vrchní náhled ze serveru Mapy.cz je potom možné vidět na obrázku 3.17. Budova má pouze jednu „místnost“, ta je ovšem z funkčních důvodů dělitelná pomocí vnitřních závěsů až na 3 různá hřiště.

Název	Energetická plocha	Střední výška	Obestavěný prostor	Vnitřní prostor	Světlá výška	Vnitřní objem	Plocha kopylit	Plocha oken
Jednotky	m ²	m	m ³	m ²	m	m ³	m ²	m ²
	1.391,11	10,09	14.036,26	1.366,40	9,95	13.443,86	440,64	60,48

Obrázek 3.16: Základní číselné údaje k objektu.



Obrázek 3.17: Vrchní náhled na sportovní halu ze serveru Mapy.cz.

3.5.1 Obalové konstrukce a hodnoty stávajícího stavu

Na obrázku 3.18 můžeme vidět složení jednotlivých konstrukcí objektu, stejně tak jako parametry tepelné vodivosti λ a součinitele prostupu tepla U . Tyto hodnoty vyplývají z energetického modelu současného stavu budovy vytvořeného pomocí softwaru Teplo a Energie (od doc. Dr. Ing. Zbyňka Svobody). Můžeme si všimnout, že Konstrukce s velkou plochou a zároveň s vysokým součinitelem prostupu tepla je kopylit. Proto je ho potřeba vyměnit. K tomu dojde ve všech navrhovaných variantách.

Z hodnot na obrázku 3.18 obecně vyplývá, že objekt má pouze minimální izolační vlastnosti. Izolace je provedena pomocí minerální plsti starého typu. Uzavřené vzduchové mezery jsou ve všech případech nehomogenní objemy s

určitým obsahem dřeva(prken). Podle procentuálního zastoupení potom bylo u všech vzduchových mezer upraveno λ . A to tak, aby lépe odpovídalo dané konstrukci.

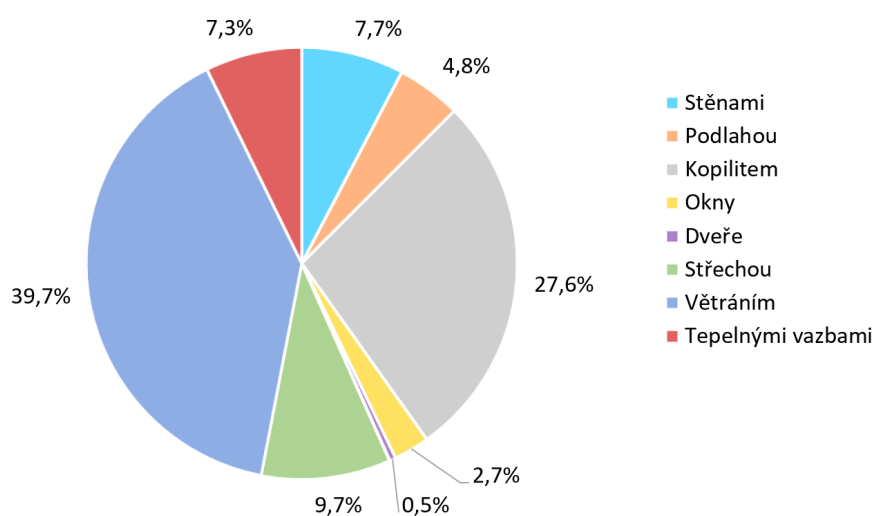
Pořadové číslo	Část konstrukce	Název	Tloušťka	Plocha	Tepelná vodivost	Součinitel prostupu tepla U
			D [m]	P [m ²]	λ [W/(m*K)]	
1		vlysy	0,021		0,180	0,66
2		dřevo měkké	0,032		0,180	
3		uzavřená vzduchová mezera	0,028		0,153	
4	Podlaha	minerální plst'	0,030	1391	0,077	
5		minerální plst'	0,030		0,077	
6		A 400 H	0,001		0,210	
7		železobeton	0,150		1,580	
8		dřevo měkké	0,022		0,180	0,38
9	Střecha	minerální plst'	0,130	1440	0,059	
10		uzavřená vzduchová mezera	0,100		0,045	
11		uzavřená vzduchová mezera	0,022		0,091	
12		dřevotříška	0,055		0,180	0,60
13	Stěna	minerální plst'	0,104	712	0,066	
14		azbestocementová deska	0,050		0,450	
15	Kopilit			440		3,50
16	Okna			60		2,50
17	Dveře			6,5		4,00

Obrázek 3.18: Hodnoty parametrů obalové konstrukce budovy.

Také je si možné všimnout, že v tabulce nejsou všechny materiály. Chybí např. pokrytí střechy, omítka etc. Vytvořený model má ovšem pouze určitou přesnost a povrchy, které ovlivní výsledné U (součinitel prostupu tepla) pouze minimálně jsem po konzultování s odborníkem vynechal. Výsledné hodnoty se navíc při takovémto postupu pohybují „na straně bezpečnosti“. Tedy jsou vždy (byť minimálně) horší a tedy nemohou negativně ovlivnit porovnávací výpočet pro variantu cílenou na dotaci.

3.6 Měrný tepelný tok

Procentuální zastoupení měrných tepelných toků na celkovém vypočteném tepelném toku objektu můžeme vidět na obrázku 3.19. Měrný tepelný tok se v objektu dělí na tok větráním a na tok prostupem tepla konstrukcemi. Celkový měrný tepelný tok současného stavu budovy podle software Energie má hodnotu 5583,3 [W/K]. Z grafu je vidět, že k nejvyšším ztrátám dochází pomocí větrání a kopilitu. Na toto také míří opatření v podobě nuceného větrání s rekuperací a odstranění kopilitu a následné zateplení a osazení okny s trojskly.



Obrázek 3.19: Rozložení měrných tepelných toků objektem.

3.7 Energetická bilance

V tabulce na obrázku 3.20 můžeme vidět energetickou bilanci současného stavu sportovní haly. Energetické vstupy elektrické energie jsou po korekci na samotný objekt. Zároveň je vzata hodnota spotřeby elektrické energie pouze z roku 2018. To vychází z použité metody korekce (viz obr. 3.3, kde by se u starých vyměněných světel předpokládal jiný vzor používání). Vstupy plynu jsou také po korekci na samotný objekt haly, zde jsou navíc hodnoty ještě oproti elektrické energii standardizovány na klimaticky normální rok. Výdaje jsou potom dopočítány pomocí údajů z tabulek 3.1 a 3.4.

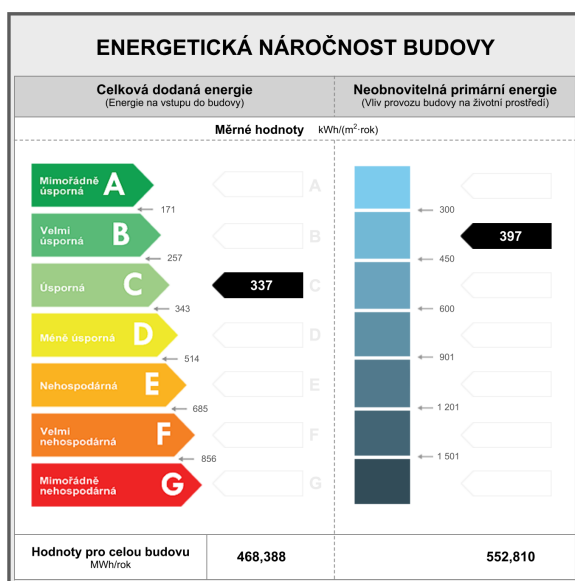
Variabilní složka je vzata jako průměr z let 2016, 2017, 2018 přenásobený spotřebou. Fixní složka je průměr z let 2016, 2017, 2018 vztažený ovšem pouze na halu. Toho je dosaženo pomocí poměru mezi spotřebou celého komplexu a spotřebou haly samotné. V tabulce také můžeme vidět emise v podobě CO_2 . Ty jsou dopočítány podle poměrů pro plyn a elektřinu z vyhlášky o energetickém auditu a energetickém posudku č. 480/2012 Sb. [16].

	Energetické vstupy		Výdaje (s DPH)			CO ₂ [t]
	[GJ/rok]	[MWh/rok]	[kč/rok]			
			Variabilní	Fixní	Celkem	
Elektrická energie	13,68	3,80	17.142	228	17.370	3,84
Zemní plyn	761,37	211,49	189.162	77.544	266.706	42,18
Celkem	775,04	215,29	206.304	77.771	284.075	46,02
Ztráty ve vlastním zdroji energie	80,75	22,43	20.063	8.224	28.287	4,47
Potřeba energie na vytápění	680,61	189,06	169.099	69.319	238.419	37,71
Potřeba energie na osvětlení	13,68	3,80	17.142	228	17.370	3,84








Obrázek 3.20: Energetická bilance pro stávající stav sportovní haly.

3.8 PENB

Programem Energie byl také vytvořen průkaz energetické náročnosti budovy současného stavu. Sportovní hala byla vyhodnocena jako úsporná. To ovšem pouze z důvodu nového LED osvětlení (spadá do kategorie A) a vytápění pomocí plynových zářičů (spadá do kategorie D). Obálka budovy ovšem spadá do kategorie G. Objekt tedy nesplňuje některé energetické ukazatele náročnosti (Ukazatele je možné vidět např. v tabulce na obrázku 5.6). Části PENB současného stavu je potom možné vidět na obrázku 3.21 a 3.22.



Obrázek 3.21: Část PENB stávajícího stavu (varianta 0).

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie			Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)		
							
Mimořádně úsporná	A						14
	B						
	C						
	D						
	E						
	F						
Mimořádně neekonomická	G	0,83	323				
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		448,61					19,78

Obrázek 3.22: Ukazatele energetické náročnosti budovy současného stavu (z PENB).

Kapitola 4

Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby

Při náhledu na zjištěné skutečnosti z kapitoly 3 je možné navrhnout, resp. potvrdit opatření z kapitoly předběžného návrhu variant 2.2.3.

Opatření jdou zároveň ruku v ruce s požadavky na dotaci, jak je můžeme vidět v kapitole 5 a v tabulce na obrázku 5.1. Požadavky na dotaci totiž v případě OPŽP určují specifické požadavky na jednotlivé konstrukce, uspořenou energii, emise etc. Konkrétně se jedná vybourání kopilitu a dozdění, zateplení, výměnu oken a dveří a instalaci nuceného větrání s rekuperací.

Dále zmíněná opatření jsem vložil do modelu haly jednotlivých variant v software Energie a Teplo. Shrnutí jednotlivých opatření můžeme vidět na obrázku v tabulce 4.1.

Komentář k návrhu stavebních úprav a nacenění.

Stavební úpravy jsou v této kapitole do určité míry zjednodušeny. Problém s takto velkou stavbou je ten, že stavební úpravy a materiál nikdo není ochoten zdarma (alespoň rámcově) vyprojektovat a nacenit. (Zde se ovšem není čemu divit, vytvoření nacenění je pravděpodobně práce pro stavaře rozpočtáře na 2 týdny). Poptával jsem u několika firem a použitelné odpovědi se mi dostalo jedné, a to na hotovou jednotku nuceného větrání s rekuperací od společnosti Atrea. Základní provedení stavebních úprav jsem tedy dohledal na internetu a prokonzultoval se stavařem. Přibližné ceny materiálu jsem potom získal pomocí vyhledávání na e-shopech se stavebními potřebami.

■ 4.2 Okna s trojskly a dveře (Opatření 2)

Okna s trojskly jsou podle 5.1 naprostou nezbytností. Na dotaci totiž nejde dosáhnout jinak, než právě za pomoci oken s trojskly. Jiná okna požadavky na dotaci nesplní.

Navrhuji tedy použití dělených oken s trojskly, u některých s možností vyklopení na táhla a s možností integrace sluneční clony. Požadavek na dělení oken je z důvodu velkého zatížení, kdy je plocha oken (i po redukci kopilitu) relativně velká. Navrhuji použití oken od firmy Vekra s $\lambda = 0,72 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Stejně tak navrhuji použití dveří s okny s trojskly od stejného výrobce s $\lambda = 1,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Dveře sice zabírají, vůči zbylým konstrukcím, relativně malou plochu cca $6,5 \text{ m}^2$ (jsou pouze dvoje) nicméně je na ně, podobně jako na okna požadavek v dotačním titulu viz 5.1.

■ 4.3 Zateplení (Opatření 3)

Zateplení je nezbytnou a také základní součástí dosažení energetických úspor objektu. Nejinak je tomu i u sportovní haly. Další podkapitoly (4.3.1, 4.3.2, 4.3.3) reprezentují možnosti zateplení podle použitých technologií a konstrukčních celků.

■ 4.3.1 Střecha (Opatření 3.1)

Střechu navrhuji zateplit pomocí nadkroevní izolace. Tzn. zateplení pomocí PIR desek v tloušťce 0,2 m a následné udělání nové střechy za pomoci kontralatí v tloušťce 0,08 m bednění z prken 0,024 m a jako krytinu použít faltovaný plech. Konkrétně se jedná o PIR desky Topdek tloušťky dvakrát 0,1 m s $\lambda = 0,022 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Nadkroevní izolaci jsem zvolil jako možnost relativně jednoduché instalace v porovnání „navěšením“ vnitřní izolace na panely, které k tomu nejsou určeny.

programu Energie. Jedná se tedy o min. cca $6722 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Další požadavek byl na co možná nejvyšší účinnost, té potom u takto velkých jednotek dosahují křížové výměníky a to cca 70 %. Stejnou hodnotu účinnosti udává i výrobce a je tedy použita i v energetickém modelu.

Jako nejlepší, na základě technických požadavků, mi vyšla jednotka nuceného větrání s rekuperací DUPLEX 8100 BASIC s digitální dálkovou regulací.

U nuceného větrání s rekuperací je obecně vhodné, aby bylo v provozu co možná nejvíce času. To z důvodu možné kondenzace vody, plesnivění etc. V modelu tedy uvažuji použití nuceného větrání ve 100 % času používání haly podle předpokládaného vytížení (viz kapitola 3.4).

4.5 Souhrn opatření

Plocha [m ²]	Var.	Opatření	Název (značka)	Cena včetně montáže a DPH [kč/m ²]	Celkové výdaje včetně montáže a DPH [kč]	Doba životnosti [rok]
155,1	II	Zateplení základů	Styrodur 4000 CS	1.307	222.896	40
			Vidiwall 12,5	477	110.130	
209,9	I	Doždění	Rockwool	677	156.395	
			OSB	208	48.070	
297,7		Okna a dveře	KVH hranol	2.928	676.160	
			Vekra	10.890	3.565.669	
1.440,0	II	Zateplení střechy	Topdek	1.133	1.793.975	
			Kontralatě	105	165.598	
			Bednění	294	465.744	
921,6		Zateplení stěn	PIR deska	2.265	3.587.950	
			EPS Perimetr	839	850.105	
		Rekuperace	Omítka a další prvky k ETICS	1.285	1.302.758	
			Duplex 8100 Basic	547.419	547.419	
			Potrubií a přívod elektřiny	435.600	435.600	20
				V roce 2019 [kč]	V roce 2024 [kč]	Výše dotace [kč]
Investice celkem	Var 1 (dotační)			13.928.469		- 5.361.038
	Var 2 (po částech)			7.692.307	6.885.227	0
	Var 3 (nízkonákladová)			4.556.425		0

Obrázek 4.1: Souhrn opatření a zvýraznění jejich aplikace v jednotlivých variantách z kapitoly 5. Římské číslice potom vyjadřují fáze varianty 2, které mají rozdílný rok realizace.

V tabulce na obrázku 4.1 můžeme vidět souhrn opatření a jejich použití v jednotlivých variantách (barevně odlišeno). Na obrázku je také vidět rozčlenění varianty 2 (po částech) do jednotlivých částí podle římských číslic I (první fáze) a II (druhá fáze). Více k variantám v kapitole 5. V celkových výdajích je zahrnuta jak cena materiálu, tak cena montáže a odvoz starého materiálu. Pro spotřebu materiálu jsem uvažoval 10% rezervu podle údajů z eshopů. Jak už jsem zmínil výše, jde spíše o rámcový odhad.

Kapitola 5

Varianty řešení a ekonomický model

5.1 Sestavení variant

Při sestavování variant jsem, jak už bylo popsáno v kapitole 2.2.3, postupoval degradací od varianty nejvyšší, tedy dotační. Varianty navržené v uvedené kapitole tedy v podstatě zůstaly. Jejich obrysy se ale upřesnily dalšími požadavky. Shrnutí těchto (především legislativních) požadavků je potom možné vidět v tabulce na obrázku 5.1. Sekce 2 a 3 jsou potom jejím rozšířením co se výpočtu hodnot týče. Buňky v jednotlivých sekcích spolu potom barevně korespondují. Konkrétní hodnoty a dodržení/nedodržení především legislativních požadavků je možné vidět na obrázku 5.6.

5.1.1 Varianta 1 (dotační varianta)

Varianta 1 je kombinací všech opatření, jak je můžeme vidět v kapitole 4 a schématicky na počátku práce na obrázku 2.11.

V tabulce na obrázku 5.1 je možné v podstatě vidět zjednodušené shrnutí požadavků na dotaci podle OPŽP, příslušných norem a vyhlášek... Ty můžeme vidět v kapitole 2.2.2, kde jsou napsány pouze podstatné části dotačního titulu OPŽP pro naši konkrétní aplikaci.

Zároveň jsou do tabulky vloženy reálné hodnoty vypočítané pro sportovní halu pomocí programů Teplo a Energie a přepočtu na reálnou budovu. Tabulka je členěna do 3 sekcí. První sekce je rozšířená tabulka z obrázku 2.4.

Výše podpory (procento ze způsobilých výdajů)	sekce 1			sekce 2			sekce 3			
	ozn.	35	40	50	35	40	50	35	40	50
Sledovaný parametr										
Úspora celkové (dodané) energie 1. Budova podle Energie 2. Normovaná budova podle faktorů a denostupňů		>=20	>=40	>=60	>=0,2*1615	>=0,4*1615	>=0,6*1615	323,00	645,99	968,99
Celková dodaná energie 1. Budova podle Energie 2. Normovaná budova podle faktorů a denostupňů		<=80	<=60	<=40	<=0,8*1615	<=0,6*1615	<=0,4*1615	1.291,99	968,99	645,99
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em}	-	<=	<=	-	<=0,9*Uem,R	<=0,8*Uem,R	-	0,36	0,32
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí objektu, na něž je žádána podpora (bez dveří, střešních oken a světlíků)	U	<=	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.		stěna vnější lehká <= 0,85*0,2 střeška plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně <= 0,85*0,16 Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <= 0,85*0,3	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	0,170	0,136	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	
Součinitel prostupu tepla oken na něž je žádána podpora	U_w	<=	0,8*Urec		Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí			0,960		
Součinitel prostupu tepla dveří, střešních oken a světlíků, na něž je žádána podpora	U	<=	Urec		Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu) <= 1,2	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	1,200		dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	
Potřeba splnit										
1. Neobnovitelná primární energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy Uem nebo										
2. Celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy Uem nebo										
3. Doporučené hodnoty na jednotlivé všechny měřené konstrukce a ukazatele energetické náročnosti pro všechny měřené energetické systémy nesmí být nižší než referenční hodnota. + (všechno musí být lepší než požadované hodnoty, aby mi nekonzovala voda etc....)										

Obrázek 5.1: Shrnutí hodnot a podmínek, na které je potřeba podle dotačního titulu OPŽP cílit.

Výše dotace dosahuje 35, 40 nebo 50 % způsobilých výdajů. Způsobilé výdaje potom můžeme vidět v tabulce na obrázku 5.2. Dotace 40 a 50 % jsou vůči dotaci 35 % nakonfigurovány rozdílně co se týče (růžových) parametrů součinitelů prostupu tepla. To proto, že konkrétní, separátně zadané požadavky na stěnu, střechu, podlahu a výplně otvorů nemusí být reálně dosažitelné. Např. by vyžadovala velký zásah do objektu, který není dost dobře možný. Např. zateplení podlahy může být obtížně proveditelné. To je ostatně případ i sportovní haly, kde by se v podstatě musela vybudovat nová podlaha, nehledě na snížení výšky stropů etc. (V našem případě jde o prostor pod tribunou).

Pokud tedy nevychází nějaká konkrétní konstrukce z dotace na 35 %, je možné mířit na dotaci 40 % a 50 %. To se ostatně stalo i v našem případě. Dalším poznatkem je, že dotace jsou v podstatě nakonfigurovány na okna s trojskly, ostatní nemohou reálně požadavek splnit. Zároveň lze pro dotace 40 % a 50 % výhodně využít nuceného větrání s rekuperací, to totiž značně usnadňuje požadavek na úsporu celkové energie budovy.

V dolní (růžové) sekci tabulky jsou potom dodané další požadavky. U nich je situace poněkud komplikovanější. Jedná se o kombinace zástupných možností, které je potřeba splnit. To pak při návrhu variant dává větší svobodu. Dotace potom tedy jde „napasovat“ na širší spektrum objektů. Tyto kombinace je ovšem nutné splnit i pro „nedotační“ varianty. Všechny varianty jsou totiž, jak už bylo zmíněno v 2.2, větší změnou dokončené budovy.

Typ opatření	Jedn. [kč (bez DPH)/m ²]	Plocha [m ²]	Způsobilé výdaje	Výše podpory			Jedn. [%]
				35	40	50	
Zatepované konstrukce							
Obvodové stěny	3.335	922	3.073.669	1.075.784	1.229.468	1.536.835	kč
Střešní konstrukce	2.530	1.440	3.643.200	1.275.120	1.457.280	1.821.600	
Podlahy na zemině	2.875	1.391	3.999.441	1.399.804	1.599.777	1.999.721	
Výplně otvorů	8.050	298	2.396.163	838.657	958.465	1.198.082	
Další opatření mající prokazatelný vliv na energetickou náročnost	[kč bez DPH/GJ] 10.000				Suma		
			0	4.589.366	5.244.989	6.556.237	kč
Systém s nuceným větráním s rekuperací odpadního tepla	[kč bez DPH/m ³ *h]	Průtok vzduchu			70		
	460	6.721	3.091.660		2.164.162		
		Suma	16.204.134	6.753.528	7.409.151	8.720.399	kč

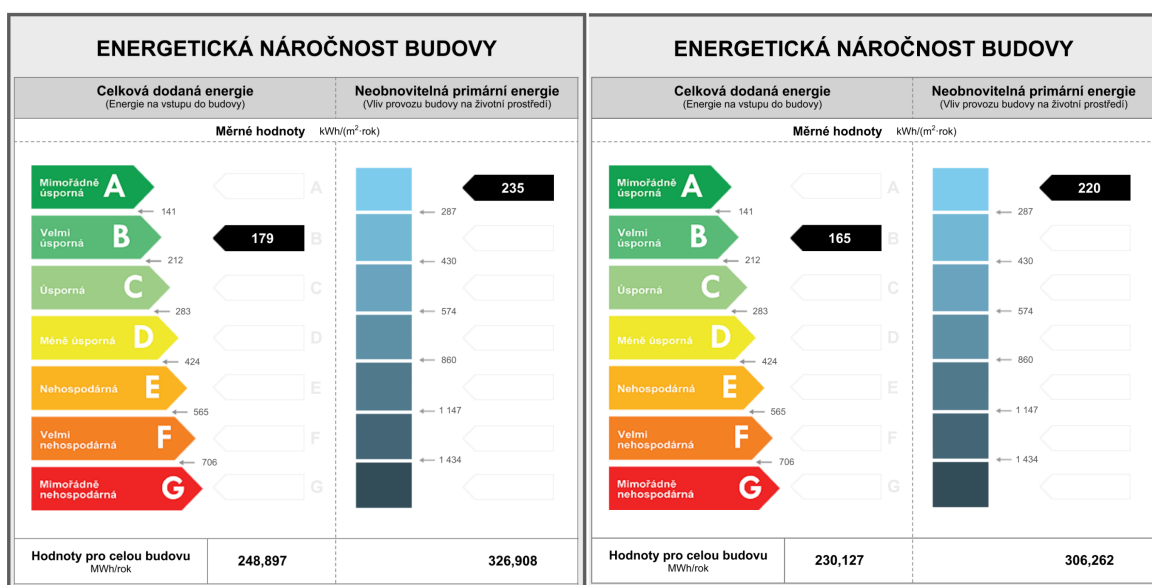
Obrázek 5.2: Způsobilé výdaje pro jednotlivé části dotace a maximální výše podpory.

V tabulce na obrázku 5.2 můžeme vidět způsobilé výdaje a jejich velikost podle velikosti dotace v konkrétních číslech. Jedná se o relativně vysoké částky, je nutné si ovšem uvědomit, že budova, které se to týká, je poměrně velká.

5.1.2 Varianta 2 (po částech)

Varianta 2 je kombinací všech opatření, jak je můžeme vidět v kapitole 4 a schématicky na počátku práce na obrázku 2.12, stejně jako varianta 1.

Rozdíl mezi variantami 1 a 2 je ten, že u varianty 2 uvažují realizaci po 2 částech a navíc varianta 2 nezahrnuje dotaci. Tzn. varianta 2 má dvě fáze, ty jsou od sebe realizačně vzdáleny 5 let. Znázornění toho co obsahuje jaká fáze je možné vidět v tabulce na obrázku 4.1. Nejdříve tedy proběhne dozdnění, instalace oken a dveří, zateplení stěn a instalace rekuperace. V druhé fázi po 5 letech potom proběhne zateplení střechy a zateplení základů.



Obrázek 5.4: Část PENB varianty 2, 1. části (2.1) a 2. části (2.2)

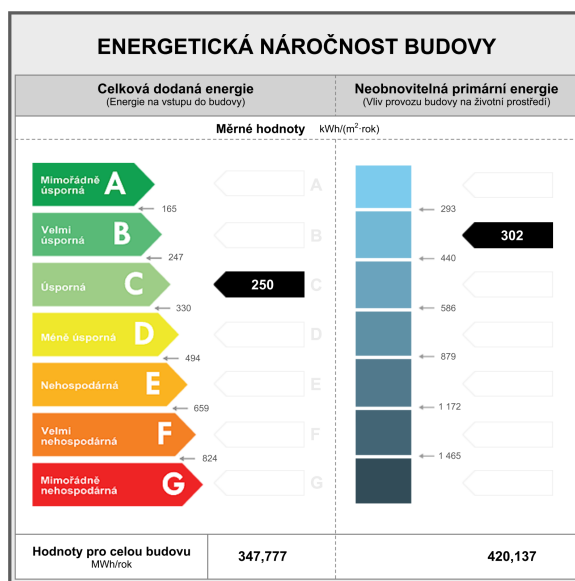
U varianty 2 došlo v konečném důsledku ke stejnému zlepšení jako ve variantě 1. Obrázky s PENB 5.3 a 5.4 část 2. jsou potom stejné.

5.1.3 Varianta 3 (nízkonákladová)

Varianta 3 je kombinací pouze nejzákladnějších opatření. Jedná se v podstatě o mírně modifikovanou variantu, jak ji můžeme vidět v předběžném návrhu na obrázku 2.13. Shrnutí jednotlivých opatření je potom možné vidět na obrázku 4.1. Modifikace spočívá v následujícím. Na obrázku 5.6 je možné si

všimnout, že varianta 3 neodpovídá požadavku na referenční hodnotu pro průměrný součinitel prostupu tepla. Je tedy potřeba zaměřit se na splnění doporučených hodnot požadavků pro jednotlivé konstrukce. Bohužel zde by požadavek nesplňovala hodnota pro vnější stěnu.

Jelikož jsou požadavky pouze na vnější konstrukci, bylo by teoreticky možné danou stěnu postavit zevnitř za kopilem a kopilit ponechat (zde je sice omezené místo, daná stěna by se tam ale vešla). Potom by se daná podmínka na vnější stěnu nevztahovala, zároveň by ale nic nebránilo případné další budoucí stavební úpravě vybourání kopilit. Opatření výměny oken a dveří zůstává nezměněno.



Obrázek 5.5: Část PENB varianty 3.

U PENB varianty 3 (viz obrázek 5.5) sice celková dodaná energie zůstala ve stejné kategorii jako u současného stavu (viz obrázek 3.21), nicméně i zde došlo k redukci z 468,8 na 347,8 MWh/rok.

5.2 Shrnutí variant

V tabulce na obrázku 5.6 můžeme vidět shrnutí splnění (nebo nesplnění) legislativních požadavků jednotlivými variantami. Tabulka vychází z tabulky 5.1, je ovšem upravena, zjednodušena a modifikována i pro potřeby nedotačních variant. Tabulka tedy obsahuje jak variantu 1 (dotační) tak varianty nedotační 2 a 3 (pro porovnání i současný stav variantu 0). Požadavky na jednotlivé varianty jsou ovšem dány dohromady a barevně znázorněny.

Pokud má políčko vybrané varianty stejnou barvu jako požadavek, znamená to, že požadavek byl splněn. Pokud je políčko červené, požadavek splněn nebyl. Jelikož se ovšem jedná o nutnost splnění kombinace požadavků, jak je shrnuto např. v 5.1, neznamená to ještě, že varianta nevychází jako celek. Některé hodnoty jsou v tabulce rovny hodnotám požadavků. Reálně jsou ovšem dané hodnoty nepatrně „lepší“. Jedná se například o průměrný součinitel prostupu tepla pro variantu 1. Při vytváření energetického modelu jsem se navíc vždy držel na straně bezpečnosti. V požadavcích je navíc, jak bylo ocitováno v kapitole 2.2, nutnost nemít hodnoty „horší“, tedy stejné hodnoty nevadí. Políčko s bílým X potom znamená, že daná konstrukce nebo technický systém v dané variantě není. Kvůli přehlednosti a porovnatelnosti jsou v tabulce potřebné hodnoty pouze v jednotkách GJ. Naproti tomu jsou hodnoty na obrázcích s PENB (obr. 3.21, 5.3 5.4, 5.5) uvedeny v MWh, hodnoty si nicméně samozřejmě odpovídají.

Hodnoty referenční a doporučené vycházejí z normy tepelné ochrany budov 73 0540-2 [33] a z vyhlášky o energetické náročnosti budov 78/2013 [13].

Jak je tedy možné vidět v tabulce na obrázku 5.6, všechny varianty, až na variantu 3 (řešení okomentováno v kapitole 5.1.3) prošly potřebnými kombinacemi požadavků. Varianta 2.1 sice neprošla požadavkem na průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy, nicméně prošla přes kombinaci dostatečné efektivity technického systému a doporučenými hodnotami na všechny měněné konstrukce. Varianta 2.2 už potom, stejně jako varianta 1, splňuje požadavky všechny.

V tabulce na obrázku 5.7 je možné vidět shrnutí jednotlivých variant z hlediska energetického a finančního. Tabulka je rozčleněna na části zemního plynu a elektrické energie. Pro zemní plyn udává jak modelovou spotřebu (podle Programu Energie) tak reálnou počítanou spotřebu (princiálně dopočítanou stejně jako pro současný stav, viz kapitola 3). U elektrické energie potom pouze spotřebu reálnou. U elektrické energie si je možné povšimnout negativních úspor u variant 1 a 2. To z důvodu instalace opatření nuceného větrání s rekuperací a tedy navýšení spotřeby elektrické energie. (Totéž platí pro úsporu CO_2). Největší roční úspory výdajů mají podle očekávání varianty 1 a 2.

	Dotace		Dosažené výsledky			Mimo dotaci				Jednotka
	Požadavky	Var 1 (dotační)	Dosažené výsledky		Dosažené výsledky		VAR 0		Požadavky	
	40		Var 2 (po částech)	Var 3 (nizkonákladová)	Souč. stav	Referenční				
Výše podpory (procento ze způsobilých výdajů) [%]			2.1	2.2						
Sledovaný parametr										
Celková dodaná energie	969	828	896	828	1.252	1.686	1.884			[GJ]
1. Budova podle Energie										
2. Normovaná budova podle faktur a denostupňů	457	386	418	386	570	775	888			
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	0,36	0,36	0,44	0,36	0,49	0,83	0,40			[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Neobnovitelná primární energie	X	1.103	1.177	1.103	1.512	1.990	3.097			[GJ]
Technické systémy	Účinnost zpětného získávání tepla	70	70	70	X	X	60			[%]
Součinitel prostupu tepla jednotlivých měněných konstrukcí objektu, na něž je žádána podpora (bez dveří, střešních oken a světlíků)	Sítěna vnější lehká	0,19	0,19	0,19	0,36	X	0,20			
	Střecha plochá a šikmá	0,20	0,20	0,20	X	0,60	0,20			
	Součinitel prostupu tepla oken na něž je žádána podpora	0,12	0,12	X	0,12	X	0,38			[W.m ⁻² .K ⁻¹]
	Součinitel prostupu tepla dveří na něž je žádána podpora	0,96	0,72	0,72	0,72	2,50	1,20			
	Požadavek splněn	Dveřní výplň otvoru	1,10	1,10	1,10	4,00	1,20			
	Požadavek nesplněn									

Obrázek 5.6: Shrnutí navrhovaných variant. Více k nesplnění (resp. splnění) požadavku na součinitel prostupu tepla, jednotlivé konstrukce u varianty 3 je v kapitole 5.1.3

Varianta	Opatření	Zemní plyn										
		Spotřeba energie na vytápění [GJ/rok]		Úspora vůči současnému stavu [GJ/rok]	Výdaje na plyn [kč/rok]			Úspora výdajů na plyn vůči současnému stavu [kč/rok]			Úspora CO ₂ vůči současnému stavu [t/rok]	
		Model	Reálná		Fixní	Variabilní	Celkové	Fixní	Variabilní	Celkové		
0	Souč. stav	Žádná	1.615	761	0	77.544	189.162	266.706	0	0	0	0,0
1	Dotační	Všechna	728	343	418	34.946	85.247	120.193	42.598	103.914	146.512	23,2
2.1	Po částech 1. část	1, 2, 3.2, 4	795	375	386	38.190	93.162	131.352	39.354	96.000	135.354	21,4
2.2	Po částech 2. část	Všechna	728	343	418	34.946	85.247	120.193	42.598	103.914	146.512	23,2
3	Nízkonákladová	1	1.181	557	205	56.696	138.305	195.000	20.848	50.857	71.705	11,3
		Elektrina										
		Energetická náročnost budovy	Spotřeba elektřiny reálná [GJ/rok]		Výdaje na elektřinu [kč/rok]			Úspora výdajů na elektřinu vůči současnému stavu [kč/rok]				
0	Souč. stav	C		14	0	228	17.142	17.370	0	0	0	0,0
1	Dotační	B		43	-29	718	54.044	54.761	-490	-36.902	-37.392	-8,3
2.1	Po částech 1. část	B		43	-29	718	54.044	54.761	-490	-36.902	-37.392	-8,3
2.2	Po částech 2. část	B		43	-29	718	54.044	54.761	-490	-36.902	-37.392	-8,3
3	Nízkonákladová	C		14	0	228	17.142	17.370	0	0	0	0,0

Obrázek 5.7: Shrnutí jednotlivých variant.

5.3 Ekonomický model

Varianty jsou posuzovány z hlediska efektivnosti investic a úspor provozních výdajů vzniklých aplikací jednotlivých variant opatření.

5.3.1 Stanovení výše diskontu, doby porovnání a výše eskalace cen energií

Do metody stanovení diskontu vstupují následující údaje. Jedná se o tělovýchovnou jednotu, tedy neziskovou organizaci (nevýdělečný podnik). Ta je v podstatě podporována/financována městem Nový Bor. To má potom cca 11.500 obyvatel a rozpočet v řádu nižších stovek milionů. Logika odvození diskontu je tedy taková, že realisticky by si budto na rekonstrukci půjčila TJ a ručitelem by bylo město. Nebo by si půjčilo rovnou město. Jako náhradní hodnotu diskontu pro neziskovou organizaci (nevýdělečný podnik) tedy vezmu zaokrouhlenou úrokovou sazbu pro město, za kterou by si mohlo půjčit na daný projekt. Konkrétně se jedná o data z webu ČNB pro rok 2019 [18]. Podle zprůměrované úrokové sazby pro nefinanční podniky od výše půjčky 7,5 mil. Kč do 30 mil. Kč vychází (nominální) úroková sazba cca 3,5 %, do 7,5 mil. Kč potom 4,7 %. Diskont jsem tedy stanovil na 4 % a dále provedl citlivostní analýzu NPV úspor na výši diskontu, jak ji můžeme vidět na obrázku 5.14.

		Roční eskalace cen	2	[%]	
		Diskont	4	[%]	
		Doba porovnání	20	[let]	
		Var 1 (dotační)	Var 2 (po částech)	Var 3 (nízkonákladová)	
Investice	rok 2019	13.928.469	7.692.307	4.556.425	[kč]
	rok 2024	-	6.885.227	-	[kč]
Dotace		5.361.038	0	0	[kč]
Diskontovaná zůstatková hodnota opatření na konci 20. roku		2.954.067	3.494.971	1.337.027	[kč]
NPV úspor		-4.029.908	-6.902.641	-2.042.463	[kč]
IRR		0,19	-2,37	0,20	[%]
DPP		déle než 20 let	déle než 20 let	déle než 20 let	[kč]

Obrázek 5.8: Ekonomické porovnání jednotlivých variant.

Je nutné zmínit, že TJ Jiskra není plátcem DPH. To ovlivňuje ekonomické výpočty, o to více potom ve variantě 1. Zde totiž TJ čerpá dotaci a DPH tedy musí platit i z načerpané dotace, protože si ho nemůže odečíst. Vliv DPH je dobře vidět např. v citlivostní analýze vlivu výše ceny rekuperace na NPV úspor na obrázku 5.16 (více v popisu grafu).

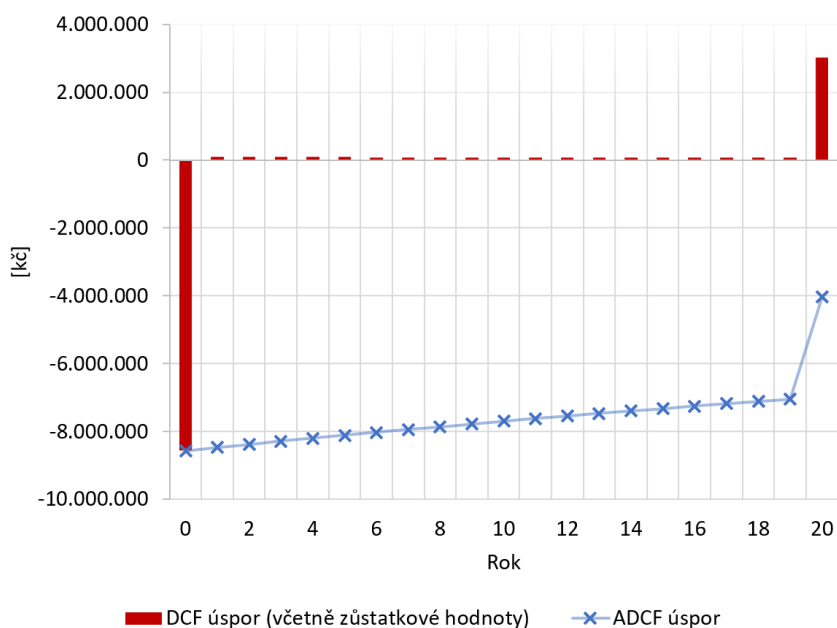
Na obrázku 5.8 je možné vidět porovnání jednotlivých variant za uvedených předpokladů. Jak vidíme, tak ekonomicky žádná varianta nevychází. Podle ukazatele NPV úspor je na tom nejhůře varianta 2. To z toho důvodu, že se provedou stejná opatření jako u varianty 1 (byť ve 2 fázích), nicméně varianta 2 není zadotována. U ukazatele DPP, tedy diskontované doby návratnosti vidíme, že se opatření v uvažovaném časovém úseku 20 let nevrátí. Pokud bychom jako dobu porovnání uvažovali nejdelší životnost opatření, tedy 40 let, tak se daná opatření nevrátí ani za 40 let, a to v žádné variantě.

Také je si možné povšimnout, že varianta 2 má nejvyšší zůstatkovou hodnotu na konci 20. roku. To je z toho důvodu, že je uvažována druhá fáze stavebních úprav až po 5 letech. Opatření druhé fáze varianty 2 tedy nestihnou ztratit na hodnotě tolik jako opatření varianty 1.

5.3.3 Varianta 1 (dotační varianta)

Na obrázku 5.9 můžeme vidět diskontované hotovostní toky úspor se započítáním zůstatkové hodnoty varianty na konci 20. roku (DCF). V grafu je potom také kumulativní diskontovaný hotovostní tok úspor (ADCF). Je vidět, že investice proběhne v 0. roce a v následných letech dochází k mírným (vůči

výši investice) úsporám. Na konci 20. roku je potom možné vidět zbytkovou hodnotu investice (tedy opatření).

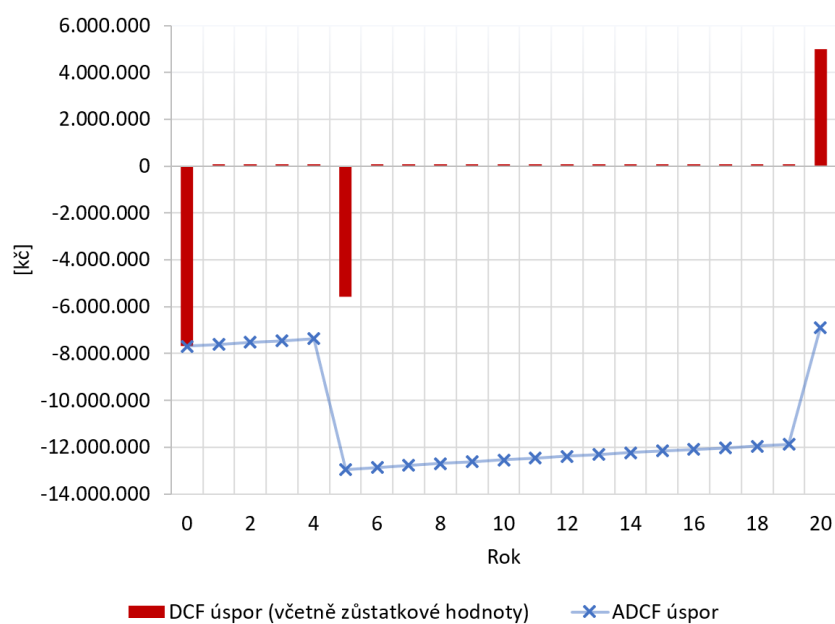


Obrázek 5.9: Varianta 1: Diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (DCF) a kumulativní diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (ADCF).

Vidíme, tedy, že se za uvažovaných předpokladů daná investice a tedy varianta 1 nevyplatí. Tomu napomáhá několik faktorů. Jedním z faktorů např. je, že v hale jsou nová svítidla LED a relativně nové plynové zářiče. I podle PENB (viz obr. 3.21), je budova i v současném stavu v kolonce C, energetický stav tedy není tragický a nejpalcivější problémy už byly pravděpodobně odstraněny (světla a zdroj tepla). Dalším důvodem je vysoká cena investice, kdy dotace z této částky nepokrývá ani polovinu (viz obr. 5.8).

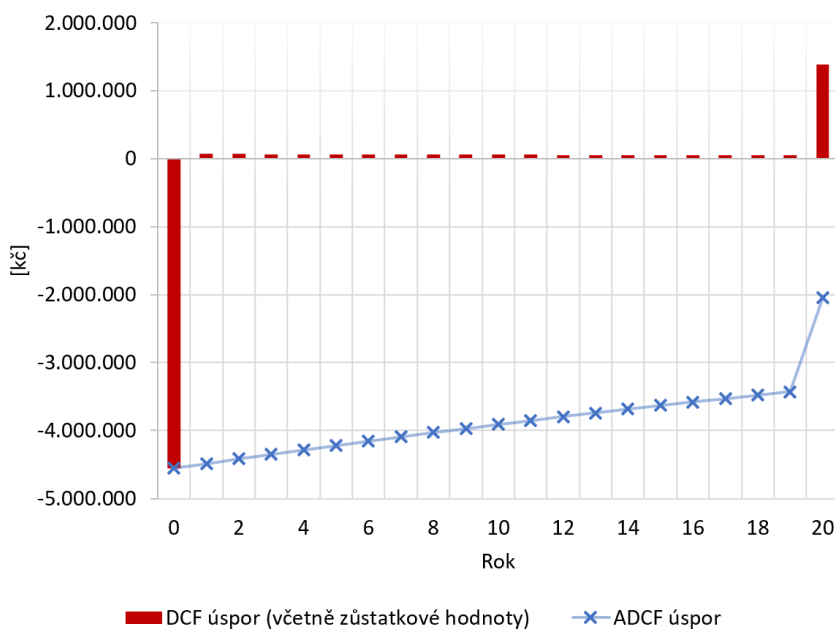
5.3.4 Varianta 2 (po částech)

Na obrázku 5.10 můžeme vidět diskontované hotovostní toky úspor se započítáním zůstatkové hodnoty varianty na konci 20. roku (DCF). V grafu je potom také kumulativní diskontovaný hotovostní tok úspor (ADCF). Vidíme, že narozdíl od varianty 1 probíhá uvažovaná investice ve dvou částech 5 let od sebe. Vzhledem k absenci dotace ovšem vychází varianta 2 ještě hůř než varianta 1.



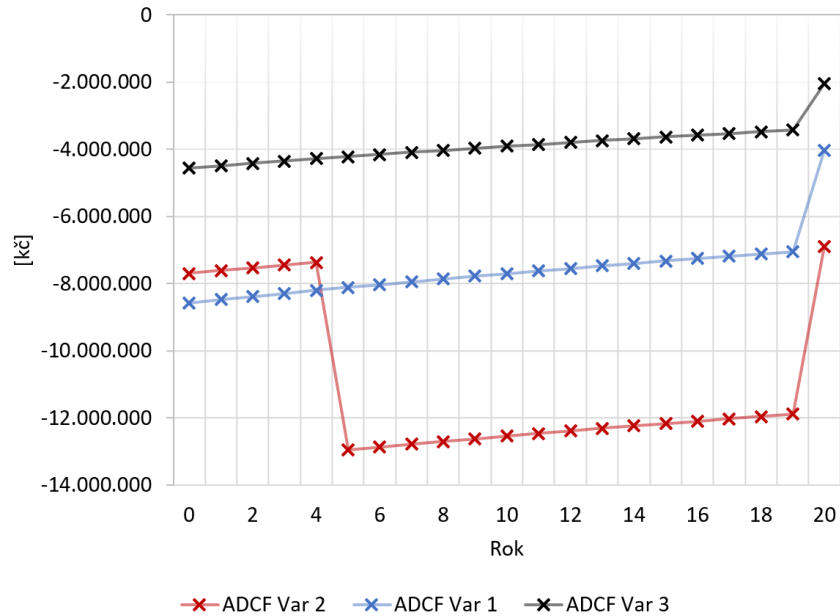
Obrázek 5.10: Varianta 2: Diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (DCF) a kumulativní diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (ADCF).

5.3.5 Varianta 3 (nízkonákladová)

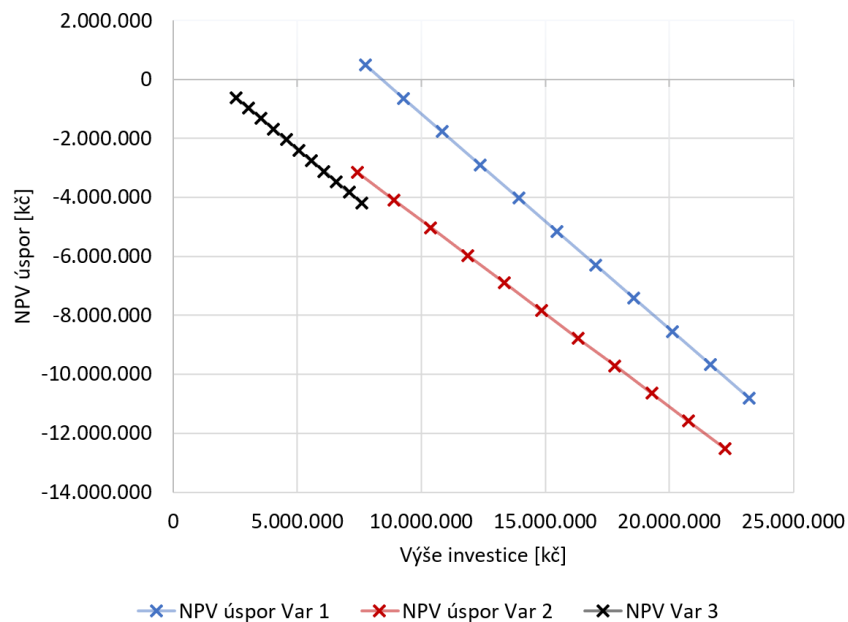


Obrázek 5.11: Varianta 3: Diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (DCF) a kumulativní diskontovaný CF včetně zůstatkové hodnoty (ADCF).

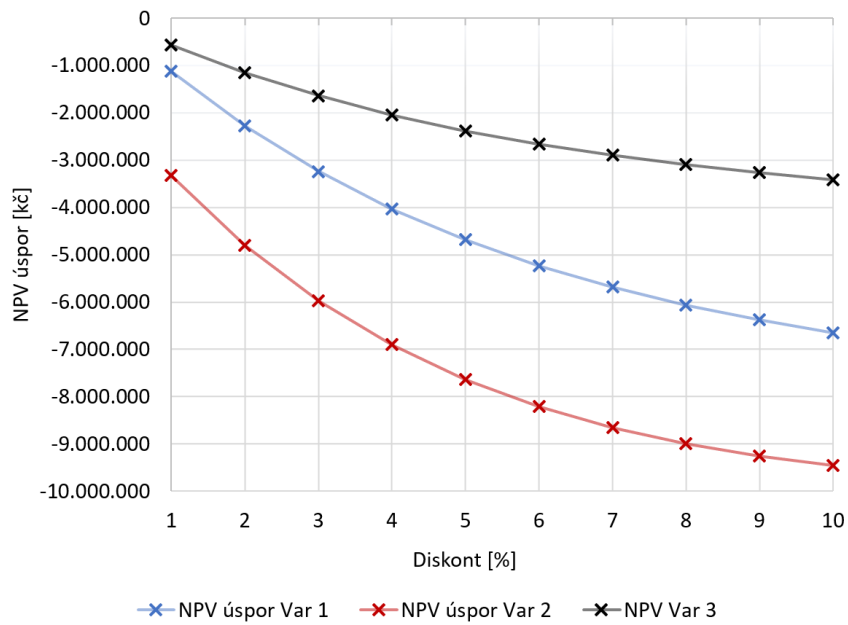
po zlomu už výše investice do rekuperace překročí výši dotace. V grafu na obrázku 5.13 se tento jev neprojeví, protože je mimo rozsah citlivostní analýzy.



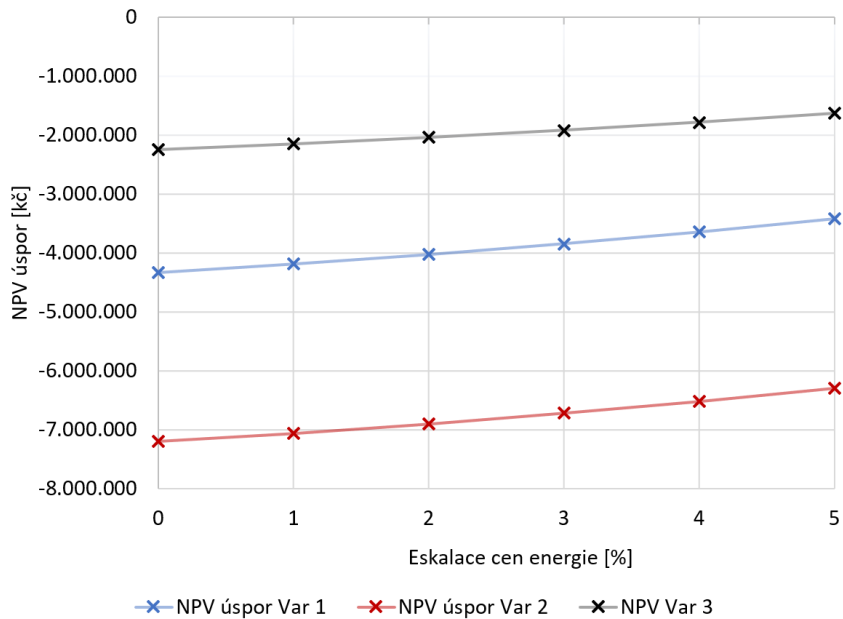
Obrázek 5.12: Kumulovaný diskontovaný CF jednotlivých variant se započtením zůstatkové hodnoty na konci 20. roku (ACDF).



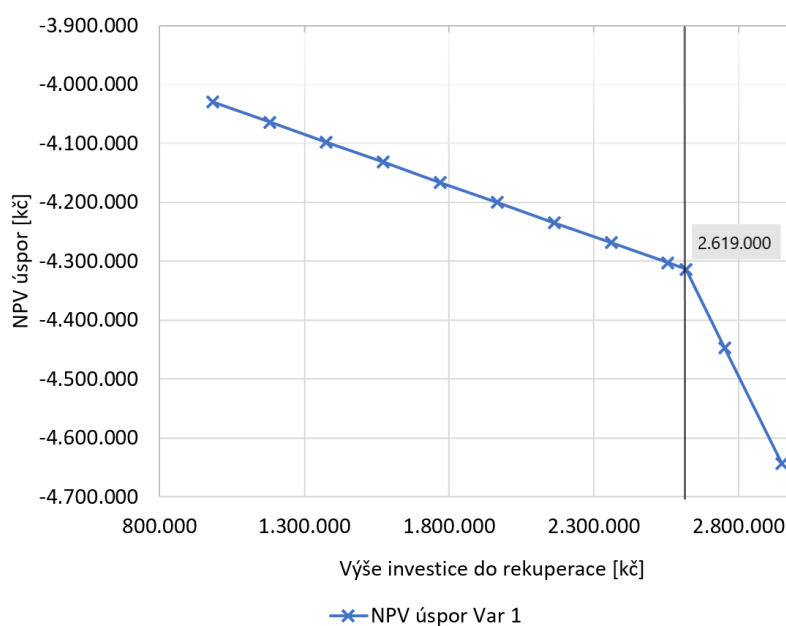
Obrázek 5.13: Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na výši investice.



Obrázek 5.14: Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na diskontu.



Obrázek 5.15: Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na eskalaci cen energie.



Obrázek 5.16: Citlivostní analýza závislosti NPV úspor na výši investice do rekuperace.

5.4 Závěrečné doporučení

Z čistě ekonomického hlediska nedoporučuji provést žádnou z navrhovaných variant. Téma bych nicméně doporučoval znovu otevřít v budoucnu, pokud nastane otázka rekonstrukce. Za dobu své existence (téměř 30 let) sportovní hala žádnou významnou rekonstrukcí neprošla a rekonstrukce se tedy v podstatě nabízí. To je ovšem spíše otázkou priorit vedení města, nikoli čistě ekonomické rozhodnutí.

V následující tabulce na obrázku 5.17 můžeme vidět závěrečné základní porovnání a shrnutí vybraných parametrů jednotlivých variant. U varianty 2 můžeme pod sebou u některých ukazatelů vidět hodnoty po první části rekonstrukce a po druhé části rekonstrukce. Pokud bychom projekt posuzovali např. z pohledu ekologie, vyšla by nejlépe varianta 1, která všechna opatření naimplementuje dříve než varianta 2, přestože konečný výsledek je v podstatě stejný.

Také bych doporučoval instalaci podružných měření spotřeby plynu a elektřiny jednotlivých celků objektu (hala, další budovy). Jak už bylo zmíněno výše, v dotačním titulu OPŽP se operuje s reálnou úsporou a po případné budoucí realizaci projektu je potřeba doložit porovnání s předchozím stavem.

(To je bez měřených hodnot před realizací obtížné.) Jinak hrozí nutnost vrácení části dotace.

Na závěr z tabulky na obrázku 3.6 potom také vyplývá, že na ohřev teplé vody (především do sprch) je spotřebováváno relativně velké množství plynu, nezávisle na obsazenosti haly. Doporučoval bych (přestože se tímto tato diplomová práce explicitně nezabývá) implementaci lepšího řízení ohřevu, popř. analýzu možnosti výměny/instalace jiného ohříváku.

		Var 1 (dotační)	Var 2 (po částech)	Var 3 (nízko- nákladová)	Var 0 (současný stav)	
Investice	rok 2019	13.928.469	7.692.307	4.556.425		[kč]
	rok 2024	-	6.885.227	-		
Dotace		5.361.038	0	0		[kč]
NPV úspor		-4.029.908	-6.902.641	-2.042.463		[kč]
IRR		0,19	-2,37	0,20		[%]
DPP		doba delší 20 let				[kč]
Úspora CO ₂		32,4	28,5 32,4	24,6		[%]
Energetická náročnost budovy		B	B	C	C	[-]
Průměrný součinitel prostupu tepla		0,36	0,44 0,36	0,49	0,83	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
Celková dodaná energie		386	418 386	571	775	[GJ/rok]
Neobnovitelná primární energie		1103	1177 1103	1512	1990	[GJ/rok]

Obrázek 5.17: Závěrečné shrnutí vybraných ukazatelů.

Kapitola 6

Závěr

V této diplomové práci jsem navrhl a z ekonomického hlediska vyhodnotil varianty úsporných opatření pro víceúčelovou sportovní halu. Práci jsem rozdělil do 4 hlavních kapitol (plus úvod a závěr), a to v následujícím pořadí. Uvedení do problematiky, analýza stávajícího stavu, návrh opatření pro snížení energetické spotřeby, varianty řešení a ekonomický model.

V kapitole 2 (Uvedení do problematiky a metodika) jsem se pokusil čtenáři vysvětlit rozdíl mezi energetickým auditem a studií proveditelnosti a zároveň poskytnout dostatečný vhled do legislativních souvislostí a principů. Obecně mi přijde legislativa k této problematice relativně konzistentní, nicméně ne vždy jednoznačná. To se týká například praktické nemožnosti stanovení hygienického limitu pro velikost oken při vybourání kopilit bez návštěvy místní hygienické stanice (v tomto aspektu tedy záleží na subjektivním přístupu). Komplikovanost legislativních požadavků a jejich naplnění jsem se snažil graficky interpretovat pomocí souhrnných tabulek dále v práci jako např. v tabulce na obrázku 5.1 nebo 5.7. V této kapitole jsem dále krátce a předběžně popsal současný stav budovy a předběžně navrhl možné varianty opatření na snížení energetické spotřeby.

V kapitole 3 (Analýza stávajícího stavu) jsem provedl analýzu stávajícího stavu sportovní haly. Jelikož je sportovní hala pouze jednou z budov objektu a není v ní nainstalováno podružné měření energetických vstupů, musel jsem spotřebu energie rozdělovat na sportovní halu a na zbytek. Bohužel jsem neměl dostatek dat na vytvoření separátních energetických modelů pro halu, a pro zbytek a určení poměru spotřeby energie tímto způsobem jsem využil jiných vlastností. Energii na vytápění jsem také, kvůli porovnatelnosti dat, nanormoval na klimaticky normální rok pomocí metody denostupňů.

Dále jsem popsal významné spotřebiče energie (v podstatě pouze osvětlení), vlastní zdroje energie (plynové zářiče) a sestavil graf využití sportovní haly v jednotlivých měsících a letech. Také jsem popsal jednotlivé konstrukce objektu, vytvořil graf měrného tepelného toku, energetickou bilanci a PENB. V této kapitole jsem také shrnul výdaje na energii.

Analýza současného stavu potvrdila předběžné domněnky na základě vizuální inspekce o energetických neefektivnostech. Tedy především, že relativně vysoké energetické ztráty jsou zapříčiněny kopilitem a větráním. Potvrdila se tedy správnost předběžného návrhu opatření (mj.) nuceného větrání s rekuperací a zbavení se kopilit. Je ovšem nutné podotknout, že jsem původně předpokládal, že hala bude v horším energetickém stavu. Současný stav podstatně zlepšuje nové osvětlení pomocí LED lamp a relativně nových plynových zářičů.

V kapitole 4 (Návrh opatření pro snížení energetické spotřeby) jsem na základě předchozí zevrubné analýzy současného stavu konkrétně navrhl a upřesnil jednotlivá opatření pro snížení energetické spotřeby. Opatření jsem následně nacenil, to je možné vidět v tabulce na obrázku 4.1. Nacenění jednotlivých stavebních opatření jsem provedl pomocí cen na eshopech se stavebními potřebami. Nejedná se o nejpřesnější metodu, nicméně takto velký projekt nebyl ochotný nikdo rámcově vyprojektovat a nacenit (Kromě firmy Atrea; opatření - rekuperační jednotka). V pozdější fázi práce jsem nicméně na výši investice provedl citlivostní analýzu. Po nacenění a součtu možných dotací jsem tedy také získal výši investic předpokládaných variant, těmi jsem se ovšem zabýval až v následující kapitole.

V kapitole 5 (Varianty řešení a ekonomický model) jsem sestavil a do vysoké míry potvrdil původně předběžné navržené varianty z kapitoly 2. Varianty jsou navrženy v souladu s legislativními požadavky a upřesněny podle omezení, která se naskytla. Tím bylo například prakticky nemožné dosáhnout na výši dotací 35 % a 50 % způsobilých výdajů. U varianty 3 (nízkonákladové) se objevil problém nesplnění požadavku na součinitel prostupu tepla stěny (viz obrázek shrnutí jednotlivých variant 5.7). Naštěstí se uvažovaná nová stěna vejde za kopilit, ten není nutné vybourat a podmínka tedy (pravděpodobně) nemusí být dodržena. Pro navrhované varianty jsem také vyhotovil PENB. Varianty jsem také shrnul z hlediska spotřeb, výdajů a jejich úspor a úspory CO_2 .

V další části jsem se věnoval vytvoření ekonomického modelu pro posouzení a porovnání variant. Zde jsem stanovil výši diskontu a varianty porovnal především podle NPV úspor výdajů po dobu 20 let, IRR a DPP. Shrnutí ekonomického vyhodnocení jednotlivých variant je možné vidět na obrázku 5.8. Žádná z variant bohužel ekonomicky nevyšla, a to ani při podstatném snížení uvažované vstupní investice. Jednotlivé varianty jsem také porovnal pomocí grafů a citlivostních analýz.

Přestože žádná z variant ekonomicky nevyšla, není výsledek zcela bezcenný. Sportovní haly a tělocvičny na malých městech jsou zřídkakdy provozovány s vidinou profitu, a tato sportovní hala se pomalu po téměř 30 letech své

existence dostává do období, kdy bude potřebovat rekonstrukci. Tělovýchovné jednotě bych tedy především doporučil nainstalovat podružné měření spotřeby, aby případná rekonstrukce nebyla tímto krokem zdržena.

Příloha A

Pojmy a definice

Energetický audit	<i>„Systematická kontrola a analýza užívání energie, spotřeby energie na místě, v budově, systému nebo v organizaci s cílem identifikace energetických toků a potenciálu energetické účinnosti a podávání zpráv. Ocitováno z [34].“</i>
Energetická účinnost	<i>„Poměr, nebo jiný kvalitativní vztah, mezi výstupem činnosti, služby, zboží za energie a vstupem energie. Příklad: Přeměna energie; požadovaná/využitá energie; výstup/vstup; teoretické množství energie na provoz/energie využitá na provoz“ Ocitováno z [34].</i>
Užití energie	<i>„Způsob nebo druh využití energie. Příklad: Větrání, topení, osvětlení, chlazení, přeprava, procesy, výrobní linky.“ Ocitováno z [34].</i>
Spotřeba energie	<i>„Množství využité energie.“ Ocitováno z [34].</i>
Energetická náročnost	<i>„měřitelný výsledek týkající se energetické účinnosti, užití energie a spotřeby energie.“ Ocitováno z [34].</i>
Vyhláška	<i>„Obecně závazný právní předpis vydaný zpravidla ústředním orgánem státní správy k provedení zákona. Obecně závazné vyhlášky mohou vydávat též kraje a obce.“ Ocitováno z [37]. Pro tuto práci je důležité především to, že vyhláška může být jakousi legislativní nadstavbou nad normou. Norma je ovšem nezávazná, ale některé části norem se dají „zezavaznit“ právě vyhláškou. Např, tím, že vyhláška na danou normu odkáže.</i>

Tabulka A.1: Pojmy a definice 1/3.

OPŽP

Neboli operační program životního prostředí. Podle [8] cituji „*Operační program Životní prostředí 2014–2020 navazuje na Operační program Životní prostředí 2007–2013. Pro žadatele má v následujících letech přichystáno téměř 2,75 miliardy eur. Řídícím orgánem je Ministerstvo životního prostředí, zprostředkujícími subjekty jsou Státní fond životního prostředí ČR pro všechny prioritní osy s výjimkou prioritní osy 4 a Agentura ochrany přírody a krajiny ČR pro příjem a hodnocení žádostí v prioritní ose 4.*“

**Tepelná vodivost λ
a tepelný odpor**

Tepelný odpor vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti konstrukcí. R [$m^2 \cdot K/W$] nám tedy říká, jak velkou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot dojde k přenosu jednoho wattu. $R = \frac{d}{\lambda}$, kde d je tloušťka materiálu a λ je tepelná vodivost materiálu. Tepelné odpory jednotlivých vrstev materiálu se dají sčítat, analogicky jako odpory (rezistory) v elektrotechnice. Součinitel prostupu tepla je potom $U = \frac{1}{R_{th}}$ [$W/m^2 \cdot K$], kde r_{th} je tepelný odpor složené konstrukce. [21] [32]

ETICS

Jedná se o vnější kompozitní tepelněizolační systém. Má pevnou certifikovanou skladbu a je do-
dáván jako ucelený systém. [38]

**Neobnovitelná primární
energie a primární energie**

Primární energie je taková energie, která neprošla žádným procesem přeměny. Pojem jde tedy chápat jako energii, která se vyskytuje v přírodě (primární nebo jinak prvotní). Primární energie se potom dělí na energii obnovitelnou (slunce, vítr, hydro - v podstatě jde tedy o jakési „deriváty“ sluneční energie) a energii neobnovitelnou, získanou ze zdrojů, jakými jsou např. fosilní paliva (ropa, zemní plyn, uhlí ...) V současnosti se potom hledí na snižování objemu energie z neobnovitelných zdrojů a zvyšování z obnovitelných zdrojů. [22]

Tabulka A.3: Pojmy a definice 3/3.

Příloha B

Cenová nabídka



CENOVÁ NABÍDKA Na03223 / Z51007 / 0 / D

1. Dodavatel:

ATREA s.r.o.
Československé armády 32
466 05 Jablonec nad Nisou

IČ: 63144476
DIČ: CZ63144476

Vystavil: Pavla Charvátová
Datum: **26.11.2019**
Tel.: +420 483368124
E-mail: pavla.charvatova@atrea.cz

2. Určeno pro:

Vojtěch Matouš

Tel.:
Fax:
E-mail:

Vaše poptávka:

Číslo: e-mail V.Matouš 21.11.19
Akce: Sportovní hala, Nový Bor

Vážení obchodní přátelé,

děkujeme za vaši poptávku a zasíláme vám cenovou nabídku na dodávku požadovaného zboží (ceny uvedeny v Kč, bez DPH, dle platného ceníku):

Označení dodávky	Množství
Vzduchotechnická část	
Pro jednotku nebylo požadováno plnění nařízení EU 1253/2014 a není tudíž určena pro aplikace, kde je toto nařízení vyžadováno.	
A100581 DUPLEX 8100 Basic	1 ks
A102481 Me.116.EC3 (8100B) - EC	1 ks
A103481 Mi.116.EC3 (8100B) - EC	1 ks
A104582 K750.G_rekuperční výměník (8100B,BV)	1 ks
A105110 provedení 10 (parapetní)	1 ks
A105000 konfigurace 0	1 ks
A106085 Fe.K4_filtr přívod kazetový třída G4 (6500M,MV,MN,5500ME,MEV,MEN,8100B,BV,BN)	1 ks
A106285 Fi.K4_filtr odtah kazetový třída G4 (6500M,MV,MN,5500ME,MEV,MEN,8100B,BV,BN)	1 ks
A130681 B.x_by-pass (8100B,BV)	1 ks
A131035 H.500/500_obdélníkové hrdlo	4 ks
A139501 dodávka jednotky vcelku	1 ks
Příslušenství (měření a regulace, regulační prvky)	
A140312 LM 24A (by-passová klapka)	1 ks
A131400 vývod kondenzátu pr. 32/40 (plast) - mimo podstropních	3 ks
A139056 základový rám (6500M,5500ME,8100B)	1 ks
A139022 podstavné nohy (4 + 2 ks) - 1500-8000M,MV,1500-6500ME,MEV,1400-10100B,BV	1 ks
A142937 RD5 400V-EC / 400V-EC (3400-10100B), vč. ethernet připojení	1 ks
A140104 SW hlavní vypínač (všechny velikosti jednotek, všechny regulace)	1 ks
A170130 CP Touch (B) - dotykový barevný ovládací panel (pro regulaci RD5, barva bílá)	1 ks
Součet cen bez DPH	251 340,00 Kč

Obrázek B.1: Cenová nabídka nuceného větrání s rekuperací.

Příloha C

Literatura

- [1] 3. Energy management and audit.
URL <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/1Ch3.pdf>
- [2] Co je to spolek?
URL <http://www.zapsanyspolek.cz/2014/05/definice.html>
- [3] Co je to technická norma?
URL <http://www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma->
- [4] Energetický štítek budovy.
URL <http://penb-prukaz-budovy.cz/>
- [5] Energy Savings Toolbox – An Energy Audit Manual and Tool. Volně přeložil Vojtěch Matouš.
URL <https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oe/pdf/publications/infosource/pub/cipec/energyauditmanualandtool.pdf>
- [6] EPC (Energy Performance Contracting).
URL <https://www.tzb-info.cz/epc-energy-performance-contracting>
- [7] Feasibility Study.
URL <https://www.investopedia.com/terms/f/feasibility-study.asp>
- [8] O Programu (OPŽP).
URL <https://www.opzp.cz/o-programu/>
- [9] Průkaz energetické náročnosti budov.
URL <http://penb-prukaz-budovy.cz/penb/>
- [10] Průkaz energetické náročnosti u objektů s elektrickým vytápěním.
URL <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10207-prukaz-energeticke-narocnosti-u-objektu-s-elektrickym-vytapenim>
- [11] Součinitel prostupu tepla.
URL <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

- [12] Vaclav Smil.
URL https://en.wikipedia.org/wiki/Vaclav_Smil
- [13] Vyhláška č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov.
URL <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78#p6>
- [14] Zákon č. 318/2012 Sb. (Zákon, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů).
URL <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318>
- [15] Zákon č. 406/2000 Sb. (Zákon o hospodaření energií).
URL <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>
- [16] Vyhláška o energetickém auditu a energetickém posudku č. 480/2012 Sb. 2016.
URL <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>
- [17] Apled s.r.o., J. M.: Výpočet osvětlení. 2016.
- [18] CNB: Měnová statistika.
URL https://www.cnb.cz/cnb/STAT.ARADY_PKG.STROM_DRILL?p_strid=AAA&p_lang=CS
- [19] Distribuce, C.: Podmínky distribučních sazeb podnikatelé.
URL <https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/podminky-distribucnich-sazeb/podminky-distribucnich-sazeb-2019-podnikatele.pdf>
- [20] Hodboř, I. J.: Spotřeba tepla a denostupně. 2017.
URL <https://energetika.tzb-info.cz/15468-spotreba-tepla-a-denostupne>
- [21] Info, T.: Tepelný odpor R.
URL <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [22] Ing. Jiří Novotný, P., doc. Ing. Tomáš Matuška: Neobnovitelná primární energie. 2017.
URL <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [23] Ing. Zdeněk Reinberk, I. L. T.: Výpočet denostupňů.
URL https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu?stanice=17&otopne_obdobi=&start_day=01&start_month=01&start_year=2016&end_day=31&end_month=12&end_year=2016&ti=18.0&tem=13.0&btn_submit=Vypo%EDtat+a+zobrazit&checkbox_sumbtl=1&checkbox_deg=1&checkbox_dnu=1&checkbox_prumerne_teploty=1°_x=740°_y=270&otop_dny_x=740&otop_dny_y=270&prum_teploty_x=740&prum_teploty_y=270

- [24] Janeček, I.: Sportovní hala SH1/87, Kladečský plán střešních panelů + výpis panelů. 1987.
- [25] Janeček, I.: Sportovní hala SH1/87, Stav. arch. část. kotevní plán. 1987.
- [26] Janeček, I.: Sportovní hala SH1/87, Stav. Arch. část pohled P1. 1987.
- [27] Janeček, I.: Sportovní hala SH1/87, Stav. Arch. část pohled P2. 1987.
- [28] Janeček, I.: Sportovní hala SH1/87, Stav. Arch. část půdorys na kótě. 1987.
- [29] Janeček, I.: Sportovní hala SH1/87, Stav. Arch. část řez. 1987.
- [30] Magazín, R.: Energetický štítek budovy. 2013.
URL <https://www.rdrymarov.cz/novinky-a-akce/energeticky-stitek-budovy>
- [31] Michael Baechler, P., Cindy Strecker; Shafer, J.: Building technologies profram: A guide to energy audits. 2011, volně přeložil Vojtěch Matouš.
URL https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/pnnl-20956.pdf
- [32] Miroslav Urban, K. K. D. A. M. K., Zbyněk Svoboda: Metodika bilančního výpočtu energetické náročnosti budov. 2008.
URL https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/Vypocet_ENB_metodicka_prirucka.pdf
- [33] Úřad pro technickou normalizaci, m. a. s. z.: ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky.
- [34] Úřad pro technickou normalizaci, m. a. s. z.: SN EN 16247-1 Energetické audity - Část 1: Obecné požadavky. 2013.
- [35] Úřad pro technickou normalizaci, m. a. s. z.: ČSN EN 16247-2 Energetické audity - Část 2: Budovy. 2014.
- [36] životního prostředí, M.: PRAVIDLA PRO ŽADATELE A PŘÍJEMCE PODPORY v Operačním programu Životní prostředí pro období 2014–2020. 2019.
- [37] Vetešníková, M. E.: Vyhláška - definice, vysvětlení co je to vyhláška.
URL <https://www.bezplatnapravniporadna.cz/ruzne/pravnicko-slovník/8957-vyhlaska-definice-vysvetleni-co-je-to-vyhlaska.html>
- [38] Zeman, I. P.: Zateplovací systémy ETICS od A do Z. 2008.
URL <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zatepleni/zateplovaci-systemy-etics-od-ado-z>