



KUPAP00GLBVJ

23
EA Gymnázium Žamberk

KRAJSKÝ ÚŘAD PARDUBICKEHO KRAJE		Číslo dopis 3/18900
Došlo:	- 9 -06- 2006	Zpraco- vatel
Č.j.		Ukl. znak
Pril.		

ENERGETICKÝ AUDIT



Gymnázium Žamberk,
Nádražní 48, Žamberk

Duben 2006

Energetický auditor č. 232 MPO ČR, Ing. Jaroslav Štěchovský

OBSAH ENERGETICKÉHO AUDITU

(údaje v závorkách se vztahují k souvisejícím paragrafům a přílohám
vyhlášky č.213/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 425/2004 Sb.)

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE (§ 3 odst. a až c)

2. POPIS VÝCHOZÍHO STAVU (§ 4)

2.1 Předmět energetického auditu (§ 3 odst. d)

2.1.1 Název

2.1.2 Základní popis

2.1.3 Charakteristika hlavních činností v předmětu auditu, provozní režim (§ 4 odst. 3)

2.1.4 Projektová dokumentace, technicko ekonomické podklady

2.2 Energetické vstupy a výstupy za předchozí roky (§ 4 odst. 4 až 6)

2.3 Vlastní energetické zdroje

2.3.1 Popis zdrojů tepla (§ 4 odst. 10)

2.3.1.1 Kotelna na zemní plyn

2.3.1.2 Elektrické ohříváče TUV a elektrická akumulární kamna

2.3.2 Bilance výroby energie z vlastního palivového zdroje (§ 4 odst. 9, příl. č. 3)

2.4 Distribuce energie

2.4.1 Regulace teplovodních soustav s otopnými tělesy a ohřevu TUV

2.4.2 Regulace vzduchotechnických soustav

2.4.3 Tepelné izolace (páteřní a hlavní rozvody) (§4 odst. 11)

2.5 Významné spotřebiče energie

2.5.1 Budovy a jejich tepelně technické vlastnosti (§ 4 odst. 12 a 13)

2.5.1.1 Přepočet toku tepelné energie stanoveného za referenčních podmínek na skutečné podmínky

2.5.2 Spotřeba teplé užitkové vody, teoretická a skutečná spotřeba energie na ohřev TUV

2.5.3 Větrání vzduchotechnickými zařízeními

2.5.4 Osvětlovací soustava (§ 4 odst. 15)

2.5.5 Provozní zařízení (§4 odst.14)

3. ZHODNOCENÍ VÝCHOZÍHO STAVU (§ 5)

3.1 Roční energetická bilance (§ 5 odst. 1 až 3, 8, příl. č.4)

3.2 Základní technické ukazatele vlastního energetického zdroje (§ 5 odst. 4 a 5, příl. č. 5)

3.3 Analýza stavu rozvodů energie, měření a regulace (§ 5 odst. 6)

3.4 Analýza stavu budovy z hlediska energetické potřeby (§5 odst. 7, odst. 8)

3.5 Analýza spotřeby ostatních spotřebičů energie (§5 odst.8)

3.6 Dosažitelné energetické úspory (§5 odst. 9,11)

4. NÁVRH OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE (§6)

4.1 Varianty opatření ke snížení spotřeby energie (§6 odst. 2)

4.2 Upravené energetické bilance pro jednotlivé varianty (§6 odst. 3 až 5, příl. č. 6)

4.3 Ekonomické vyhodnocení pro jednotlivé varianty (§7)

4.4 Vyhodnocení pro jednotlivé varianty z hlediska ochrany životního prostředí (§8)

5. ZÁVĚREČNÝ POSUDEK ENERGETICKÉHO AUDITORA (§9)

5.1 Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství

5.2 Návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu

5.3 Doporučení energetického auditora k realizaci navrženého energeticky úsporného projektu

5.4 Posouzení využití obnovitelných zdrojů energie včetně ekonomického hodnocení

5.5 Evidenční list energetického auditu

PŘÍLOHY NAVAZUJÍCÍ NA TEXT ENERGETICKÉHO AUDITU

Č. 1 Základní údaje o jednotlivých energetických vstupech v jednotlivých obdobích (příl. č. 2 vyhl. č. 213/2001 Sb.)

Č. 2 Vytápěné prostory – ochlazované plochy

Č. 3 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí vymezujících vytápěnou zónu a výpočet referenčního tepelného toku prostupem E_{vp} (kWh) podle jednotlivých konstrukcí

Č. 4 Výpočet E_r , E_{ro} , E_{nv} a účinností zdroje tepla v otopném období

Č. 5 Výtah z vyhl. č. 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách

Č. 6 Varianta A. Ekonomické vyhodnocení (příl. č. 7 vyhl. č. 213/2001 Sb.)

Č. 7 Varianta B. Ekonomické vyhodnocení (příl. č. 7 vyhl. č. 213/2001 Sb.)

Č. 8 Varianta A. Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí (snížení emisí) (příl. č. 8 vyhl. č. 213/2001 Sb.)

Č. 9 Varianta B. Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí (snížení emisí) (příl. č. 8 vyhl. č. 213/2001 Sb.)

Č. 10 Fotografie, situace

Č. 11 Evidenční list energetického auditu (příl. č. 9 vyhl. č. 213/2001 Sb.)

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

a) Zadavatel auditu

Gymnázium Žamberk,
Nádražní 48, 564 01 Žamberk.

IČ: 49314891

Okres: Ústí nad Orlicí.

Kraj: Pardubický

Zmocněnci pro jednání: RNDr. Milan Lipenský, ředitel školy, Jan Vych, zástupce ředitele
školy

b) Provozovatel předmětu energetického auditu

Gymnázium Žamberk, viz výše

c) Zpracovatel energetického auditu

Ing. Jaroslav Štěchovský, energetický auditor č. 232 MPO ČR

K Sokolovně 427, 503 41 Hradec Králové 7

Tel. 732 357 149, e-mail: stechovsky@audit-energie.cz , jstechovsky@volny.cz

IČ 71225897

www.audit-energie.cz

d) Vlastnický vztah k předmětu energetického auditu

Vlastníkem budov je Pardubický kraj, který je předal do správy právnické osobě jím zřízené - Gymnázium Žamberk.

2. POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

2.1 Předmět energetického auditu

2.1.1 Název

Objekt Gymnázia Žamberk.

2.1.2 Základní popis

Objekt je vytvořen ze dvou navzájem spojených budov o dvou číslech popisných s různou dobou výstavby (viz příloha č.10):

- **čp. 48, Nádražní ulice.** Jedná se o starší budovu z r.1880, která byla v průběhu své životnosti adaptována: původní půdorys tvaru E byl ve 20. století vyplněním atrií změněn na přibližně obdélníkový půdorys. Jednalo se o náhradu suchých záchodů běžným sociálním zařízením pro chlapce a dívky a personál školy. Ve 2. polovině 20. století byla také vyměněna původní dvojité okna za zdvojená. V suterénu budovy byla původně kotelna na tuhá paliva a šatny. V současné době je suterén zcela adaptován. Je v něm umístěna plynová kotelna, dále pak posilovna, sauna a další pomocné místnosti. Budova má tedy využita a tedy i vytápěna všechna 4 podlaží – jedno podzemní (částečně nad terénem) a tři nadzemní, Budova má šikmé zastřešení (těsná krytina bez tepelné izolace) s podstřešním prostorem a dvěma světlíky. Zdivo je cihelné. Budeme ji označovat jako **budova I.** Součástí budovy I. je i přízemní chodba, která ji spojuje s budovou II. V textu ji budeme označovat jako **krček**;
- **čp. 1136, Komenského ulice.** Jedná se o relativně novou budovu z roku 1980. Tuto budovu budeme označovat jako **budova II.** Je třípodlažní. V podzemním podlaží je umístěna podružná strojovna vytápění, strojovna vzduchotechniky, šatny a sklady. Toto podlaží budeme považovat za nevytápěné. V tomto prostoru, který je téměř pod terénem a ve kterém jsou vedeny veškeré energetické rozvody, je vyhovující teplota pro provoz šaten a strojoven. V prvním a druhém nadzemním podlaží jsou odborné učebny, kabinety a další provozní místnosti - sociální zařízení pro provoz tělocvičny je v 1.NP, ve 2.NP je byt školníka. Podstatnou část budovy zaujímá tělocvična situovaná na konci budovy, která částečně přesahuje obě zmíněná nadzemní podlaží (podlaha je v úrovni 1.NP). Budova po dobu svého trvání neměnila podstatně svůj vzhled ani konstrukční prvky, s výjimkou oken 2.NP, která byla vyměněna či rekonstruována (viz kap. 2.1.4).

2.1.3 Charakteristika hlavních činností v předmětu auditu, provozní režim

Objekt v současné době slouží především potřebám školy, tělocvična se zázemím slouží i veřejnosti.

Otopné období

Budovy I. i II. jsou samostatné zóny zásobované teplem.

Dle údajů provozovatele je budova I. mimo provoz o sobotách a nedělích a o prázdninách, které do tohoto období spadají.

V budově II. je tělocvična se zázemím využívána školou a veřejností od pondělí do pátku od 7 do 21 hodin, v sobotu je využívána pro veřejnost přibližně 8 hodin, v neděli je provoz tělocvičny minimální. O prázdninách, které spadají do otopného období, je tělocvična využívána pouze veřejností.

Byt školníka, v této budově umístěný, je vytápěn ústředním vytápěním, pokud je vytápění budovy II. v provozu. Jako zdroj tepla k dotápění bytu slouží akumulční kamna.

Z toho vyplývá:

Počítáme – li s mezní teplotou pro zahájení a ukončení otopného období dle ČSN 38 3350 $t_{em} = 13\text{ °C}$, je počet dnů otopného období $d = 251$ při průměrné teplotě v otopném období $t_{es} = 3,6\text{ °C}$.

Budova I. se z tohoto počtu dnů vytápí 159 dnů (po odečtení prázdnin a svátků, které předpokládáme v celkové délce 28 dnů a dále sobot a nedělí), ve zbývajících dnech se podle potřeby temperuje. Předpokládáme-li průměrně osmihodinový provoz budovy v provozních dnech, tj. 1272 hodin, pak koeficient plného provozu budovy I. v otopném období je

$$\frac{8.159}{24.251} = 0,21$$

Budova II. je vzhledem k provozu tělocvičny v provozu

$$\frac{5}{7}(251 - 28).14 + \frac{5}{7}.28.6 + \frac{1}{7}251.8 = 2637 \text{ hodin}$$

Koeficient plného provozu budovy II. v otopném období je

$$\frac{2637}{24.251} = 0,44$$

Letní období

Letní období trvá 114 dnů. Celý objekt je o hlavních prázdninách prakticky mimo provoz souvisle přibližně 9 týdnů.

Budova I. je v provozu

$$(114 - 63)\frac{5}{7} = 36,4 \text{ dnů} = 36,4.8 = 291 \text{ hodin}$$

Koeficient plného provozu budovy I.

$$\frac{291}{24.114} = 0,11$$

Budova II. je v provozu přibližně 10 hodin denně a průměrně 2 hodiny o sobotách (mimo hlavní prázdniny)

$$(114 - 63)\frac{5}{7}.10 + (114 - 63)\frac{1}{7}.2 = 379 \text{ hodin}$$

Koeficient plného provozu budovy II.

$$\frac{379}{24.114} = 0,14$$

Průměrné počty zaměstnanců a žáků

Průměrný počet zaměstnanců školy ve sledovaných letech (2003 až 2006) vychází z údajů provozovatele.

školní rok	počet žáků	pedagogové a správní zaměstnanci
2003/04	362	33
2004/05	361	33
2005/06	354	30,3
Průměr	359	32,1

2.1.4 Projektová dokumentace, technicko-ekonomické podklady

Zpracovatel auditu měl k dispozici pouze neúplnou stavební dokumentaci – jediný svislý řez budovou I. a nepřesné zjednodušené půdorysy pro připravovanou rekonstrukci elektrické instalace v budově I.

Pro budovu II. byla předána úplná stavební dokumentace z roku 1974 včetně souvisejících profesí. Tato dokumentace však neodpovídá plně skutečnosti, neboť již v době výstavby se nerealizoval vstup ze SV strany (zde je nyní spojovací krček), nerealizovala se úprava vody pro bazén, ve 2.NP vznikl byt školníka. Okna ve 2.NP byla v posledním desetiletí vyměněna za plastová s izolačním dvojsklem. Právě tak bylo zrušeno 5 sklobetonových oken v 1.NP a nahrazeno staršími zdvojenými okny.

Zpracovatel tedy musel vycházet z vlastního šetření, z pořízené důkladné fotodokumentace současného stavu a z předpokladu, že u stavebních konstrukcí byly dodržovány tepelně technické normy platné v době výstavby.

Realizační dokumentace jednotlivých profesí - vytápění, vzduchotechnických zařízení, měření a regulace a elektrotechnických zařízení a rozvodů není rovněž úplná - pro budovu I. a především pro kotelnu zcela chybí.

Obecně lze přesto říci, že dokumentace umožnila provést výpočty tepelných toků prostupem, spotřeby TUV a spotřeby tepelné energie na větrání tak, aby tolerance výpočtu neměly vliv na konečné výsledky auditu.

Hodnoty v dokumentaci neuvedené nebo hodnoty, které ve skutečnosti dokumentaci neodpovídaly, zjistil zpracovatel místním šetřením tj. využíval především informace ředitelství školy a školníka.

2.2 Energetické vstupy a výstupy za předchozí roky

Energetické vstupy do předmětu auditu jsou dvojí:

- elektrická energie

Elektrická energie je měřena

- pro budovu I. dvěma elektroměry (1. elektroměr je určen pro suterén budovy a jednu místnost v přízemí – bývalou dílnu, 2. elektroměr pro zbývající odběry v nadzemní části budovy I.). U obou elektroměrů je účtováno v tarifech VT a NT. NT je smluvně zabezpečen z důvodu přípravy TUV v elektrických zásobníkových ohřívácích. Průměrná cena za jednotku dodané energie tak vychází nižší ve srovnání s budovou II. (viz příl. č.1);
- samostatně pro budovu II. jedním elektroměrem v tarifu VT,
- samostatně pro byt školníka v budově II. jedním elektroměrem v tarifech VT a NT. NT je smluvně zabezpečen z důvodu přípravy TUV v elektrickém zásobníkovém ohříváči a především z důvodu vytápění elektrickými akumulacími kamny (v době, kdy je kotelná školy mimo provoz nebo zabezpečuje jen tlumený provoz). Průměrná cena za jednotku

dodané energie tak vychází nižší ve srovnání s ostatními odběrnými místy (viz příl. č.1);

- zemní plyn

STL přípojka zemního plynu slouží výhradně pro přívod plynu do objektu školy a je ukončena HUP. Od HUP dále pokračuje po střeše přístavků tělocvičny NTL průmyslový plynovod, který má hlavní uzávěr před vstupem do domovní kotelny v 1.PP budovy I.

Využívané energetické výstupy (např. prodej tepla) jsou nulové, neboť veškerá energie se spotřebovává v objektu, výstupem z objektu jsou pouze energetické ztráty – prostupem tepla stěnami budov, přirozeným větráním, výstupem větracího vzduchu, výstupem teplé vody do kanalizace.

Z podkladů (z fakturace) Východočeské energetiky a.s. Hradec Králové a Východočeské plynárenské a.s. Hradec Králové jsou údaje o energetických vstupech za tři po sobě jdoucí dvanáctiměsíční období, konkrétně za období 2002 až 2005, uvedeny v příloze č.1.

Průměrné hodnoty uvedené v příloze jsou dostatečně vypovídající, neboť provoz objektu se ve sledovaném období neměnil.

Z přílohy č. 1 vyplývá, že **předmět energetického auditu** ve smyslu vyhlášky č. 213/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 425/2004 Sb., § 10, odst. (1) **podléhá povinně energetickému auditu**, neboť jeho roční spotřeba energie přesahuje 1500 GJ.

2.3 Vlastní energetické zdroje

Předmět auditu má vlastní energetický zdroj – kotelnu na plyné palivo (zemní plyn). V budově I. a v bytě školníka se navíc připravuje TUV lokálně v zásobníkových ohřívacích. Byt školníka se lokálně vytápí (přítápí) elektrickými akumulacími kamny.

2.3.1 Popis zdrojů tepla

2.3.1.1 Kotelna na zemní plyn

Zdrojem tepla je sestava třech stejných jednotek – teplovodních nízkotlakých kotlů. Jedná se o **palivové kotle na zemní plyn osazené atmosférickými hořáky**. Materiál teplosměnné plochy je litina, kotle spalují plyn klasickým způsobem tj. nejedná se o kondenzační kotle - větší rozšíření použití těchto kotlů se datuje až po době realizace tohoto zdroje tepla.

Typ jednotky, výrobce, rok výroby: DE DIETRICH 350/12, r. 1994

Jmenovitý výkon jedné jednotky: 220 kW

Jmenovitý výkon celého zdroje tepla: 660 kW

Hořáky: atmosférické

Zabezpečovací zařízení: otevřená expanzní nádoba umístěná na půdě, společné přívodní a vratné potrubí.

Distribuce tepla ze zdroje tepla: Otopná voda je využívána k vytápění v teplovodní otopné soustavě budovy I. (jmenovitý teplotní rozdíl 90/70) a k vytápění v teplovodní otopné soustavě budovy II. (jmenovitý teplotní rozdíl 92,5/67,5), k centrálnímu ohřevu TUV v zásobníkovém ohříváči pro budovu II a k provozu 2 ohříváčů vzduchotechniky budovy II.. Otopná soustava objektu je rozdělena do 2 samostatně napojených zón: Budova I. – kotel č. 3,

budova II. - kotel č. 1 + č. 2. Popis zón, jejich měření a regulace budou uvedeny dále.

Příprava TUV: centrální pouze pro budovu II. v zásobníkovém ohřívači 300 l.

Větrání kotelní a přívod spalovacího vzduchu: Větrání kotelní je řešeno jako přirozené – přívod přes neuzavíratelné žaluzie z venkovního prostoru, odvod pod stropem.

Odvod spalin: Třívrstvé komínové průduchy, jeden společný pro kotle č. 1 a 2, samostatný pro kotel č. 3.

Regulace jednotek zdroje tepla: Jednotky jsou řízeny ekvitermní regulací s volbou týdenního programu. Kotle 1 + 2 dostávají informaci o teplotě TUV v zásobníku a jsou schopny přednostně dohřát TUV včetně občasného zvýšení teploty zásobníku z hygienických důvodů (Legionella). Kotle 1 + 2 jsou zapínány kaskádovou regulací.

Měření dodávaného tepla: Dodávané teplo se neměří.

Oběhová čerpadla: Každá z jednotek má vlastní oběhové čerpadlo řízené buď ručně nebo automaticky dle regulace a týdenního programu.

2.3.1.2 Elektrické ohřívače TUV a elektrická akumulční kamna

V budově I. jsou tyto elektrické zásobníkové ohřívače:

- v 1.PP – sauna, posilovna: 800 l (10 kW), 125 l ($\approx 1,5$ kW)
- v ostatních (nadzemních) podlažích: 6 x 80 l ($\approx 6 \times 0,85$ kW) a 5 x 125 l ($\approx 5 \times 1,5$ kW)

Celkem cca 24 kW

V budově II. jsou v bytě školníka 3 elektrická akumulční kamna celkem cca 12 kW a elektrický zásobníkový ohřívač vody 175 l (cca 2 kW).

2.3.2 Bilance výroby energie z vlastního palivového zdroje

Přehled o výrobě energie udává tab. č. 1.

Tab. č.1. Bilance výroby energie z vlastního zdroje (číslování řádků dle příl.č. 3 vyhl. 213/2001 Sb.)

Řádek	Ukazatel	Jednotka	Hodnota (u energie roční hodnota)
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	MW	0,66
9	Výroba dodávkového tepla 1)	GJ	2017,8
10	Prodej tepla	GJ	-
11	Spotřeba tepla v palivu na výrobu tepla	GJ	2123,3
12	Spotřeba tepla v palivu celkem	GJ	2123,3

Poznámka: 1) V otopném období (příl.č.4) 2005,8 GJ, v letním období (ohřev TUV) cca 12 GJ

2.4 Distribuce energie

- Distribuce tepelné energie v objektu je provedena
 - rozvodem teplé otopné vody k otopným tělesům v budově I. a II.,
 - rozvodem TUV v budově II.,
 - rozvodem otopné vody k ohřívačům vzduchotechnického zařízení budovy II.,

- přívodem teplého vzduchu do tělocvičny a sociálního zařízení budovy II.
Poznámka: Tělocvična je temperována otopnými tělesy a uváděna do předepsaného teplotního stavu teplovzdušným vytápěním, které slouží i k větrání.

Rozvod otopné vody v budovách je proveden dvoutrubkovými protiproudými soustavami napojenými

1. v budově I. přímo na kotel č. 3,
2. na strojovnu v budově II.

Hlavní rozvody jsou horizontální a jsou uloženy:

- v budově I. pod stropem 1.PP;
- do strojovny budovy II. je přívod z kotleny částečně veden v podzemním neprůlezném kanálu, ostatní rozvody jsou pod stropem 1.PP.

Na tyto hlavní rozvody jsou napojena svislá potrubí zásobující otopnou vodou jednotlivé spotřebiče tepla – otopná tělesa, u budovy II. navíc zásobníkový ohřívač TUV a dva ohřívače přívodního vzduchu umístěné v 1.PP.

Oběh vody je nucený, oběhová čerpadla jsou součástí sestav jednotek zdroje tepla.

Zdroj tepla a tím i obě napojené zóny pracují jako otevřené – spojené s atmosférou přes otevřenou expanzní nádobu.

Otopná tělesa v objektu (celkem cca 84 otopných těles v budově I. a cca 57 v budově II.) jsou jen částečně původní - ocelová článková. Byla (v případě poškození korozí) postupně vyměňována za desková tělesa.

Rozvod TUV v budově II. je proveden přívodním a zpětným – cirkulačním potrubím

Rozvod přiváděného i odváděného vzduchu pro tělocvičnu a sociální zařízení budovy II. je proveden nízkotlakým způsobem vzduchotechnickým potrubím.

- Dalším způsobem distribuce energie jsou rozvody elektřiny o nízkém napětí k provozním zařízením, osvětlovacím tělesům, zásuvkám atd..

2.4.1 Regulace teplovodních soustav s otopnými tělesy a ohřevu TUV

Regulace teploty otopné vody přiváděné z příslušných jednotek zdroje tepla do obou soustav objektu je ekvitermní s týdenním programem a provádí se v regulátorech zabudovaných v jednotkách zdroje tepla (1+2, 3).

V budovách není provedena navazující místní regulace, jednotlivá otopná tělesa nejsou opatřena termoregulačními ventily. Budovy tedy **nesplňují požadavky zákona č. 406/2000 Sb., §6, odst. (7) a požadavky vyhlášky č. 152/2001 Sb., §6.**

Regulace ohřevu TUV je pro kotle 1+2 nadřazena vytápění, takže kotle podle potřeby zvýší teplotu otopné vody za účelem dohřátí TUV. V létě je na rozdělovači otopné vody v podružné strojovně budovy II. otevřen pouze přívod do zásobníku TUV.

2.4.2 Regulace vzduchotechnických soustav

Regulace vzduchotechnických zařízení budovy II. spočívá v ručním spouštění jednotlivých vzduchotechnických zařízení. Termostatická regulace nastavení teploty přiváděného vzduchu do tělocvičny a sociálního zařízení, která spočívá v kvantitativní regulaci otopné vody přiváděné do příslušných dvou ohřívačů přívodního vzduchu, není dle údajů obsluhy v provozu.

2.4.3 Tepelné izolace (páteřní a hlavní rozvody)

Potrubí hlavního horizontálního rozvodu vytápění a rozvodu TUV (včetně cirkulace) je izolováno. Nejsou izolovány armatury ve strojovně budovy II.

Přívodní a cirkulační vzduchotechnická potrubí nejsou izolována.

2.5 Významné spotřebiče energie

a) Z hlediska spotřeby energie v *otopném období* je nejvýznamnější vytápění budov, přirozené i nucené větrání a ohřev TUV.

b) Z hlediska spotřeby energie v *letním období* je nejvýznamnější spotřeba energie na ohřev TUV. Obecně je však spotřeba energie v letním období málo významná.

Spotřeba teplé užitkové vody je s výjimkou devítitýdenní letní přestávky celoroční. Jedná se o spotřebu na mytí rukou, příležitostné mytí nádobí a mytí nádobí v bytu školníka, mytí a sprchování uživatelů tělocvičny, mytí popř. sprchování zaměstnanců a dále pak na úklid.

2.5.1 Budovy a jejich tepelné technické vlastnosti

V této kapitole je uveden postup výpočtu hodnot tepelného odporu jednotlivých stavebních konstrukcí resp. hodnot součinitele prostupu tepla těchto konstrukcí. Stanoveny jsou výpočtem na základě hodnot uvedených ve stavební dokumentaci a na základě prohlídky příslušných konstrukcí, doplněné informacemi správy budovy – viz přílohy č. 2 a č. 3. Z hlediska výpočtu je pro lepší přehlednost objekt rozdělen na *budovu I.* a *budovu II.*, v obou případech jsou samostatně počítána jednotlivá podlaží.

Dále byly prohlídkou budovy zjišťovány podmínky šíření vlhkosti resp. možnost vnitřní kondenzace vodní páry a podmínky šíření vzduchu konstrukcí a budovou.

Na základě takto zjištěných skutečností byl proveden výpočet spotřeby tepelné energie budov na vytápění v zimním období nejprve **za referenčních podmínek** podle vyhlášky č. 291/2001 Sb. (viz příloha č. 5).

Referenční hodnoty jsou počet dnů vytápění 242, střední teplota venkovního vzduchu v otopném období $+3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a převažující výpočtová vnitřní teplota v budovách. V našem případě volíme jako převažující vnitřní teplotu v budově I. $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, s výjimkou krčku, který je vlastně samostatnou budovou. U budovy II. volíme jako převažující vnitřní teplotu $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, s výjimkou schodiště, které se z tepelného hlediska chová samostatně, neboť je na kraji budovy a s výjimkou tělocvičny, u které je důvod stejný. Všude tam, kde předpokládáme jinou teplotu, volíme $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Při výpočtové vnitřní teplotě $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ činitel h_1 pro výpočet prostupu tepelné energie stěnami budovy bude mít hodnotu vypočítanou přímo ve vyhlášce

$$h_1 = 94\text{ kh.K.}$$

Činitel h_2 pro výpočet ztráty tepelné energie přirozeným větráním bude mít u budovy I. vzhledem k převažující výpočtové vnitřní teplotě $t_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hodnotu vypočítanou ve vyhlášce

$$h_2 = 13\text{ kWh/m}^3.$$

V případě budovy II. je činitel h_2 vypočten v příloze č. 3 dle vztahu

$$h_2 = 0,81 \cdot (t_i - 3,8)\text{ kWh/m}^3,$$

kde t_i je průměrná výpočtová vnitřní teplota v budově II. ($16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Podle vyhlášky č. 291/2001 Sb. se vypočítává měrná spotřeba tepla e_v (kWh/m³ rok), což je potřeba tepla na vytápění jednoho metru krychlového budovy za otopné období a stanoví se pro vytápěnou zónu budovy. Vytápěnou zónou se rozumí prostor budovy v hranicích probíhajících na vnější straně konstrukcí, které vymezují vnější obálku vytápěné zóny budovy.

Vytápěná zóna budovy tedy sestává ze stěn, nejnižší podlahy a nejvyššího stropu nebo nejvyšší střechy, které sousedí s vnějším prostředím. Vnějším prostředím se rozumí vnější vzduch, vzduch v nevytápěných prostorech nebo v přilehlé budově nebo její části popř. jiné vnější prostředí (zemina). Nevytápěné nebo částečně vytápěné prostory, které leží vně této hranice, se do vyhodnocování spotřeby tepla nezahrnují.

V našem případě pokládáme za vytápěnou zónu budovy I. prostor vymezený podzemním podlažím a třemi nadzemními podlažními, za vytápěnou zónu budovy II. pokládáme prostor vymezený dvěma nadzemními podlažními.

a) Spotřeba tepelné energie prostupem E_{vp} (kWh) za otopné období za referenčních podmínek

Stanovuje se za předpokladu nepřetržitého vytápění. Matematický vztah uvedený ve vyhlášce (viz příl. č.5) je aplikací výpočtu prostupu tepla stěnou, v našem případě souhrnem spotřeb tepla stěn obklopujících vytápěnou zónu za otopné období.

Stanovme nejprve součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí tvořících obálku vytápěné zóny. Použijeme následující vztahy.

Součinitel prostupu tepla konstrukce (dříve k , nyní U)

$$k = U = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1})$$

kde $R_i = \frac{1}{\alpha_i}$ je tepelný odpor přestupu na vnitřní straně konstrukce,

$R_e = \frac{1}{\alpha_e}$ - tepelný odpor přestupu na vnější straně konstrukce,

α_i - součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce,

α_e - součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce,

R - tepelný odpor konstrukce

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots \quad (\text{m}^2 \text{K W}^{-1})$$

Výpočtové hodnoty veličin jsou stanoveny dle ČSN 73 0540-3 popř. z údajů výrobců. U starších konstrukcí vycházíme i z původních technických norem platných v době návrhu a realizace. Skladba konstrukcí vymezujících vytápěnou zónu a jejich normové hodnoty jsou dle dostupných (předaných) podkladů zřejmé z příloh č. 2 a č. 3.

Výpočet jednotlivých ploch je v příl. č. 2. Z přílohy lze rovněž zjistit celkové plochy A ochlazovaných konstrukcí budovy I. a budovy II., právě tak jako objemy vytápěných zón V a poměry A/V . Uvedeny jsou rovněž souhrnné hodnoty A , V a A/V pro celý objekt.

V příloze č. 3 je pak zachycen výpočet prostupem tepla za referenčních podmínek:

Tloušťky vrstev d jsou uvedeny v (m), součinitel tepelné vodivosti λ ve ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$), tepelné odpory $R_1, R_2, R_3 \dots$ tepelné odpory R_i, R_e a tepelný odpor stěny R_o v ($\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$), součinitel prostupu tepla U ve ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$).

V příloze č. 3 je proveden výpočet spotřeby tepelné energie pro vytápění prostupem E_{vp} podle jednotlivých konstrukcí za použití následujících hodnot:

- $A (\text{m}^2)$: plocha ochlazovaných konstrukcí.
- Za hodnotu b se dosazuje dle vyhlášky.
 b_z : činitel teplotní redukce konstrukcí přilehlých k zemině, b_n : činitel teplotní redukce konstrukcí proti nevytápěným prostorům. V ostatních případech $b = 1$.
- U výplní otvorů vycházíme z návrhových hodnot dle posledního znění ČSN 73 0540-3.
- $0,1 A$: přírážka na tepelné mosty.

Tepelný tok při prostupu tepla je vynásoben v souladu s vyhláškou hodnotou $h_1 (\text{kh.K})$, což je součinitel „hodinostupňů“ referenčního otopného období.

Spotřeba tepelné energie pro vytápění prostupem za otopné období pro jednotlivé části vytápěné zóny i celé vytápěné zóny a celého objektu je zřejmá z přílohy č. 3.

b) Spotřeba tepelné energie větráním E_{vv} (kWh) za otopné období za referenčních podmínek

Stanovuje se za předpokladu nepřetržitého vytápění a intenzity výměny vzduchu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Vzduchový objem vytápěné zóny uvažovaný pro výpočet činí $0,8 V$ (80% objemu vytápěné zóny).

Pro další výpočty musíme nejprve stanovit objemy $V (\text{m}^3)$ jednotlivých vytápěných zón, přičemž objem zahrnuje všechny konstrukce tvořící hranici zóny kromě lodžii, atik a říms. Objemy jsou vypočteny v příloze č. 2.

U jednotlivých vytápěných zón se stanoví

referenční spotřeba tepelné energie větráním dle vztahu

$$E_{vv} = h_2 \cdot V \quad (\text{kWh})$$

kde h_2 bylo stanoveno na začátku této kapitoly.

Výpočet je uveden v příloze č. 4.

c) Tepelné zisky

Při referenčním výpočtu se berou v úvahu pouze tehdy, když je v budově instalována automatická dynamická regulace vytápěcího zařízení, **což v našem případě není.**

Naopak, při přepočtu na skutečné podmínky v další kapitole, budeme tepelné zisky z vnitřních zdrojů brát v úvahu, neboť jejich hodnota je pro posouzení skutečného provozu významná a nelze ji pominout, bez ohledu na to, zda je v provozu automatická regulace. Výpočet tepelných zisků je zřejmý z přílohy č. 4.

Poznámka.

Při zjišťování referenčních hodnot se tepelné zisky počítají zjednodušeně:

- **referenční tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla E_{vz} (kWh)**

$$E_{vz} = 6 \cdot V$$

- **referenční tepelné zisky ze slunečního záření E_{zs} (kWh)**

$$E_{zs} = 3 \cdot V$$

d) Spotřeba tepelné energie za otopné období za referenčních podmínek

Počítá se dle vztahu

$$E_r = E_{vp} + E_{vv} - 0,9 (E_{vz} + E_{zs}) ,$$

přičemž hodnota 0,9 uvedená ve vyhlášce představuje využitelnost zisků. V našem případě se vzorec, vzhledem k nezapočítání zisků, zjednoduší:

$$E_r = E_{vp} + E_{vv}$$

2.5.1.1 Přepočet toků tepelné energie stanovených za referenčních podmínek na skutečné podmínky**a) otopné období**

Abychom mohli v dalších kapitolách lépe objekt hodnotit, přepočítejme referenční výpočet na skutečné podmínky objektu.

Kritéria vyhl. 291/2001 Sb., platná v našem případě pro *referenční budovu*, jsou následující:

- převažující výpočtová vnitřní teplota v budově I. $t_i = 20^\circ\text{C}$ resp. $16,5^\circ\text{C}$ pro budovu II.,
- průměrná teplota v otopném období $t_{es} = 3,8^\circ\text{C}$,
- počet denostupňů $D_r = 3920$ pro budovu I. resp. 3073 pro budovu II.
- předpokládaný počet dnů otopného období $d = 242$,
- dvacetičtyřhodinový provoz po celé otopné období.

Skutečné hodnoty délky otopného období a střední venkovní teploty jsou od hodnot pro referenční výpočet odlišné:

Město Žamberk má podle ČSN 383350 průměrnou teplotu v otopném období $3,6^\circ\text{C}$ při počtu dnů v otopném období 251.

Skutečný počet denostupňů je tedy

$$\begin{aligned} D &= 251 \cdot (20 - 3,6) = 4116 \quad \text{pro budovu I.} \\ \text{resp.} \quad D &= 251 \cdot (16,5 - 3,6) = 3238 \quad \text{pro budovu II.} \end{aligned}$$

Budova I. není vytápěna nepřetržitě, ale dle předpokladů uvedených v kap.2.1.3. V pracovních dnech pracuje vytápění 16 h s tlumeným provozem a v ostatních dnech celých

24 hodin s tlumeným provozem. U vícedenních přestávek (prázdniny a svátky = 28 dnů) budeme předpokládat snížení vnitřní teploty v době tlumeného provozu o 12 °C, o sobotách a nedělích o 8 °C a v týdnu o 4 °C.

U budovy II., která má menší tepelnou setrvačnost a je v provozu i o sobotách a prázdninách, předpokládáme snížení vnitřní teploty v době tlumeného provozu o 6 °C.

Skutečná spotřeba energie na ztráty prostupem a na přirozené větrání za předpokladu snížení vnitřní teploty v době tlumeného provozu se přepočítá z referenční spotřeby energie

$E_v = E_{vp} + E_{vv}$ podle vztahu

$$E_{vo} = y \cdot E_{vp} + y E_{vv} = y \cdot E_v = E_{vpo} + E_{vvo} ,$$

Hodnota součinitele skutečného provozu y je součinem

- podílu skutečných a referenčních denostupňů,
- přepočítávacího koeficientu tlumeného provozu (ϵ).

Číselné hodnoty jsou zřejmé z následujících vztahů.

Pro budovu I.

$$E_{vo} = \frac{4116}{3920} \cdot \left\{ \frac{159}{251} \left[\frac{8}{24} + \left(\frac{16}{24} \cdot \frac{12,4}{16,4} \right) \right] + \frac{64}{251} \cdot \frac{8,4}{16,4} + \frac{28}{251} \cdot \frac{4,4}{16,4} \right\} \cdot E_v = 1,05 \cdot 0,689 \cdot E_v = 0,72 \cdot E_v$$

Pro budovu II.

$$E_{vo} = \frac{3238}{3073} \cdot \left(0,44 + 0,56 \cdot \frac{6,9}{12,9} \right) \cdot E_v = 1,05 \cdot 0,74 \cdot E_v = 0,78 \cdot E_v$$

Výpočet upravené spotřeby tepelné energie E_{ro} je uveden v příloze č. 4.

Takto upravené hodnoty lze srovnávat s hodnotami energetických vstupů naměřených za skutečných podmínek.

b) letní období

Délka letního období je v našem případě 114 dnů. I v tomto období dochází k tepelnému toku prostupem hranicemi otopné zóny budovy. Není však potřeba aktivně vytápět.

2.5.2 Spotřeba teplé užitkové vody, teoretická a skutečná spotřeba energie na ohřev TUV

Podklady pro výpočet obsahuje ČSN 06 0320.

Za použití uvedené normy lze stanovit *potřebu TUV za časovou periodu pro mytí osob, mytí nádobí a úklid a teoretickou spotřebu energie potřebné k ohřevu*. Periodou je zpravidla jeden den (24 h), ale i jedna směna nebo jiný časový úsek, po kterém se průběh spotřeby TUV znovu opakuje. Obecně se potřeba TUV za periodu stanoví ze vztahu

$$V_p = \Sigma(n \cdot V_d \cdot p_d) \quad (\text{m}^3 / \text{perioda})$$

kde n je počet dávek pro konkrétní oblast spotřeby za periodu,

V_d - objem příslušné dávky (m^3),

p_d - součinitel prodloužení dávky v případě, že se jedná o umývání osob, jinak

$p_d=1$. Pro mytí osob ve špinavém provozu $p_d=1,5$, pro značně špinavý provoz

$p_d=2$.

V našem případě předpokládejme, že teplota studené vody je 10°C a teplota ohřáté vody 55°C . Předpokládaná denní spotřeba za plného provozu je zřejmá z tab. č.2.

Tab. č. 2. Předpokládaná denní spotřeba TUV.

Subjekt	Činnost	Dávka (dm^3) V_d	Počet dávek n	Potřeba TUV 55°C (dm^3)	Potřeba st. vody 10°C (dm^3)
Budova I.					
359 žáků	mytí rukou	2	0,1	72	108
20 zaměstnanců	mytí rukou	2	2	80	120
omyvatelná podlaha odhad: 50% z plochy čtyř podlaží = $0,5 \cdot 4.779 = 1558 \text{ m}^2$	mytí	20 na 100 m^2	15,6	312	468
provoz posilovny a sauny	sprcha	25	10	250	375
Celkem				714	1071
Budova II.					
12 zaměstnanců	mytí rukou	2	2	48	72
3 zaměstnanci	sprcha	25	1	75	112,5
3 zaměstnanci	mytí těla	10	1	30	45
omyvatelná podlaha odhad: 80% z plochy místností 1. a 2. podlaží = $0,3 \cdot 1756 =$ 527 m^2	mytí	20 na 100 m^2	5,27	105	157,5
provoz budovy II.	sprcha	25	50	1250	1875
	mytí těla	10	50	500	750
Celkem				2008	3012

Poznámky:

S výjimkou mytí nádobí se při výpočtu celkové potřeby (studené) vody používá koeficient 1,5, neboť skutečně používaná voda není 55°C teplá, nýbrž přibližně 40°C .

Otopné období

Budova I.

Teoretická spotřeba energie na ohřev TUV je

plného větrání (plné větrání přichází v úvahu při plném obsazení sálu 100 osobami) to představuje spotřebu tepla za otopné období (teplota v místnosti 15 °C, průměrná teplota za otopné období 3,6 °C)

$$E_v = c \cdot \Delta t \cdot \dot{V} = 1,2 \text{ kJ/m}^3 \text{ K} \cdot 11,4 \text{ K} \cdot 15000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,1 \cdot 2637 \text{ h} = 54 \text{ GJ.}$$

Podobně u sociálního zařízení a šaten, kde je objemový průtok při plném větrání 5 200 m³/h to představuje spotřebu tepla za otopné období (teplota v místnosti 22 °C, průměrná teplota za otopné období 3,6 °C)

$$E_v = c \cdot \Delta t \cdot \dot{V} = 1,2 \text{ kJ/m}^3 \text{ K} \cdot 18,4 \text{ K} \cdot 5200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,1 \cdot 2637 \text{ h} = 30 \text{ GJ.}$$

2.5.4 Osvětlovací soustava

Z hlediska osvětlenosti je osvětlení jednotlivých prostorů v budově v souladu s technickými normami.

V osvětlovací soustavě převládají zářivková tělesa, žárovková svítidla jsou na místech, kde je osvětlení využíváno pouze sporadicky. V tělocvičně je 30 výbojek po 275 W. Příkony zářivkového osvětlení jsou uvedeny v následující tab. č.3.

Tab. č. 3. Příkony zářivkového osvětlení školního provozu

Budova	Tělesa	Zářivkové trubice		
	Počet	Počet	Výkon (W)	Celkem (kW)
I.	12	17	18	0,306
	2	3	36	0,108
	118	205	40	8,240
	28	41	60	2,460
	18	36	80	2,880
				13,954
II.	79	117	40	4,680
	16	19	58	1,102
	20	40	60	2,460
	3	9	80	0,720
				8,902
Celkem	296			22,856

Zářivky v budově I. a II. nejsou opatřeny elektronickými předřadníky.

2.5.5 Provozní zařízení

Škola nemá provozní zařízení s významným elektrickým příkonem, kde by bylo možno zpětně získávat teplo.

Sestavme nyní souhrnnou tabulku roční energetické bilance pro celý objekt dle vyhl. 213/2001 Sb. a vycházejme při tom z průměrných hodnot za poslední tři roky (v.t. příl. č.1):

Tab. č.5. Roční energetická bilance (číslování řádků dle příl.č. 4 vyhlášky 213/2001 Sb.).

Ř.	Ukazatel	GJ/rok	Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	2370,1	635 614,05
2	Změna zásob paliv		
3	Spotřeba paliv a energie – ZP - elektřina	2123,3 246,7	420 954,51 214 659,54
4	Prodej energie cizím odběratelům		
5	Konečná spotřeba paliv a energie v objektu (ř.3-ř.4) - ZP - elektřina	2123,3 246,7	420 954,51 214 659,54
6	Ztráta ve vlastních zdrojích a rozvodech (z ř.5) - komínová ztráta - 5 % z energetické hodnoty ZP - ztráta rozvodech – 2 % z energetické hodnoty ZP pro budovu II.	105,5 21,1	20 915,37 4 183,08
7	Spotřeba energie na vytápění a TUV (z ř.5) ¹⁾	2036,7	430 580,99
8	Spotřeba energie na technologie a ostatní procesy (z ř.5) ²⁾	206,8	179 934,61

Poznámky: 1) Prostup tepla hranicemi vytápěných zón budov v otopném období 1861,4 GJ + přirozené větrání v otopném období 745,2 GJ + nucené větrání v otopném období 84,0 GJ + energie potřebná k celoroční přípravě TUV 126,0 GJ – tepelné zisky v otopném období 779,9 GJ.

2) Elektrické spotřebiče s výjimkou zásobníků TUV

3.2 Základní technické ukazatele vlastního energetického zdroje

Jak již bylo uvedeno, vlastním energetickým zdrojem výroby tepla je teplovodní domovní kotelna na zemní plyn, která dodává teplo pro vytápění, pro ohřev vzduchu v ohřivačích vzduchotechnického zařízení budovy II. a pro ohřev TUV budovy II.

Kromě toho jsou instalovány i lokální elektrické spotřebiče – zásobníky teplé užitkové vody.

Pro popis energetického zdroje použijme tabulku, kterou předepisuje vyhláška – viz následující tabulku č.6. Tato tabulka navazuje na tab. č.1 a přílohu č. 4.

Tab. č.6. Základní energetické ukazatele vlastního energetického zdroje (dle příl.č. 5 vyhlášky č. 213/2001 Sb.).

Název ukazatele	Podklad: tab. č.1	Vypočtená hodnota
Roční energetická účinnost zdroje	$(\dot{r}.5 \times 3,6 + \dot{r}.9) : \dot{r}.12$	0,95
Roční energetická účinnost výroby el. energie	$\dot{r}.5 \times 3,6 : \dot{r}.8$	
Roční energetická účinnost výroby tepla	$\dot{r}.9 : \dot{r}.11$	0,95
Specifická spotřeba tepla v palivu na výrobu elektřiny	$\dot{r}.8 : \dot{r}.5$	
Specifická spotřeba tepla v palivu na výrobu dodávkového tepla	$\dot{r}.11 : \dot{r}.9$	1,05 GJ/GJ
Roční využití instalovaného elektrického výkonu	$\dot{r}.5 : \dot{r}.1$	
Roční využití dosažitelného elektrického výkonu	$\dot{r}.5 : \dot{r}.3$	
Roční využití pohotového elektrického výkonu	$\dot{r}.5 : \dot{r}.4$	
Roční využití instalovaného tepelného výkonu	$(\dot{r}.9 : 3,6) : \dot{r}.2$	849,2 h

Vypočteme nyní orientačně potřebný výkon zdroje na základě doposud vypočítaných údajů. Pro tento výpočet budeme vycházet pouze ze spotřeby energie na vytápění a veškeré větrání, neboť ohřev TUV nezvyšuje přípojnou hodnotu.

Z rovnice dále uvedené vypočítáme maximální příkon \dot{Q}_{\max}^{TEP} .

$$E = \varepsilon \cdot \dot{Q}_{\max}^{TEP} \cdot 24 \cdot d \cdot \frac{t_i - t_{es}}{t_i - t_e}$$

kde t_i je průměrná teplota vnitřního vzduchu v budově (°C) – pro tento výpočet lze zjednodušeně předpokládat 20 °C,

t_{es} - průměrná venkovní teplota za otopné období (3,6 °C),

t_e - výpočtová venkovní teplota (-15 °C),

d - počet dnů otopného období (251),

ε - součinitel tlumeného provozu viz kap. 2.5.1.1 – průměr 0,71

E - teoretická spotřeba tepla na vytápění a veškeré větrání (1910,7 : 3,6 MWh) – příloha č. 4.

Po dosazení vychází maximální příkon pro tepelné spotřebiče resp. maximální potřebný výkon zdroje takto:

$$\dot{Q}_{\max}^{TEP} = 0,265 \text{ MW} = 265 \text{ kW}$$

Z výpočtu vyplývá, že stávající zdroj tepla budovy je předimenzovaný.

3.3 Analýza stavu rozvodů energie, měření a regulace

a) Rozvody tepelné energie

Shrňme nejprve stručně požadavky vyhlášky č. 151/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie.

Z hlediska tepelných ztrát se musí zvažovat **tloušťka tepelné izolace**. Tepelná izolace potrubí má smysl pouze tehdy, pokud potrubí neprochází vytápěným prostorem, kde prokazatelně předává teplo do pracovní oblasti. V těchto případech lze např. podle níže uvedené tabulky vypočítat jaký tepelný přínos pro vytápěný prostor **neizolované potrubí** má.

Při zohledňování tepelných zisků pro vytápěné prostory se berou v úvahu pouze trubky, kde je teplota vody v rozvodu rovna nebo vyšší než $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a u přípojných potrubí k otopnému tělesu pouze potrubí delší než 2 metry.

Tab. č.7. Tepelný výkon neizolovaného potrubí.

Potrubí DN	Rozvod													
	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H
	Teplota teplotonosné látky (°C)													
	90		85		80		75		70		65		60	
	Tepelný výkon neizolovaného potrubí (W/m)													
10	45	35	40	30	35	30	30	25	30	25	35	20	20	15
15	60	45	50	40	45	35	40	30	35	30	30	25	30	20
20	70	55	65	50	60	45	50	40	45	35	40	30	35	25
25	90	70	80	60	70	55	65	50	55	45	50	40	40	30
32	110	85	100	75	90	70	80	60	70	55	60	50	55	40
40	125	95	115	85	100	80	90	70	80	60	70	55	60	50
50	150	115	140	105	120	90	110	85	100	75	85	65	75	55

V: Vertikální rozvod H: Horizontální rozvod

V ostatních případech, pokud potrubím prochází teplotonosná látka o teplotě vyšší než $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, se musí použít tepelná izolace.

Vnější povrch izolovaného potrubí musí být odolný vůči vnějšímu prostředí (v našem případě jde o atmosférickou vlhkost). Zvlhnutí tepelné izolace značně zhoršuje její tepelné izolační vlastnosti. Pro tepelné izolace vnitřních rozvodů se používá materiál se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,040\text{ W/m K}$. Pokud se použije nižší hodnota λ , pak se tloušťka tepelné izolace stanoví výpočtem tak, aby součinitel prostupu tepla vztažený na jednotku délky potrubí $k \leq 0,35\text{ W/m K}$.

Tepelná izolace u vnitřních rozvodů s teplotonosnou látkou do $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ nesmí mít povrchovou teplotu vyšší než o 20 K vzhledem k teplotě okolí. Předepsány jsou tloušťky tepelné izolace: u do DN 20 se volí $\geq 20\text{ mm}$, u DN 20 až DN 35 se volí $\geq 30\text{ mm}$, u DN 40 až DN 100 se volí $\geq \text{DN}$, nad DN 100 se volí $\geq 100\text{ mm}$.

Tepelnou izolaci je nutno opatřit i **zásobníky teplé užitkové vody a expanzní nádoby** – nařizuje se tloušťka izolace 100 mm a tepelná vodivost $\lambda \leq 0,045\text{ W/m K}$. U akumulčních nádob uvnitř objektů se požaduje stejná tloušťka izolace, ale hodnota $\lambda \leq 0,040\text{ W/m K}$, u venkovních akumulčních nádob je vhodné při určení tloušťky tepelné izolace vzít v úvahu i ekonomická kritéria.

Srovnáme-li stav izolací v objektu s předchozími požadavky lze konstatovat, že stav tepelných izolací je vyhovující, neboť rozvody otopné vody jsou ve většině vedeny suterénem budovy I., který je vytápěn nebo suterénem budovy II., který je v podstatě podzemní místností, jejíž strop tvoří podlahu vytápěného podlaží.

Izolace potrubí otopné soustavy jsou provedeny v souladu s požadavky platnými v době, kdy bylo vytápění instalováno. Armatury a příruby izolovány nejsou.

Elektrické zásobníkové ohřivače TUV jsou izolovány vyhovujícím způsobem již při výrobě zásobníku.

Přívodní potrubí teplého vzduchu vzduchotechnického zařízení budovy II. (suterén budovy) izolováno není, právě tak není izolováno potrubí cirkulačního vzduchu.

b) Rozvody elektrické energie

Z hlediska distribuce elektřiny přicházejí v úvahu především

- 1) Jouleovy ztráty vedení,
- 2) Jouleovy ztráty spojů (přechodových odporů) a Jouleovy ztráty jisticích prvků.

Rozvody elektrické energie jsou kontrolovány pravidelnou revizí. Po prohlídce rozvaděčů lze předpokládat, že ztráty Joulovým teplem jsou v limitu, rozvaděče jsou dobře udržovány.

c) Měření a regulace

Měření, jak již bylo uvedeno, spočívá pouze v měření zemního plynu a elektrické energie na vstupu do budovy.

Regulace teploty vzduchu v prostorech vytápěných otopnými tělesy neexistuje. Zdroj tepla a tím i teplota výstupní vody ze zdroje tepla je řízena ekvitermním regulátorem s týdenním programem. Vzduchotechnické zařízení budovy II. pracuje pouze s ruční obsluhou. Stav regulace je tedy nedostatečný.

3.4 Analýza stavu budovy z hlediska energetické potřeby

Budova je výrazným činitelem energetické spotřeby – prostup tepla hranicemi otopné zóny jednotlivých částí činí většinu celkové roční spotřeby energie – viz tab. č. 4. Jako srovnávací kritérium použijeme v souladu s vyhláškou č. 291/2001 Sb. měrnou spotřebu tepla.

Měrná spotřeba tepelné energie za otopné období .

Důležitou hodnotou pro posuzování budovy je především její **geometrická charakteristika A/V** , která se stanoví na základě

- celkové plochy A (m^2), kterou tvoří součet ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících vytápěnou zónu,
- objemu budovy V (m^3) stanoveného jako objem vytápěné zóny, přičemž objem zahrnuje všechny konstrukce tvořící hranici budovy kromě lodžii, atik a říms.

Měrná spotřeba tepla e_v za rok se vypočítá ze vztahu

$$e_v = \frac{E_r}{V} \quad (\text{kWh}/m^3 \text{ rok})$$

kde E_r je referenční spotřeba tepelné energie za otopné období (kWh).

V tab. č.8 jsou uvedeny maximální měrné spotřeby tepla e_{vN} za kalendářní rok.

V tabulce jsou rovněž uvedeny hodnoty e_{vA} ($\text{kWh}/m^2 \text{ rok}$), což jsou maximální hodnoty spotřeby tepelné energie, vztažené na m^2 plochy vytápěných místností za rok a jsou stanoveny pro světlou výšku podlaží $\leq 2,6$ m. Tyto hodnoty tedy v našem případě nejsou směrodatné.

Tab. č.8. Maximální hodnoty měrné spotřeby tepelné energie při vytápění budov za kalendářní rok (vyhl. č. 291/2001 Sb.)

Geometrická charakteristika A/V (m^{-1})	e_{VN} (kWh/ m^3 rok)	e_{VA} (kWh/ m^2 rok)
0,2	25,8	80,6
0,3	28,4	88,8
0,4	31,0	96,9
0,5	33,6	105,0
0,6	36,2	113,1
0,7	38,9	121,6
0,8	41,5	129,7
0,9	44,0	137,5
1,0	46,7	145,9

V našem případě je hodnota A/V i hodnota e_V vypočítána v příloze č. 4.

Tab. č. 9. Předepsané hodnoty součinitele prostupu tepla – výběr z ČSN 73 0540-2.

Popis konstrukce	Typ konstrukce	Požadované hodnoty U resp. k (W/ m^2 K)	Doporučené hodnoty U resp. k (W/ m^2 K)
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45 ° C včetně Podlaha nad venkovním prostorem		0,24	0,16
Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace Podlaha a stěna s vytápěním		0,30	0,20
Stěna venkovní	lehká	0,30	0,20
Střecha strmá se sklonem nad 45 ° C	těžká	0,38	0,25
Podlaha a stěna přilehlá k zemině Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40
Stěna mezi sousedními budovami		1,05	0,70
Okno a jiná výplň otvoru z vytápěného prostoru - nová - upravená		1,70 2,0	1,20
Dveře, vrata a jiná výplň otvoru z částečně vytápěného nebo nevytápěného prostoru vytápěné budovy		3,5	2,3

Provedeme nyní hodnocení jednotlivých budov na základě přílohy č. 4.

Budova I.

$$\frac{A}{V} = 0,29$$

Po interpolaci vychází, že maximální hodnota e_{iN} v našem případě by měla být

$$e_{iN} = 28,1 \text{ kWh/m}^3 \text{ rok}$$

Skutečnost:

$$e_v = \frac{E_r}{V} = 36,49 > 28,1 \text{ kWh/m}^3 \text{ rok},$$

což nevyhovuje požadavkům uvedeným ve vyhlášce.

Budovu nutno charakterizovat **jako nevyhovující požadavkům vyhlášky č. 291/2001 Sb.**

Budova II.

$$\frac{A}{V} = 0,37$$

Po interpolaci vychází, že maximální hodnota e_{iN} v našem případě by měla být

$$e_{iN} = 30,2 \text{ kWh/m}^3 \text{ rok}$$

Skutečnost:

$$e_v = \frac{E_r}{V} = 48,55 > 30,2 \text{ kWh/m}^3 \text{ rok},$$

což nevyhovuje požadavkům uvedeným ve vyhlášce.

Budovu nutno charakterizovat **jako nevyhovující požadavkům vyhlášky č. 291/2001 Sb.**

Tyto výsledky odpovídají předchozím zjištěním a výpočtům. Porovnáme-li např. **součinitele prostupu tepla U** jednotlivých stavebních konstrukcí a výplní otvorů z přílohy č. 3 s hodnotami požadovanými v současné době dle ČSN 73 0542-2 (viz tab. č.9), zjistíme, že jejich hodnota je **prakticky ve všech položkách vyšší** než současné požadované hodnoty. Výjimku tvoří pouze nově instalovaná okna v budově II.

Na druhé straně tento výsledek např. u budovy II. **odpovídá ČSN 73 0540 platné v době výstavby** a není tedy vinou majitele nebo provozovatele, že budova podle současných kritérií vychází nevyhovující. Historická budova I. má obvodový plášť odpovídající požadavkům v době své výstavby, s výjimkou oken, která byla v 2. polovině minulého století necitlivě vyměněna za zdvojená, což nevyhovuje ani z architektonického či památkového hlediska, ale ani z hlediska tepelného.

Zásah do některých stavebních konstrukcí budov bude tedy postupně nutný.

Budova I.

Jedná se o historickou budovu. Pokud dojde v budoucnosti ke konstrukčním úpravám, půjde zřejmě pouze o výměnu oken, ať již z hlediska nutné údržby nebo z hlediska vzhledového. Bude se jednat o okna s izolačním dvojsklem o min. hodnotě max. $U = 1,7 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$.

Budova II.

Docílení v současnosti požadovaných tepelně technických vlastností vnějších konstrukcí by znamenalo úpravu všech konstrukcí, především:

- tepelnou izolaci fasády min. 100 mm minerální vlny z vnější strany,
- úpravu ploché střechy dodatečnou vrstvou izolace z minerální vlny v tloušťce 150 mm.

Náklady na takovéto komplexní zateplení budou zřejmě pro investora jednorázově neúnosné. Proto je v dalším textu navržen postup pro nejbližší období, jehož ekonomická návratnost je vyhovující.

3.5. Analýza spotřeby ostatních spotřebičů energie

a) elektrické spotřebiče

V budoucnu při obměnách provozního zařízení je zapotřebí sledovat energetickou náročnost nakupovaných prvků. Elektrická energie sloužící k pohonu těchto prvků a elektrická energie potřebná k osvětlení se prakticky zcela přemění na teplo, které je sice v otopném období tepelným ziskem, avšak draze zaplaceným ve formě elektrické energie. Lze tedy doporučit

- snižovat postupně příkon osvětlení, především u zářivkových svítidel použitím kvalitnějších předřadníků. Místo klasických žárovek, pokud jsou používány, použít kompaktních zářivek;
- u všech ostatních zařízení posoudit před nákupem jejich energetickou náročnost, využít posouzení spotřebičů povinně vybavených štítkem. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 442/2004 Sb. stanoví způsob označování energetických spotřebičů tak, aby spotřebitel mohl kdykoliv posoudit jakou energetickou spotřebu spotřebič má a **s jakou účinností pracuje**. Vyhláška navazuje na právní předpisy Evropského společenství a jejím cílem je ovlivňovat výrobce a následně trh se spotřebiči tak, aby byla dávana přednost energeticky úspornějším spotřebičům. Štítky musí být opatřeny následující spotřebiče:
 - a) automatické pračky,
 - b) bubnové sušičky prádla,
 - c) pračky kombinované se sušičkou,
 - d) elektrické chladničky, mrazničky a jejich kombinace,
 - e) myčky nádobí,
 - f) elektrické trouby,
 - g) elektrické ohřívače vody,
 - h) zdroje světla,
 - i) předřadníky k zářivkám,
 - j) klimatizační jednotky.

b) plynové spotřebiče – teplovodní kotle pro ústřední vytápění

Kotle popisované v předchozích kapitolách jsou na velmi dobré úrovni odpovídající době jejich pořízení. Po skončení jejich životnosti tj. cca po následujících 5 až 8 letech, bude vhodné provést jejich výměnu za kotle kondenzační. Tím se docílí cca 10 % úspory, neboť kondenzační kotle využívají téměř celé spalné teplo spalín. Kotle mohou být pak dimenzovány na daleko menší výkon – viz kap. 3.2, navíc s ohledem na snížení spotřeby tepla, ke které jistě dojde po realizaci opatření dále popisovaných.

3.6 Dosažitelné energetické úspory

a) Obecná opatření – nákup elektrických spotřebičů.

Vybrané elektrické spotřebiče jsou štitkovány. Při jejich nákupu je zapotřebí vzít v úvahu energetickou náročnost (viz kap. 3.5). Žárovky o výkonu 100 W a větším by bylo vhodné postupně nahrazovat kompaktními zářivkami, za předpokladu, že se nepoužívají jen velmi krátkou dobu denně.

b) Výměna předřadníků zářivkových svítidel

V objektu je velké množství zářivkových svítidel s tlumivkou. Nabízí se možnost pro tyto zářivky použít elektronické předřadníky. Tyto předřadníky dokáží uspořit až 35 % energie potřebné pro provoz svítidla resp. úspora elektronického předřadníku oproti startéru s tlumivkou je 70 %. Cenu předřadníku lze uvažovat 400,- Kč. S montáží počítejme celkovou cenu předřadníku 500,- Kč.

c) Oprava střechy budovy II. včetně tepelné izolace střešní konstrukce

Jedná se v podstatě o 2 opatření.

- Zadavatel auditu již zahájil jednání směřující k opravě střechy tělocvičny. Původní součinitel $U = 2,19 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ je naprosto nevyhovující i z hlediska předpisů v době výstavby. Jeho změna na hodnotu v současnosti předepsanou tj. $U = 0,24 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ představuje roční úsporu prostupem tepla (viz příl. č. 3)

$$y \cdot (\text{rozdíl kWh}) : 1000.3,6 \text{ (GJ)} = 0,78 \cdot (89726-13348) : 1000.3,6 \text{ GJ} = 215 \text{ GJ.}$$

Rozpočet činí řádově 700 000,- Kč.

- Podobně lze opravit zbývající střechu budovy II. Původní součinitel $U = 0,83 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ je nevyhovující. Jeho změna na hodnotu v současnosti předepsanou tj. $U = 0,24 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ představuje roční úsporu prostupem tepla (viz příl. č. 3)

$$y \cdot (\text{rozdíl kWh}) : 1000.3,6 \text{ (GJ)} = 0,78 \cdot (6946+39503-2540-14445) : 1000.3,6 \text{ GJ} = 83 \text{ GJ.}$$

Rozpočet činí řádově 600 000,- Kč.

d) Výměna otopných těles a instalace termoregulačních ventilů v budově I. (alternativně spojená s celkovou rekonstrukcí otopné soustavy)

Budova I. je těžká budova s velkou akumulací tepla, která se chová odlišně než např. budova II., která je naopak vytvořena z lehkých konstrukcí. Za zmínku stojí i časově odlišný (kratší) provoz této budovy, která slouží především pro učebny.

Základní ekvitermní regulace s týdenním programem postihuje poměrně dobře provoz budovy, nemůže však zachytit reakce budovy na sluneční záření.

Část otopných těles v budově I. je v havarijním stavu. Po jejich výměně lze instalovat termoregulační ventily v počtu cca 84 ks, které budou mít předpokládaný efekt snížení

průměrné teploty v budově o 2 °C. Toto opatření je tedy závislé na termínu výměny těles v budově a je navíc povinné ze **zákona č. 406/2000 Sb., §6, odst. (7)**.

Při snížení průměrné teploty v budově o 2 °C, dojde ke snížení spotřeby tepla dané poměrem

$$\frac{20 - 3,6}{22 - 3,6} = 0,89 \text{ tj. o } 11 \%$$

Vydeme-li z hodnoty $E_{ro} = 903 \text{ GJ}$, pak roční úspora je cca 100 GJ tj. při ceně plynu 230,- Kč/GJ se jedná o úsporu 23 000 Kč/rok.

Cena kombiventilu tj. cena ventilu s **regulací diferenčního tlaku** určeného pro následnou montáž termostatické hlavice je řádově 900,- Kč včetně DPH, cena termostatické hlavice je řádově 250,- Kč včetně DPH. Celková cena sestavy je tedy cca 1 150,- Kč. Při 84 ks to znamená náklad 96 600,- Kč.

Za předpokladu, že musí dojít k výměně starých otopných těles, a že náklady na tuto výměnu nezapočítáváme, je návratnost velmi rychlá.

Při výměně otopných těles důrazně doporučujeme návrh **nízkoteplotních maloobjemových těles, která umožní lepší funkci budoucího kondenzačního plynového kotle i rychlou reakci na zásah termoregulačního ventilu.**

Alternativně může dojít k celkové rekonstrukci otopné soustavy. Pak by bylo vhodné rozdělit budovu na dvě zóny – severní a jižní, které by byly samostatně regulovány dle venkovní teploty vzduchu. Protože by nová soustava byla dobře nastavena z hlediska diferenčních tlaků, ceny sestavy termoregulační ventil + termostatická hlavice by vyšla nižší – cca 500,- Kč. Náklad na celkovou rekonstrukci soustavy by byl samozřejmě mnohem vyšší a přicházel by v úvahu při jejím celkovém havarijním stavu. Proto tuto alternativu doporučujeme jen v případě, kdy je stávající rozvod nepoužitelný.

e) Instalace termoregulačních ventilů v budově II. spojená se základní regulací vzduchotechniky a izolací vzduchotechnického potrubí.

Situace je obdobná jako u budovy I. s tím rozdílem, že otopných těles je 57 a byla již téměř všechna vyměněna za desková. Navíc bude zapotřebí provést základní regulaci vzduchotechnického zařízení.

Vydeme-li z hodnoty $E_{ro} = 924 \text{ GJ}$, pak roční úspora je opět cca 100 GJ tj. při ceně plynu 230,- Kč/GJ se jedná o úsporu 23 000 Kč/rok.

Cena kombiventilu tj. cena ventilu s regulací diferenčního tlaku určeného pro následnou montáž termostatické hlavice je řádově 900,- Kč včetně DPH, cena termostatické hlavice je řádově 250,- Kč včetně DPH. Celková cena sestavy je tedy cca 1 150,- Kč. Při 84 ks to znamená náklad 96 600,- Kč. Navíc nutno počítat s cenou termostatických čidel vzduchotechniky, regulátoru a servopohonů, kterou stanovme (včetně izolace přívodního a cirkulačního potrubí) na 30 000,- Kč tj. celkově 126 000,- Kč.

Mělo by dojít k výměně zbývajících starých otopných těles. Návratnost tohoto opatření je opět velmi rychlá.

Při instalaci regulačních ventilů důrazně doporučujeme fundovaný **návrh této regulace s dostatečnou autoritou ventilu**. Nesplnění této podmínky zabrání správné funkci a správné reakci na zásah termoregulačního ventilu.

f) Postupná výměna zdvojených oken v budově I. za okna s izolačním dvojsklem.

V tomto případě je nutno si uvědomit, že ekonomický efekt je malý:

Změna představuje rozdíl $\Delta U = 1,2 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ neboli
 $\Delta E = 1,2 \text{ W/(m}^2 \text{ K)} \cdot 16,4 \text{ K} \cdot 251 \text{ dnů} \cdot 24 \text{ h/den} \cdot 0,7 = 82\,987 \text{ Wh} = 0,3 \text{ GJ/ m}^2 \text{ rok}$
 tj. 69 Kč/ m² rok.

Při ceně výměny 5000 Kč/ m² to znamená, že ekonomické úvahy zde nemají význam, což samozřejmě neplatí, jsou-li okna **na konci své životnosti**.

4. NÁVRH OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Opatření lze rozdělit na

- Opatření bez investičních nákladů

Tato opatření vyplývají z kap. 3.6 a), b). Při nákupu elektrických spotřebičů včetně žárovek je potřeba se řídit zásadami v této kapitole uvedenými. Úspora elektrické energie nebude jednorázová, nýbrž postupná v souladu s pokračující výměnou zařízení, která skončila svou životností.

- Opatření investičního charakteru.

Tato opatření spočívají v regulaci otopné soustavy objektu a zlepšení tepelně technických vlastností střechy budovy II.

4.1 Varianty opatření ke snížení spotřeby energie

Variant A

Tato varianta spočívá ve výměně ocelových článkových těles za nízkoteplotní maloobjemová tělesa s následnou montáží kombiventilů s regulací diferenčního tlaku a termostatických hlav. Zahrnuje dále základní regulaci vzduchotechniky v budově II. a tepelné izolace přívodního a cirkulačního vzduchotechnického potrubí.

Při výpočtu investičních nákladů nepočítáme s cenou otopných těles, která jsou na konci své životnosti (ve smyslu § 7 odst. 3 vyhl. č. 213/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů). Pak podle kap. 3.5 d), e) lze počítat s roční úsporou **200 GJ tj. 46 000,- Kč ročně při investičních nákladech (po zaokrouhlení) 250 000,- Kč.**

Snížená spotřeba tepla znamená i snížení komínové ztráty a ztráty v rozvodech, které pro jednoduchost předpokládáme stejné a počítáme s reálnou hodnotou snížení spotřeby 200 GJ.

Variant B

Tato varianta předpokládá opravu celé střechy budovy II. a docílení předepsaných tepelně technických vlastností ploché střechy nad tělocvičnou i nad zbývajících částí budovy II.

Při výpočtu investičních nákladů počítáme pouze s 50 % nákladů uvedených v kap. 3.5 c), neboť střechu tělocvičny je nutno co nejdříve opravit a zbývajících část by v nejbližších 10 letech potřebovala rovněž údržbu (ve smyslu § 7 odst. 3 vyhl. č. 213/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů).

Pak lze počítat s roční úsporou cca **300 GJ tj. (při ceně plynu 230 Kč/GJ) 69 000,- Kč ročně při investičních nákladech cca 650 000,- Kč.**

Snížená spotřeba tepla znamená i snížení komínové ztráty a ztráty v rozvodech, které pro jednoduchost předpokládáme stejné a počítáme s reálnou hodnotou snížení spotřeby 300 GJ.

4.2 Upravené energetické bilance pro jednotlivé varianty

Srovnáme nyní tab. č. 5 s hodnotami po realizaci variant A a B. Připomeňme dále, že vycházíme z odhadované ceny zemního plynu a elektrické energie v době realizace projektu

- ZP 230,- Kč/GJ,
- elektrická energie 900,- Kč/GJ.

Tab. č.10. **Varianta A** - Upravená energetická bilance (číslování řádků dle příl.č. 6 vyhl. 213/2001 Sb.)

Řádek	Ukazatel	Před realizací varianty		Po realizaci varianty	
		GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	2370,1	710 389,00	2170,0	664 389,00
2	Změna zásob paliv				
3	Spotřeba paliv a energie				
	- ZP	2123,3	488 359,00	1983,3	442 359,00
	- elektřina	246,7	222 030,00	246,7	222 030,00
4	Prodej energie cizím odběratelům				
5	Konečná spotřeba paliv a energie v objektu (ř.3-ř.4)				
	- ZP	2123,3	488 359,00	1983,3	442 359,00
	- elektřina	246,7	222 030,00	246,7	222 030,00
6	Ztráta ve vlastních zdrojích a rozvodech (z ř.5)				
	- komínová ztráta - 5 % z energetické hodnoty ZP	105,5	24 265,00	105,5	24 265,00
	- ztráta rozvodech - 2 % z energetické hodnoty ZP pro budovu II.	21,1	4 853,00	21,1	4 853,00
7	Spotřeba energie na vytápění a TUV (z ř.5) ¹⁾	2036,7	495 151,00	1836,7	449 151,00
8	Spotřeba energie na technologie a ostatní procesy (z ř.5) ²⁾	206,8	186 120,00	206,8	186 120,00

Tab. č.11. **Varianta B** - Upravená energetická bilance (číslování řádků dle příl.č. 6 vyhl. 213/2001 Sb.)

Řádek	Ukazatel	Před realizací varianty		Po realizaci varianty	
		GJ/rok	Kč/rok	GJ/rok	Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	2370,1	710 389,00	2070,1	641 389,00
2	Změna zásob paliv				
3	Spotřeba paliv a energie				
	- ZP	2123,3	488 359,00	1823,3	419 359,00
	- elektřina	246,7	222 030,00	246,7	222 030,00
4	Prodej energie cizím odběratelům				
5	Konečná spotřeba paliv a energie v objektu (ř.3-ř.4)				
	- ZP	2123,3	488 359,00	1823,3	419 359,00
	- elektřina	246,7	222 030,00	246,7	222 030,00
6	Ztráta ve vlastních zdrojích a rozvodech (z ř.5)				
	- komínová ztráta - 5 % z energetické hodnoty ZP	105,5	24 265,00	105,5	24 265,00
	- ztráta rozvodech - 2 % z energetické hodnoty ZP pro budovu II.	21,1	4 853,00	21,1	4 853,00
7	Spotřeba energie na vytápění a TUV (z ř.5) ¹⁾	2036,7	495 151,00	1726,7	426 151,00
8	Spotřeba energie na technologie a ostatní procesy (z ř.5) ²⁾	206,8	186 120,00	206,8	186 120,00

4.3 Ekonomické vyhodnocení pro jednotlivé varianty

Každý investiční záměr vyžaduje ekonomické zhodnocení, při kterém musí být známy investiční náklady a v případě hospodaření energií i provozní úspory vzniklé menší spotřebou energie. Investuje-li se do energeticky úsporného opatření, měla by být tato investice, tak jako každá jiná, výhodná. Vyhláška č. 213/2001 Sb. uvádí některé způsoby výpočtu ekonomického zhodnocení. Jsou to:

- 1) Prostá doba návratnosti investice

$$T = \frac{IN}{CF} \quad (\text{roky})$$

kde IN - jsou investiční náklady projektu,
 CF - jsou roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků po realizaci projektu).

- 2) Reálná doba návratnosti T_d (v rocích), která bere v úvahu diskontní sazbu neboli očekávanou míru výnosnosti investice. Musí být splněna rovnice

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

kde r je očekávaná míra výnosnosti investic na trhu,
 t - parametr roků – nabývá hodnoty 1,2,3 T_d .

- 3) Čistá současná hodnota je hodnota NPV , kterou investor získá navíc po uhrazení investičních nákladů (tedy přínos k tržní hodnotě podniku)

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

kde T_z je doba životnosti projektu (roky).

Pokud vychází čistá současná hodnota záporná, je investiční záměr z hlediska ekonomického nevhodný.

- 4) Vnitřní výnosové procento IRR

Výpočet vnitřního výnosového procenta nemá u nekomerční organizace vypovídající hodnotu, i když je z přílohy č. 6 a č. 7 snadno odvoditelné.

Podrobme nyní ekonomickému hodnocení varianty opatření ke snížení spotřeby energie.

Varianta A

Výpočet ukazatelů ekonomického hodnocení je v příloze č. 6.

- 1) Prostá doba návratnosti investice

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{250000}{46000} = 5,4 \text{ roků}$$

- 2) Reálná doba návratnosti T_d (v rocích)

Volíme diskontní sazbu $r = 1,5 \%$ (pro veřejnou správu). Po dosazení do rovnice

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

vychází $T_d = 6$ roků

- 3), 4) Čistá současná hodnota NPV při době životnosti 10 let činí přibližně 174 tis.,- Kč, což vyhovuje. $IRR = 13 \%$.

Varianta B

Výpočet ukazatelů ekonomického hodnocení je v příloze č. 7.

- 1) Prostá doba návratnosti investice

$$T = \frac{IN}{CF} = \frac{650000}{69000} = 9,4 \text{ roků}$$

- 2) Reálná doba návratnosti T_d (v rocích)

Volíme diskontní sazbu $r = 1,5 \%$ (pro veřejnou správu). Po dosazení do rovnice

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

vychází $T_d = 11$ roků

- 3) Čistá současná hodnota NPV při době životnosti 20 let činí přibližně 535 tis.,- Kč, což vyhovuje.

4.4 Vyhodnocení pro jednotlivé varianty z hlediska ochrany životního prostředí

Variantu A a variantu B nyní vyhodnotíme z hlediska ochrany životního prostředí. Toto hodnocení spočívá v následujících výpočtech.

- 1) Výpočet úspory emisí CO_2 ze spalování fosilních paliv

Následující tabulka uvádí emisní faktory oxidu uhličitého. Umožňuje tak přepočít energetických úspor na snížení emisí CO_2 . Nejvyšší emisní faktor je uveden u elektřiny, neboť se předpokládá velký podíl fosilních paliv při výrobě elektřiny s relativně malou účinností elektráren.

Tab. č.13 Emisní faktory CO₂

<i>Primární energie</i>	<i>Emisní faktor CO₂</i>	<i>Přepočet na (t/GJ)</i>
Hnědé uhlí	0,36 t/MWh výhřevnosti paliva	0,1
Černé uhlí	0,33 t/MWh výhřevnosti paliva	0,092
TTO	0,27 t/MWh výhřevnosti paliva	0,075
LTO	0,26 t/MWh výhřevnosti paliva	0,072
Zemní plyn	0,20 t/MWh výhřevnosti paliva	0,056
Biomasa	0,0 t/MWh výhřevnosti paliva	0
Elektřina	1,17 t/MWh elektřiny	0,325

Emise CO₂ při spalování zemního plynu zjistíme vynásobením:

- úspory spotřeby tepla v palivu
- emisního faktoru (0,20 t/MWh) a
- hodnoty (1 – nedopal). Pro zemní plyn je nedopal 0,005.

2) Snížení ostatních emisí

Na základě přílohy č. 5 k NV č. 352/2002 Sb. lze vypočítat snížení emisí.

Pro palivoenergetický průmysl jde o emise tuhých látek, SO₂, NO_x, CO, C_xH_y.

Hodnoty dále uvedené jsou v kg /10⁶ m³ spáleného plynu.

Tuhé látky	20
SO ₂	zanedbatelné
NO _x	1600
CO	320
C _x H _y	64

Celkové vyhodnocení snížení emisí obou variant udává příloha č. 8 a 9.

5. ZÁVĚREČNÝ POSUDEK ENERGETICKÉHO AUDITORA

Závěrečný posudek byl projednán s vedením Gymnázia Žamberk dne 28.4.2006.

5.1 Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství

Úroveň energetického hospodářství jako celku je v současné době nevyhovující. Teplovodní zdroj tepla na zemní plyn a na něj napojená otopná soustava jsou regulovány **pouze ekvitermně** – regulována je teplota výstupní vody ze zdroje tepla. Podobně není nijak regulováno teplovzdušné vytápění a větrání v budově II.

Zdroj tepla samotný pracuje s odpovídající účinností, jednotkami zdroje tepla jsou moderní kotle na zemní plyn. Po jejich výměně bude vhodné **přejít na kondenzační provoz**.

Hlavní rozvody nejsou, až na krátký podzemní kanál, vedeny mimo budovy, takže stávající izolace je vyhovující – tepelné ztráty jsou využity v suterénních provozech obou budov.

Z hlediska tepelné ochrany budova I. ani budova II. nevyhovuje. Z toho vyplývá nutné postupné zlepšování tepelně technických vlastností jednotlivých prvků tepelné ochrany budov tak, jak je popsáno v předchozích kapitolách.

Provozovatelé budovy musí postupně **zlepšovat účinnost užití energie u elektrických spotřebičů** náhradou starých startérů zářivek moderními předřadníky a nákupem kompaktních zářivek tak, jak je popsáno v předchozích kapitolách.

5.2 Návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu

Majitel (provozovatel) objektu by měl v každém případě vzít v úvahu opatření popisovaná v kap. 3.6 a) a b), která jsou ekonomicky nenáročná.

Popišme dále obě řešené varianty zbývajících opatření:

Varianta A je snadno realizovatelná a má i *velmi příznivé důsledky na životní prostředí*. Je navíc *ekonomicky zdůvodnitelná*. Velká část otopných těles je na konci své životnosti a při jejich výměně a rekonstrukci přípojek lze dobře vyregulovat otopnou soustavu a zároveň umožnit termostatickou regulaci v jednotlivých místnostech a tím rychleji reagovat na tepelné zisky, především ze slunečního záření.

Podobně je i snadno realizovatelná základní regulace teploty dodávaného vzduchu do tělocvičny a sociálního zařízení budovy II. ve spojení s termostaty.

Takováto rekonstrukce otopné soustavy znamená zvýšení účinnosti distribuce tepla, lepší využití tepelných zisků a snížení přetápění.

Varianta B je rovněž realizovatelná a má příznivé výsledky z hlediska životního prostředí. Problémem je pouze delší návratnost investice i větší investiční náročnost, tak jak je to u výměny stavebních konstrukčních prvků obvyklé. V případě, že k výměnám konstrukčních prvků budov dochází v rámci nutných oprav po skončení životnosti příslušné části konstrukce, vychází hodnota *IN* nižší a opatření stává ekonomicky výhodnějším.

Doporučené zlepšení tepelné izolační vrstvy obou částí střechy budovy II. lze bez problému provést na etapy.

Jako optimální variantu doporučujeme variantu A, která bude mít velmi příznivý dopad na spotřebu tepelné energie v budově I. i v budově II. a má kratší dobu návratnosti. To nevylučuje souběžnou etapovitou realizaci varianty B.

5.3 Doporučení energetického auditora k realizaci navrženého energeticky úsporného projektu

Projektant rekonstrukce otopné soustavy tj. výměny těles, regulace soustavy a instalace termoregulačních ventilů, by měl velmi pečlivě navrhnout tyto ventily, **aby měly odpovídající autoritu**. Současné rozvody s relativně malými tlakovými spády jsou výhodné pro docílení vysoké autority regulačních ventilů. Jakékoliv mechanická aplikace termoregulačních ventilů bez důkladného výpočtu má za následek, že sebedražší regulátory nebo dokonce počítačem řízená regulace teploty v jednotlivých místnostech je neúčinná. Nejvhodnější jsou **kombiventily s regulací diferenčního tlaku**.

Při rekonstrukci otopné soustavy je nutno předpokládat budoucí instalaci kondenzačních kotlů a napojenou soustavu řešit jako nízkoteplotní tj. nová otopná tělesa navrhovat jako nízkoteplotní.

5.4 Posouzení využití obnovitelných zdrojů energie včetně ekonomického hodnocení

Obecně lze využít slunečního tepla k předehřevu TUV teplonosnou látkou ze slunečních kolektorů. Z hlediska životního prostředí je taková investice doporučitelná, proti této investici hovoří skutečnost, že v době největších solárních zisků škola ani tělocvična nejsou v provozu a projekt by musel řešit chlazení kolektorové plochy. Největší spotřeba tepelné energie pro ohřev TUV je u budovy II., kde je také centrální rozvod TUV a kde je i plochá střecha vhodná k umístění slunečních kolektorů.

Z kap. 2.5.2 vyplývá, že teoretická denní spotřeba TUV u budovy II. je 2008 kg TUV. K ohřátí tohoto objemu je zapotřebí energie

$$2008 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg K} \cdot 45 \text{ K} = 379\,512 \text{ kJ} = 105,4 \text{ kWh}.$$

Tuto hodnotu lze získat za průměrného slunečního záření v měsíci květnu (5 kWh/m^2 krát 60 % účinnosti) z 35 m^2 kolektorů tj. např. z 30 kolektorů o ploše cca $1,22 \text{ m}^2$. Cena takovéto sestavy (trubicové kolektory, čerpadla, výměník, řídicí jednotka, expanzní nádrž, nemrznoucí kapalina, potrubí a příslušenství) je přibližně 850 tis. Kč. Ročně tak lze získat (nepočítáme-li měsíce červenec a srpen, kdy je škola mimo provoz) při průměrném denním zisku $1,5 \text{ kWh/m}^2$.

$$1,5 \text{ kWh/m}^2 \cdot 35 \text{ m}^2 \cdot 310 \text{ dnů} = 16275 \text{ kWh} = 16,3 \text{ MWh} = 58,7 \text{ GJ/rok} \approx 60 \text{ GJ/rok}$$

Roční přínos při ceně 230 Kč/GJ je 13 800,- Kč/rok.

Závěr: Investice na solární zdroj při jeho nevyužití v nejvýhodnějších letních měsících není ekonomická. Při započítání plného přínosu 13800,- Kč/rok je prostá návratnost neúnosná a investice je řešitelná pouze se zvláštní dotací.

5.5 Evidenční list energetického auditu

Evidenční list je uveden jako zvláštní příloha č. 11.

Základní údaje o jednotlivých energetických vstupech v jednotlivých obdobích. EA Gymnázium Žamberk
(příl. č. 2 vyhl. 213/2001 Sb.)

Dvanácti- měsíční období	Energie	Jednotka	Množství	Přepočet na GJ	GJ	Kč	Kč/GJ
2002-03	ZP	MWh	662,321	3,24	2145,9	411 726,30	191,86
	Elektřina budova I./1	MWh	14,218	3,6	51,2	40 747,60	796,09
	Elektřina budova I./2	MWh	19,478	3,6	70,1	61 555,60	877,85
	Elektřina budova II.	MWh	43,064	3,6	155,0	154 626,10	997,39
2003-04	ZP	MWh	686,361	3,24	2223,8	449 225,62	202,01
	Elektřina budova I./1	MWh	12,152	3,6	43,7	34 928,28	798,41
	Elektřina budova I./2	MWh	18,175	3,6	65,4	55 832,96	853,32
	Elektřina budova II.	MWh	43,650	3,6	157,1	152 764,47	972,16
2004-05	ZP	MWh	617,382	3,24	2000,3	401 911,61	200,92
	Elektřina budova I./1	MWh	13,152	3,6	47,3	35 888,55	757,99
	Elektřina budova I./2	MWh	19,002	3,6	68,4	56 687,39	828,68
	Elektřina budova II.	MWh	40,620	3,6	146,2	140 564,36	961,24
Průměrná hodnota za 12 měs.	ZP	MWh	655,355		2123,3	420 954,51	198,25
	Elektřina budova I.	MWh	16,030		57,7	47 606,73	824,98
	Elektřina budova II.	MWh	42,445		152,8	149 318,31	977,21
	Elektřina byt	MWh	10,056	3,6	36,2	17 734,50	489,88
	Elektřina budova II. vč. bytu	MWh	52,501		189,0	167 052,81	883,87
	Elektřina celkem	MWh	68,530		246,7	214 659,54	870,09
Energie celkem - průměrná hodnota					2370,1	635 614,05	

Vytápěné prostory - ochlazovane plochy. EA Gymnázium Žamberk.

Budova I.

Podlaha 1.PP										
l (m)	š nebo v (m)	počet	A m^2	$\frac{\lambda}{Wm^{-1}K^{-1}}$	d (m)	$\frac{\lambda}{Wm^{-1}K^{-1}}$	d (m)	$\frac{\lambda}{Wm^{-1}K^{-1}}$	d (m)	U (k) $Wm^{-2}K^{-1}$
39	20,7		779,2	bet.maz. 1,23	0,1	izol. násyp (škvára) 0,27	0,1	šterk 0,58	0,15	
Plášť podzemní										
				zdívo z plných cihel 0,88	1,35					
dvůr	42,8	3,3	141,2	dtto	1,05					
3 ostatní stěny	81,2	2,0	162,4							
Plášť nadzemní										
vestavba dvůr	19	14,0	266		0,6					
stěny pův. budova dvůr	23,8	14,0	333,2		0,75					
3 stěny pův. budova (sut.)	81,2	1,8	146,16		1,05					
3 stěny p. b. (1.až3.NP)	81,2	13,5	1096,2		0,75					
Otvory 1.PP pův. budova										2,4
okno dřevěné zdvojené	1,2	1,2	20,2							2,4
okno dřevěné zdvojené	0,5	1,1	2,2							2,4
Otvory 1.NP pův. budova										2,4
okno dřevěné zdvoj. dvůr	1	1,5	1,5							2,35
okno dřevěné dvoj. dvůr	1,1	0,95	2,1							2,4
okno dřevěné zdvojené	1,3	2,57	63,5							2,4
okno dřevěné zdvoj. sch.	1,3	2,4	9,4							5,65
dveře na dvůr kov. proskl.	1	2,1	2,1							2,3
hlavní dveře dřev. plně	2,2	4	8,8							2,4
Otvory 2.NP pův. budova										2,4
okno dřevěné zdvojené	1,25	2,4	60,0							2,4
Otvory 3.NP pův. budova										2,4
okno dřevěné zdvojené	1,15	2,2	50,6							2,4

Vytápěné prostory - ochlazované plochy. EA Gymnázium Žamberk.

plochá střecha-strop	8	10	80,0	omítka váp. 0,88	0,01	železobet. 1,3	0,16	skvára 0,27	0,16	beton 1,23	0,1
Plocha ochlazovaná A			3954,6								
Objem vytápěné zóny V	m^3		13800,2								
A/V			0,29								

Budova II.

	I (m)	š nebo v (m)	po- čet	A m^2	λ $Wm^{-1} K^{-1}$	d (m)	λ $Wm^{-1} K^{-1}$	d (m)	λ $Wm^{-1} K^{-1}$	d (m)	U (k) $Wm^{-2} K^{-1}$
Schodiště											
Stěna JV vnitřní	6,31	7,2		45,4							
prosklená stěna	5,5	2,8		15,4							3,5
					cihly podél. děrované 0,55	0,15	omítka váp. 0,88	0,01			
vnitřní stěna				30,0	omítka váp. 0,88	0,01					
SV stěna venkovní				107,04							
okno s luxfery	2,7	1,3	5	17,6	skl.cihly dvoj.						4,0
okno plast. s izolačním dvojsklem	1,5	1,7	9	23,0							1,4
SV stěna venkovní				66,5	omít. cihly CDK	0,39					1,1
SZ stěna venkovní	6,31	7,2		45,4							
prosklená stěna	5,5	2,8		15,4							5,65
okno plast. s izolačním dvojsklem	1,5	1,7	3	7,7							1,4
SZ stěna venkovní				22,4	omít. cihly CDK	0,39					1,1

Vytápěné prostory - ochlazované plochy. EA Gymnázium Žamberk.

Strop - plochá střecha	6,31	18,2			114,8	omítka váp. 0,88	0,01	železobet. 1,3	0,25	pěn. polyst. 0,038	0,03	cem. potěr 1,23 asf.pás 0,21	0,03 0,01
Střední část													
Podlaha 1.NP					462,4	dlažba+ beton 1,01	0,01	železobet. 1,3	0,25	omítka váp. 0,88	0,01		
SZ stěna venkovní	24,4	7,2			175,7								
okno dřevěné zdvojené	1,15	1,55	3		5,3								
okno plast. s izolačním dvojsklem	1,5	1,7	12		30,6								2,35
okno s luxfery	2,7	2,4	5		32,4	skl.cihly dvoj.							1,4
SZ stěna venkovní					107,3	omít. cihly CDK	0,39						4,0
													1,1
Stěna JV vnitřní	5,9	3			17,7	omítka váp. 0,88	0,01	cihly podél. děrované 0,55	0,15	omítka váp. 0,88	0,01		
JV stěna venkovní					167,6								
okno plast. s izolačním dvojsklem	1,5	1,7	9		23,0								1,4
okno s luxfery	2,7	2,4	5		32,4	skl.cihly dvoj.							4,0
okno dřevěné zdvojené	1,15	2,4	2		5,5								2,4
JV stěna venkovní					106,7	omít. cihly CDK	0,39						1,1
Strop - plochá střecha					451,4	omítka váp. 0,88	0,01	železobet. 1,3	0,25	pěn. polyst. 0,038	0,03	cem. potěr 1,23 asf.pás 0,21	0,03 0,01

Vytápěné prostory - ochlazované plochy. EA Gymnázium Žamberk.

Strop vnitřní	5,5	2	11,0	dlažba+ beton 1,01	0,01	železobet. 1,3	0,25	omítka váp. 0,88	0,01		
---------------	-----	---	------	-----------------------	------	-------------------	------	---------------------	------	--	--

Tělocvična											
Podlaha	19,4	31,1	603,3	vlysy+ slepá podlaha 0,2	0,041	vzduch. mez. (polštář) R=0,21	0,07	prkno 0,18	0,035	beton 1,23 asf. pás 0,21	0,1 0,01
Vnější stěny			774,1								
okno s luxfery	2	5,8	8	skl.cihly dvoj.							4,0
dveře vn. dvojkř. dřevěné	1,8	2,1	3,8								2,3
Vnější stěny			677,5	omít. cihly CDK	0,39						1,1
Strop	19,4	31,1	603,3	podhled		vzd. prostor	2,0	žebírková železobet. deska 1,43	0,1	asf. pás 0,21	0,01

Plocha ochlazovaná A
Objem vytápěné zóny V m^3
A/V 0,37

Celý objekt

Plocha ochlazovaná A
Objem vytápěné zóny V m^3
A/V 0,32

Tepelné technické vlastnosti konstrukcí vymezujících vytápěnou zónu a výpočet referenčního tepelného toku prostupem E_{vp} (kWh) podle jednotlivých konstrukcí - EA
Gymnázium Žamberk.

$$R_i \quad R_e \quad d_1 \quad \lambda_1 \quad R_1 \quad d_2 \quad \lambda_2 \quad R_2 \quad d_3 \quad \lambda_3 \quad R_3 \quad d_4 \quad \lambda_4 \quad R_4 \quad d_5 \quad \lambda_5 \quad R_5 \quad R_o \quad t_i \quad U \quad A \quad b \quad 0,1 \cdot A \quad h_i \quad E_{vp}$$

Konstrukce
Budova I.

Podlaha 1.PP	0,17		0,1	1,23	0,08	0,1	0,27	0,37	0,15	0,58	0,26						0,88	20	1,14	779,2	0,4	77,9	94	40659
--------------	------	--	-----	------	------	-----	------	------	------	------	------	--	--	--	--	--	------	----	------	-------	-----	------	----	-------

Plášť podzemní

Dvůr	0,13		1,35	0,88	1,53												1,66	20	0,6	141,2	0,57	14,1	94	5881
3 stěny	0,13		1,05	0,88	1,19												1,32	20	0,76	162,4	0,62	16,2	94	8691

Plášť nadzemní

Okna dřevěná zdvojená																		20	2,4	248,5	1	24,9	94	58473
Okna dřevěná dvojitá																		20	2,35	2,1	1	0,21	94	484
Dveře kov.vstupní prosklené																		20	5,65	2,1	1	0,21	94	1137
Dveře dřevěné hlav. plné																		20	2,3	8,8	1	0,88	94	1988
Vestavba dvůr	0,13	0,04	0,6	0,84	0,71												0,88	20	1,13	234	1	23,4	94	27109
3 stěny (sut.)	0,13	0,04	1,05	0,84	1,25												1,42	20	0,7	123,8	1	12,4	94	9371
stěny dvůr - bez plochy krčku	0,13	0,04	0,75	0,84	0,89												1,06	20	0,94	269,2	1	26,9	94	26373
3 stěny (1. až 3.NP)	0,13	0,04	0,75	0,84	0,89												1,06	20	0,94	913,3	1	91,3	94	89474

Strop 3.NP

strop - dodateč. izol. světlík	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,37	20	2,7	28	1	2,8	94	22767
	0,1	0,04	0,01	0,76	0,01													0,37	20	2,7	28	1	2,8	94	7375

Tepelné technické vlastnosti konstrukcí vymežujících vytápěnou zónu a výpočet referenčního tepelného toku prostupem E_{vp} (kWh) podle jednotlivých konstrukcí - EA
Gymnázium Žamberk.

Krček	0,17	0,01	1,01	0,01	0,05	1,23	0,04	0,09	0,27	0,33	0,15	0,58	0,26			0,81	15	1,23	80	0,4	8	65	3083
Podlaha																							
Dveře kovové prosklené																	15	5,65	2,3	1	0,23	65	861
Okno s luxfery																	15	4	11,3	1	1,13	65	3015
okno dřevěné zdvojené																	15	2,4	3,5	1	0,35	65	569
vnější stěny																	15	1,1	11,4	1	11,4	65	8902
plochá střecha - strop	0,1	0,04	0,01	0,88	0,16	1,3	0,12	0,16	0,27	0,59	0,1	1,23	0,08			0,95	15	1,1	80	1	8	65	6247

E_{vp} (kWh)
A

3955

322459

Tepelné technické vlastnosti konstrukcí vymezujících vytápěnou zónu a výpočet referenčního tepelného toku prostupem E_{vp} (kWh) podle jednotlivých konstrukcí - EA
Gymnázium Žamberk.

Konstrukce	R_i	R_e	d_1	λ_1	R_1	d_2	λ_2	R_2	d_3	λ_3	R_3	d_4	λ_4	R_4	d_5	λ_5	R_5	R_o	l_i	U	A	b	$0,1 \cdot A$	h_1	E _{vp}
------------	-------	-------	-------	-------------	-------	-------	-------------	-------	-------	-------------	-------	-------	-------------	-------	-------	-------------	-------	-------	-------	-----	-----	-----	---------------	-------	-----------------

Budova II.

Schodiště

prosklená stěna																				15	3,5	15,4	0,4	1,54	65	1503
vnitřní stěna	0,13	0,13	0,01	0,88	0,01	0,15	0,55	0,27	0,01	0,88	0,01							0,56	15	1,8	30	0,4	3	65	1601	
okno s luxfery																			15	4	17,6	1	1,76	65	4696	
okno plast. s iz. dvojsklem																			15	1,4	30,7	1	3,07	65	2997	
SV stěna venkovní																			15	1,1	66,5	1	6,65	65	5193	
Prosklená stěna																			15	5,65	15,4	1	1,54	65	5762	
SZ stěna venkovní																			15	1,1	22,4	1	2,24	65	1749	
plochá střeška - strop	0,1	0,04	0,01	0,88	0,01	0,25	1,3	0,19	0,03	0,04	0,79	0,03	1,23	0,02	0,01	0,21	0,05	1,21	15	0,83	114,8	1	11,5	65	6946	

Střední část

podlaha 1.NP	0,17	0,17	0,01	1,01	0,01	0,25	1,3	0,19	0,01	0,88	0,01							0,55	20	1,81	462,4	0,49	46,2	94	42876
okna dřev. zdvojená																			20	2,35	5,3	1	0,53	94	1222
okna plast. s iz. dvojsklem																			20	1,4	53,6	1	5,36	94	7567
okna s luxfery																			20	4,0	64,8	1	6,48	94	25006
SZ stěna venkovní																			20	1,1	107,3	1	10,7	94	12119
stěna JV vnitřní	0,13	0,13	0,01	0,88	0,01	0,15	0,55	0,27	0,01	0,88	0,01							0,56	20	1,8	17,7	0,4	1,77	94	1366

Tepelné technické vlastnosti konstrukcí vymeziujících vytápěnou zónu a výpočet referenčního tepelného toku prostupem Evp (kWh) podle jednotlivých konstrukcí - EA

[illegible]

Exp (kWh)

A

Celý objekt

Evpo (kWh) celkem

A celkem

3579

687713

7534

Příloha č. 3

Výpočet Er, Ero, Env a účinnosti soustavy zdroje tepla v otopném období. EA Gymnázium Žamberk

Referenční hodnoty

Budova (vytápěný prostor)	E_{vp} (MWh)	E_{vp} (GJ)	V m^3	t_i	t_e	E_{vv} (MWh)	E_{vv} (GJ)	E_{vz} (MWh)	E_{vz} (GJ)	E_{zs} (MWh)	E_{zs} (GJ)	E_r (MWh)	E_r (GJ)	A m^2	A/V ($1/m$)	e_v $\frac{kWh}{m^3}$
Budova I.	322,459	1160,9	13800,2	20	13,1	181,086	651,9	74,521	268,3	37,261	134,1	503,545	1812,8	3954,6	0,29	36,49
Budova II.	365,254	1314,9	9546,6	16,5	10,3	98,206	353,5		284,7	25,776	92,8	463,460	1668,5	3579,3	0,37	48,55
Celkem	687,713	2475,8	23347			279,292	1005,5	74,521	553,0	63,036	226,9	967,005	3481,2	7533,9	0,32	41,42

Při referenčním výpočtu není bráno v úvahu, neboť není v provozu dynamická regulace vytápěcího zařízení
Zvýšené metabolické teplo

Skutečné hodnoty

Budova	D_r	D	Počet dnů otop. období d	Souč. skut. provozu y	E_{vpo} (GJ)	E_{vvo} (GJ)	E_{vo} (GJ)	E_{vzo} (GJ)	Vytápě- ní a přiroz. větrání E_{ro} (GJ)	Nucené větrání E_{nv} (GJ)	Spotřeba tepla na vytápění a veškeré větrání (%)
Budova I.	3920,4	4116,4	251	0,72	835,8	469,4	1305,2	268,3	903		47,25
Budova II.	3073,4	3237,9	251	0,78	1025,6	275,8	1301,4	284,7	924	84	52,75
Celkem					1861,4	745,1	2606,6	553,0	1827	84	100,00

Procentuelní rozložení spotřeby
tepla

Výpočet Er, Ero, Env a účinnosti soustavy zdroje tepla v otopném období. EA Gymnázium Žamberk

Účinnost zdroje tepla v otopném období

Zdroj tepla	Spotřeba tepla na vytápění a veškeré větrání (%)	Spotř. tepla Ero+Env (GJ)	Ztráty přípravy TUV a ztráty rozvodu	Výroba dodávkového tepla	Účinnost	Skutečnost spotřeby energie na vytápění, veškeré větrání (GJ)
Kotelna na ZP	100,00	1910,7	95,1	2005,8	0,950	2111,3

Výtah z vyhl. č. 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při
spotřebě tepla v budovách

Spotřeba tepelné energie pro vytápění prostupem

(1) Spotřeba tepla pro vytápění za otopné období ke krytí tepelných ztrát prostupem E_{vp} (kWh) se stanoví ze vztahu:

$$E_{vp} = h_1 \cdot (\Sigma A_j \cdot U_j + \Sigma A_o \cdot U_o \cdot b_o + \Sigma A_s \cdot U_s \cdot b_s + \Sigma A_z \cdot U_z \cdot b_z + \Sigma A_n \cdot U_n \cdot b_n + 0,1 \cdot A),$$

kde se rozumí pod

h_1 činitel zahrnující délku otopného období a průměrný rozdíl teplot mezi vnitřním prostředím a vnějším vzduchem (kh. K)

A plocha všech uvažovaných ochlazovaných konstrukcí (m^2)

A_j plocha svislých stěnových konstrukcí a podlahy nad vnějším prostředím (m^2)

A_n plocha konstrukcí proti nevytápěným prostorům (m^2)

A_o plocha oken (m^2)

A_s plocha střechy (m^2)

A_z plocha konstrukcí přilehlých k zemině (m^2)

U_j součinitel prostupu tepla svislých stěnových konstrukcí a podlahy nad vnějším prostředím ($W/m^2 \cdot K$)

U_n součinitel prostupu tepla konstrukcí proti nevytápěným prostorům ($W/m^2 \cdot K$)

U_o součinitel prostupu tepla oken ($W/m^2 \cdot K$)

U_s součinitel prostupu tepla střechy ($W/m^2 \cdot K$)

U_z součinitel prostupu tepla konstrukcí přilehlých k zemině ($W/m^2 \cdot K$)

b_n činitel teplotní redukce konstrukcí proti nevytápěným místnostem (-)

b_o činitel teplotní redukce pro výplně otvorů (-)

b_s činitel teplotní redukce pro střechy (-)

b_z činitel teplotní redukce konstrukcí přilehlých k zemině (-).

(2) Požadavky podle odstavce 1 jsou také splněny, pokud je proveden výpočet podle příslušných českých technických norem.²⁾

(3) Součinitelé prostupu tepla konstrukcí se stanovují měřením nebo výpočtem podle českých technických norem,²⁾ přičemž musí obsahovat všechny nestejnorodosti připadající na charakteristický výsek. Číselní člen na pravé straně rovnice pro výpočet E_{vp} (0,1. A) představuje přírážku na tepelné mosty tepelné vazby konstrukcí v obvodovém plášti budov. Za součinitele prostupu tepla oken se dosazuje hodnota normová, tj. hodnota bez přírážky 1, 15. Číselné teplotní redukce se stanoví podle přílohy č. 3.

(4) Činitel $h_1 = 94$ (kh. K) je pro budovy s převažující vnitřní výpočtovou teplotou v budově $t_i = 20$ °C. Pro zdravotnických budov, s jinou převažující teplotou, se činitel h_1 stanoví ze vztahu:

$$h_1 = 5,81 \cdot (t_i - 3,8) \text{ (kh. K),}$$

Ekonomické vyhodnocení - prostá doba návratnosti T , reálná doba návratnosti, čistá současná hodnota NPV a vnitřní výnosové procento IRR

roků t	CF (Kč)	diskont r	$1+r$	$\frac{CF}{(1+r)^t}$	Mezisoučty za jednotlivé roky	IN (Kč)	NPV (Kč) = mezisoučty-IN	$T=IN/CF$ (Kč)
1	46000	0,015	1,015			250000		5,43
2				45 320,20	45 320,20		- 204 679,80	
3				44 650,44	89 970,64		- 160 029,36	
4				43 990,58	133 961,22		- 116 038,78	
5				43 340,47	177 301,69		- 72 698,31	
6				42 699,97	220 001,67		- 29 998,33	
7				42 068,94	262 070,61		12 070,61	
8				41 447,23	303 517,84		53 517,84	
9				40 834,71	344 352,55		94 352,55	
10				40 231,24	384 583,80		134 583,80	
11				39 636,69	424 220,49		174 220,49	
12				39 050,93	463 271,42		213 271,42	
13				38 473,82	501 745,24		251 745,24	
14				37 905,24	539 650,48		289 650,48	
15				37 345,07	576 995,55		326 995,55	
IRR = 0,13				36 793,17	613 788,72		363 788,72	

$t = T_d$
NPV

Ekonomické vyhodnocení - prostá doba návratnosti T, reálná doba návratnosti T, čistá současná hodnota NPV

roků t	CF (Kč)	diskont r	1+r	$\frac{CF}{(1+r)^t}$	Mezisoučty za jednotlivé roky	IN (Kč)	NPV (Kč) = mezisoučty-IN	T=IN/CF (Kč)
	69000	0,015	1,015			650000		9,42
1				67 980,30	67 980,30		- 582 019,70	
2				66 975,66	134 955,96		- 515 044,04	
3				65 985,87	200 941,83		- 449 058,17	
4				65 010,71	265 952,54		- 384 047,46	
5				64 049,96	330 002,50		- 319 997,50	
6				63 103,41	393 105,91		- 256 894,09	
7				62 170,85	455 276,76		- 194 723,24	
8				61 252,07	516 528,83		- 133 471,17	
9				60 346,86	576 875,70		- 73 124,30	
10				59 455,04	636 330,73		- 13 669,27	
11				58 576,39	694 907,13		44 907,13	
12				57 710,73	752 617,86		102 617,86	
13				56 857,86	809 475,72		159 475,72	
14				56 017,60	865 493,32		215 493,32	
15				55 189,75	920 683,08		270 683,08	
16				54 374,14	975 057,22		325 057,22	
17				53 570,58	1 028 627,80		378 627,80	
18				52 778,90	1 081 406,70		431 406,70	
19				51 998,92	1 133 405,62		483 405,62	
20				51 230,46	1 184 636,08		534 636,08	
21				50 473,36	1 235 109,43		585 109,43	

Ekonomické vyhodnocení - prostá doba návratnosti T, reálná doba návratnosti, čistá současná hodnota NPV

22				49 727,45	1 284 836,88			634 836,88
23				48 992,56	1 333 829,44			683 829,44
24				48 268,53	1 382 097,97			732 097,97
25				47 555,20	1 429 653,17			779 653,17
26				46 852,42	1 476 505,59			826 505,59
27				46 160,02	1 522 665,60			872 665,60
28				45 477,85	1 568 143,45			918 143,45
29				44 805,76	1 612 949,21			962 949,21
30				44 143,61	1 657 092,82			1 007 092,82

$$NPV_{t=T_d}$$

Energie celkem původně a po realizaci (GJ/rok)	Množství paliva původně a po realizaci (m3/rok +)	Znečišťující látky	Emisní faktor spotře- bované energie (t/GJ)	Emisní faktor množství spáleného paliva (kg/mil. m3)	Pův. stav (kg/rok) - u CO ₂ (t/rok)	Stav po realizaci (kg/rok) - u CO ₂ (t/rok)	Rozdíl (kg/rok) - u CO ₂ (t/rok)
2370,1	69606	Tuhé látky		20	1,39	1,27	0,12
2170	63730	SO ₂		zanedb.			
		NO _x		1600	111,37	101,97	9,40
		CO		320	22,27	20,39	1,88
		C _x H _y		64	4,45	4,08	0,38
		CO ₂	0,056		132,73	121,52	11,21

Poznámka: Počítáno s výhřevností 34,05 MJ/m³

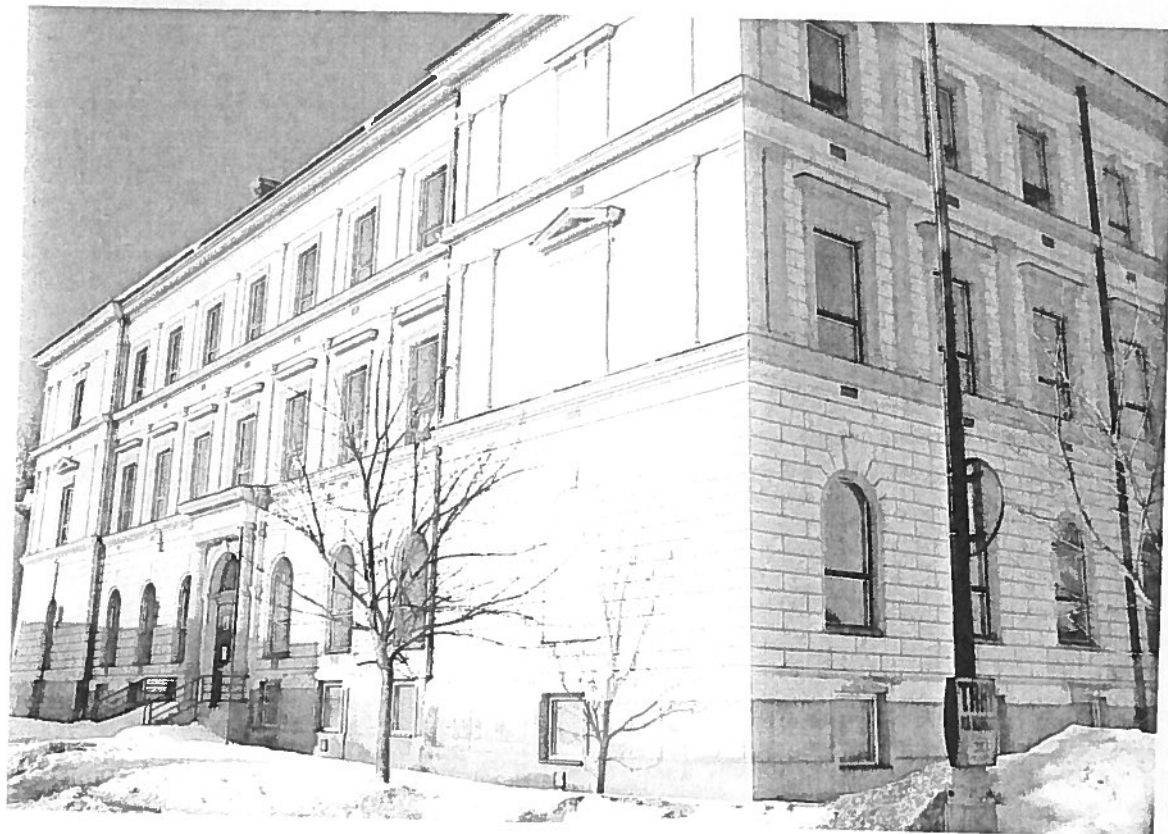
Energie celkem původně a po realizaci (GJ/rok)	Množství paliva původně a po realizaci (m3/rok +)	Znečišťující látky	Emisní faktor spotře- bované energie (t/GJ)	Emisní faktor množství spáleného paliva (kg/mil. m3)	Pův. stav (kg/rok) - u CO ₂ (t/rok)	Stav po realizaci (kg/rok) - u CO ₂ (t/rok)	Rozdíl (kg/rok) - u CO ₂ (t/rok)
2370,1	69606	Tuhé látky		20	1,39	1,22	0,18
2070,1	60796	SO ₂		zanedb.			
		NO _x		1600	111,37	97,27	14,10
		CO		320	22,27	19,45	2,82
		C _x H _y		64	4,45	3,89	0,56
		CO ₂	0,056		132,73	115,93	16,80

Poznámka: Počítáno s výhřevností 34,05 MJ/m3

Fotografie, situace objektu

V této příloze je několik ilustrujících pohledů na předmět auditu a kopie katastrální mapy

Budova I. - pohled severní z křižovatky ulic Nádražní a Komenského



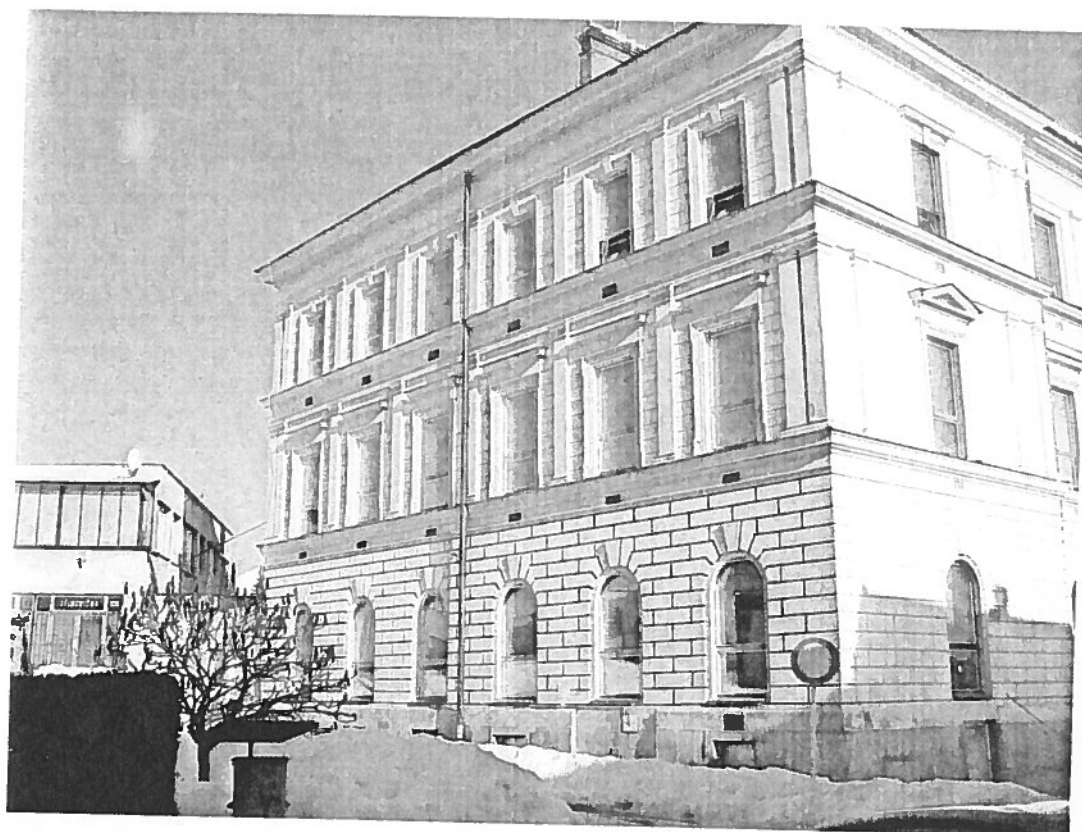
Budova II. – pohled severovýchodní, vpravo stěna tělocvičny



Budova II. – pohled jihozápadní ze dvora, vlevo stěna tělocvičny




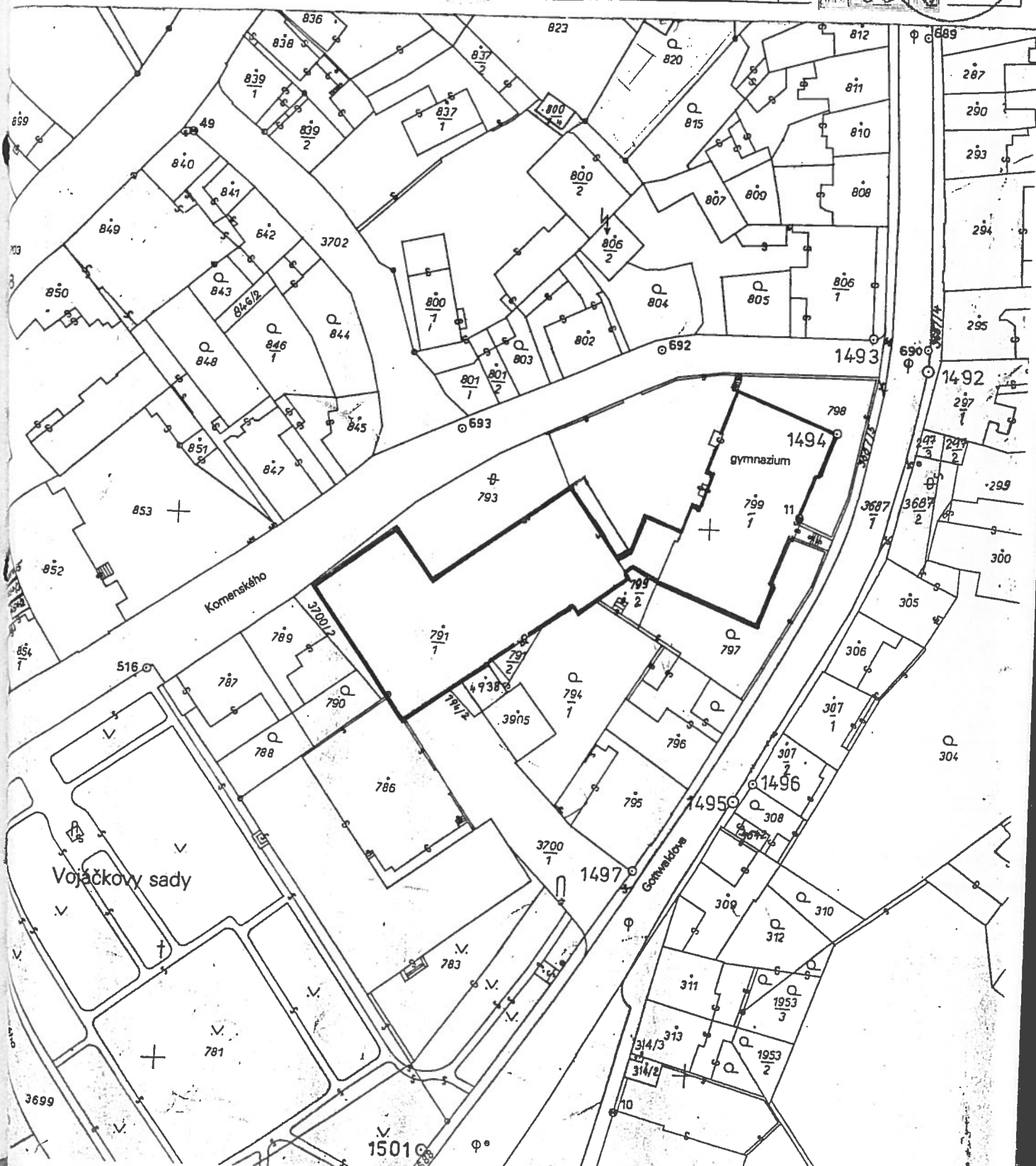
Budova I. - pohled jihovýchodní, nepoužívaný vstup ze dvora do budovy II.



Budova I. - pohled severovýchodní ze dvora, vpravo spojovací krček s budovou II.



Katastrální úřad v Ústí nad Orlicí	Okres Ústí nad Orlicí	Obec: Tamborův	Datum: 13. 9. 2002
Katastrální území: Tamborův	Mapový list č.: 9-0/42	Měřítko: 1:1000	Podpis: <i>[Signature]</i>
KOPIE KATASTRÁLNÍ MAPY			Číslo: 75-11/526/2002
			Ra: 
Vyhotovil: J. Kudrleová		Dne: 13. 9. 2002	



Evidenční list energetického auditu

Příloha č. 11

(dle přílohy č. 9 k vyhlášce č. 213/2001 Sb.)

Zadavatel EA	Gymnázium Žamberk	Zmocněnec	RNDr. Milan Lipenský, ředitel školy
Adresa zadavatele	Nádražní 48, 564 01 Žamberk		
Telefon	465 613 463	fax:	
		e-mail:	vych@qyzamb.cz
Charakteristika předmětu EA	Objekt gymnázia je tvořen starší a novější budovou. Jedná se jednak o podsklepenou třípodlažní budovu, jednak o podsklepenou dvoupodlažní budovu, jejíž podstatnou částí je tělocvična se zázemím. Suterén starší budovy je využíván k provozu sauny a posilovny, suterén novější budovy je využíván jako technické podlaží s šatnami pro studenty. Budova nevyhovuje z hlediska měrné spotřeby tepla na vytápění dle vyhl. č.291/2001 Sb.		

1. Výchozí stav

Stručný popis energetického hospodářství (vč. budov)	Zdrojem tepla je nízkotlaká kotelna se 3 jednotkami na zemní plyn, zabezpečující ústřední teplovodní vytápění a ohřev vzduchu pro větrání tělocvičny a soc. zařízení. Rozvod tepla do 2 nezávislých zón, místní regulace termoreg. ventily není, regulace vzduchotechniky není. Stav zdroje: dobrý, kaskádová a ekvitermní regulace. Ohřev TUV lokální v elektrických zásobníkových ohřivačích a centrální pro provoz tělocvičny.		
Vlastní energetický zdroj	Instal.tep.výkon (MW)	Instal.el.výkon (MW)	
	0,66	0,00	
Typ energosoustrojí (protitlaká, odběrová, kondenzační, spalovací, vodní, větrná turbína, spalovací motor atd.			
Teplo	Výroba ve vlastním zdroji (GJ/rok)	2017,8	
	Nákup (GJ/rok)	0	
	Prodej (GJ/rok)	0	
Elektrina	Výroba ve vlastním zdroji (GJ/r)	0	
	Nákup (GJ/rok)	248,7	
	Prodej (GJ/rok)	0	
Spotřeba paliv a energie (GJ/rok)	2370,1	z toho přímo technolog.spotř. (GJ/r)	0
Spotřebič energie	Příkon (tep.zdráta) (kW)	Spotřeba energie (GJ/r)	Nositel energie
Budovy - ÚT (teplo)	265	1910,7	otopná voda
Technologie (teplo)			
TUV (teplo)		98,0	otopná voda
Budovy provoz, TUV (el. energie)	42,5	234,8	elektrina
Ostatní - ztráty ve zdroji a rozvodech		126,6	

2. Energeticky úsporný projekt

Stručný popis doporučené varianty A	Výměna článkových těles za nízkoteplotní maloobjemová otopná tělesa, montáž kombiventilů s regulací diferenčního tlaku, vyregulování otopné soustavy a montáž termostatických hlav. Regulace vzduchotechniky v budově II., tepelná izolace přívodního a cirkulačního vzduchotechnického potrubí.		
Investiční náklady (tis.Kč)	250	z toho technologie (tis.Kč)	0
Konečná spotřeba paliv a energie	před realizací projektu		po realizaci projektu
	energie (GJ/r)	náklady (tis.Kč/r)	energie (GJ/r) náklady (tis.Kč/r)
	2370,1	710,389	2 170,0 664,389
Potenciál energetických úspor	GJ/r		MWh/r
	200,00		55,56

Enviromentální přínosy

Znečišťující látka	Výchozí stav (t/r)	Stav po realizaci (t/r)	Rozdíl (t/r)
Tuhé látky	0,00139	0,00127	0,00012
SO ₂	zanedb.		
NO _x	0,11137	0,10197	0,00940
CO	0,02270	0,02039	0,00188
CxHy	0,00445	0,00408	0,00038
CO ₂	132,730	121,520	11,210

Ekonomická efektivnost

Cash - Flow projektu (tis.Kč/r)	46,000	Doba hodnocení (roky)	10
Prostá doba návratnosti (roky)	5,4	Diskont (%)	1,5
Reálná doba návratnosti (roky)	6,0	NPV (tis.Kč)	174,220
		IRR (%)	13,0

Energetický auditor	Ing. Jaroslav Stěchovský	Č.osvědčení	MPO ČR 232
Podpis		Datum:	24.4.2006

