

> Energetický audit

Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo

Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město

statutární město Liberec

Doručeno: 08.03.2016

CJ MML 050363/16

listy:0 přílohy:2



mm1bes5f5eeab8

Evidenční číslo: EA-0262/15031

Datum: 15.12.2015

Předkládá:

E-resources, s.r.o., Hybernská centrum, Hybernská 1009/24110 00 Praha 1, Nové Město

IČ: 26116162, DIČ: CZ 26116162, Tel / fax: +420 222 125 281, Mob: +420 603 242 125

e-mail: info@e-resources.cz, www.e-resources.cz

Energetický audit

dle zákona č. 406/2000 Sb. a vyhlášky č. 480/2012 Sb.

Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo

Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město



Evidenční číslo:
Datum:
Vypracoval:
Číslo oprávnění:

EA-0262/15031
15.12.2015
Ing. Jan Kárník, energetický specialista
262

Obsah:

1	Identifikační údaje	7
1.1	Zadavatel energetického auditu a majitel objektu	7
1.2	Provozovatel předmětu energetického auditu	7
1.3	Předkladatel energetického auditu	7
1.4	Zpracovatel energetického auditu	7
1.5	Předmět energetického auditu	7
2	Popis výchozího stavu	8
2.1	Základní údaje o předmětu energetického auditu	8
2.1.1	Předmět energetického auditu	8
2.1.2	Charakteristika	9
2.2	Základní údaje o energetických vstupech a výstupech	11
2.2.1	Elektrická energie	11
2.2.2	Zemní plyn	11
2.3	Energetické hospodářství	14
2.3.1	Zdroje pro vytápění (ÚT)	14
2.3.2	Příprava teplé užitkové vody (TV)	14
2.3.3	Vzduchotechnika	15
2.3.4	Chlazení	15
2.3.5	Osvětlení	15
2.3.6	Rozvody energií	15
2.4	Bilance zdrojů energie	16
2.5	Klíčové hodnoty pro normalizované klimatické podmínky regionu	16
2.6	Informace o stavební části	18
2.6.1	Objekt divadla	18
2.6.2	Objekt správní budovy	19
2.7	Záměry zadavatele	19
3	Zhodnocení výchozího stavu	20
3.1	Energetická bilance a technické ukazatele zdroje energie	20
3.1.1	Vyhodnocení spotřeby tepla denostupňovou metodou	21
3.2	Zhodnocení stávajícího stavu budovy	23
3.2.1	Posouzení tepelně – technických vlastností obálky budovy dle ČSN 73 0540-2:2011	23
3.2.2	Výpočet měrné tepelné ztráty (ČSN EN ISO 13 790)	23
3.2.3	Průměrný součinitel prostupu tepla a energetický štítek obálky budovy	24
3.2.4	Posouzení měrné spotřeby tepla pro vytápění	26
3.3	Zhodnocení technologické části	27
3.3.1	Vytápění	27
3.3.2	Příprava TV	28
3.3.3	Vzduchotechnická zařízení a chlazení	29
3.3.4	Rozvody energií	29
4	Navržená opatření	30
4.1	Druhy úsporných opatření	30
4.2	Beznákladová a nízkonákladová opatření	31
4.2.1	Opatření A - Energetický management	31
4.3	Vysokonákladová opatření	35
4.3.1	Opatření C - Výměna otvorových výplní	35
4.3.2	Opatření D - Zateplení obvodového pláště	37
4.3.3	Opatření E – Zateplení střech	39
4.3.4	Opatření F – Zateplení podlahy podstřešního prostoru	41
4.3.5	Opatření G – Zateplení podlahy nad exteriérem	42

4.3.6	Opatření H – Rekonstrukce VZT zařízení pro prostory divadelního sálu.....	43
4.3.7	Opatření I – Rekonstrukce plynové kotelny včetně nové MaR	44
4.4	Souhrn navržených opatření.....	45
4.5	Definování variant.....	45
4.5.1	Varianta č. 1	46
4.5.2	Varianta č. 2	48
4.6	Energetické zhodnocení navržených variant	50
5	Ekonomické hodnocení variant.....	51
5.1	Metoda ekonomického hodnocení.....	51
5.2	Ekonomické vyhodnocení variant	53
6	Environmentální hodnocení variant	55
7	Výběr optimální varianty	57
7.1	Metodika a kritéria hodnocení	57
7.2	Vyhodnocení variant	58
8	Závazné výstupy energetického auditu	60
8.1	Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství.....	60
8.2	Optimální varianta energeticky úsporného projektu a doporučení energetického auditora	61
8.2.1	Shrnutí doporučených opatření a popis okrajových podmínek.....	61
8.2.2	Zdůvodnění výběru doporučeného opatření, úspory apod.	62
9	Evidenční list energetického auditu	64
10	Přílohy	68
10.1	Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_N dle ČSN 73 0540-2:2011	68
10.2	Protokol o výpočtu měrných tepelných ztrát a potřeby tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13 790	70
10.3	Energetický štítek obálky budovy	74
10.4	Protokol k energetickému štítku obálky budovy – ČSN 73 0540-2:2011 – stávající stav	75
10.5	Protokol k energetickému štítku budovy – ČSN 73 0540-2:2011 – doporučená varianta..	77
10.6	Protokol k energetickému štítku budovy – ČSN 73 0540-2:2011 – referenční budova.....	79
10.7	Ekonomické zhodnocení doporučené varianty.....	81
10.8	Protokol o výpočtu potřeby tepla na přípravu TV	83
10.9	Kopie dokladu o vydání oprávnění.....	84

Seznam tabulek:

tabulka 1	Základní parametry předmětu energetického auditu	8
tabulka 2	Celkové roční spotřeby el. energie	11
tabulka 3	Celkové roční spotřeby dodaného tepla ze ZP	11
tabulka 4	Energetické vstupy a výstupy do předmětu EA v období 2014	12
tabulka 5	Měrná cena vstupních energií	12
tabulka 6	Procentní podíl na spotřebě a platbách za energie (vypočteno)	13
tabulka 7	Zdroje tepla na vytápění a přípravu TV	14
tabulka 8	Bilance výroby energie z vlastních zdrojů pro výchozí vstupní bilanci	16
tabulka 9	Klíčové hodnoty pro normalizované podmínky	16
tabulka 10	Základní tvar energetické bilance předmětu EA	20
tabulka 11	Základní technické ukazatele vlastního energetického zdroje	20
tabulka 12	Přepočet spotřeby tepla na vytápění na dlouhodobý průměr	21
tabulka 13	Upravená vstupní energetická bilance objektu	21
tabulka 14	Bilance výroby energie z vlastních zdrojů pro přepočtenou bilanci	22
tabulka 15	Základní technické ukazatele vlastních energet. zdrojů - přepočtená bilance	22
tabulka 16	Rozdělení měrné tepelné ztráty	23
tabulka 17	Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budovy	25
tabulka 18	Průměrný součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2:2011)	25
tabulka 19	Hodnocení energetické náročnosti vytápění	26
tabulka 20	Porovnání teoretické a skutečné spotřeby tepla na ÚT	27
tabulka 21	Ukazatele účinnosti samotného systému vytápění	27
tabulka 22	Posouzení přípravy TV dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. (kritérium GJ/m ³)(vypočteno)	28
tabulka 23	Posouzení přípravy TV dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. (kritérium GJ/(m ² rok))	28
tabulka 24	Vyčíslení tepelných ztrát v rozvodech TV	28
tabulka 25	Tabulka vypočtených tlouštěk izolací dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.	29
tabulka 26	Přehled teplot ve vybraných místnostech	32
tabulka 27	Souhrn navrhovaných opatření	45
tabulka 28	Ekonomické vyhodnocení jednotlivých opatření	45
tabulka 30	Upravená energetická bilance pro variantu č. 1	46
tabulka 31	Shrnutí úspor varianty č. 1	47
tabulka 33	Upravená energetická bilance pro variantu č. 2	48
tabulka 34	Shrnutí úspor varianty č. 2	49
tabulka 35	Změna energetické náročnosti budovy (ČSN 730540-2:2011)	50
tabulka 36	Ekonomické vyhodnocení jednotlivých variant - doba životnosti	54
tabulka 37	Použité emisní faktory	55
tabulka 38	Současný stav produkce emisí	55
tabulka 39	Produkce emisí u výchozího stavu a varianty č. 1	55
tabulka 40	Produkce emisí u výchozího stavu a varianty č. 2	56
tabulka 41	Bodové ohodnocení posuzovaných kritérií a váhová matice kritérií (alternativa I)	58
tabulka 42	Bodové ohodnocení posuzovaných kritérií a váhová matice kritérií (alternativa II)	58
tabulka 44	Upravená energetická bilance pro doporučenou variantu	62
tabulka 45	Shrnutí úspor doporučené varianty	63
tabulka 46	Ekologické vyhodnocení pro doporučenou variantu	63

Seznam grafů:

graf 1 Procentní podíl na spotřebě a platbách za energie (vypočteno)	13
graf 2 Denostupně v hodnoceném období.....	17
graf 3 Porovnání skutečných průměrných měsíčních teplot s dlouhodobým průměrem.....	17
graf 4 Porovnání skutečných klimatických podmínek s dlouhodobým průměrem	17
graf 5 Poměr měrných tepelných ztrát objektu	24
graf 6 Příklad E-T křivky při diagnostikování poruchy	33
graf 8 Emise tuhých látek, SO ₂ , NO _x a CO v jednotlivých variantách	56
graf 9 Emise CO ₂ v jednotlivých variantách.....	56
graf 10 Charakteristické hodnoty jednotlivých opatření.....	59

Seznam obrázků:

obrázek 1 Situační schéma objektu	10
obrázek 2 Plynová kotelná.....	14
obrázek 3 Pohled na vybrané stavební konstrukce.....	18
obrázek 4 Pohled na vybrané stavební konstrukce.....	19
obrázek 5 Princip neustálého zlepšování energetického hospodářství	31

Seznam zkratk:

PD	projektová dokumentace
CF	Cash flow
IRR	vnitřní výnosové procento
NPV	čistá současná hodnota
Ni	investiční náklady
EÚP	energeticky úsporný projekt
EA	energetický audit
kWe	kilowatt elektrický
kWt	kilowatt tepelný
GJ	gigajoule
NN	nízké napětí
VN	vysoké napětí
KGJ	kogenerační jednotka
TČ	tepelné čerpadlo
ZZT	zpětné získávání tepla
OS	otopná soustava
TV	teplá užitková voda
ÚT	ústřední topení
VS	výměňiková stanice
KPS	kompaktní předávací stanice
HVS	hlavní výměňiková stanice
AN	akumulační nádrž
TRV	termoregulační ventil
IRC	“individual room control”
VZT	vzduchotechnika
CZT	centrální zásobení teplem
CP	cihla plná
CD	cihla dutá

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1 Zadavatel energetického auditu a majitel objektu

Název/jméno	Statutární Město Liberec		
Adresa	nám. Dr. E. Beneše 1/1, 46001 Liberec		
Kontaktní osoba	Ronec Jiří		
Telefon	+420 485 243 507	Fax	-
IČ	00262978	DIČ	CZ 00262978
E-mail	48 524 3432		

1.2 Provozovatel předmětu energetického auditu

Název/jméno	Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo		
Adresa	Zhořelecká ul. 344/5, 460 01 Liberec 1		
Kontaktní osoba	Ing. Jarmila Levko – ředitelka divadla		
Telefon	487 377 329	Fax	-
IČ	00083143	DIČ	-
E-mail	jarmila.levko@saldovo-divadlo.cz		

1.3 Předkladatel energetického auditu

Jméno	E – RESOURCES, s.r.o.		
Adresa	Hybernská centrum, Hybernská 1009/24, 110 00 Praha 1, Nové Město		
Zástupce	Ing. Tomáš Kindl, jednatel společnosti		
Telefon	222 125 281	Mobil	739 077 550
IČ	26116162	DIČ	CZ 26116162
www / e-mail	www.e-resources.cz / info@e-resources.cz		

1.4 Zpracovatel energetického auditu

Jméno	Ing. Jan Kárník
Odborná způsobilost	Energetický auditor č. 0262 zapsán v seznamu u MPO ČR
Adresa	Nad Laurovou 6, 150 00 Praha 5
E-mail	karnik@e-resources.cz
Telefon	603 24 21 25
Spolupráce	Ing. Anna Žitnáková

1.5 Předmět energetického auditu

Název	Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo
Adresa	Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město
Vlastník	Statutární Město Liberec
Vztah k zadavateli EA	Zadavatel EA je vlastníkem předmětu EA

2 POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

2.1 Základní údaje o předmětu energetického auditu

2.1.1 Předmět energetického auditu

Předmětem energetického auditu je Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo, Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec, vlastní konstrukce budovy a její energetické hospodářství. Energetickým hospodářstvím se, vzhledem k povaze objektu, rozumí spotřeba tepla na vytápění včetně rozvodů a regulace systému a spotřeba energií na přípravu teplé vody a další technologické procesy (osvětlení apod.). Situaci znázorňuje obrázek 1.

Energetický audit je zpracován na základě zákona 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky 480/2012 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu.

Požadavek na zpracování EA vyplynul v návaznosti na záměry vedoucí ke snížení spotřeby energie zlepšením tepelně technických parametrů obalových konstrukcí či modernizací energetických systémů. Navrhovaná úsporná opatření jsou řešena s ohledem na požadavky dotačního programu OPŽP.

tabulka 1 Základní parametry předmětu energetického auditu

Identifikace činnosti				
Druh činnosti	Divadlo a správní budova			
Počet diváků	cca 500			
Počet zaměstnanců	cca 100			
Počet vytápěných budov	2 trvale stavebně a funkčně propojené objekty – správní budova a divadlo se zázemím			
Seznam budov				
	Objem vytápěné části budovy	Vytápěná podlah. plocha	Plocha ochlaz. konstrukcí	Faktor tvaru budovy
	[m³]	[m²]	[m²]	[m²/m³]
Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo	23 494	6 599	6 915	0,29

Ke zpracování auditu byly použity následující podklady:

- ☐ údaje o spotřebě a nákladech za energie (2014)
- ☐ projektová dokumentace stavby
- ☐ ústní informace o provozu budovy, vytápěcích teplotách a útlumech
- ☐ informace z místního šetření
- ☐ vlastní fotografie objektu

2.1.2 Charakteristika

Předmět EA je využíván Divadlem F.X. Šaldy Liberec pro účely divadla, ubytování a pro administrativní účely.

Jedná se o hlavní budovu divadla se 3NP ze 17. století, která byla v roce 1992 zrekonstruována a správní budovu se zázemím postavenou v roce 2006. V hlavní budově divadla se nachází sál s hledištěm, zázemí divadla a v 2. – 3.NP ubytovna. Ve správní budově se nachází fundus, foyer, kancelářské prostory a strojovna.

Obvodové konstrukce budovy divadla jsou na zděné bázi (cihelne zdivo z CDm, CD tl. 450 – 700 mm. Obvodové konstrukce správní budovy jsou zděné plynosilikátové tl. 400 – 500 mm.

Střešní konstrukce divadla je jednoplášťová s plechovou krytinou. Plochá střecha správní budovy byla z 80% zrekonstruována v roce 2013.

Otvorové výplně tvoří převážně dřevěná zdvojená okna, v současné době je většina otvorových výplní v havarijním stavu.

Tepelně izolační vlastnosti všech obvodových konstrukcí jsou převážně nedostatečné (nesplňují hodnotu součinitele prostupu tepla), resp. z hlediska měrné spotřeby tepla na vytápění jsou jednotlivé objekty hodnoceny jako nevyhovující až mimořádně nevyhovující.

Objekt dosud neprošel rekonstrukcí zaměřenou na tepelně technické parametry obalových konstrukcí.

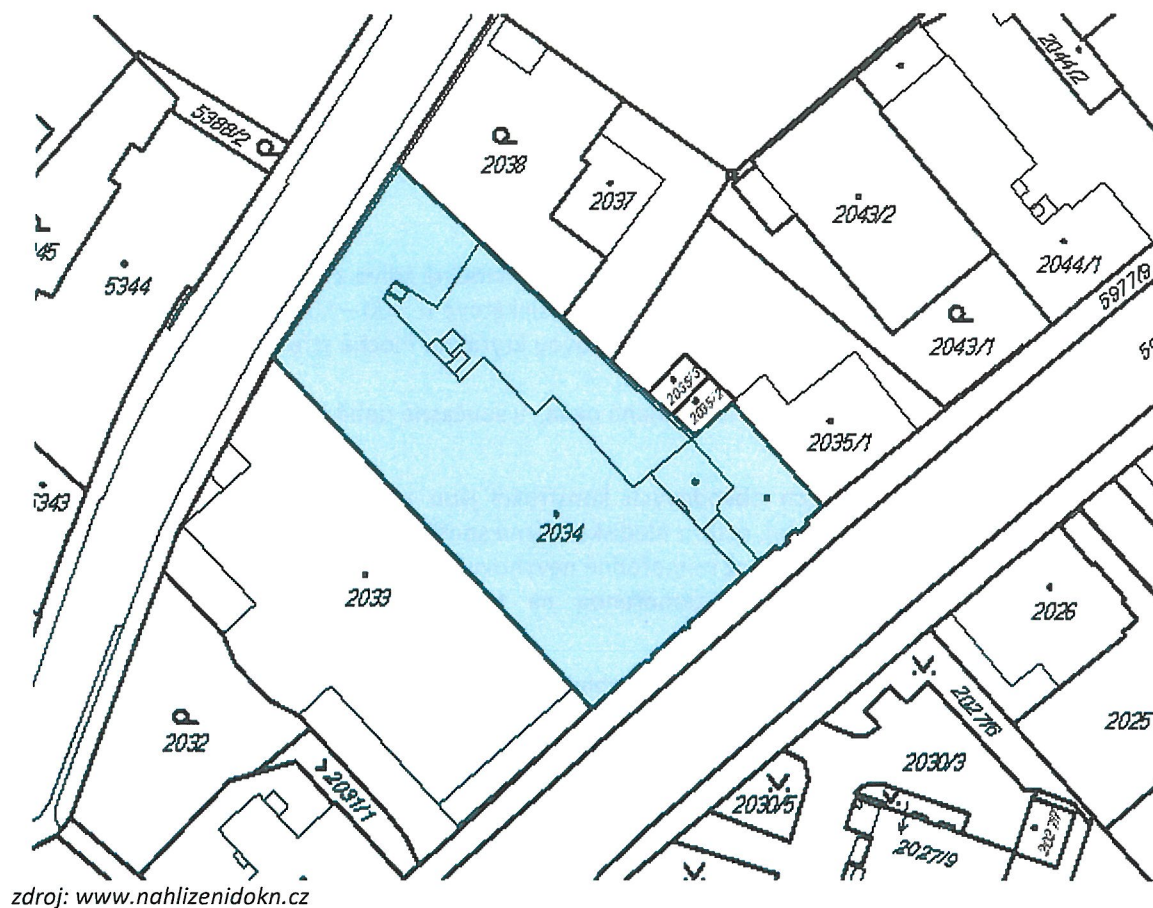
Na základě výpisu z katastru nemovitostí není objekt označen jako nemovitá kulturní památka, ani není umístěn v památkově chráněném území. Budova stojí v katastrálním území Liberec [682039] na parcelách č. st. 2033a č. st. 2034.

Vytápění předmětu EA a příprava TV jsou zajištěny pomocí vlastní plynové kotelny.

Údaje o posledních významnějších rekonstrukcích

- 2013 – rekonstrukce 80% ploché střechy správní budovy

obrázek 1 Situační schéma objektu



2.2 Základní údaje o energetických vstupech a výstupech

Předmět EA je zásobován těmito energiemi a médii:

- elektrická energie
- zemní plyn
- studená voda

2.2.1 Elektrická energie

Je osazen jeden hlavní elektroměr pro provoz Malého divadla. Další elektroměry jsou osazeny pro měření spotřeby v ubytovacích prostorech.

Následující tabulka uvádí roční spotřeby el. energie předmětu EA vycházející z předložených podkladů provozovatele předmětu EA. Pro zpracování energetického auditu byly k dispozici pouze spotřeby za rok 2014.

Uvedené spotřeby jsou vztaženy pouze k provozu Malého divadla, spotřeba el. energie v ubytovacích prostorech není předmětem EA.

tabulka 2 Celkové roční spotřeby el. energie

Spotřeby el. energie		
2014		
VT	NT	
MWh	MWh	Kč
61,347	51,206	350 556

2.2.2 Zemní plyn

Zemní plyn je využíván na výrobu tepla na vytápění, přípravu TV. Spotřeba zemního plynu je měřena přes jedno odběrné místo společné pro celý předmět EA.

Plynovou kotelnu v objektu spravuje externí správce – firma Warmnis. Pro zpracování EA byly k dispozici podklady o vyúčtování celkových spotřeb tepla (dodaných GJ) za rok 2014.

tabulka 3 Celkové roční spotřeby dodaného tepla ze ZP

Spotřeby dodaného tepla ze ZP	
2014	
GJ	Kč
2 490,0	921 418

tabulka 4 Energetické vstupy a výstupy do předmětu EA v období 2014

Energetické vstupy a výstupy do předmětu EA v roce 2014					
vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady tis. Kč
Elektřina	MWh	112,55	3,60	112,55	350,6
Teplo	GJ	0,0	1,0	0,0	0,0
Zemní plyn	MWh	691,7	3,24	691,7	921,4
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ				
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				804,22	1 272,0
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,00	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				804,22	1 272,0

Na následující tabulce a příslušných grafech je dokumentována tendence měrné ceny vstupních energií do objektu. Cenové údaje vychází z předložených podkladů provozovatele předmětu EA a jsou bez DPH.

Jedná se o celkové průměrné měrné ceny za odebrané energie.

tabulka 5 Měrná cena vstupních energií

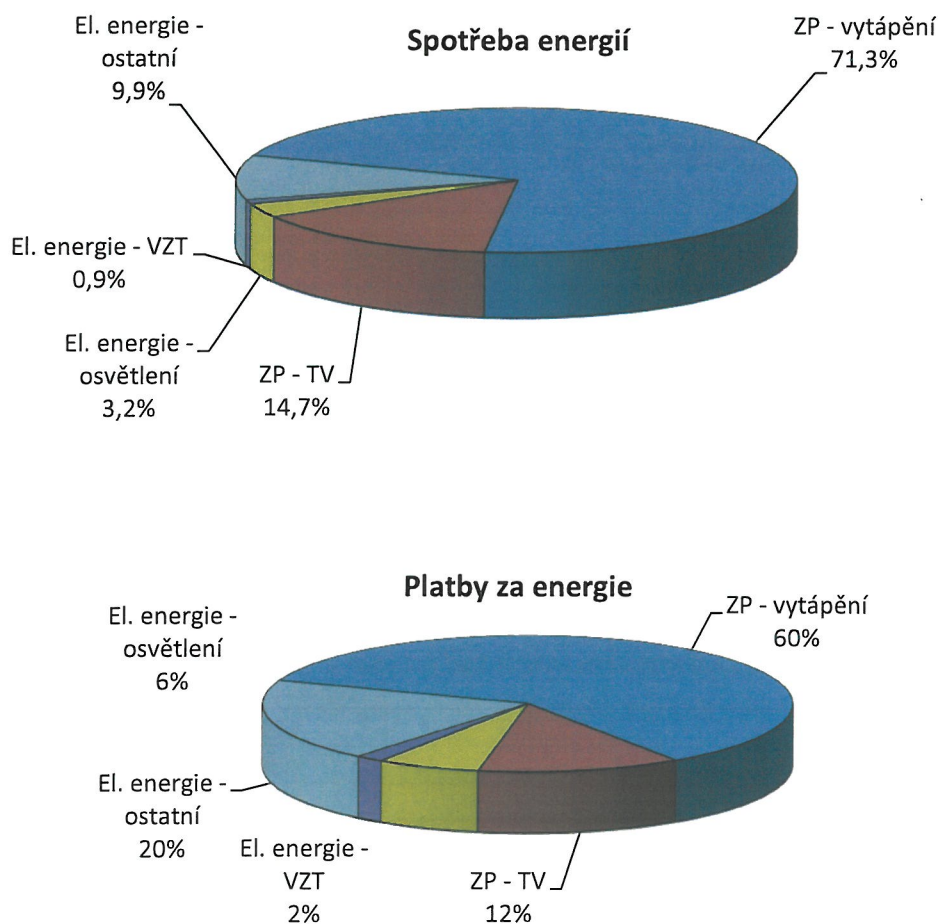
Období	El. energie	Zemní plyn	
	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/GJ
2014	3 114,6	1 332,2	370

Pro lepší orientaci ve spotřebovaných vstupních energiích byla sestavena následující bilance. Vstupní údaje do výpočtů vychází z průměrných spotřeb za hodnocená období podle fakturačních údajů. Platby jsou vztaženy k cenám roku 2014. Stanovení spotřeby energie jednotlivých spotřebičů je provedeno technickým odhadem zejména s ohledem na instalované příkony spotřebičů a jejich předpokládané časové využití.

tabulka 6 Procentní podíl na spotřebě a platbách za energie (vypočteno)

Účel spotřeby	Spotřeba energie			Platby za energie	
	MWh/rok	GJ/rok	%	tis. Kč	%
ZP - vytápění	573,46	1 858,0	70,2	764,0	60,1
ZP - TV	118,20	383,0	14,5	157,5	12,4
El. energie - osvětlení	25,50	91,8	3,5	79,4	6,2
El. energie - VZT	7,04	25,3	1,0	21,9	1,7
El. energie - ostatní	80,01	288,0	10,9	249,2	19,6
Celkem	804,22	2 646,2	100,0	1 272,0	100,0

graf 1 Procentní podíl na spotřebě a platbách za energie (vypočteno)



2.3 Energetické hospodářství

2.3.1 Zdroje pro vytápění (ÚT)

Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu TV pro divadlo a správní budovu je plynová teplovodní kotelná, která je situována v 4.NP ve správní budově.

V kotelně jsou instalovány čtyři plynové teplovodní kotle Viadrus G100 o výkonu 120 kW/ks, tj. celkový instalovaný výkon kotelný je 480 kW.

Rozvaděč se nachází v 1.PP. Z rozdělovače a sběrače je vyvedeno pět větví pro vytápění, teplota topné vody jednotlivých větví je upravována směřováním na základě ekvitermní topné křivky autonomně pro jednotlivé větve. Součástí regulace je i nastavení automatických nočních a víkendových útlumů vytápění. Provoz kotelný je bezobslužný s občasným dohledem. Druhý starší rozvaděč se nachází v budově divadla a má pět větví. Regulace je směřováním ručně.

obrázek 2 Plynová kotelná



kotelna, kotle G 100

rozdělovač a sběrač

2.3.2 Příprava teplé užitkové vody (TV)

Teplá užitková voda je připravována v dvou plynových zásobníkových ohřivačích TV o objemu 2500l a 1600 l, které se nachází v 1.PP. TV je dodávána pomocí cirkulačního rozvodu.

Spotřeba ZP, el. energie ani studené vody pro přípravu TV není samostatně měřena.

tabulka 7 Zdroje tepla na vytápění a přípravu TV

Parametr	Měrná jednotka	Výrobní zařízení č.	
		1	5
Druh zařízení	-	teplovodní kotel	ohřivač TUV
Typ zařízení	-	G 100	UUV L 21/2500
Výrobce	-	Viadrus	
Rok výroby	-	-	1994
Počet	ks	4	2
Jmenovitý výkon tepelný	MW _t	4x0,120	
Jmenovitá účinnost	%	91,0	85,0
Druh paliva	-	zemní plyn	zemní plyn
Druh vyráběného média	-	topná voda	TUV
Parametry vyráběného média – teplota	°C	90/70 °C	55°C

2.3.3 Vzduchotechnika

Větrání objektů je převážně přirozené. Ve strojovně jsou osazeny dve vzduchotechnické jednotky sloužící pro 1. A 2. NP správní budovy. Vzduchotechnické jednotky KOVONA z roku 1994 jsou funkční a jsou vybaveny přívodním ventilátorem, filtrem a směšovací komorou.

Pro jeviště a sál je osazena vzduchotechnická jednotka, která je již 5 let nefunkční.

2.3.4 Chlazení

V předmětu EA nejsou osazena zařízení ke chlazení vnitřních prostor.

2.3.5 Osvětlení

Osvětlení vnitřních prostor zajišťují převážně zářivková svítidla s trubicemi o příkonu 40W.. V podružných prostorech jsou osazena svítidla žárovková. Ovládání osvětlovací soustavy je ruční.

2.3.6 Rozvody energií

Rozvody ÚT a TV

Vytápěcí soustavy všech objektů jsou teplovodní. Rozvody tepla se nacházejí v objektech. Izolace rozvodů tepla jsou provedeny minerální vlnou, povrchová úprava je hliníkovou fólií s pletivem, použita je rovněž pěnová návlečná izolace. Instalovaná topná tělesa jsou osazena termostatickými ventily vyjma objektu divadla.

Rozvody TV jsou kovové, použita pěnová návlečná izolace, izolace minerální vlnou a izolace plstí.

Vnitřní elektroinstalace

Napěťová soustava je 3 PEN TN – C – S 400/230 V, 50 Hz. Vnitřní rozvody elektroinstalace jsou provedeny převážně v trubkovém provedení kabely typu AG, AY uloženými převážně pod omítkou v časovém provedení 60-tých let min. století. Novější instalace jsou již provedeny měděnými vodiči CYKY v elektroinstalačních plastových lištách.

Kromě výše zmíněných rozvodů se v objektu nacházejí také rozvody slaboproudé jako jsou telefonní vedení, zvonkové rozvody apod.

2.4 Bilance zdrojů energie

Vlastním zdrojem tepla v předmětu EA je vlastní plynová kotelna. Hodnocení je vztaženo pouze ke zdroji tepla na vytápění.

tabulka 8 Bilance výroby energie z vlastních zdrojů pro výchozí vstupní bilanci

ř.	ukazatel	jednotka	roční hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	MW	-
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	MW	0,480
3	Výroba elektřiny	MWh	-
4	Prodej elektřiny	MWh	-
5	Vlastní technologická spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	MWh	-
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ	-
7	Výroba tepla	GJ	1579,3
8	Dodávka tepla	GJ	-
9	Prodej tepla	GJ	-
10	Vlastní technologická spotřeba tepla na výrobu tepla	GJ	-
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	1 858,0
12	Spotřeba energie v palivu celkem	GJ	1 858,0

2.5 Klíčové hodnoty pro normalizované klimatické podmínky regionu

V následujících tabulkách jsou shrnuty klíčové vstupní hodnoty charakterizující klimatické podmínky v regionu a vnitřní podmínky. Průměrná teplota v objektu byla stanovena váženým průměrem vnitřních teplot v závislosti na objemu jednotlivých prostor.

Hodnoty pro výpočet denostupňů byly převzaty z ČHMÚ, měřicí stanice Liberec. V případě chybějících dat byly údaje převzaty z dlouhodobého průměru nebo stanoveny odborným odhadem.

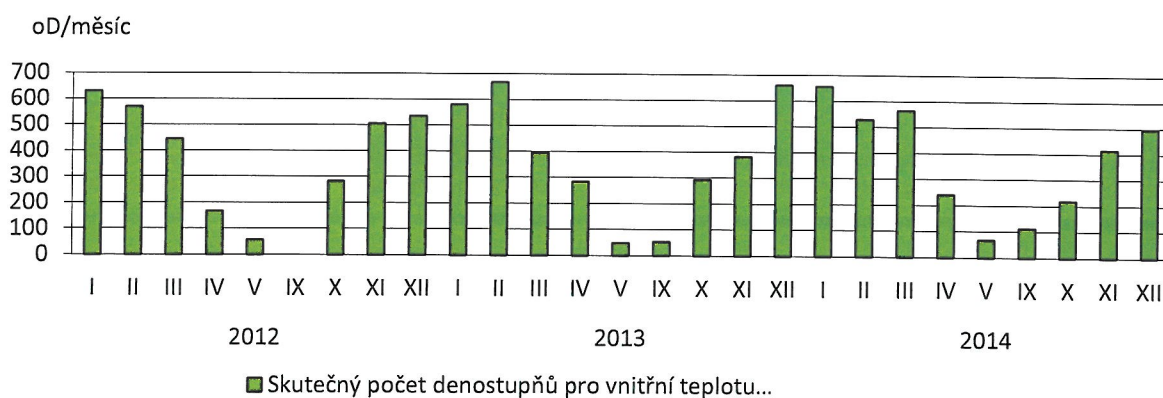
tabulka 9 Klíčové hodnoty pro normalizované podmínky

Parametry prostředí			
Lokalita	-	Liberec	Dlouhodobý normál ČR
Venkovní výpočtová teplota	t_e	-15 °C	- °C
Průměrná vnitřní teplota t_{is}	t_{is}	19,3 °C	- °C
Definovaná teplota pro zahájení vytápění	-	13 °C	- °C
Průměrná venkovní teplota t_{es}	t_{es}	3,60 °C	3,8 °C
Počet dnů otopného období	d	256 dní	242 dní
Počet denostupňů	$D^o = d (t_{is} - t_{es})$	4 019 °D	3 751 °D

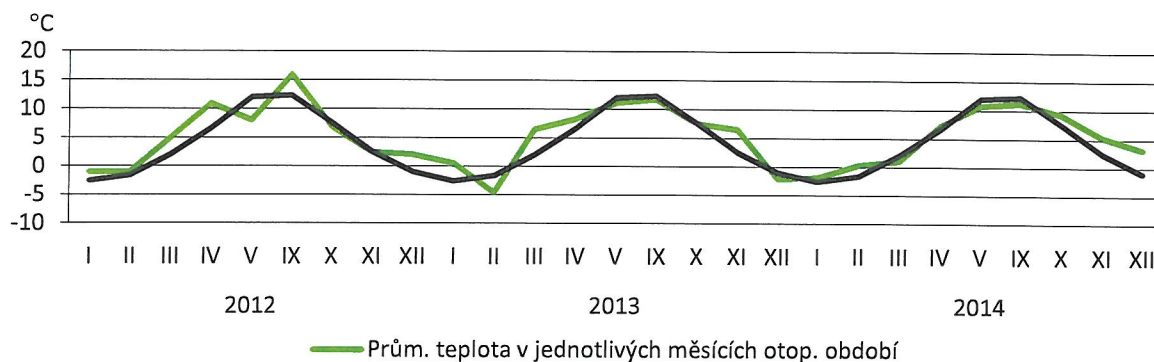
Pozn.: Průměrná vnitřní teplota byla stanovena váženým průměrem vnitřních teplot prostor v objektu.

Místní klimatické podmínky			
rok	Průměrná venkovní teplota v topném období [°C]	Počet dnů otopného období	Počet denostupňů $D^{\circ} t_{is}$
2013	3,3	199	3 183
2014	3,7	215	3 358
2015	3,9	221	3 293

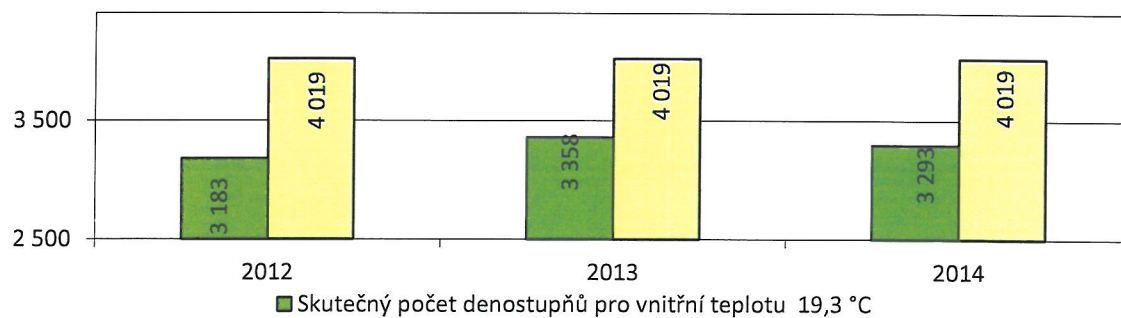
graf 2 Denostupně v hodnoceném období



graf 3 Porovnání skutečných průměrných měsíčních teplot s dlouhodobým průměrem



graf 4 Porovnání skutečných klimatických podmínek s dlouhodobým průměrem



2.6 Informace o stavební části

Objekty dosud neprošly rekonstrukcí zaměřenou na tepelně technické parametry obalových konstrukcí. V roce 2013 byl jen částečně zrekonstruována plochá střecha správní budovy.

2.6.1 Objekt divadla

Objemové a konstrukční řešení

Jedná se o hlavní budovu divadla se 3NP ze 17. století, která byla v roce 1992 zrekonstruována.

Objekt se skládá z následujících částí:

- jeviště a sál
- zázemí divadla
- ubytovna 2. – 3. NP

Obvodové konstrukce budovy divadla jsou na zděné bázi (cihelné zdivo z CDm, CD tl. 450 – 700 mm). Střešní konstrukce divadla je jednoplášťová s plechovou krytinou. Podlahy na terénu jsou betonové, pravděpodobně bez tepelné izolace. Otvorové výplně tvoří převážně dřevěná zdvojená okna, v současné době je většina otvorových výplní v havarijním stavu.

obrázek 3 Pohled na vybrané stavební konstrukce



2.6.2 Objekt správní budovy

Objemové a konstrukční řešení

Objekt správní budovy byl postaven v roce 2006 a s budovou divadla je propojen spojovacím krčkem. Objekt má na celém půdorysu 4 nadzemní podlaží a je podsklepen.

Objekt se skládá z následujících částí:

- fundus
- foyer (krček)
- kancelářské prostory
- strojovna

Obvodové konstrukce správní budovy jsou zděné plynosilikátové tl. 400 – 500 mm. Plochá střecha správní budovy byla z 80% zrekonstruována v roce 2013. (betonová stropní deska, polystyren 100mm, děrované cihly a plynosilikát 180mm). Nově byla střecha zateplena izolací EPS 150 S tl. 150 mm. Podlahy na terénu jsou betonové, pravděpodobně bez tepelné izolace. Otvorové výplně tvoří převážně dřevěná zdvojená okna, v současné době je většina otvorových výplní v havarijním stavu.

obrázek 4 Pohled na vybrané stavební konstrukce



2.7 Záměry zadavatele

Primárním záměrem provozovatele je úsporné a efektivní provozování předmětu EA.

Záměry zadavatele EA jsou zohledněny v rámci navrhovaných opatření.

3 ZHODNOCENÍ VÝCHOZÍHO STAVU

3.1 Energetická bilance a technické ukazatele zdroje energie

Průměrnou spotřebu energie na jednotlivé spotřebiče a příslušné náklady za hodnocené období (viz kap. 2.2) dokumentuje následující tabulka.

tabulka 10 Základní tvar energetické bilance předmětu EA

ř.	ukazatel	Energie		Náklady
		GJ/rok	MWh/rok	tis. Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	2 646,2	804,22	1 272,0
	z toho elektrická energie	405,2	112,55	350,6
	z toho CZT	0,0	0,00	0,0
	z toho zemní plyn	2 241,0	691,67	921,4
2	Změna zásob paliv	0,0	0,00	0,0
3	Spotřeba paliv a energie	2 646,2	804,22	1 272,0
4	Prodej energie cizím	0,0	0,00	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	2 646,2	804,22	1 272,0
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	389,3	120,15	160,1
	z toho ÚT	278,7	86,02	114,6
	z toho TV	110,6	34,13	45,5
7	Spotřeba energie na vytápění	1 579,3	487,44	649,4
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,00	0,0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	272,4	84,07	112,0
10	Spotřeba energie na větrání	25,3	7,04	21,9
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,00	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení	91,8	25,50	79,4
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	288,0	80,01	249,2

Pozn.: Cenové údaje jsou v úrovni roku 2014 a jsou uvedeny bez DPH.

tabulka 11 Základní technické ukazatele vlastního energetického zdroje

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	%	85,0
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	%	-
3	Roční účinnost výroby tepla	%	85,0
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ/MWh	-
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	1,18
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	hod	-
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod	914

3.1.1 Vyhodnocení spotřeby tepla denostupňovou metodou

Pro zohlednění vlivů konkrétních klimatických podmínek v lokalitě a pro objektivní porovnání spotřeby tepla na vytápění v jednotlivých letech se provádí přepočet spotřeby tepla pro vytápění denostupňovou metodou a je určena průměrná hodnota spotřeby tepla pro vytápění pro kontrolu a určení skutečné výše tepelné ztráty objektu.

tabulka 12 Přepočet spotřeby tepla na vytápění na dlouhodobý průměr

Zhodnocení tepla pro vytápění				
Rok	Spotřeba tepla na vytápění	Skutečný počet denostupňů	Normový počet denostupňů	Přepočtená spotřeba tepla
	GJ	D°	D°	GJ
2014	1 858,0	3 408	4 019	2 191,0

Na základě provedeného přepočtu skutečné spotřeby je sestavena výsledná vstupní energetická bilance objektu, která je dále použita jako výchozí stav pro výpočet úspor jednotlivých variant. Vzhledem k různým klimatickým podmínkám v jednotlivých letech jde o metodu, která sjednocuje spotřeby tepla na vytápění na stejnou bázi (dlouhodobý průměr denostupňů).

tabulka 13 Upravená vstupní energetická bilance objektu

ř.	ukazatel	Energie		Náklady
		GJ/rok	MWh/rok	tis. Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	2 979,2	907,00	1 408,9
	z toho elektrická energie	405,2	112,55	350,6
	z toho CZT	0,0	0,00	0,0
	z toho zemní plyn	2 574,0	794,45	1 058,3
2	Změna zásob paliv	0,0	0,00	0,0
3	Spotřeba paliv a energie	2 979,2	907,00	1 408,9
4	Prodej energie cizím	0,0	0,00	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	2 979,2	907,00	1 408,9
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	439,2	135,57	180,6
	z toho ÚT	328,7	101,44	135,1
	z toho TV	110,6	34,13	45,5
7	Spotřeba energie na vytápění	1 862,4	574,81	765,7
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,00	0,0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	272,4	84,07	112,0
10	Spotřeba energie na větrání	25,3	7,04	21,9
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,00	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení	91,8	25,50	79,4
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	288,0	80,01	249,2

Pozn.: Cenové údaje jsou v úrovni roku 2014 a jsou uvedeny bez DPH.

tabulka 14 *Bilance výroby energie z vlastních zdrojů pro přepočtenou bilanci*

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	MW	-
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	MW	0,480
3	Výroba elektřiny	MWh	-
4	Prodej elektřiny	MWh	-
5	Vlastní technologická spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	MWh	-
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ	-
7	Výroba tepla	GJ	1862,4
8	Dodávka tepla	GJ	-
9	Prodej tepla	GJ	-
10	Vlastní technologická spotřeba tepla na výrobu tepla	GJ	-
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	2 191,0
12	Spotřeba energie v palivu celkem	GJ	2 191,0

tabulka 15 *Základní technické ukazatele vlastních energet. zdrojů - přepočtená bilance*

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje	%	85,0
2	Roční účinnost výroby elektrické energie	%	-
3	Roční účinnost výroby tepla	%	85,0
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ/MWh	-
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	1,18
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu	hod	-
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod	1078

3.2 Zhodnocení stávajícího stavu budovy

Budova dosud neprošla rekonstrukcí se zaměřením na zlepšení tepelně technických vlastností budovy.

3.2.1 Posouzení tepelně – technických vlastností obálky budovy dle ČSN 73 0540-2:2011

Některé konstrukce budovy prošly rekonstrukcí se zaměřením na zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí. Skladby jednotlivých konstrukcí na hranici obálky budovy, tzn. skladby konstrukcí ohraničujících vytápěnou část budovy, byly převzaty z dokumentace.

V této kapitole jsou zhodnoceny stávající stavební konstrukce objektu s ohledem na požadavek ČSN 73 0540-2:2011.

Pozn.: Výpis požadovaných a doporučených hodnot součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce tak, jak je uvádí ČSN 73 0540-2:2011 jsou uvedeny v příloze EA.

Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí a jejich hodnocení s ohledem na požadavky ČSN 73 0540-2:2011. je uvedeno v příloze 10.4 Protokol k energetickému štítku obálky budovy – ČSN 73 0540-2:2011 – stávající stav.

Z hlediska požadavku na součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011 je patrné, že, kromě nových plastových oken a vstupů, všechny konstrukce obálky budovy překračují požadavek normy.

3.2.2 Výpočet měrné tepelné ztráty (ČSN EN ISO 13 790)

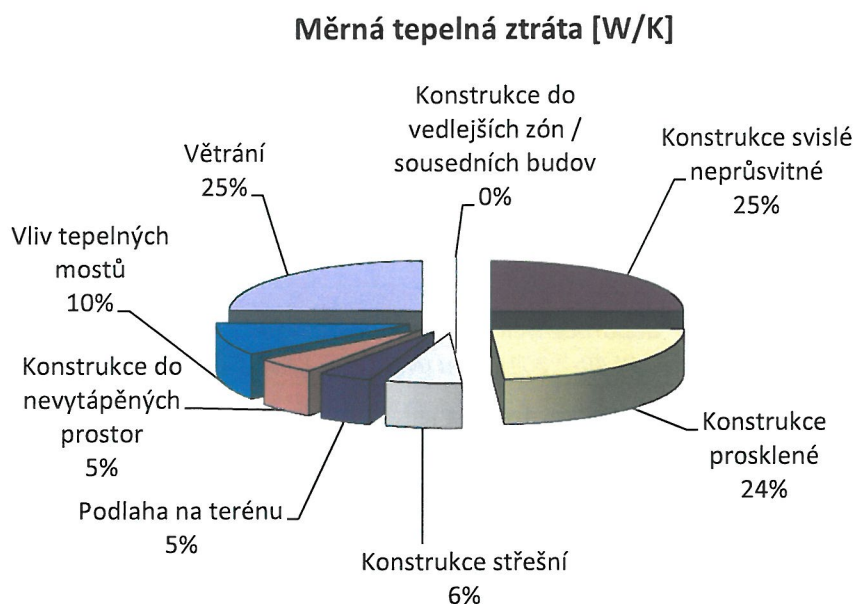
Pro výpočet měrné tepelné ztráty objektu byla použita dostupná výkresová dokumentace a informace provozovatele. Byly definovány okrajové podmínky, jak je uvádí kapitola 2.5. Vypočtené součinitele prostupu tepla uvádí předchozí tabulka.

Vlastní výpočet měrné tepelné ztráty je proveden metodikou podle normy ČSN EN ISO 13 790. Vzhledem k trvalému stavebnímu a funkčnímu propojení všech hodnocených objektů je předmět EA výpočtově hodnocen jako jeden objekt.

tabulka 16 Rozdělení měrné tepelné ztráty

Konstrukce	Plocha [m ²]	Měrná tepelná ztráta [W/K]
Konstrukce do vedlejších zón / sousedních budov	0	0,0
Konstrukce svislé neprůsvitné	2 110	1 669,9
Konstrukce prosklené	642	1 573,5
Konstrukce střešní	1 432	420,7
Podlaha na terénu	2 012	297,5
Konstrukce do nevytápěných prostor	718	351,7
Vliv tepelných mostů	0,1.A	691,5
Měrná tepelná ztráta prostupem tepla H_T	-	5 004,7
Větrání	-	1 620,5
Měrná tepelná ztráta celkem $H_T + H_V$	-	6 625,2

graf 5 Poměr měrných tepelných ztrát objektu



Ztráta tepla infiltrací je důsledkem netěsnosti otvorových výplní a způsobu výměny vzduchu ve vnitřních prostorech, které nemají nucené větrání (převážná většina vytápěného objemu). Tuto ztrátu je možné technickými prostředky i chováním obyvatel (větrání) omezit, avšak pouze na takovou míru, aby byly dodrženy hygienické požadavky na minimální výměnu vzduchu. Celková spotřeba energie na větrání je spočtena k zajištění hygienického minima čerstvého vzduchu a nelze ji nikterak jednoduše redukovat (ke snížení ztráty tepla infiltrací by bylo nutné realizovat nucené větrání s rekuperací či recirkulací vzduchu).

Největší tepelné ztráty prostupem ze stavebních konstrukcí vykazuje dle výpočtu obvodový plášť.

3.2.3 Průměrný součinitel prostupu tepla a energetický štítek obálky budovy

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} dle ČSN 73 0540-2:2011 slouží k hodnocení stavebně energetických vlastností budov v zimním období. Hodnocení se vztahuje na prostup tepla obálkou budovy, vyjadřuje tedy vliv samotného stavebního řešení. V hodnocení nejsou zohledněny žádné nejisté faktory jako je vliv lidského faktoru užívání budovy, způsobu vytápění, jeho regulace či vliv klimatických podmínek.

Hodnocená budova (nebo její ucelená část - zóna) musí dle ČSN 73 0540-2:2011 splňovat podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N}, [W/(m^2.K)],$$

kde:

U_{em} je průměrný součinitel prostupu tepla budovy,

$U_{em,N}$ je požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla.

Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ se stanoví výpočtovým postupem dle ČSN 73 0540-2:2011 čl. 5.3.3 metodou referenční budovy. Zároveň platí, že hodnota požadavku nesmí překročit limity:

- pro nové obytné budovy $U_{em,N} = 0,5$
- pro ostatní budovy $U_{em,N} = 0,30 + (0,15 / (A/V))$
a zároveň pro $A/V \leq 0,2$ je $U_{em,N} = 1,05$ a pro $A/V \geq 1,0$ je $U_{em,N} = 0,45$

Pozn.: Uvedený postup platí pro budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou v intervalu 18°C až 20°C.

Referenční budova je 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 (viz kapitola 3.2.1).

Doporučená hodnota se vypočte ze vztahu:

$$U_{em,rec} = 0,75 U_{em,N} [W/(m^2.K)]$$

Hodnocení dle průměrného součinitele prostupu je vyjádřeno v Energetickém štítku obálky budovy, který obsahuje klasifikaci prostupu tepla obálkou budovy a jeho grafická podoba dle ČSN 73 0540-2:2011 a protokol o výpočtu jsou uvedeny v přílohách EA.

Klasifikaci tříd prostupu tepla obálkou budovy podle ČSN 73 0540-2:2011 uvádí následující tabulka. Klasifikační ukazatel CI se stanoví:

$$CI = U_{em} / U_{em,N} [-]$$

tabulka 17 Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou budovy

Klasifikační třídy	Prům. souč. prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m ² K)]	Slovní vyjádření	Klasifikační ukazatel CI
A	$U_{em} \leq 0,5 U_{em,N}$	Velmi úsporná	$CI \leq 0,5$
B	$0,5 U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 U_{em,N}$	Úsporná	$0,5 \leq CI \leq 0,75$
C	$0,75 U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	$0,75 \leq CI \leq 1,0$
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 U_{em,N}$	Nevyhovující	$1,0 \leq CI \leq 1,5$
E	$1,5 U_{em,N} \leq U_{em} < 2,0 U_{em,N}$	Nehospodárná	$1,5 \leq CI \leq 2,0$
F	$2,0 U_{em,N} \leq U_{em} < 2,2 U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	$2,0 \leq CI \leq 2,5$
G	$U_{em} > 2,5 U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	$CI \geq 2,5$

tabulka 18 Průměrný součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2:2011)

Průměrný součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2:2011)	
A/V - faktor tvaru budovy	0,29 m ² /m ³
H _t - měrná ztráta prostupem	5 004,7 W/K
U _{em} - průměrný součinitel prostupu tepla	0,72 W/(m ² K)
U _{em,N,rq} - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	0,36 W/(m ² K)
U _{em,N,rc} - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	0,27 W/(m ² K)
Klasifikační ukazatel CI	2,03 F - Velmi nehospodárná

Budova splňuje požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2:2011, pokud všechny součinitele prostupu tepla jsou menší nebo rovny doporučeným hodnotám nebo pokud $U_{em} \leq U_{em,N}$. Jak je patrné z hodnot uvedených v tabulce, předmět EA tento požadavek nesplňuje.

3.2.4 Posouzení měrné spotřeby tepla pro vytápění

Tato kapitola obsahuje posouzení měrné spotřeby tepla pro vytápění budov a zároveň dle revidované normy ČSN 73 0540-2:2011. Přehled o vstupních údajích a měrných spotřebách tepla požadovaných a skutečných pro objekt ukazují následující tabulky.

Požadavky na energetickou náročnost jsou splněny, je-li energetická náročnost hodnocené budovy nižší než energetická náročnost referenční budovy. Referenční budova je výpočtově vytvořená budova téhož druhu, stejného tvaru, velikosti a vnitřního uspořádání, se stejným typem standardizovaného provozu a užívání jako hodnocená budova, a technickými normami předepsanou kvalitou obálky budovy a jejích energetických systémů.

Výpočet potřeby tepla na vytápění je proveden podle ČSN EN ISO 13790 a ČSN 73 0540-2. Protokol o výpočtu je uveden v příloze.

tabulka 19 Hodnocení energetické náročnosti vytápění

Hodnocení energetické náročnosti vytápění		
Druh budovy	Divadlo	
Hodnocená budova		
Potřeba energie pro vytápění	1 864,8	GJ/rok
Uvažovaná účinnost výroby tepla	85,0	%
Spotřeba energie pro vytápění	2 193,9	GJ/rok
Referenční budova		
Požadovaná potřeba tepla	925,1	GJ/rok
Uvažovaná účinnost výroby tepla	85,0	%
Požadovaná spotřeba tepla	1 088,4	GJ/rok
Hodnocení energetické náročnosti vytápění		
Dodaná energie na vytápění $Q_{fuel,H}$	2 193,9	GJ/rok
Požadovaná energetická náročnost vytápění $R_{rq,H}$	1 088,4	GJ/rok
Měrná potřeba energie na celkovou podl. plochu EP_A	92,3	kWh/(m².rok)
Klasifikace	NEVYHOVUJE	

Pozn.: Účinnost výroby tepla pro referenční budovu uvažována dle nařízení vlády č. 25/2003 Sb.

3.3 Zhodnocení technologické části

3.3.1 Vytápění

Zdrojem tepla pro vytápění a přípravu TV pro divadlo a správní budovu je plynová teplovodní kotelná, která je situována v 4.NP ve správní budově.

V kotelně jsou instalovány čtyři plynové teplovodní kotle Viadrus G100 o výkonu 120 kW/ks, tj. celkový instalovaný výkon kotelný je 480 kW.

Teplota topné vody je ekvitemně regulována směřováním, autonomně pro jednotlivé větve. Topná tělesa jsou na přívodu topného média vybaveny většinou radiátorovými ventily bez termoregulačních hlavice. Požadavky zákona č. 406/2000 Sb. ve znění pozdějších novelizací v §6 odst. 7 o instalaci zónové regulace a regulace v místě konečné spotřeby nejsou splněny.

V následující tabulce je provedeno porovnání teoretické spotřeby tepla na vytápění stanovenou bilančním výpočtem při zohlednění regulace otopného systému a účinnosti zdroje tepla se skutečnou spotřebou tepla vytápění stanovenou dle skutečných spotřeb a přepočtenou denostupňovou metodou.

tabulka 20 Porovnání teoretické a skutečné spotřeby tepla na ÚT

Porovnání teoretické a skutečné spotřeby tepla na ÚT				
Budova	Prům. vnitřní teplota	Celková měrná tepelná ztráta	Teoretická spotřeba tepla na ÚT	Skutečná spotřeba tepla na ÚT
	°C		GJ/rok	GJ/rok
Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo	19,3	6 625,2	2 193,9	2 191,0

Účinnosti vytápěcího systému ukazuje následující tabulka.

tabulka 21 Ukazatele účinnosti samotného systému vytápění

Ukazatele účinnosti vytápění	
Celková tepelná ztráta	219,8 kW
Roční energetická účinnost výroby tepla	85,0 %
Teoretická spotřeba tepla na vytápění	2 193,9 GJ/rok
Spotřeba energie na vytápění	2 191,0 GJ/rok
Celková roční účinnost vytápěcího systému	100,1 %

Pozn.: Hodnota tepelné ztráty je pouze orientační, pro potřeby případného návrhu zdroje tepla je potřeba tuto hodnotu stanovit dle příslušných topenářských norem.

Z hodnot uvedených v tabulce vyplývá, že skutečná spotřeba tepla na vytápění odpovídá teoreticky vypočtené hodnotě. Teoretická spotřeba tepla na vytápění je stanovena pro návrhové vnitřní teploty a uvažovanou účinnost výroby tepla. Rozdíl oproti celkové skutečné spotřebě tepla tedy reflektuje případné vytápění budovy na vyšší nebo nižší než návrhové teploty.

Na základě prohlídky objektu a provedených výpočtů je patrná snaha o ekonomický provoz otopného systému a správné využívání technických možností instalované centrální regulační techniky v rámci

daných možností. Celková účinnost vytápění ukazuje, že stávající systém vytápění je provozován dle svých možností, současný stav však nabízí prostor k dalším úsporám především ve stavebních úpravách zaměřených na tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí a v energeticky uvědomělém chování uživatelů objektu.

3.3.2 Příprava TV

Pro určení, zda-li je účinnost výroby a dodávky teplé užitkové vody na dostatečné úrovni, je vhodné posoudit její přípravu dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. V § 5 a dále v příloze č. 2 a v příloze č. 3 této vyhlášky je uveden postup pro stanovení měrného ukazatele pro přípravu teplé užitkové vody, který požaduje spotřebu tepla na ohřátí 1 m³ teplé vody, resp. kolik tepla je potřeba na přípravu TV na metr čtvereční podlahové plochy (orientační ukazatel). Pokud hodnota skutečného měrného ukazatele přípravy teplé užitkové vody je menší než jeho maximální (ve vyhlášce daná) hodnota, lze konstatovat, že teplá užitková voda je připravována úsporně.

Teplá užitková voda je připravována v plynovém zásobníkovém ohřivači TV, který se nachází v prostoru kotelny. Rozvod TV je cirkulační.

Spotřeba tepla a vstupní studené vody ani zemního plynu pro přípravu TV není měřena.

Hodnocení pro systém přípravy TV pomocí el. energie bylo provedeno dle technických výpočtů na základě ČSN EN 15316-3-1, 2.

tabulka 22 Posouzení přípravy TV dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. (kritérium GJ/m³)(vypočteno)

Množství ohřáté TV	Spotřeba tepla na ohřev TV	M dov	M skut
m ³ /rok	GJ/rok	GJ/m ³	GJ/m ³
1 570	383,0	0,293	0,244

tabulka 23 Posouzení přípravy TV dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. (kritérium GJ/(m²rok))

Podlahová plocha	Spotřeba tepla na ohřev TV	M dov	M skut
m ²	GJ/rok	GJ/(m ² rok)	GJ/(m ² rok)
6 599	383,0	0,070	0,058

tabulka 24 Vyčíslení tepelných ztrát v rozvodech TV

Množství ohřáté TV	Spotřeba tepla na ohřev TV	Teoret. potřeba na ohřev TV	Ztráty v rozvodech a zdroji	
m ³ /rok	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	%
1 570	383,0	272,4	110,6	28,9

Příprava teplé užitkové vody je úsporná, pokud platí, že $M_{skut} < M_{dov}$. Pokud platí pouze $M_{skut} < M_{dovmax}$, pak je naplněn mezní požadavek vyhlášky č. 194/2007 Sb.

Z výpočtů vyplývá, že spotřeba tepla na přípravu TV nepřekračuje hodnotu měrného ukazatele přípravy TV stanovenou ve vyhlášce č. 194/2007 Sb., příprava TV je tedy podle této vyhlášky vyhovující.

3.3.3 Vzduchotechnická zařízení a chlazení

Větrání objektů je převážně přirozené. Ve strojovně jsou osazeny dvě vzduchotechnické jednotky sloužící pro 1. A 2. NP správní budovy. Vzduchotechnické jednotky KOVONA z roku 1994 jsou funkční a jsou vybaveny přívodním ventilátorem, filtrem a směšovací komorou. Pro jeviště a sál je osazena vzduchotechnická jednotka, která je již 5 let nefunkční.

3.3.4 Rozvody energií

Na základě vyhlášky č. 480/2012 Sb. a vyhlášky č. 193/2007 Sb. je vhodné posoudit tloušťku izolace rozvodů tepla a chladu. V § 5, odst. 9 a odst. 11 a dále v příloze č. 3 této vyhlášky č. 193/2007 Sb. je uveden postup pro určení minimální tloušťky tepelné izolace rozvodů.

V § 8, odst. 1 této vyhlášky je uvedena minimální tloušťka tepelné izolace zásobníků teplé vody a otevřených expanzních nádob, a to 100 mm.

Vzhledem k tomu, že požadavek vyhlášky na minimální tloušťku tepelné izolace rozvodů se stanovuje výpočtem a je odlišný pro různé typy a materiály potrubí, nelze ho zde jednoduše uvést v číselné podobě. Pro orientaci je uveden výpočet požadavku pro ocelovou trubku bezešvou (hodnoty určeny pro teplotu média 70 °C).

Vlastní výpočet tloušťky izolací komplikuje poměrně obtížný výpočet dvou součinitelů přestupu tepla:

- 1) součinitel přestupu tepla z otopného média do trubky
- 2) součinitel přestupu tepla z povrchu izolace do okolního prostředí

První z nich lze zanedbat vzhledem k malému tepelnému odporu. Druhý lze vypočítat na základě přibližných rovnic. Pro další postup bude použitý přibližný výpočet:

$$\alpha_2 = 1,163 * \left(\frac{(t_{iz} - t_2)}{D_{iz}} \right)^{0,25}$$

Průměrná teplota okolí t_2 na venkovní straně potrubí je uvažována 15 °C. Povrchová teplota izolace je na začátku výpočtu odhadnuta a pomocí iteračního výpočtu dále upřesněna.

tabulka 25 Tabulka vypočtených tlouštěk izolací dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Potrubí	izolace	Ocelová trubka bezešvá Tloušťka izolace - požadavek
DN	W/(mK)	mm
DN 10 až DN 15	0,04	35
DN 20 až DN 32	0,04	45
DN 40 až DN 65	0,04	45
DN 80 až DN 125	0,04	60
DN 150 až DN200	0,04	80

Dle údajů, které obsahuje předchozí tabulka, lze konstatovat, že některé rozvody v technických prostorech a v kolektoru (především rozvody nižších dimenzí), armatury a čerpadla nejsou izolovány v souladu s vyhláškou č. 193/2007. Tepelná izolace rozvodů je na několika místech viditelně poškozena.

Vzhledem k tomu, že vyhláška se vztahuje pouze na nově zřizovaná nebo podstatně rekonstruovaná zařízení, nevyplyvá tedy pro daný předmět EA žádný právní požadavek k nápravě nevyhovujícího stavu. Povinnost uvést tloušťky tepelné izolace v soulad s požadavky vyhlášky připadá pouze v případě podstatnější rekonstrukce zařízení kotelny. I přesto je z hlediska úniků tepla vhodná revize tepelné izolace rozvodů a armatur.

4 NAVRŽENÁ OPATŘENÍ

4.1 Druhy úsporných opatření

Úsporná opatření je možné dělit:

a) podle rozsahu investice

beznákladová - opatření především organizačního charakteru. Jedná se např. o dodržování vnitřních teplot v jednotlivých prostorech, realizaci útlumových programů (snižování teplot v nočních hodinách nebo při dlouhodobé nepřítomnosti osob), energetický management apod.

nízkonákladová - opatření, která za poměrně malých investičních nákladů vyvolají efekt úspor energie. Jedná se např. o utěsnění oken (snížení infiltrace), instalace samozavírání dveří apod.

vysokonákladová - opatření týkající se kompletní rekonstrukce systému vytápění, fasády (výměna oken, zateplení), apod.

b) podle velikosti úspor a ekonomické návratnosti opatření

opatření s rychlou návratností - takové opatření, které dosahuje vysokých úspor energie v poměru k vynaloženým nákladům. Pro taková opatření musí již být vytvořeny podmínky.

opatření nenávratná nebo s vysokou dobou ekonomické návratnosti - jsou to opatření směřující obecně ke snižování energetické náročnosti provozu zařízení.

4.2 Beznákladová a nízkonákladová opatření

4.2.1 Opatření A - Energetický management

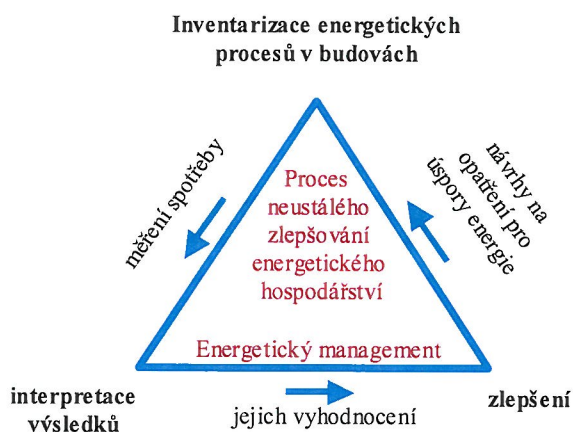
Základní znaky

- osvěta pro uživatele - doporučení uživatelům a důraz na jejich dodržování
- zodpovědnost za energetickou náročnost provozu

Náklady na energie jsou tvořeny náklady variabilními a fixními (cena zařízení rozpočítaná na jednotku energie, stálá obsluha, servis apod.). Všechny tyto náklady by měl posuzovat energetický management (dále jen EM).

Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství v budovách, který se skládá z následujících činností: měření spotřeby energie - stanovení potenciálu úspor energie - realizace opatření - vyhodnocení a porovnání velikosti úspor předpokládaných a skutečně dosažených.

obrázek 5 Princip neustálého zlepšování energetického hospodářství



Cílem Energetického managementu v budově je zabezpečit:

- správný provoz technických instalací
- rychlé zjištění chyb/poruch technických instalací a provozních postupů
- snížení spotřeby energie

Energetický management se také zabývá správným užíváním budovy. Je prokázáno, že po provedení konkrétního opatření jeho přínosy v čase klesají převážně vlivem neukázněnosti uživatelů budovy. Je třeba dodržovat tyto obecné zásady:

Vytápění

- Nastavení a provádění teplotních útlumů dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. a to tak, aby útlumem nebyla podkročena teplota tepelné stability objektu.
- Důsledně provádět útlumy vytápění v době nepřítomnosti uživatelů
- Nastavení regulace otopného systému tak, aby byla dodržována vyhláška č.194/2007 Sb., což znamená vytápění prostor maximálně o 2 °C více nežli je pro vnitřní prostor projektem stanovená teplota.

- Nepřetápět jednotlivé místnosti. Zvýšení teploty v místnosti o 1 °C znamená zvýšení spotřeby tepla o cca 6%.
- Zálona by měla usměrňovat proudění tepla směrem do místnosti, nesmí zakrývat zdroj tepla a tím bránit šíření tepla. Nejvhodnější je zálona sahající po parapetní desku, před dlouhodobějším odchodem je vhodné zatahovat závěsy.
- Účinné a energeticky úsporné větrání. Částečně pootevřené okno je nesprávným větráním. Energeticky nejúspornější je větrání nárazové, tzn. vypnout topení a v závislosti na venkovní teplotě větráme zpravidla dvakrát denně po dobu 5 minut každou místnost. Čím je chladněji, tím je kratší doba větrání, protože výměna vzduchu proběhne rychleji.
- Za otopná tělesa je vhodné umístit hliníkovou fólii s tepelnou izolací nalepenou na stěnu, která snižuje pronikání tepla přes stěnu a odráží teplo zpět do místnosti.
- Pravidelné čištění otopných těles (dvakrát do roka).
- Pravidelné odvětrávání otopné soustavy (v topném období alespoň jednou za dva měsíce).
- Zavírání dveří vytápěných nebo ochlazovaných místností.
- Průběžné sledování spotřeby tepla pro vytápění.
- Oprava porušené tepelné izolace rozvodů tepla v rámci pravidelných kontrol a revizí
- Údržba regulačních prvků (zejména funkčnost TRV, vnitřních termostatů, apod.).

tabulka 26 Přehled teplot ve vybraných místnostech

Teploty ve vnitřních prostorech	
Herny, třídy MŠ	22 °C
Učebny ZŠ	20 °C
Kuchyně, jídelny	20 °C
Tělocvičny	15 °C
Šatny u tělocvičen	20 °C
Vytápěné vedlejší místnosti (chodba, schodiště)	10 °C
Vytápěné chodby u škol	15 °C

Pozn.: Jedná se o vnitřní výpočtové teploty t_i dle ČSN 06 0210.

Je vhodné zvážit zavedení pravidelného sledování a vyhodnocování spotřeby tepla. Základní nástroj zde tvoří energeticko - teplotní diagram, tj. křivka, kde na vodorovnou osu nanášíme hodnoty průměrné venkovní teploty za týden T (°C.týd.⁻¹), na svislou osu hodnoty spotřeby energie na vytápění E vztažené na m² vytápěné plochy, které byly naměřeny během jednoho týdne (kWh.m⁻².týd.⁻¹). Každý záznam bude průsečíkem hodnot E a T za jeden týden. Čára vedená těmito naměřenými hodnotami se nazývá E-T křivka. E-T křivka ukazuje, jaká by měla být spotřeba v závislosti na venkovní teplotě.

Měření průměrné teploty

Měření se provádí pomocí přístroje automaticky počítajícího průměrnou venkovní teplotu vzduchu po nastavený časový úsek. Přístroj bývá umístěn uvnitř budovy, snímač teploty v exteriéru (nejlépe severní fasáda).

Měření spotřeby energií

Odečet na fakturačním měřidle, kde se odečte množství spotřebované energie v GJ či MWh. Převedením na kWh dostaneme spotřebu tepelné energie objektu.

Přepočet

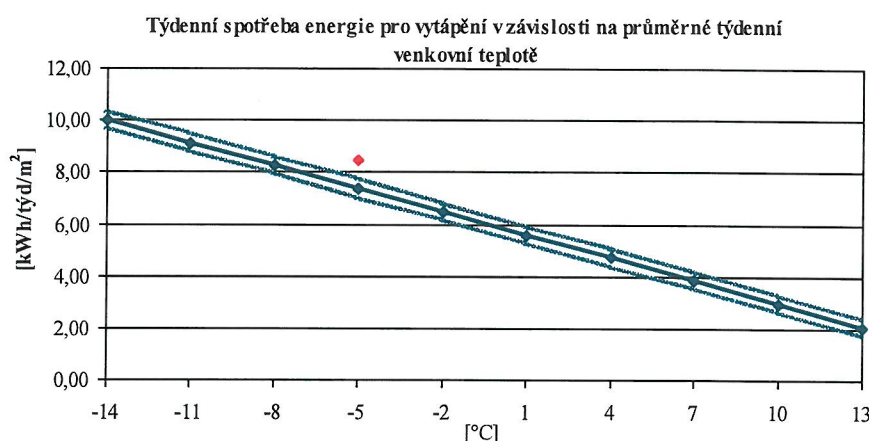
Zjištěný počet kWh se podělí vytápěnou podlahovou plochou a dostaneme týdenní množství spotřebovaných kWh vztahených na m^2 ($kWh/týd/m^2$).

E-T křivku je vhodné stanovit za období několika měsíců topné sezóny. Při jejím stanovování je třeba sledovat správnou funkci soustavy vytápění, aby byla vyloučena možnost ovlivnění případnou poruchou regulace apod.

Při případné poruše dojde ke zvýšení spotřeby energie, které se projeví hodnotou mimo interval běžných hodnot spotřeby energie (červená tečka). Obvyklá velikost intervalu (čárkovaně), ve kterém kolísají spotřeby energie na vytápění vlivem solárních a vnitřních zisků, je cca 5 %. Při jejím překročení je nutno hledat příčinu.

Pravidelné sledování spotřeb může upozornit na přetápění objektu a celkové špatné hospodaření s energií. Náklady na instalaci přístroje sledujícího průměrnou venkovní teplotu jsou 10 tis. Kč. Úspora dosažená tímto opatřením se může projevit pouze v delším časovém horizontu, kdy může indikovat zhoršenou funkci TRV, změnu hydraulického vyvážení otopné soustavy a s tím spojené přetápění či nedotápění některých částí objektu.

graf 6 Příklad E-T křivky při diagnostikování poruchy



Větrání

Správný způsob větrání je nezbytný pro vhodné užívání budov, kterým lze dosáhnout významných úspor energie. Je nezbytné dodržovat následující zásady.

- Větrat krátce, ale intenzivně (3 – 5x denně po 10 minutách) – při rychlém a intenzivním větrání se neochladí stěny tolik jako při dlouhodobém větrání na mikroventilaci.
- Větrat pouze při současném utlumení topných těles – respektive utlumovat tělesa ještě před větráním (20 – 30 min.), sálavé teplo z otopného tělesa tak neuniká oknem ven. Teprve až když je otopné těleso vychladlé, je vhodné začít s větráním.
- Větrání mikroventilací je nedostatečné i z hygienického hlediska, nezajistí potřebnou výměnu vzduchu v místnosti.

TV

- Důsledná izolace rozvodů a zásobníků TV
- Nenechávat trvale téci teplou vodu.
- Oprava kapajících kohoutků. 10 kapek za minutu představuje za měsíc ve spotřebě navíc cca 170 litrů vody!

- Armatury s provzdušňovačem vody (perlátor) – u kterých je oproti klasickým bateriím zhruba poloviční výtokové množství.
- Pákové baterie – rychlejší a snadnější nastavení požadované teploty vody a možnost jednoduchého přerušení průtoku vody. V porovnání s klasickými směšovacími bateriemi uspoří pákové baterie až okolo 20 % vody.
- Úsporná sprchová hlavice se stop ventilem místo běžně používané sprchové hlavice. Podstatou úspor vody při sprchování je omezení průtoku.

Elektrická energie

- Dbát na volbu vhodné sazby elektrické energie při změně způsobu užívání prostor nebo změně spotřebičů.
- Pravidelná kontrola elektrorozvodů. Přechodové odpory v jednotlivých spojích elektrické instalace zvyšují spotřebu elektřiny a mohou vést i k požáru.
- Při výběru elektrospotřebiče dbát na energetickou náročnost. To platí zejména pro spotřebiče o vyšších příkonech či s dlouhou dobou denního provozu (údaj o spotřebě elektřiny (v kWh/24 hodin)) by měl být jedním ze základních kritérií při výběru.
- Stanovení a provádění komplexního plánu údržby osvětlovací soustavy, včetně pravidelných intervalů čištění a výměny světelných zdrojů.
- Úsporné chování uživatelů a správné užívání osvětlovací soustavy, tj. nezapínat osvětlení v době kvalitních přirozených světelných podmínek, nesvítit v nepřítomnosti uživatelů budovy, zhasínat na soc. zařízeních apod.
- Možnost využití pohybových senzorů pro spínání osvětlovací soustavy ve vybraných prostorech.
- Pro dosažení využití potenciálu úspor, se doporučuje, v rámci běžné údržby a oprav světelných zdrojů, použít nové úsporné světelné zdroje (kompaktní zářivky, lineární třípásmové zářivky), které jsou energeticky méně náročné. Použití kompaktních zářivek se doporučuje u svítidel svítících více než jednu hodinu denně a kde nedochází k častému zapínání a vypínání světelného zdroje (zkracuje životnost kompaktní zářivky).

Energetický management se zabývá i pravidelnou údržbou zařízení, která přímo nesouvisí se spotřebou energií nebo na ní má malý vliv. U elektrických zařízení je nutno dbát na jejich pravidelnou a včasnou údržbu. Je nutné si uvědomit, že při nedostatečném osvětlení může dojít k úrazu, úspora tak v tomto případě nesmí být nadřazena bezpečnosti, proto je nutné zajistit správnou funkci osvětlení společných prostor i za cenu vyšší spotřeby energie. Kompaktní zářivka by měla být vybavena zařízením pro zpoždění startu (tzv. teplý start), které výrazně prodlužuje její životnost.

Součástí energetického managementu je i volba sazeb za dodávku energií. Je doporučena pravidelná kontrola (1 x ročně) vhodnosti odběrových sazeb vzhledem ke skutečným spotřebám energií v objektu.

Fungující energetický management v některých případech dokáže výrazně snížit náklady na energie. Konkrétní vyčíslení úspor energie je však velice obtížné, neboť je závislé na mnoha faktorech - finanční motivací členů EM počínaje a cenami energie konče. Efektivita opatření je závislá i na dobré vůli jednotlivých uživatelů budovy, zda-li se budou řídit těmito obecnými zásadami. Z tohoto důvodu nebude opatření ekonomicky hodnoceno, ani nebude zahrnuto do vyčíslení jednotlivých variant. Obvyklá úspora energií se pohybuje v řádu procent spotřeby energií. S výše uvedenými obecnými zásadami energeticky správného užívání budovy by měli být seznámeni všichni uživatelé.

4.3 Vysokonákladová opatření

Navrhovaná úsporná opatření jsou řešena s ohledem na požadavky dotačního programu OPŽP.

Před realizací jednotlivých opatření je třeba provést podrobný stavebně technický průzkum dotčených konstrukcí resp. podrobné tepelně technické hodnocení konstrukcí s důrazem na vlhkostní bilanci konstrukce. Doporučujeme také provést statické posouzení nosné konstrukce od přetížení vlivem realizace zateplení.

Níže posuzované konstrukce a jejich vlastnosti jsou pouze orientační a musí být upřesněny po konzultaci s projektantem a na základě průzkumu stávajícího stavu skladby stávajících konstrukcí. Projektant následně spočítá a posoudí tepelně technické vlastnosti konstrukce.

4.3.1 Opatření C - Výměna otvorových výplní

Konstrukce:

- Stávající dřevěná okna a luxferové výplně
- Stávající hlavní a vedlejší vstupy

Původní výplně otvorů nesplňují současné tepelně technické požadavky, jsou již na konci své životnosti a jsou zde značné problémy s těsností oken, což se projevuje především na návětrných stranách objektu kde dochází k citelnému ochlazení vnitřních prostor. Proto je doporučena jejich výměna. Požadovaná hodnota normou ČSN 73 0540 – 2: 2011 na součinitele prostupu tepla u svislých výplní otvorů je $U_{w,rq} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Doporučená hodnota je $U_{w,rc} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Návrh opatření zahrnuje výměnu **všech původních ochlazovaných výplní otvorů** (dřevěná zdvojená okna, luxferové výplně, hlavní a vedlejší vstupy) v celém objektu. Výměna se provede za výplně s plastovým rámem a s izolačním dvojsklem či trojsklem. Je doporučeno použití rámu s dvoustupňovým těsněním funkční spáry. **Zároveň dojde k výraznému omezení spárové infiltrace, proto je nutné zajistit pravidelné větrání. Pokud nebudou prostory dostatečně větrány, může dojít i při správném provedení výměny oken k tvorbě plísní apod. Je doporučeno prověření funkce stávající vzduchotechniky v prostorech fundusů a případné zpracování koncepčního řešení rekonstrukce VZT tak, aby bylo v těchto prostorech zaručeno optimální mikroklima.**

Pro opatření je uvažováno u oken a luxferových výplní s výměnou za okna s izolačním trojsklem, a to se součinitelem prostupu tepla zasklení cca $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, celkový součinitel prostupu tepla je pak uvažován **max. $U_w = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

U nově měněných vstupů je uvažováno s použitím dvojitého zasklení a dosažením součinitele prostupu **max. $U_d = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

Opatření je vodné spojit i s částečným vyzděním stávajících oken, především pak v prostoru fundusů. Výpočet dosažitelné úspory je stanoven bez případného částečného vyzdění. Vliv vyzdění na dosažitelnou úsporu by byl jednoznačně pozitivní (došlo by ke zvýšení dosažitelné úspory vlivem realizace opatření.).

Investiční náklady byly stanoveny na základě znalostí současného tržního prostředí a konzultací s provozovatelem předmětu EA. V nákladech jsou zahrnuty náklady na instalaci včetně souvisejících klempířských a zednických prací.

Po provedení tohoto opatření je nutno provést hydraulické vyregulování otopné soustavy tak, aby nedocházelo k přetápění prostor budovy. Je vhodné s dodavatelem tepla dohodnout úpravu ekvitermní křivky regulace v místě předání, pokud je to technicky možné.

Opatření je vhodné provádět před nebo současně se zateplením fasád budovy.

Výměna výplní otvorů	plocha
	m ²
okna ($U_w = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$)	548,2
vstupy ($U_w = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$)	59,5
Celkem	607,7

Výměna otvorových výplní		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	3 850
Úspora energií	GJ/rok	375
	MWh/rok	115,7
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	154
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-154
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	791,3
Úspora energií	%	13%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 255
Úspora provozních nákladů	%	11%

4.3.2 Opatření D - Zateplení obvodového pláště

Konstrukce:

- Veškerý svislý obvodový plášť

Stávající konstrukce obvodového pláště nespĺňuje současné tepelně technické požadavky, proto je doporučeno jeho zateplení. Požadovaná hodnota normou ČSN 73 0540 – 2: 2011 na součinitele prostupu tepla u stěn je $U_N = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, doporučená hodnota je $U_{DOP} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ve výpočtu je uvažováno s použitím tepelné izolace se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,04 \text{ W/mK}$.

Je navrženo zateplení kontaktním zateplovacím systémem. Při rekonstrukci je vhodné použít v konstrukci více tepelné izolace, než je požadavek normy ČSN 73 0540-2:2011, neboť většinu nákladů na jednotku plochy tvoří náklady na provedení krycí vrstvy KZS. Přírůstek ceny při zvětšující se tloušťce izolace není příliš výrazný a vyšší úspora tepla pokryje tyto dodatečné náklady. Proto je navrženo a doporučeno zateplení, po jehož realizaci bude součinitel prostupu tepla obvodovým pláštěm úrovní doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540-2:2011.

Je navrženo použití kontaktního zateplovacího systému s tepelnou izolací o síle 160 mm, výsledný součinitel prostupu tepla je uveden v tabulce níže.

Je doporučeno použití certifikovaného zateplovacího systému. Před realizací zateplení je doporučeno provedení sond za účelem zjištění skutečné skladby konstrukce a případnou korekci návrhu zateplení.

Je rovněž doporučeno zateplení soklu a střešní atiky, a to jak z boků, tak i shora. V soklové části je doporučeno zateplení zatáhnout pod terén, nejlépe až k základové spáře, u soklu je dostačující síla tepelné izolace 100mm.

Z podstaty zateplování je nutno, z důvodu omezení možných tepelných mostů, výsledného architektonického výrazu objektu apod., zateplit i konstrukce nad rámec ochlazované obálky budovy dle ČSN 73 0540 (tzv. přidružené konstrukce). **Jako přidružené konstrukce jsou uvažovány např. sokl, atika, přesazené stěny, podhledy u přesahů střech, apod. Ostění oken a zateplení podzemních základových částí není započítáno.**

Po provedení tohoto opatření je nutno provést hydraulické vyregulování otopné soustavy tak, aby nedocházelo k přetápění prostor budovy. Je vhodné s dodavatelem tepla dohodnout úpravu ekvitermní křivky regulace v místě předání, pokud je to technicky možné.

Pokud bude prováděna rekonstrukce objektu po etapách, je z technologického postupu doporučeno provést nejdříve výměnu vstupů a oken a následně realizovat zateplení fasád objektu. V opačném případě by mohlo dojít ke zbytečnému dodatečnému zásahu do již zateplených fasád.

Investiční náklady byly stanoveny na základě znalostí současného tržního prostředí a konzultací s provozovatelem předmětu EA. V nákladech jsou zahrnuty náklady na související klempířské práce, přeložení hromosvodů, pronájem lešení atd., nejsou zahrnuty náklady na zemní práce a opravy základů.

Zateplení obvodového pláště	plocha	přidružené kce.	zateplení	U po zateplení
	m ²	m ²	mm	W/m ² K
Obvodová stěna - správní budova	1 017	50	160	0,18
Obvodová stěna 700mm - divadlo	47		160	0,21
Obvodová stěna 500mm - divadlo	404		160	0,21
Obvodová stěna 450mm - divadlo	242		160	0,22
Celkem	1 710		50	

Zateplení obvodového pláště		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	2 700
Úspora energií	GJ/rok	480
	MWh/rok	148,0
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	197
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-197
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	759,0
Úspora energií	%	16%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 212
Úspora provozních nákladů	%	14%

4.3.3 Opatření E – Zateplení střech

Konstrukce:

- Konstrukce plochých střech kromě již zateplených částí v roce 2013
- Výměna polykarbonátového zasklení světlíků

Původní světlíky nesplňují současné tepelně technické požadavky, jsou již na konci své životnosti a jsou zde značné problémy s těsností oken, což se projevuje především na návětrných stranách objektu kde dochází k citelnému ochlazování vnitřních prostor. Proto je doporučena jejich výměna. Požadovaná hodnota normou ČSN 73 0540 – 2: 2011 na součinitele prostupu tepla u svislých výplní otvorů je $U_{w,ra} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Doporučená hodnota je $U_{w,rc} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Pro opatření je uvažováno u světlíků s výměnou horního zasklení polykarbonátem, a to se součinitelem prostupu tepla zasklení cca $U_g = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, celkový součinitel prostupu tepla je pak uvažován max. $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vodorovné zasklení bude zachováno.

Některé stávající konstrukce plochých střech nesplňují současné tepelně technické požadavky, proto je doporučeno jejich zateplení, výměna.

Požadovaná hodnota normou ČSN 73 0540 – 2: 2011 na součinitele prostupu tepla pro ploché střechy je $U_N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, doporučená hodnota je $U_{DOP} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ve výpočtu je uvažováno s použitím tepelné izolace se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,035 \text{ W/mK}$.

Je předpokládáno stejné schéma rekonstrukce u jako již v roce 2013 zateplovaných částí střechy. Na současnou krytinu bude položena tepelná izolace a pak bude provedena krycí vrstva z hydroizolačních pásů. Je pravděpodobné, že navýšení síly tepelné izolace vyvolá potřebu dalších souvisejících prací jako jsou přeložení hromosvodů, rekonstrukce atiky včetně výměny oplechování atd. V návrhu opatření je počítáno se zachováním stávajícího spádování a odvodnění střechy.

Je navrženo a doporučeno zateplení, po jehož realizaci bude součinitel prostupu tepla konstrukcí střechy na úrovni doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540-2:2011, čemuž odpovídá **dodatečné zateplení s tepelnou izolací o tl. 150 mm.**

Investiční náklady byly stanoveny na základě znalostí současného tržního prostředí. Náklady jsou vyčísleny bez DPH.

V rámci rekonstrukce střechy (zateplení, nová hydroizolace) se též doporučuje provést revizi hromosvodů a v případě jejich špatného stavu provést nové.

Po realizaci opatření dojde ke snížení spotřeby tepla na vytápění a bude tak nutné provést úpravu ekvitermní otopné křivky, aby nedocházelo k přetápění prostor budovy.

Skutečná plocha pro zateplení se může na rozdíl od vypočtené ochlazované plochy pro výpočet tepelných ztrát (stanovené z vnějších rozměrů) lišit. Může být nižší o půdorysnou plochu obvodových stěn (atik), prostupů konstrukcí, apod. Tyto konstrukce jsou zohledněny ve výpočtu úspor v tepelných mostech.

Zateplení ploché střechy	plocha	zateplení	U po zateplení
	m ²	mm	W/m ² K
Střecha - foyer - správní budova	72	150	0,15
Střecha nezateplená- správní budova	338,5	150	0,15
Střecha - divadlo	388,7	150	0,15
Světlíky - správní budova	34,3		1,10
Celkem	833		

Zateplení střech		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	1 250
Úspora energií	GJ/rok	128
	MWh/rok	39,4
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	52
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-52
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	867,6
Úspora energií	%	4%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 356
Úspora provozních nákladů	%	4%

4.3.4 Opatření F – Zateplení podlahy podstřešního prostoru

Konstrukce:

- Podlaha podstřešního prostoru nad divadelním sálem a jeho zázemím

Stávající konstrukce stropu pod nevytápěnou půdou nesplňuje současné tepelně technické požadavky, proto je doporučeno její zateplení.

Požadovaná hodnota normou ČSN 73 0540 – 2: 2011 na součinitele prostupu tepla pro ploché střechy je $U_N = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, doporučená hodnota je $U_{DOP} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ve výpočtu je uvažováno s použitím tepelné izolace se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,04 \text{ W/mK}$.

Je navrženo a doporučeno zateplení volným položením rohoží tepelné izolace, po jehož realizaci bude součinitel prostupu tepla konstrukcí střechy na úrovni doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540-2:2011, čemuž odpovídá **dodatečné zateplení s tepelnou izolací o tl. 200 mm**.

Pozn.: Alternativně je možné použití foukané izolace, v tom případě je doporučeno 20% předimenzování tloušťky izolantu z důvodu jeho sesedání.

Investiční náklady byly stanoveny na základě znalostí současného tržního prostředí. Náklady jsou vyčísleny bez DPH.

Po realizaci opatření dojde ke snížení spotřeby tepla na vytápění a bude tak nutné provést úpravu ekvitermní otopné křivky, aby nedocházelo k přetápění prostor budovy.

Skutečná plocha pro zateplení se může na rozdíl od vypočtené ochlazované plochy pro výpočet tepelných ztrát (stanovené z vnějších rozměrů) lišit. Může být nižší o půdorysnou plochu obvodových půdních stěn (atik), průstupů konstrukcí, apod. Tyto konstrukce jsou zohledněny ve výpočtu úspor v tepelných mostech.

Zateplení stropu pod půdou	plocha	zateplení	U po zateplení
	m ²	mm	W/m ² K
Strop pod půdou - divadlo	718	200	0,17
Celkem	718		

Zateplení stropu pod půdou		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	950
Úspora energií	GJ/rok	106
	MWh/rok	32,6
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	43
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-43
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	874,4
Úspora energií	%	4%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 365
Úspora provozních nákladů	%	3%

4.3.5 Opatření G – Zateplení podlahy nad exteriérem

Konstrukce:

- Podlaha nad exteriérem - správní budova

Stávající konstrukce stropu nad exteriérem nesplňuje současné tepelně technické požadavky, proto je doporučeno její zateplení.

Požadovaná hodnota normou ČSN 73 0540 – 2: 2011 na součinitele prostupu tepla pro podlahu nad exteriérem je $U_N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, doporučená hodnota je $U_{DOP} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ve výpočtu je uvažováno s použitím tepelné izolace se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,04 \text{ W/mK}$.

Je navrženo zateplení kontaktním zateplovacím systémem. **Je navrženo použití kontaktního zateplovacího systému s tepelnou izolací o síle 200 mm, výsledný součinitel prostupu tepla je uveden v tabulce níže.**

Je doporučeno použití certifikovaného zateplovacího systému. Před realizací zateplení je doporučeno provedení sond za účelem zjištění skutečné skladby konstrukce a případnou korekci návrhu zateplení.

Investiční náklady byly stanoveny na základě znalostí současného tržního prostředí. Náklady jsou vyčísleny bez DPH.

Po realizaci opatření dojde ke snížení spotřeby tepla na vytápění a bude tak nutné provést úpravu ekvitermní otopné křivky, aby nedocházelo k přetápění prostor budovy.

Skutečná plocha pro zateplení se může lišit od vypočtené ochlazované plochy pro výpočet tepelných ztrát (stanovené z vnějších rozměrů) lišit. Může být nižší o půdorysnou plochu obvodových půdních stěn (atik), prostupů konstrukcí, apod. Tyto konstrukce jsou zohledněny ve výpočtu úspor v tepelných mostech.

Zateplení podlahy nad exteriérem	plocha	zateplení	U po zateplení
	m ²	mm	W/m ² K
Podlaha nad exteriérem - správní budova	86	200	0,15
Celkem	86		

Zateplení podlahy nad exteriérem		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	110
Úspora energií	GJ/rok	24
	MWh/rok	6,6
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	2,0
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-10
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	900,4
Úspora energií	%	0,7%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 407
Úspora provozních nákladů	%	0,1%

4.3.6 Opatření H – Rekonstrukce VZT zařízení pro prostory divadelního sálu

Stávající VZT zařízení pro nucené větrání divadelního sálu je již dlouhodobě mimo provoz. Především v době konání kulturních akcí je zde pak důvodný předpoklad, že nejsou dodržena hygienická minima přiváděného čerstvého vzduchu.

Z tohoto důvodu je navržena instalace vzduchotechnické jednotky s odpovídající kapacitou dodávek větracího vzduchu. Přívodní jednotka bude obsahovat filtr, klapku se servopohonem, rekuperační výměník, ohřívač a ventilátor, odtahová filtry a ventilátor. Uvažována je jednotka s vodním ohřívačem a protiproudým rekuperačním výměníkem s účinností minimálně 80 %.

Je uvažováno s maximálním využitím stávajících VZT rozvodů. Součástí instalace budou rovněž infračervená čidla (IR senzory) pro možnost regulace zařízení dle koncentrace CO₂.

Pozn. Před realizací je nutno nechat zpracovat podrobný projekt daného opatření specializovanou firmou.

Vlivem osazení VZT jednotky s rekuperací tepla lze očekávat úsporu tepla na ohřev větracího vzduchu (úspora zemního plynu), zároveň lze očekávat mírné navýšení spotřeby el. energie pro pohovy ventilátorů a MaR VZT jednotky.

Stanovení spotřeby el. energie		
Příkon jednotky	200	W
Počet jednotek	1	ks
Počet hodin provozu jednotek (průměrně, za otopné období, s uvažováním současnosti cca 0,6)	8	hod/denně
	1 228,8	hod/rok
	245,76	kWh
Spotřeba el. energie (při ceně el. energie z posledního roku dle poskytnutých fakturačních podkladů)	1,00	GJ
	0,87	tis. Kč

Rekonstrukce VZT systému (rekuperace)		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	500
Úspora energií	GJ/rok	68
	MWh/rok	21,0
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	27
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-28
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	1
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	886,0
Úspora energií	%	2%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 382
Úspora provozních nákladů	%	2%

4.3.7 Opatření I – Rekonstrukce plynové kotelny včetně nové MaR

Stávající plynové kotle jsou již cca 20 let staré, čemuž odpovídá i jejich nižší účinnost. Zároveň se s jejich provozem pojí i zvýšené náklady na údržbu.

Je navržena výměna stávajících kotlových jednotek za nové kondenzační plynové kotle. Je doporučeno osazení minimálně dvou kotlových jednotek zapojených v kaskádě. Výkon nových kotlů je optimální dimenzovat na tepelnou ztrátu po případné rekonstrukci objektu (zateplení).

Instalovaný zdroj tepla musí plnit požadavky Nařízení Komise (EU) č. 813/2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/E, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřívačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřívačů (požadavky od 26. 9. 2018) nebo Nařízení komise č. 2015/1189 ze dne 28. dubna 2015, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign kotlů na tuhá paliva (požadavky od 1. 1. 2020).

Dále je navrženo osazení regulace v místě konečné spotřeby. Prakticky všechna otopná tělesa jsou osazena pouze ventily s ručním ovládáním. Je navržena výměna původních ventilů s ručním ovládáním za termoregulační ventily s termostatickou hlavicí s cílem lépe přizpůsobit teplotu v jednotlivých vytápěných prostorech provozním požadavkům a kompenzovat vnitřní a solární tepelné zisky.

Cílem automatické regulace tepelného výkonu otopných soustav je ve všech případech dodržet požadované teploty ve vytápěných místnostech a pružně a automaticky reagovat na změny vnější teploty. Ekvitermní regulace zdroje tepla (plynové kotelny) společně s ventily s termoregulačními hlavicemi na otopných tělesech zablokováných na spodní straně na teplotě tepelné stability objektu (cca 16 až 18 °C a na horní straně o 2°C více, nežli je stanovená teplota projektem (nebo dle přílohy č. 1 vyhlášky č.194/2007 Sb.) umožní efektivnější provoz zásobování teplem a dosažení relativně značných energetických úspor. Zároveň s těmito ventily je vhodné osadit regulátory diferenčního tlaku nebo přepouštěcí ventily.

Po osazení termoregulačních ventilů bude nutné kvalitně hydraulicky vyvážit otopnou soustavu, jinak bude hrozit neefektivní provoz soustavy, může např. dojít k nedotápění nebo k přetápění některých prostor, k vyšším oběhovým rychlostem otopné vody v některých místech apod.

Rekonstrukce kotelny + TRV		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	780
Úspora energií	GJ/rok	213
	MWh/rok	59,2
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	18,3
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-88
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	847,8
Úspora energií	%	7%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 391
Úspora provozních nákladů	%	1%

4.4 Souhrn navržených opatření

V následujících tabulkách je uvedeno přehledné shrnutí realizačních nákladů a předpokládaných úspor energie u jednotlivých navrhovaných opatření (diskontní sazba 4 %, růst ceny paliv 3 %).

tabulka 27 Souhrn navrhovaných opatření

Navržené opatření	Ozn.	Úspora		Investice
		GJ/rok	tis. Kč/rok	tis. Kč
Výměna výplní otvorů	C	375	154	3 850
Zateplení obvodového pláště	D	480	197	2 700
Zateplení ploché střechy	E	128	52	1 250
Zateplení stropu pod půdou	F	106	43	950
Zateplení podlahy nad exteriérem	G	24	10	110
Rekonstrukce VZT - divadelní sál	H	68	27	500
Rekonstrukce kotelny + TRV	I	213	88	780

tabulka 28 Ekonomické vyhodnocení jednotlivých opatření

Opatření	Úspora		Investice	NPV	IRR	T _s	T _{sd}	Doba hodnocení
	GJ/rok	tis. Kč/rok	tis. Kč	tis. Kč	%	let	let	let
C	375	154	3 850	-1 142	0,6	25	>20	20
D	480	197	2 700	765	6,7	14	16	20
E	128	52	1 250	-328	1,1	24	>20	20
F	106	43	950	-186	1,9	22	>20	20
G	24	10	110	60	9,0	11	13	20
H	68	27	500	-72	2,4	19	>20	20
I	213	88	780	636	11,3	9	11	20

4.5 Definování variant

V dalším textu jsou sestaveny soubory opatření do variant. Každá z variant je kombinací vybraných opatření. Navržená opatření lze realizovat každé samostatně a přinesou příslušnou úsporu energie. V následujících tabulkách a grafech jsou shrnuty upravené energetické bilance jednotlivých energeticky úsporných opatření, a to jak v bilancích energie (GJ/rok resp. MWh/rok), tak ve finančních tocích (tis.Kč/rok). Ceny energií jsou v úrovni roku 2014 a bez DPH.

Opatření A - Energetický management není zahrnuto v jednotlivých variantách ani v tocích peněz ani v tocích energií.

Celková úspora jednotlivých variant není pouze prostým součtem úspor všech opatření zahrnutých do varianty. Při určení celkové úspory varianty je uvažováno s vzájemnou interakcí jednotlivých opatření.

V mezisoučtech nákladů po realizaci je v některých případech možná odchylka +/- 1 tis.Kč způsobená zaokrouhlováním.

4.5.1 Varianta č. 1

Zahrnutá opatření ve variantě:

- Výměna výplní otvorů
- Zateplení obvodového pláště
- Zateplení ploché střechy
- Zateplení stropu pod půdou
- Zateplení podlahy nad exteriérem
- Rekonstrukce VZT - divadelní sál
- Rekonstrukce kotelný + TRV

tabulka 29 Upravená energetická bilance pro variantu č. 1

ř.	ukazatel	Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč	GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 649,2	496,46	862,5
	z toho elektrická energie	405,2	112,55	350,6	406,2	112,83	351,4
	z toho CZT	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	z toho zemní plyn	2574,0	794,45	1058,3	1 243,0	383,63	511,1
2	Změna zásob paliv	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
3	Spotřeba paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 649,2	496,46	862,5
4	Prodej energie cizím	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 649,2	496,46	862,5
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	439,2	135,57	180,6	131,8	40,69	54,2
	z toho ÚT	328,7	101,44	135,1	44,1	13,62	18,2
	z toho TV	110,6	34,13	45,5	87,7	27,06	36,1
7	Spotřeba energie na vytápění	1862,4	574,81	765,7	838,8	258,87	344,9
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	272,4	84,07	112,0	272,4	84,07	112,0
10	Spotřeba energie na větrání	25,3	7,04	21,9	26,3	7,32	22,8
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení	91,8	25,50	79,4	91,8	25,50	79,4
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	288,0	80,01	249,2	288,0	80,01	249,2

tabulka 30 Shrnutí úspor varianty č. 1

Varianta 1		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	10 140
Úspora energií	GJ/rok	1 330
	MWh/rok	410,5
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	546
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-546
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	496,5
Úspora energií	%	45%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	862
Úspora provozních nákladů	%	39%

4.5.2 Varianta č. 2

Zahrnutá opatření ve variantě:

- Výměna výplní otvorů
- Zateplení obvodového pláště
- Zateplení ploché střechy
- Zateplení stropu pod půdou
- Zateplení podlahy nad exteriérem

tabulka 31 Upravená energetická bilance pro variantu č. 2

ř.	ukazatel	Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč	GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 930,7	583,38	977,8
	z toho elektrická energie	405,2	112,55	350,6	405,2	112,55	350,6
	z toho CZT	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	z toho zemní plyn	2574,0	794,45	1058,3	1 525,5	470,83	627,2
2	Změna zásob paliv	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
3	Spotřeba paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 930,7	583,38	977,8
4	Prodej energie cizím	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 930,7	583,38	977,8
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	439,2	135,57	180,6	282,0	87,03	115,9
	z toho ÚT	328,7	101,44	135,1	171,4	52,89	70,5
	z toho TV	110,6	34,13	45,5	110,6	34,13	45,5
7	Spotřeba energie na vytápění	1862,4	574,81	765,7	971,1	299,73	399,3
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	272,4	84,07	112,0	272,4	84,07	112,0
10	Spotřeba energie na větrání	25,3	7,04	21,9	25,3	7,04	21,9
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení	91,8	25,50	79,4	91,8	25,50	79,4
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	288,0	80,01	249,2	288,0	80,01	249,2

tabulka 32 Shrnutí úspor varianty č. 2

Varianta 2		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	8 860
Úspora energií	GJ/rok	1 049
	MWh/rok	323,6
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	431
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-431
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	583,4
Úspora energií	%	36%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	978
Úspora provozních nákladů	%	31%

4.6 Energetické zhodnocení navržených variant

V následujících tabulkách je shrnuta energetická náročnost budov v současném stavu a po realizaci jednotlivých variant energeticky úsporných opatření. Označení VAR 0 v následujících tabulkách znamená stávající stav.

tabulka 33 Změna energetické náročnosti budovy (ČSN 730540-2:2011)

Prostup tepla obálkou budovy - (ČSN 73 0540-2:2011)						
Varianta	Měrná tep. ztráta prostupem	$U_{em,N,rq}$	$U_{em,N,rc}$	U_{em}	CI	Klasifikace
	W/K	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	-	
VAR 0	5 005	0,36	0,27	0,72	2,03	F - Velmi nevhodná
VAR 1	2 031	0,36	0,27	0,29	0,82	C - Vyhovující
VAR 2	2 031	0,36	0,27	0,29	0,82	C - Vyhovující

$U_{em,N,rq}$ – průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)

$U_{em,N,rc}$ – průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)

U_{em} – průměrný součinitel prostupu tepla

CI – klasifikační ukazatel

5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ VARIANT

5.1 Metoda ekonomického hodnocení

Ekonomické vyhodnocení je prováděno bez uvažování dotací či úvěru, tedy s vlastními investičními prostředky. Ekonomická analýza se zabývá vyhodnocením energetických a stavebních opatření na úsporu energie v objektu. Cílem ekonomické analýzy je zjistit vhodnost realizace jednotlivých opatření z ekonomického hlediska. Ekonomická analýza byla provedena na základě několika kritérií, z nichž nejdůležitější je současná hodnota v podobě diskontovaného toku hotovosti za dobu životnosti.

Při zpracování ekonomické analýzy jsou obvykle základní vstupní údaje na jedné straně příjmové položky (obvykle v podobě úspory za energie) a na druhé straně výdajové položky (v podobě nákladů vynaložených na realizaci opatření).

Vstupní údaje pro ekonomickou analýzu jsou získávány takto :

- výše nákladů na úsporná opatření plynoucí z odborného odhadu na základě výsledků obdobných - již realizovaných akcí
- cenové informace výrobců, montážních firem a dodavatelských firem
- informace z publikací a internetu

Úspory jsou chápány jako rozdíl výdajů za energie v případě, že k realizaci navrhovaných opatření nedojde a v případě, že opatření realizována budou. Jako základ pro výpočet úspor tedy slouží současný stav a příslušné provozní výdaje, tak jak je uvedeno v korigovaných energetických bilancích jednotlivých variant. Při zpracování ekonomické analýzy je nutné stanovit další doplňkové vstupní údaje - doba porovnání, diskontní míra, cenový vývoj.

Diskontní míra

Pro ocenění hodnoty prostředků vydaných nebo přijatých v budoucnu se často pracuje s převodem na současnou hodnotu. Diskontní míra je prostředek, který tento převod umožňuje. Jde o určitou formu vyjádření meziroční hodnotové změny úrokové míry a dalších faktorů. Zvolená diskontní míra je 4 %

Doba porovnání

Doba porovnání se obvykle stanovuje na základě životnosti zařízení. Vzhledem k tomu, že u navrhovaných opatření na úsporu energie se doby životnosti v jednotlivých variantách liší, je v hodnocení uvažováno s případnou reinvesticí u opatření jejichž doba životnosti je nižší než doba porovnání.

Cenový vývoj

Během doby provozování zařízení se může významně měnit inflace a tím i ceny. V obvyklém případě pak především změny cen energie výrazně ovlivňují ekonomické výsledky energetických projektů. V porovnání je počítáno s reálnými cenami, tudíž není zohledněna inflace.

Výstupními údaji jsou prostá návratnost investic, diskontovaná doba návratnosti a čistá současná hodnota. Výpočet těchto položek je definován ve vyhlášce MPO ČR č. 213/2001 Sb.

Prostá doba návratnosti investice T_s

Prostá návratnost nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz. Kritérium určuje, za jak dlouho pokryjí z projektu jeho investiční náklady. Prostou dobu návratnosti lze počítat jako rovnovážný bod kumulovaných příjmů a výdajů dle vztahu,

$$T_s = IN / CF$$

kde IN ... investiční náklady projektu

CF ... roční přínosy projektu (cash - flow, změna peněžních toků pro realizaci projektu)

Diskontovaná doba návratnosti T_{sd}

Při uvažování současné hodnoty toků hotovosti lze určit dobu, ve které v daném projektu nastane rovnováha mezi příjmy a výdaji. Tato doba se označuje jako diskontovaná doba návratnosti prostředků a lze ji považovat za kritérium se srovnatelnou vypovídající schopností jako NPV. Obecně lze diskontovanou dobu návratnosti stanovit z podmínky $NPV = 0$,

$$T_{sd} \quad \sum_{t=1}^{-t} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

kde CF_t ... roční přínosy projektu (změna peněžních toků pro realizaci projektu)

r ... diskont

$(1+r)^{-t}$... odúročitel

Čistá současná hodnota NPV

Základem pro určení čisté současné hodnoty je určení toku hotovosti. Toky hotovosti (Cash-Flow) jsou rozdílem příjmů a výdajů spojených s projektem v jednotlivých letech. Toky hotovosti v sobě zahrnují všechny hodnotové změny během života projektu. Pro hodnocení toku hotovosti se tyto upravují převodem z budoucích hodnot do současnosti. Hodnoty jsou zpravidla převedeny do období, kdy dochází k vynaložení největších investic. Takto převedená hodnota se nazývá současná hodnota. Průběžné pokrytí investic a dalších výdajů a příjmů vyjadřuje kumulovaný tok hotovosti, kdy se jednotlivé roční hodnoty průběžně sčítají a představují skutečný stav u realizovaného opatření v příslušném roce. Pokud je hodnota kumulovaného toku hotovosti v daném roce záporná, nedošlo k tomuto období k pokrytí výdajů projektu jeho příjmy. Hodnota diskontovaného kumulovaného toku hotovosti v posledním roce se označuje NPV.

Čím vyšší je hodnota NPV, tím je opatření ekonomicky výhodnější. Pokud je hodnota NPV záporná, opatření nelze za daných podmínek realizovat.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

kde T_z ... doba životnosti (hodnocení) projektu

Vnitřní výnosové procento IRR

Vnitřní výnosové procento představuje hodnotu úrokové míry v procentech, při které hodnota NPV = 0. tento ukazatel je užitečný jako měřítko efektivnosti investic. Stačí jej porovnat s úrovní úrokových měr na finančním trhu a investor vidí, zda je vhodné do příslušné varianty investovat.

$$\sum_{t=1}^{T_z} \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - IN = 0$$

Posouzení dodavatelského úvěru

Při posuzování možnosti financování dodavatelským úvěrem lze zvýšit diskontní sazbu, která tak bude zohledňovat úroky z úvěru poskytnutého dodavatelskou firmou. Tímto způsobem budou redukovány peněžní příjmy v jednotlivých letech životnosti projektu. Financování formou dodavatelského úvěru není v případě dostupnosti vlastních finančních prostředků vhodné, z dlouhodobého hlediska není ekonomicky výhodné.

Upozornění auditora

Návratnosti uvedené v auditu jsou vztaženy k ceně technických a jiných opatření bez prostředků potřebných pro projektování, technického dozoru na investiční akci, sledování a vyhodnocování účinnosti zavedených opatření. V neposlední řadě není uvažována cena finančních zdrojů (úroků).

5.2 Ekonomické vyhodnocení variant

Vstupním parametrem pro hodnocení ekonomické návratnosti jsou úspory nákladů na energie a vlastní investice do opatření. V následující tabulce jsou shrnuty investiční náklady jednotlivých variant a další ekonomické ukazatele.

Doba hodnocení byla stanovena v závislosti na opatření s nejvyšší životností. U opatření s nižší dobou hodnocení je uvažována reinvestice po skončení jejich uvažované životnosti.

Ve výpočtech bylo uvažováno:

- diskontní sazba 4 %
- roční růst ceny energie 3 %
- doba hodnocení 20 let
- hodnocení je provedeno bez DPH
- hodnocení je provedeno bez vlivu případného dotačního titulu
- ceny energií jsou u v úrovni roku 2014.

tabulka 34 Ekonomické vyhodnocení jednotlivých variant - doba životnosti

Varianta		VAR 1	VAR 2
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	10 140	8 860
Změna nákladů na energie	tis. Kč	-546	-431
Změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	tis. Kč	0	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč	0	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč	0	0
Změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpady)	tis. Kč	0	0
Přínosy projektu celkem	tis. Kč	546	431
Doba hodnocení	roky	20	20
Roční růst cen energie	%	4,0	4,0
Diskont	%	3,0	3,0
Ts – prostá doba návratnosti	let	18,6	20,6
Tsd – reálná doba návratnosti	let	>20	>20
NPV – čistá současná hodnota	tis. Kč	-539	-1 285
IRR – vnitřní výnosové procento	%	3,4	2,4

6 ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ VARIANT

Znečišťující látky do ovzduší jsou hodnoceny na základě požadavku vyhlášky č. 480/2012 Sb. metodou globální hodnocení, tedy na bázi celospolečenského pohledu.

Ekologické účinky posuzovaných variant jsou vyhodnoceny porovnáním emisí znečišťujících látek ve výchozím stavu a po realizaci dané varianty. Emise pro zdroj tepla byly vypočteny z emisních faktorů dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. a v souladu se zákonem č. 201/2012 Sb., jehož prováděcími předpisy se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

Započteny jsou emise vznikající provozem v budově. Jde především o tuhé látky, SO₂, NO_x, CO a CO₂. Jelikož v objektu jsou spotřebovávány energie, které je vyráběny mimo budovu, je v tabulkách u el. energie vyjádřena produkce emisí systémových elektráren na území ČR.

Emisní faktory CO₂ jsou převzaty z vyhlášky č. 480/2012 Sb.

tabulka 35 Použité emisní faktory

Emisní faktory	elektřina	zemní plyn
	kg/GJ	kg/GJ
Tuhé látky	0,025910	0,000588
SO ₂	0,489376	0,000282
NO _x	0,415698	0,047059
CO	0,039300	0,009412
CO ₂	325,00	55,56

tabulka 36 Současný stav produkce emisí

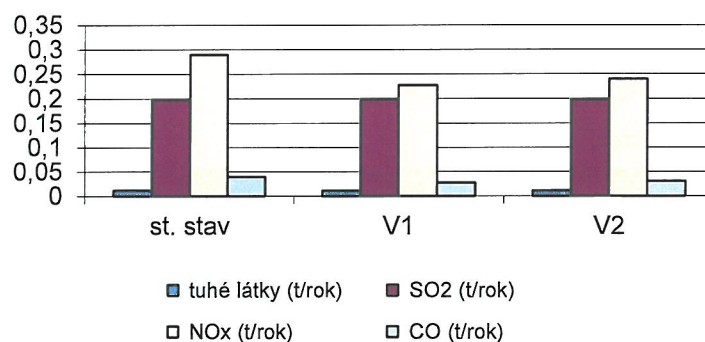
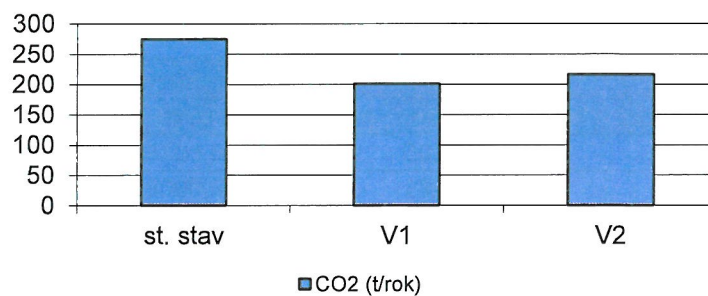
Výchozí stav	elektřina	zemní plyn	Celkem
	t/rok	t/rok	t/rok
Tuhé látky	0,0105	0,0016	0,0121
SO ₂	0,1983	0,0008	0,1991
NO _x	0,1685	0,1212	0,2897
CO	0,0160	0,0243	0,0403
CO ₂	131,6871	143,0006	274,6877

tabulka 37 Produkce emisí u výchozího stavu a varianty č. 1

VARIANTA 1	Výchozí stav	Po realizaci	Rozdíl	Rozdíl
	t/rok	t/rok	t/rok	%
Tuhé látky	0,0121	0,0112	0,0009	7,4
SO ₂	0,1991	0,1991	0,0000	0,0
NO _x	0,2897	0,2273	0,0624	21,5
CO	0,0403	0,0276	0,0127	31,5
CO ₂	274,6877	201,0656	73,6221	26,8

tabulka 38 Produkce emisí u výchozího stavu a varianty č. 2

VARIANTA 2	Výchozí stav	Po realizaci	Rozdíl	Rozdíl
	t/rok	t/rok	t/rok	%
Tuhé látky	0,0121	0,0113	0,0008	6,6
SO ₂	0,1991	0,1987	0,0004	0,2
NO _x	0,2897	0,2402	0,0495	17,1
CO	0,0403	0,0302	0,0101	25,1
CO ₂	274,6877	216,4362	58,2515	21,2

 graf 7 Emise tuhých látek, SO₂, NO_x a CO v jednotlivých variantách

 graf 8 Emise CO₂ v jednotlivých variantách


7 VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

7.1 Metodika a kritéria hodnocení

Výběr optimální varianty je proveden pomocí více hodnotících kritérií (hledisek):

- ekonomické hledisko
- environmentální hledisko
- technické hledisko
- provozní hledisko
- legislativní hledisko
- hledisko užité hodnoty

Ekonomické hledisko

Toto hledisko zohledňuje výši pořizovacích nákladů do energeticky úsporného opatření. Jedním z bodů je například sledování doby návratnosti investice vložené do opatření na úsporu energie.

Environmentální hledisko

Z ekologického hlediska má největší význam opatření snižující spotřebu tepla objektu v co největší míře, a tedy maximálně snižující emise škodlivých látek. Bere se též v potaz produkce emisí škodlivých látek přímo spojenou s realizací energeticky úsporného opatření (tzv. svázané produkce).

Hledisko technické

Toto hledisko bere v potaz například životnost jednotlivých opatření. Životnost zateplovacího systému se předpokládá od 25 let výše. Naproti tomu regulační technika má technickou životnost cca 15 let neohledně na skutečnost, že ještě dříve morálně zastará. Toto hledisko též zohledňuje náročnost realizace.

Provozní hledisko

Tímto kritériem se zohledňuje náročnost realizovaného opatření na údržbu a provoz. Např. zateplení objektu, nebo výměna oken je provozně málo náročné opatření, naopak nová kotelná, nebo osazení termoregulačních ventilů jsou již více náročné na provoz i údržbu.

Legislativní hledisko

Některá opatření se nemusí, především před realizací, obejít bez komplikací v legislativní oblasti - např. zateplení fasády, či výměna oken na objektu památkově chráněném zcela jistě narazí na určitá legislativní omezení. Toto hledisko též zohlední náročnost uspokojení požadavků stavebního úřadu v předrealizační fázi – např. zohlední, zda k realizaci navrženého opatření postačí pouze ohlášení nebo bude muset proběhnout stavební řízení.

Hledisko užité hodnoty

Dá se předpokládat, že danými opatřeními dojde k navýšení užité hodnoty objektu. Například zateplení obvodového pláště se pozitivně projeví nejen na tepelně technických vlastnostech fasády, ale i na jejím vzhledu, což jistě přispěje k lepší reprezentativnosti budovy a tedy i k navýšení její tržní ceny.

7.2 Vyhodnocení variant

Optimální varianta vyplývá z multikriteriálního hodnocení. Každé hledisko u jednotlivých variant opatření bylo obodováno max. počtem bodů 100 a každému z nich byla přiřazena určitá váha.

Je na místě a je seriózní poznamenat, že výsledná optimální varianta, která vyplývá z tohoto multikriteriálního modelu, je do jisté míry subjektivním řešením. Výsledek totiž plně závisí na zvolených vahách, daném bodovém ohodnocení jednotlivých hledisek a též na vlastní volbě typů a počtu hledisek. Je tedy nutné si vytvořit k výsledkům tohoto typu hodnocení určitý rezervovaný přístup.

Demonstrovat závislost výsledků (charakteristických hodnot) na volbě váhového vektoru mají za úkol 2 alternativy (alternativa I a II), které se navzájem liší různě zvolenými váhovými vektory (viz následující tabulky) - u alternativy II byla větší váha přiřazena ekologickému kritériu, naopak menší ekonomickému.

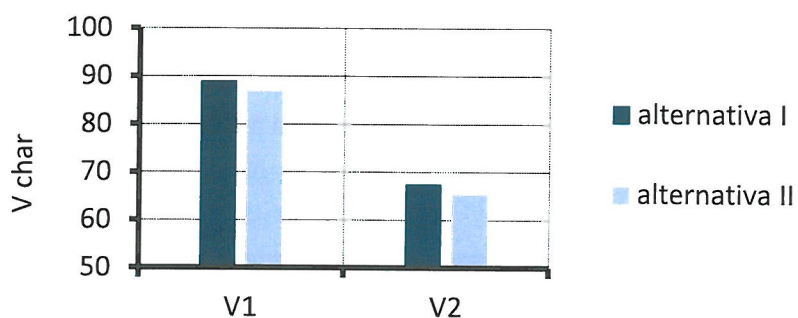
Obě varianty jsou prezentovány v následujících dvou tabulkách a přehledně v grafu. Nejvyšší hodnota (100 bodů) = nejvíce příznivé.

tabulka 39 Bodové ohodnocení posuzovaných kritérií a váhová matice kritérií (alternativa I)

Hodnocení variant		bodové ohodnocení		váhová matice ohodnocení	
kritérium	váhy	V1	V2	V1	V2
ekonomické	0,55	90	80	49,5	44,0
ekologické	0,20	90	70	18,0	14,0
technické	0,10	70	60	7,0	6,0
provozní	0,05	80	70	4,0	3,5
legislativní	0,05	100	90	5,0	4,5
užitné hodnoty	0,05	100	80	5,0	4,0
Vchar				88,5	76,0

tabulka 40 Bodové ohodnocení posuzovaných kritérií a váhová matice kritérií (alternativa II)

Hodnocení variant		váhová matice ohodnocení		váhová matice ohodnocení	
kritérium	váhy	V1	V2	V1	V2
ekonomické	0,25	90	80	22,5	20,0
ekologické	0,40	90	70	36,0	28,0
technické	0,20	70	60	14,0	12,0
provozní	0,05	80	70	4,0	3,5
legislativní	0,05	100	90	5,0	4,5
užitné hodnoty	0,05	100	80	5,0	4,0
Vchar				86,5	72,0

graf 9 Charakteristické hodnoty jednotlivých opatření

Z rozdílu alternativ I a II je patrné, že volba vah může ovlivnit výsledky hodnocení a záleží pouze na nás, které hledisko považujeme za důležitější.

Jako nejvýhodnější k realizaci je doporučena varianta V1, protože dosahuje nejvyrovnanějších výsledků. Její přínos je třeba spatřovat kromě ekonomického přínosu také v celkové rekonstrukci objektu z tepelně technického hlediska a tím i většího zhodnocení budovy. Rovněž tato varianta dosahuje nejlepších výsledků z environmentálního hlediska.

8 ZÁVAZNÉ VÝSTUPY ENERGETICKÉHO AUDITU

8.1 Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství

Energetický management je provozován na úrovni odpovídající technickým podmínkám.

Objekt dosud neprošel žádnou rekonstrukcí se zaměřením na zlepšení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí.

Na základě výpisu z katastru nemovitostí nejsou evidovány žádné způsoby ochrany nemovitosti.

Stávající konstrukce jsou po stavební a technické stránce ve stavu odpovídajícím jejich stáří, případně rekonstrukci. Kromě otvorových výplní jsou stávající konstrukce jsou po stavební a technické stránce v dobrém stavu. Žádná z původních obalových konstrukcí nesplňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla. Řešením je dodatečné zateplení obvodových konstrukcí moderními tepelně izolačními systémy a výměna zbývajících prosklených konstrukcí a dveří za okna a dveře s dostatečnými tepelně technickými vlastnostmi.

Předmět EA je dle **ČSN 73 0540-2:2011** - požadavek na **průměrný součinitel prostupu tepla** klasifikován jako **F – Velmi nehospodárný**.

Dodávka tepla na vytápění je zajišťována pomocí vlastní plynové kotelny. Otopná soustava je dvoutrubková s nuceným oběhem teplotnosné látky. Regulace je zajišťována v kotelně samostatně pro jednotlivé topné okruhy včetně možnosti nezávislého nastavení útlumů vytápění. Otopná tělesa nejsou vybavena ventily s termostatickými hlavicemi.

Regulace systému vytápění **nesplňuje** požadavky **zákona č. 406/2000 Sb.** a navazujících předpisů o **instalaci regulační techniky v místě konečné spotřeby**.

Objekt **nesplňuje** požadavky **vyhlášky č.78/2013 Sb.** pro dílčí hodnocení energetické náročnosti vytápění.

Tepelné izolace některých armatur a rozvodů tepla místy nevyhovují požadavkům vyhlášky č. **193/2007 Sb.** V úvahu připadá dodatečné zaizolování rozvodů a armatur, oprava a doplnění porušené tepelné izolace.

Teplá voda je připravována centrálně v prostoru kotelny pomocí plynového nepřímotopného zásobníku. Rozvod TV je s cirkulací. Spotřeba zemního plynu a vstupní studené vody pro přípravu TV není měřena. Hodnota měrného ukazatele dodávky TV stanovená ve vyhlášce č. **194/2007 Sb.** je dle provedeného hodnocení **dodržena**.

Větrání objektů je převážně přirozené. Ve strojovně jsou osazeny dvě vzduchotechnické jednotky sloužící pro 1. A 2. NP správní budovy. Vzduchotechnické jednotky KOVONA z roku 1994 jsou funkční a jsou vybaveny přívodním ventilátorem, filtrem a směšovací komorou.

Je doporučeno prověření funkce stávající vzduchotechniky v prostorech fundusů a případné zpracování koncepčního řešení rekonstrukce VZT tak, aby bylo v těchto prostorech zaručeno optimální mikroklima.

Pro jeviště a sál je osazena vzduchotechnická jednotka, která je již 5 let nefunkční. Především v době konání kulturních akcí je zde pak důvodný předpoklad, že nejsou dodržena hygienická minima přiváděného čerstvého vzduchu. Proto je doporučena instalace nové VZT jednotky.

V předmětu EA není osazeno zařízení pro chlazení vnitřních prostor.

Osvětlovací soustava je na vyhovující úrovni. Jsou osazeny převážně zářivkové zdroje. Osvětlovací soustavu lze hodnotit jako energeticky dostačující. Malých úspor lze dosáhnout pouze správným užíváním osvětlovací soustavy, tj. nesvítit v nepřítomnosti uživatelů budovy, zhasínat na soc. zařízeních apod.

Součástí energetického managementu je i volba sazeb za dodávku energií. S ohledem na instalované spotřebiče je v rámci produktu nastavena odpovídající odběrová sazba. Potenciál úspor spočívá v průběžném sledování spotřeby el. energie a realizaci výběru dodavatele el. energie.

8.2 Optimální varianta energeticky úsporného projektu a doporučení energetického auditora

Na základě rozboru tepelného hospodářství a současného stavu stavebních konstrukcí objektu a TZB se doporučuje:

- zavést energetický management
- realizovat variantu V1

Pozn.: Z hlediska přijatelnosti projektu do dotační programu OPŽP - Prioritní osa 3, oblast podpory 3.2, je požadováno splnění minimálně požadovanou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy $U_{em,N}$, uvedenou v odst. 5.3 normy ČSN 730540-2 (znění říjen 2011). Tento požadavek je splněn pouze u Varianty 1.

8.2.1 Shrnutí doporučených opatření a popis okrajových podmínek

Výše úspor je vyčíslena z upravené energetické bilance, která upravuje spotřeby energií na dlouhodobý průměr. Úspory energií tak mohou v jednotlivých letech kolísat. Výchozí klimatické údaje ukazuje kapitola 2.5. Výpočet úspor také předpokládá dodržení stávajícího režimu vytápění, počtu osob apod., pokud toto nemění samotná opatření navržená v energetickém auditu a doporučená k realizaci.

Energetický management je jednoduchou, nenáročnou složkou systému hospodaření s energií, který za minimálních nákladů umožňuje sledovat vývoj spotřeb energií a rychleji reagovat na vznikající neehospodárnosti. Energeticky uvědomělé užívání prostor umožňuje významnou úsporu nákladů na užívání a snižuje i negativní zátěž životního prostředí v dané lokalitě. Toto opatření je vždy ekonomicky nejefektivnější.

Jako energeticky úsporný projekt byla vybrána varianta, která v sobě zahrnuje vhodná opatření na jednotlivých konstrukcích.

Ze stavební části je nejvhodnější provést zateplení vybraných ochlazovaných neprůsvitných konstrukcí a výměnu původních oken a dveří za nová s tepelně izolačním zasklením. Tím dojde k výraznému poklesu tepelných ztrát skrz tyto konstrukce a k podstatnému snížení tepelné ztráty infiltrací a tím i k výraznému snížení potřeby tepla na vytápění a zlepšení vnitřního mikroklimatu.

V plynové kotelně je navrženo osazení nových plynových kondenzačních kotlů a osazení otopných těles ventily s termostatickými hlaviciemi.

Vzduchotechnické jednotky KOVONA sloužící pro 1. a 2. NP správní budovy jsou plně funkční a je navrženo jejich ponechání na dožití. **Zároveň je však doporučeno prověření funkce stávající vzduchotechniky v prostorech fundusů a případné zpracování koncepčního řešení rekonstrukce VZT tak, aby bylo v těchto prostorech zaručeno optimální mikroklima.**

Za nefunkční nucené větrání jeviště a divadelního sálu je navržena nová vzduchotechnická jednotka s účinností rekuperace tepla min. 80%.

Pozn.: Ve výpočtu hodnoty úspory při aplikaci tohoto souboru opatření bylo uvažováno s „energetickou disciplinovaností“ uživatelů budovy a správným užíváním regulačních prvků. Jde tedy o hodnotu maximální dosažitelné úspory. Její dosažení závisí ve velké míře na chování uživatelů budovy.

8.2.2 Zdůvodnění výběru doporučeného opatření, úspory apod.

Doporučený soubor opatření je možno shrnout v těchto základních bodech:

- realizací doporučené varianty se docílí úspory energie cca 1 330 GJ/rok
- celkové investiční náklady činí 10 140 tis.Kč bez DPH
- roční finanční úspora nákladů na vstupní energie představuje cca 546 tis.Kč bez DPH
- měrné investiční náklady na uspořenou jednotku energie činí cca 7 624 Kč/GJ
- úspora spotřeby tepla na vytápění činí cca 55% z původní spotřeby energie na vytápění

tabulka 41 Upravená energetická bilance pro doporučenou variantu

ř.	ukazatel	Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč	GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 649,2	496,46	862,5
	z toho elektrická energie	405,2	112,55	350,6	406,2	112,83	351,4
	z toho CZT	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
	z toho zemní plyn	2574,0	794,45	1058,3	1 243,0	383,63	511,1
2	Změna zásob paliv	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
3	Spotřeba paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 649,2	496,46	862,5
4	Prodej energie cizím	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	2979,2	907,00	1408,9	1 649,2	496,46	862,5
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	439,2	135,57	180,6	131,8	40,69	54,2
	z toho ÚT	328,7	101,44	135,1	44,1	13,62	18,2
	z toho TV	110,6	34,13	45,5	87,7	27,06	36,1
7	Spotřeba energie na vytápění	1862,4	574,81	765,7	838,8	258,87	344,9
8	Spotřeba energie na chlazení	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	272,4	84,07	112,0	272,4	84,07	112,0
10	Spotřeba energie na větrání	25,3	7,04	21,9	26,3	7,32	22,8
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení	91,8	25,50	79,4	91,8	25,50	79,4
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	288,0	80,01	249,2	288,0	80,01	249,2

tabulka 42 Shrnutí úspor doporučené varianty

Varianta 1		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	10 140
Úspora energií	GJ/rok	1 330
	MWh/rok	410,5
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	546
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-546
Změna ostatních provozních nákladů		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	0
změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii, využití odpady...)	tis. Kč/rok	0
Původní spotřeba energie	MWh/rok	907,0
Nová spotřeba energie	MWh/rok	496,5
Úspora energií	%	45%
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	1 409
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	862
Úspora provozních nákladů	%	39%

tabulka 43 Ekologické vyhodnocení pro doporučenou variantu

VARIANTA 1	Výchozí stav	Po realizaci	Rozdíl	Rozdíl
	t/rok	t/rok	t/rok	%
Tuhé látky	0,0121	0,0112	0,0009	7,4
SO ₂	0,1991	0,1991	0,0000	0,0
NO _x	0,2897	0,2273	0,0624	21,5
CO	0,0403	0,0276	0,0127	31,5
CO ₂	274,6877	201,0656	73,6221	26,8

9 EVIDENČNÍ LIST ENERGETICKÉHO AUDITU

Evidenční list energetického auditu

podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů

Evidenční číslo

EA-0262 / 15031

1. Část - Identifikační údaje

1. Jméno (jména), příjmení/název nebo obchodní firma vlastníka předmětu EA

Statutární Město Liberec

2. Adresa trvalého bydliště/sídlo, případně adresa pro doručování

a) ulice

nám. Dr. E. Beneše

b) č.p./č.o.

1/1

c) část obce

Liberec

d) obec

Liberec

e) PSČ

46001

f) email

g) telefon

485 243 507

3. Identifikační číslo

00262978

4. Údaje o statutárním orgánu

a) jméno

Ing. Jarmila Levko – ředitelka divadla

b) kontakt

485 243 507

5. Předmět energetického auditu

a) název

Divadlo F.X. Šaldy Liberec

b) adresa

Zhořelecká 344/5, 46001 Liberec I-Staré Město

c) popis předmětu EA

Předmět EA je využíván Divadlem F.X. Šaldy Liberec pro účely divadla, ubytování a pro administrativní účely. Jedná se o hlavní budovu divadla se 3NP ze 17. století, která byla v roce 1992 zrekonstruována a správní budovu se zázemím postavenou v roce 2006.

Obvodové konstrukce budovy divadla jsou na zděné bázi. Plochá střecha správní budovy byla z 80% zrekonstruována v roce 2013. Otvorové výplně tvoří převážně dřevěná zdvojená okna, v současné době je většina otvorových výplní v havarijním stavu.

Tepelně izolační vlastnosti všech obvodových konstrukcí jsou převážně nedostatečné. Objekt dosud neprošel rekonstrukcí zaměřenou na tepelné technické parametry obalových konstrukcí. Vytápění předmětu EA a příprava TV jsou zajištěny pomocí vlastní plynové kotelny.

Na základě výpisu z katastru nemovitostí není objekt označen jako nemovitá kulturní památka, ani není umístěn v památkově chráněném území. Budova stojí v katastrálním území Liberec [682039] na parcelách č. st. 2033a č. st. 2034.

2. Část - Popis stávajícího stavu předmětu EA

1. Charakteristika hlavních činností

Divadlo se zázemím a správní budova, sklad rekvizit a kostýmů – fundus.

2. Vlastní zdroje energie

a) zdroje tepla

počet	4	ks
instalovaný výkon	0,480	MW
roční výroba	438,70	MWh
roční spotřeba paliva	1 858,0	GJ/r

b) zdroje elektřiny

počet	-	ks
instalovaný výkon	-	MW
roční výroba	-	MWh
roční spotřeba paliva	-	GJ/r

c) kombinovaná výroba elektřiny a tepla

počet	-	ks
instal. výkon elektrický	-	MW
instal. výkon tepelný	-	MW
roční výroba elektřiny	-	MWh
roční výroba tepla	-	MWh
roční spotřeba paliva	-	GJ/r

d) druhy primárního zdroje energie

druh OZE	-
druh DEZ	-
fosilní zdroje	ZP

3. Spotřeba energie

<u>Druh spotřeby</u>	<u>Příkon</u>		<u>Spotřeba energie</u>		<u>Energonositel</u>
Vytápění	0,2198	MW	574,81	MWh/r	ZP
Chlazení	0,0000	MW	0,00	MWh/r	-
Větrání	0,0000	MW	0,00	MWh/r	-
Úprava vlhkosti	0,0000	MW	0,00	MWh/r	-
Příprava TV	0,0000	MW	84,07	MWh/r	ZP
Osvětlení	0,0850	MW	25,50	MWh/r	Elektřina
Technologie	0,0010	MW	80,01	MWh/r	Elektřina
Ztráty ve zdroji a rozvodech	-	-	135,57	MWh/r	Elektřina+ZP
Celkem	0,3058	MW	899,96	MWh/r	Elektřina+ZP

3. Část - Doporučená varianta navrhovaných opatření

1. Popis doporučených opatření

- Výměna výplní otvorů
- Zateplení obvodového pláště
- Zateplení ploché střechy
- Zateplení stropu pod půdou
- Zateplení podlahy nad exteriérem
- Rekonstrukce VZT - divadelní sál
- Rekonstrukce kotelny + TRV

2. Úspory energie a nákladů

Spotřeba a náklady na energii - celkem

	Stávající stav	Navrhovaný stav	Úspory
Energie	907,00 MWh/r	496,46 MWh/r	410,54 MWh/r
Náklady	1 408,9 tis. Kč/r	862,5 tis. Kč/r	546,4 tis. Kč/r

Spotřeba energie

	Stávající stav	Navrhovaný stav	Úspory
Vytápění	574,81 MWh/r	258,87 MWh/r	315,93 MWh/r
Chlazení	0,00 MWh/r	0,00 MWh/r	0,00 MWh/r
Větrání	0,00 MWh/r	0,00 MWh/r	0,00 MWh/r
Úprava vlhkosti	0,00 MWh/r	0,00 MWh/r	0,00 MWh/r
Příprava TV	84,07 MWh/r	84,07 MWh/r	0,00 MWh/r
Osvětlení	25,50 MWh/r	25,50 MWh/r	0,00 MWh/r
Technologie	80,01 MWh/r	80,01 MWh/r	0,00 MWh/r
Ztráty ve zdroji a rozvodech	135,57 MWh/r	40,69 MWh/r	94,88 MWh/r

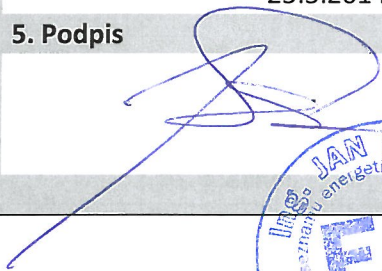
3. Ekonomické hodnocení

doba hodnocení	20	roků	diskontní míra	4,0	%
reálná doba návratnosti	>20	roků	investiční náklady	10 140	tis.Kč
prostá doba návratnosti	19	roků	cash flow	546	tis.Kč/r
IRR	3,45	%	NPV	-539	tis.Kč
rok realizace	Dle investora				

4. Ekologické hodnocení

Znečišťující látka	Stávající stav			Navrhovaný stav			Efekt	
	lokálně	globálně		lokálně	globálně		lokálně	globálně
Tuhé látky	- t/r	0,012 t/r		- t/r	0,011 t/r		-	0,001 t/r
SO ₂	- t/r	0,199 t/r		- t/r	0,199 t/r		-	0,000 t/r
NO _x	- t/r	0,290 t/r		- t/r	0,227 t/r		-	0,062 t/r
CO	- t/r	0,040 t/r		- t/r	0,028 t/r		-	0,013 t/r
CO ₂	- t/r	274,688 t/r		- t/r	201,066 t/r		-	73,622 t/r

4. Část - Údaje o energetickém specialistovi

1. Jméno (jména) a příjmení	Titul
Jan Kárník	Ing.
2. Číslo oprávnění v seznamu energ. specialistů	3. Datum vydání oprávnění
0262	16.5.2007
4. Datum posledního průběžného vzdělávání	
25.5.2014	
5. Podpis	6. Datum
	21.01.2016



10 PŘÍLOHY

10.1 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_N dle ČSN 73 0540-2:2011

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce platí pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\vartheta_{im} = 20^\circ\text{C}$.

ČSN 73 0540-2:2011	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	požadované hodnoty $U_{N,20}$	doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	1,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 ° C včetně	1,05	0,70	0,5
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 ° C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 ° C vč.	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 ° C vč.	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6

ČSN 73 0540-2:2011		Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
Popis konstrukce		požadované hodnoty $U_{N, 20}$	doporučené hodnoty $U_{rec, 20}$	doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas, 20}$
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°n vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP) hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v .m ² /m ² kde A je celková plocha obv. pláště (LOP) v m ² A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ²	$f_w \leq 0,5$	0,3+1,4 f_w	0,2+ f_w	0,15+0,85 f_w
	$f_w > 0,5$	0,7+0,6 f_w		
Kovový rám výplně otvoru		-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾		-	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště		-	1,8	1,2
POZNÁMKY ¹⁾ Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 30.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m ² .K) ²⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m ² .K) ³⁾ Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni. ⁴⁾ V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru . ⁵⁾ Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů , včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy. ⁶⁾ Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370. ⁷⁾ průsvitné: Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m ² .K).				

10.2 Protokol o výpočtu měrných tepelných ztrát a potřeby tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13 790

Identifikační údaje budovy			
Druh stavby	Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo		
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I- Staré Město		
Charakteristika a okrajové podmínky budovy			
Objem budovy - vnější objem vytápěné zóny budovy	V	23 494	m ³
Vzduchový objem budovy	V _a	18 795	m ³
Celková plocha - součet vnějších ploch ochlazovaných kcí.	A	6 915	m ²
Objemový faktor tvaru budovy	A/V	0,29	m ² /m ³
Průměrný součinitel prostupu tepla	U _{em}	0,72	W/(m ² K)
Požadovaná vnitřní teplota zóny	Q _i	19,3	°C
Průměrná venkovní teplota v otopném období	Q _e	3,6	°C
Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	Q _v	-15	°C
Počet dnů v otopném období	n _d	256	dní
Režim vytápění	S přerušovaným vytápěním		
Počet časových úseků v týdnu	t	3	-
Počet zón v budově	N	1	-

Zóna 1

Ustálená tepelná propustnost zeminou podle ČSN EN ISO 13370			
Typ výpočtu	Podlaha na úrovni terénu		
Tloušťka obvodové stěny	w	0,50	m
Tepelný odpor stěn suterénu	R _w	0,90	m ² K/W
Ekvivalentní tloušťka podlahy	d _t	1,64	m
Celková ekvivalentní tloušťka suterénních stěn	d _w	1,61	m
Tepelná vodivost zeminy	l	1,50	W/(mK)
Plocha podlahy 1	A ₁	905,38	m ²
Tepelný odpor podlahy 1	R _{f1}	0,65	m ² K/W
Plocha podlahy 2	A ₂	1106,38	m ²
Tepelný odpor podlahy 2	R _{f2}	0,54	m ² K/W
Celková plocha podlahy	A	2011,76	m ²
Průměrný tepelný odpor podlahy	R _f	0,59	m ² K/W
Exponovaný obvod podlahy	P	164,60	m
Charakteristický rozměr podlahy	B'	24,44	m
Plocha obv. zdi v kontaktu s terénem	A _{wT}	-	m ²
Plocha podlahy suterénu	A _{sut}	-	m ³
Hloubka podlahy suterénu pod úrovní terénu	z	-	m
Ekvivalentní hloubka podlahy suterénu pod úrovní terénu	z _{ekv}	-	m
Výška hor. povrchu podlahy nad úrovní terénu	h	-	m
Intenzita výměny vzduchu v nevytápěném suterénu	n	-	1/h
Objem vzduchu v nevytápěném suterénu	V	-	m ³
Plocha vytápěné části suterénu v kontaktu se zeminou		-	m ²
Plocha nevytápěné části suterénu v kontaktu se zeminou		-	m ²
Ustálená tepelná propustnost zeminou	L _s	297,5	W/K

Tepelná propustnost mezi obvodovými konstrukcemi mezi interiérem a exteriérem							
Ochlazovaná konstrukce		Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² .K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla $U_{N,rq}$ ($U_{N,rc}$) [W/(m ² .K)]		Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
stěna těžká	Obvodová stěna - správní budova	1016,5	0,61	0,30	(0,25)	1,00	616,01
	Obvodová stěna 700mm - divadlo	47,5	1,02	0,30	(0,25)	1,00	48,22
	Obvodová stěna 500mm - divadlo	403,6	1,33	0,30	(0,25)	1,00	537,20
	Obvodová stěna 450mm - divadlo	242,5	1,44	0,30	(0,25)	1,00	349,64
	Obvodová stěna - suterén - správní budova	400,1	0,50	0,30	(0,25)	0,60	118,84
okna	Okna JZ - správní budova	166,4	2,40	1,50	(1,2)	1,00	399,43
	Okna JV - správní budova	61,6	2,40	1,50	(1,2)	1,00	147,89
	Okna SZ - správní budova	52,9	2,40	1,50	(1,2)	1,00	127,01
	Okna nad průchodem - správní budova	80,3	2,40	1,50	(1,2)	1,00	192,71
	Prosklená stěna SV - správní budova	18,0	2,40	1,50	(1,2)	1,00	43,20
	Okna SV - správní budova	2,2	2,40	1,50	(1,2)	1,00	5,18
	Okna JV - divadlo	62,1	2,40	1,50	(1,2)	1,00	149,04
	Okna SV - divadlo	39,0	2,40	1,50	(1,2)	1,00	93,70
	Okna JZ - divadlo	7,2	2,40	1,50	(1,2)	1,00	17,28
	Okna Z - divadlo	29,5	2,40	1,50	(1,2)	1,00	70,79
	Okna Z Luxfery - divadlo	3,8	3,80	1,50	(1,2)	1,00	14,26
	Okna V - divadlo	25,2	2,40	1,50	(1,2)	1,00	60,55
	Dveře JV - správní budova	7,1	2,55	1,70	(1,2)	1,00	17,98
	Vstup JV - správní budova	18,4	2,95	1,70	(1,2)	1,00	54,34
	Vstup JZ - správní budova	6,3	2,95	1,70	(1,2)	1,00	18,59
	Vstup SZ - správní budova	13,0	2,95	1,70	(1,2)	1,00	38,23
	Dveře JV - divadlo	2,9	2,55	1,70	(1,2)	1,00	7,50
	Dveře Z - divadlo	11,8	2,55	1,70	(1,2)	1,00	30,04
	Světelníky - správní budova	34,3	2,50	1,40	(1,1)	1,00	85,75
	Střecha - foyer - správní budova	71,8	0,39	0,24	(0,16)	1,00	27,84
střecha	Střecha zateplená- správní budova	547,0	0,15	0,24	(0,16)	1,00	80,40
	Střecha nezateplená- správní budova	338,5	0,35	0,24	(0,16)	1,00	116,80
	Střecha - divadlo	388,7	0,39	0,24	(0,16)	1,00	150,83
	Podlaha nad exteriérem - správní budova	86,2	0,52	0,24	(0,16)	1,00	44,81
	Přirážka na tepelné mosty	0,1.A					691,45
Celkem		4 184,4	-	-	-	-	4 355,5




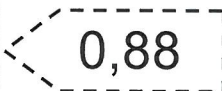



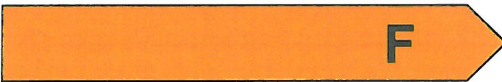

Návrhová tepelná ztráta větráním - ČSN EN ISO 13790			
Přirozené větrání			
Přirozené větrání	Druh místností	Nebytové budovy	
	Výpočtová teplota vnitřního prostoru	t_{int}	19,3 °C
	Výpočtová venkovní teplota	t_e	-15,0 °C
	Intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu	n_{min}	15,0 m ³ /h
	Vytápěný objem z vnitřních rozměrů – přirozené větrání	V	50 m ³
	Hygienické množství vzduchu	$V'_{min,i}$	750 m³/h
	Intenzita výměny vzduchu za hod. při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem	n_{50}	3,0 h ⁻¹
	Stínící činitel (odstínění větru)	e_i	0,04 -
	Výškový korekční činitel	β_i	1,0 -
	Doba provozního režimu budovy	$\check{C}a_{Sprov}$	10,0 hod
	Doba mimo provozní režim (pouze infiltrace)	$\check{C}a_{Skliidu}$	14,0 hod
	Infiltrace obvodovým pláštěm budovy	$V'_{inf,i}$	3 045 m³/h
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru	V'_i	3 045 m³/h
	Tepelné ztráty přirozeným větráním a infiltrací	$H_{ve,i}$	1 035 W/K
	Návrhová tepelná ztráta přirozeným větráním a infiltrací	\dot{Q}_v	35,5 kW

Nucené větrání			
Nucené větrání	vytápěný objem z vnitřních rozměrů - nucené větrání	V	3 757 m ³
	intenzita výměny vzduchu za hod. při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem	n_{50}	3,0 h ⁻¹
	součinitel větrné expozice e	e	0,04 -
	součinitel větrné expozice f	f	15,0 -
	objemový tok přiváděného vzduchu	V'_{sup}	2 254 m ³ /h
	objemový tok odváděného vzduchu	V'_{ex}	2 254 m ³ /h
	Přídavný objemový tok vzduchu	V'_x	451 m ³ /h
	objemový tok větrací soustavou	V'_f	2 254 m ³ /h
	účinnost rekuperace	η_{hru}	40 %
	podíl provozu nuceného větrání (0-1)	b	0,8 -
	Intenzita výměny vzduchu bez nuceného větrání	n	0,3 h ⁻¹
	objemový tok vzduchu přirozený větráním	V'_o	939 m ³ /h
	Celkový objemový tok vzduchu	V'	1 721 m³/h
	Tepelné ztráty nuceným větráním	$H_{ve,i}$	585 W/K
	Návrhová tepelná ztráta nuceným větráním	F_v	20,1 kW

Výpočet potřeby energie na vytápění podle ČSN EN ISO 13790			
Účel výpočtu	K posouzení efektu energ. úsporných opatření		
Použití rozměrů k výpočtu	Vnější		
Regulace topného systému			
Ekvitermní regulace	ne		
Zónová regulace	ne		
Regulace v místě konečné spotřeby	ano		
Časový průběh vytápění			
t1 = denní režim	h/denně	10	h
t3 = noční režim	h/denně	14	h
t3 = víkendový režim	h/denně	24	h
Tepelná propustnost mezi obv. kcemi mezi int. a ext.	L _D	4 355,5	W/K
Ustálená tepelná propustnost zeminou	L _s	297,5	W/K
Měrná ztráta prostupem tepla nevytápěnými prostory	H _U	351,7	W/K
Měrná ztráta prostupem tepla	H _T	5 004,7	W/K
Potřeba energie na krytí ztrát budovy - prostupem	Q _T	1 504,7	GJ/rok
Měrná tepelná ztráta přirozeným větráním a infiltrací	H _{vi}	1 035,4	W/K
Měrná tepelná ztráta nuceným větráním	H _{vi}	585,1	W/K
Měrná tepelná ztráta větráním a infiltrací	H _v	1 620,5	W/K
Potřeba energie na krytí ztrát budovy - větráním	Q _v	500,0	GJ/rok
Celková měrná tepelná ztráta	H	6 625,2	W/K
Celková potřeba energie na krytí ztrát za otopné období	Q _L	2 004,7	GJ/rok
Vnitřní tepelné zisky	Q _i	78,2	GJ/rok
Solární tepelné zisky	Q _s	203,8	GJ/rok
Podíl instalace regulace v místě konečné spotřeby		50%	
Podíl využitelných tepelných zisků	h	0,50	-
Potřeba tepla na vytápění	Q _h	1 864,8	GJ/rok

konec protokolu

10.3 Energetický štítek obálky budovy

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK						
OBÁLKY BUDOVY						
Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo				Hodnocení obálky budovy		
Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město						
Celková podlahová plocha:		6 599	m ²	stávající	doporučení	
CI	VELMI ÚSPORNÁ					
						
0,5						
0,75						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy						
U_{em} ve W/(m ² .K)		$U_{em} = H_T / A$		0,72	0,29	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2						
$U_{em,N}$ ve W/(m ² .K)				0,36	0,36	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
CI	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
U_{em}	0,18	0,27	0,36	0,54	0,71	0,89
Platnost štítku do						
Štítek vypracoval				Ing. Jan Kárník Energetický auditor č. 0262		

10.4 Protokol k energetickému štítku obálky budovy – ČSN 73 0540-2:2011 – stávající stav

Identifikační údaje						
Druh stavby	Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo					
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město					
Charakteristika budovy						
Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy	23 494	m³				
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí	6 915	m²				
Faktor tvaru budovy A / V	0,29	m²/m³				
Převažující vnitřní teplota v otopném období q_{im}	19,3	°C				
Venkovní návrhová teplota v zimním období q_e	-15,0	°C				
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Ochlazovaná konstrukce	Plocha	Souč. prostupu tepla	Požadovaný (doporučený) souč. prostupu tepla		Činitel teplotní redukce	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla
	A_i	U_i	$U_{N,rq} (U_{N,rc})$		b_i	$H_{ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$
	m²	W/(m²K)	W/(m²K)		-	W/K
Obvodová stěna - správní budova	1 016,5	0,61	0,30	0,25	1,00	616,01
Obvodová stěna 700mm - divadlo	47,5	1,02	0,30	0,25	1,00	48,22
Obvodová stěna 500mm - divadlo	403,6	1,33	0,30	0,25	1,00	537,20
Obvodová stěna 450mm - divadlo	242,5	1,44	0,30	0,25	1,00	349,64
Obvodová stěna - suterén - správní budova	400,1	0,50	0,30	0,25	0,60	118,84
Okna JZ - správní budova	166,4	2,40	1,50	1,20	1,00	399,43
Okna JV - správní budova	61,6	2,40	1,50	1,20	1,00	147,89
Okna SZ - správní budova	52,9	2,40	1,50	1,20	1,00	127,01
Okna nad průchodem - správní budova	80,3	2,40	1,50	1,20	1,00	192,71
Prosklená stěna SV - správní budova	18,0	2,40	1,50	1,20	1,00	43,20
Okna SV - správní budova	2,2	2,40	1,50	1,20	1,00	5,18
Okna JV - divadlo	62,1	2,40	1,50	1,20	1,00	149,04
Okna SV - divadlo	39,0	2,40	1,50	1,20	1,00	93,70
Okna JZ - divadlo	7,2	2,40	1,50	1,20	1,00	17,28
Okna Z - divadlo	29,5	2,40	1,50	1,20	1,00	70,79
Okna Z Luxfery - divadlo	3,8	3,80	1,50	1,20	1,00	14,26
Okna V - divadlo	25,2	2,40	1,50	1,20	1,00	60,55
Dveře JV - správní budova	7,1	2,55	1,70	1,20	1,00	17,98
Vstup JV - správní budova	18,4	2,95	1,70	1,20	1,00	54,34
Vstup JZ - správní budova	6,3	2,95	1,70	1,20	1,00	18,59
Vstup SZ - správní budova	13,0	2,95	1,70	1,20	1,00	38,23
Dveře JV - divadlo	2,9	2,55	1,70	1,20	1,00	7,50
Dveře Z - divadlo	11,8	2,55	1,70	1,20	1,00	30,04
Světelníky - správní budova	34,3	2,50	1,40	1,20	1,00	85,75
Střecha - foyer - správní budova	71,8	0,39	0,24	0,16	1,00	27,84
Střecha zateplená- správní budova	547,0	0,15	0,24	0,16	1,00	80,40
Střecha nezateplená- správní budova	338,5	0,35	0,24	0,16	1,00	116,80

Střecha - divadlo	388,7	0,39	0,24	0,16	1,00	150,83
Podlaha nad exteriérem - správní budova	86,2	0,52	0,24	0,16	1,00	44,81
Podlaha půdy	718,4	0,52	0,30	0,20	0,94	351,67
Podlaha na terénu 1*	905,4	1,53	0,45	0,30	-	297,49
Podlaha na terénu 2*	1 106,4	1,85	0,45	0,30	-	
Propustnost tepelnými mosty L _{d,tb}	0,1.A	-	-	-	-	691,45
Celkem	6 914,5	-	-	-	-	5 004,69
Stanovení stavebně energetické vlastnosti budovy						
Měrná ztráta prostupem tepla H _T	W/K			5 004,69		
Průměrný součinitel prostupu tepla U _{em} = H _T / A	W/(m²K)			0,72		
U _{em,N,rq} - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	W/(m²K)			0,36		
U _{em,N,rc} - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	W/(m²K)			0,27		
Klasifikační ukazatel CI			2,03	F - Velmi ne hospodárná		

Pozn. : * ustálená tepelná propustnost zeminy je spočtena podle EN ISO 13 370

Pozn.: * ustálená tepelná propustnost zeminou je spočtena podle EN ISO 13 370

10.5 Protokol k energetickému štítku budovy – ČSN 73 0540-2:2011

– doporučená varianta

Identifikační údaje						
Druh stavby			Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo			
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)			Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město			
Charakteristika budovy						
Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy			23 494		m³	
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí			6 915		m²	
Faktor tvaru budovy A / V			0,29		m²/m³	
Převažující vnitřní teplota v otopném období q _{im}			19,3		°C	
Venkovní návrhová teplota v zimním období q _e			-15,0		°C	
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí						
Ochlazovaná konstrukce	Plocha	Souč. prostupu tepla	Požadovaný (doporučený) souč. prostupu tepla		Činitel teplotní redukce	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla
	A _i	U _i	U _{N,rq} (U _{N,rc})		b _i	H _{ti} = A _i · U _i · b _i
	m²	W/(m²K)	W/(m²K)		-	W/K
Obvodová stěna - správní budova	1 016,5	0,18	0,30	0,25	1,00	182,97
Obvodová stěna 700mm - divadlo	47,5	0,21	0,30	0,25	1,00	9,97
Obvodová stěna 500mm - divadlo	403,6	0,21	0,30	0,25	1,00	84,76
Obvodová stěna 450mm - divadlo	242,5	0,22	0,30	0,25	1,00	53,34
Obvodová stěna - suterén - správní budova	400,1	0,50	0,30	0,25	0,60	118,84
Okna JZ - správní budova	166,4	0,90	1,50	1,20	1,00	149,79
Okna JV - správní budova	61,6	0,90	1,50	1,20	1,00	55,46
Okna SZ - správní budova	52,9	0,90	1,50	1,20	1,00	47,63
Okna nad průchodem - správní budova	80,3	0,90	1,50	1,20	1,00	72,27
Prosklená stěna SV - správní budova	18,0	0,90	1,50	1,20	1,00	16,20
Okna SV - správní budova	2,2	0,90	1,50	1,20	1,00	1,94
Okna JV - divadlo	62,1	0,90	1,50	1,20	1,00	55,89
Okna SV - divadlo	39,0	0,90	1,50	1,20	1,00	35,14
Okna JZ - divadlo	7,2	0,90	1,50	1,20	1,00	6,48
Okna Z - divadlo	29,5	0,90	1,50	1,20	1,00	26,55
Okna Z Luxfery - divadlo	3,8	0,90	1,50	1,20	1,00	3,38
Okna V - divadlo	25,2	0,90	1,50	1,20	1,00	22,71
Dveře JV - správní budova	7,1	1,20	1,70	1,20	1,00	8,46
Vstup JV - správní budova	18,4	1,20	1,70	1,20	1,00	22,10
Vstup JZ - správní budova	6,3	1,20	1,70	1,20	1,00	7,56
Vstup SZ - správní budova	13,0	1,20	1,70	1,20	1,00	15,55
Dveře JV - divadlo	2,9	1,20	1,70	1,20	1,00	3,53
Dveře Z - divadlo	11,8	1,20	1,70	1,20	1,00	14,14
Světlíky - správní budova	34,3	1,10	1,40	1,20	1,00	37,73
Střecha - foyer - správní budova	71,8	0,15	0,24	0,16	1,00	11,05
Střecha zateplená- správní budova	547,0	0,15	0,24	0,16	1,00	80,40
Střecha nezateplená- správní budova	338,5	0,15	0,24	0,16	1,00	49,77

Střecha - divadlo	388,7	0,15	0,24	0,16	1,00	59,87
Podlaha nad exteriérem - správní budova	86,2	0,15	0,24	0,16	1,00	12,58
Podlaha půdy	718,4	0,17	0,30	0,20	0,00	121,53
Podlaha na terénu 1*	905,4	1,53	0,45	0,30	-	297,49
Podlaha na terénu 2*	1 106,4	1,85	0,45	0,30	-	
Propustnost tepelnými mosty L _{d,tb}	0,05.A	-	-	-	-	345,73
Celkem	6 914,5	-	-	-	-	2 030,79
Stanovení stavebně energetické vlastnosti budovy						
Měrná ztráta prostupem tepla H _T	W/K			2 030,79		
Průměrný součinitel prostupu tepla U _{em} = H _T / A	W/(m²K)			0,29		
U _{em,N,rq} - průměrný součinitel prostupu tepla (požadovaný)	W/(m²K)			0,36		
U _{em,N,rc} - průměrný součinitel prostupu tepla (doporučený)	W/(m²K)			0,27		
Klasifikační ukazatel CI	0,82			C - Vyhovující		

Pozn.: * ustálená tepelná propustnost zeminou je spočtena podle EN ISO 13 370

10.6 Protokol k energetickému štítku budovy – ČSN 73 0540-2:2011 – referenční budova

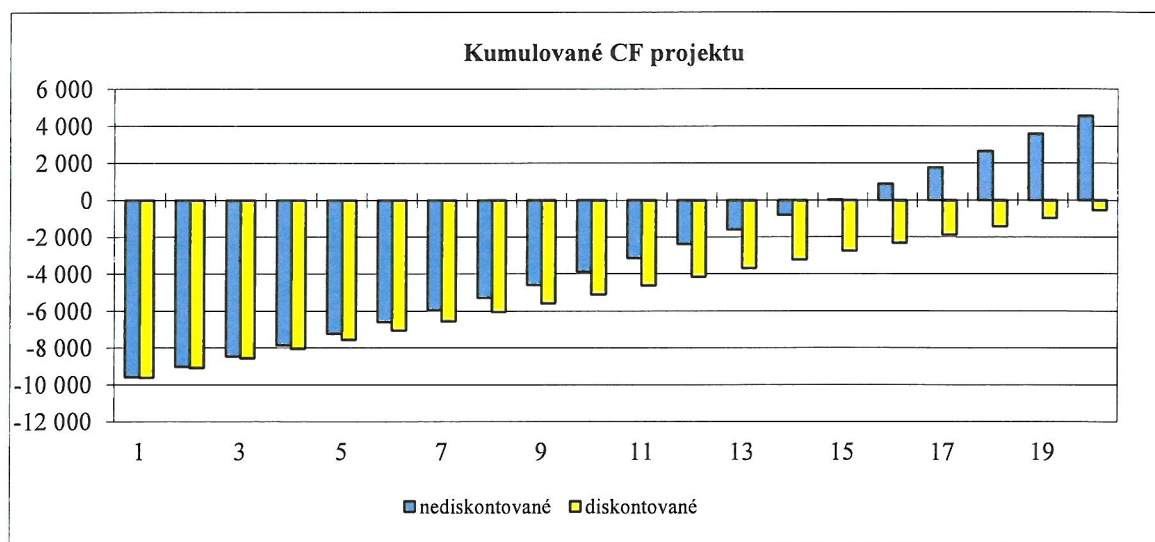
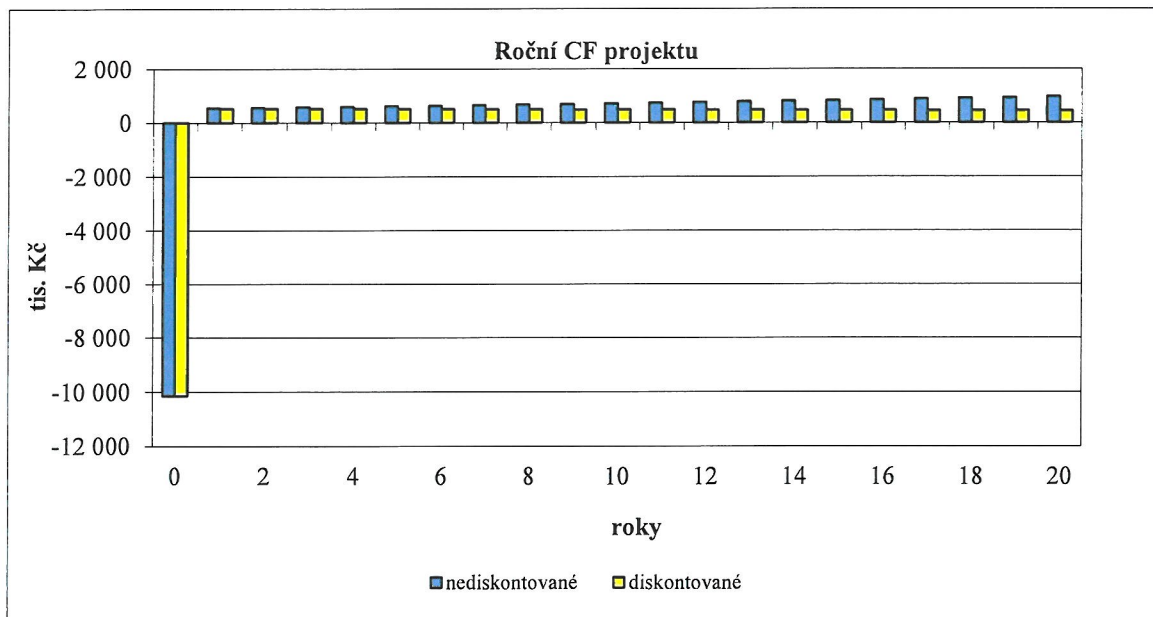
Protokol k energetickému štítku budovy dle ČSN 73 0540-2:2011				
Referenční budova - stanovení požadavku				
Identifikační údaje				
Druh stavby	Divadlo F.X. Šaldy Liberec - malé divadlo			
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec – Liberec I-Staré Město			
Charakteristika budovy				
Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy	23 494	m³		
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí	6 915	m²		
Faktor tvaru budovy A / V	0,29	m²/m³		
Převažující vnitřní teplota v otopném období q_{im}	19,3	°C		
Venkovní návrhová teplota v zimním období q_e	-15,0	°C		
Rozbor plochy fasády dle čl. 5.3.3				
Celkem započitatelná plocha výplní otvorů	607,7	m²		
Celkem obvodové stěny (po odečtení otvorů)	2 110,2	m²		
Zbývající část ploch výplní otvorů započtena jako obvodová stěna	0,0	m²		
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí				
Ochlazovaná konstrukce	Plocha	Souč. prostupu tepla - požadovaná hodnota	Činitel teplotní redukce	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla
	A_i	U_i	b_i	$H_{ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$
	m²	W/(m²K)	-	W/K
Obvodová stěna - správní budova	1 016,5	0,30	1,00	304,96
Obvodová stěna 700mm - divadlo	47,5	0,30	1,00	14,24
Obvodová stěna 500mm - divadlo	403,6	0,30	1,00	121,08
Obvodová stěna 450mm - divadlo	242,5	0,30	1,00	72,74
Obvodová stěna - suterén - správní budova	400,1	0,30	0,60	72,03
Okna JZ - správní budova	166,4	1,50	1,00	249,65
Okna JV - správní budova	61,6	1,50	1,00	92,43
Okna SZ - správní budova	52,9	1,50	1,00	79,38
Okna nad průchodem - správní budova	80,3	1,50	1,00	120,44
Prosklená stěna SV - správní budova	18,0	1,50	1,00	27,00
Okna SV - správní budova	2,2	1,50	1,00	3,24
Okna JV - divadlo	62,1	1,50	1,00	93,15
Okna SV - divadlo	39,0	1,50	1,00	58,56
Okna JZ - divadlo	7,2	1,50	1,00	10,80
Okna Z - divadlo	29,5	1,50	1,00	44,24
Okna Z Luxfery - divadlo	3,8	1,50	1,00	5,63
Okna V - divadlo	25,2	1,50	1,00	37,85
Dveře JV - správní budova	7,1	1,70	1,00	11,99
Vstup JV - správní budova	18,4	1,70	1,00	31,31

Vstup JZ - správní budova	6,3	1,70	1,00	10,71
Vstup SZ - správní budova	13,0	1,70	1,00	22,03
Dveře JV - divadlo	2,9	1,70	1,00	5,00
Dveře Z - divadlo	11,8	1,70	1,00	20,03
Světlíky - správní budova	34,3	1,40	1,00	48,02
Střecha - foyer - správní budova	71,8	0,24	1,00	17,22
Střecha zateplená- správní budova	547,0	0,24	1,00	131,27
Střecha nezateplená- správní budova	338,5	0,24	1,00	81,25
Střecha - divadlo	388,7	0,24	1,00	93,30
Podlaha nad exteriérem - správní budova	86,2	0,24	1,00	20,68
Podlaha půdy	718,4	0,30	0,96	206,66
Podlaha na terénu 1*	905,4	0,45	-	222,72
Podlaha na terénu 2*	1 106,4	0,45	-	
Celkem	6 914,5	-	-	2 329,60
Stanovení požadavku $U_{em,N,rq}$				
Přirážka na vliv tepelných vazeb (čl. 5.3.4)		-		0,02
Měrná ztráta prostupem tepla H_T - referenční budova		W/K		2 329,60
$U_{em,N,rq}$ - požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla (vypočtený)		W/(m ² K)		0,36
$U_{em,N,rq}$ - požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla (s uvažováním vlivu omezení dle tab.5)		W/(m²K)		0,36
$U_{em,N,rc}$ - doporučený průměrný součinitel prostupu tepla		W/(m ² K)		0,27

Pozn.: * ustálená tepelná propustnost zeminou je spočtena podle EN ISO 13 370. Ve výpočtu požadované hodnoty $U_{em,N,rq}$ bylo uvažováno s omezením dle tab. 5 v ČSN 73 0540-2:2011

10.7 Ekonomické zhodnocení doporučené varianty

Diskontní sazba					4%	Roční nárůst cen paliv				3%
Rok		Náklady		Investice	Roční toky nekumul.		Roční toky kumul.		Návratnost	
		pův.	nov.		nediskont.	diskont.	nediskont.	diskont.		
		tis. Kč	tis. Kč		tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč		tis. Kč
0	2015			10 140,0	-10 140,0		-10 140,0	-10 140,0	0	
1	2016	1 408,9	862,5	0,0	546,4	525,4	-9 593,6	-9 614,6	0	
2	2017	1 451,2	888,4	0,0	562,8	520,3	-9 030,8	-9 094,3	0	
3	2018	1 494,7	915,0	0,0	579,7	515,3	-8 451,1	-8 578,9	0	
4	2019	1 539,5	942,5	0,0	597,1	510,4	-7 854,0	-8 068,5	0	
5	2020	1 585,7	970,7	0,0	615,0	505,5	-7 239,0	-7 563,1	0	
6	2021	1 633,3	999,9	0,0	633,4	500,6	-6 605,6	-7 062,4	0	
7	2022	1 682,3	1 029,9	0,0	652,4	495,8	-5 953,1	-6 566,6	0	
8	2023	1 732,8	1 060,7	0,0	672,0	491,0	-5 281,1	-6 075,6	0	
9	2024	1 784,7	1 092,6	0,0	692,2	486,3	-4 588,9	-5 589,3	0	
10	2025	1 838,3	1 125,3	0,0	712,9	481,6	-3 876,0	-5 107,6	0	
11	2026	1 893,4	1 159,1	0,0	734,3	477,0	-3 141,7	-4 630,6	0	
12	2027	1 950,2	1 193,9	0,0	756,4	472,4	-2 385,3	-4 158,2	0	
13	2028	2 008,7	1 229,7	0,0	779,1	467,9	-1 606,3	-3 690,3	0	
14	2029	2 069,0	1 266,6	0,0	802,4	463,4	-803,8	-3 227,0	0	
15	2030	2 131,1	1 304,6	0,0	826,5	458,9	22,7	-2 768,0	0	
16	2031	2 195,0	1 343,7	0,0	851,3	454,5	874,0	-2 313,5	0	
17	2032	2 260,9	1 384,0	0,0	876,8	450,1	1 750,8	-1 863,4	0	
18	2033	2 328,7	1 425,6	0,0	903,1	445,8	2 653,9	-1 417,6	0	
19	2034	2 398,6	1 468,3	0,0	930,2	441,5	3 584,2	-976,0	0	
20	2035	2 470,5	1 512,4	0,0	958,1	437,3	4 542,3	-538,8	0	
Čistá současná hodnota							NPV	-538,8 tis. Kč		
Vnitřní výnosové procento							IRR	3,4 %		
Prostá doba návratnosti							T _s	18,6 roky (let)		
Reálná doba návratnosti							T _{sd}	>20 roky (let)		



10.8 Protokol o výpočtu potřeby tepla na přípravu TV

Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody dle ČSN EN 15316-3-1, 2, 3		
Druh budovy	Divadlo, administrativa, ubytování	
specifická spotřeba TV na měrnou jednotku a den	$V_{W,f,day}$	43l/den
počet měrných jednotek	f	100osob
teplota teplé vody (60°C)	$\Theta_{W,del}$	55°C
teplota studené vody přiváděné do ohříváče (13,5°C)	$\Theta_{W,0}$	13,5°C
Denní potřeba teplé vody na den	$V_{W,day}$	4,30m³/den
Potřeba tepla pro přípravu TV	Q_W	746,28MJ/den
Ztráta zásobníkového ohříváče TV		
střední teplota vody v zásobníku TV	$\Theta_{W,st,avg}$	55°C
střední teplota v okolí zásobníku TV	$\Theta_{amb,avg}$	20°C
střední rozdíl mezi teplotou vody v zásobníku a okolím	$\Delta\Theta_{amb,avg}$	45°C
Počet zásobníků	n	1ks
tepelná ztráta zásobníku	$Q_{W,st,sby}$	6MJ/den
Ztráta nepřímo ohříváního zásobníkového ohříváče TV	$Q_{W,st,ls}$	4MJ/den
Potrubí s cirkulací - provoz cirkulace		
DN vnitřního potrubí	10 až 15	
součinitel prostupu tepla úseku potrubí	- Nelze sloučit do jedné hodnoty	
Plocha průměru potrubí pro výpočet objemu	A_i	0,04m ²
délka úseku potrubí	$L_{W,i}$	160,00m
délkové přírážek armatur	L_i	32,00m
průměrná okolní teplota potrubí	$\Theta_{amb,i}$	10,00°C
průměrná teplota teplé vody v úseku potrubí	$\Theta_{W,dis,avg,i}$	55,00°C
doba provozu cirkulačního čerpadla	t_w	120,00h/den
počet provozních cyklů cirkulačního čerpadla	n_{norm}	0,00 -
Ztráta v potrubí s cirkulací	$Q_{W,dis,ls,col}$	298,60MJ/den
Denní potřeba vody pro přípravu teplé vody	$V_{W,day}$	4,30m ³ /den
Denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody	$Q_{W,gen,out}$	1,05GJ/den
Počet dní dodávky TV	365den/rok	
Potřeba vody pro přípravu teplé vody	1569,50m³/rok	
Potřeba tepla pro přípravu teplé vody	382,98GJ/rok	

10.9 Kopie dokladu o vydání oprávnění**MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU**

Na Františku 32, 110 15 Praha 1

Ing. Jan Kárník

r. č. 790629/3593

je oprávněn**provádět energetický audit**

s platností od 16.5.2007

vypracovávat průkazy energetické náročnosti budovy

s platností od 9.10.2008

provádět kontroly kotlů

s platností od 9.10.2008

provádět kontroly klimatizace

s platností od 9.10.2008

podle zákona č. 406/2006 Sb., o hospodaření energií

Číslo oprávnění: 0262

V Praze dne 9. října 2008


Ing. Tomáš Hüner

náměstek ministra průmyslu a obchodu

