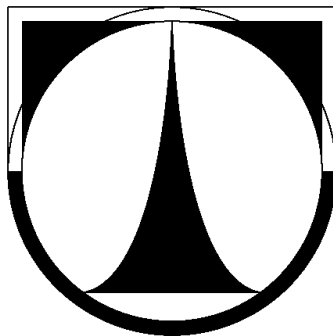


Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní

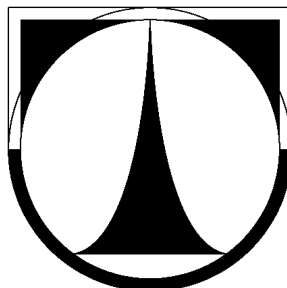


BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2007

Jiří Waldhans

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Energetické stroje a zařízení



Jiří Waldhans

Vyhodnocování spotřeby tepla pomocí denostupňové metody

Evaluation of heat consumption with the help of the grad-day method

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Vladimír Stach

Rozsah práce: 30
Počet stran: 52
Počet obrázků: 6
Počet tabulek: 16
Počet grafů: 5
Počet příloh: 3

Liberec 2007

Anotace

Cílem této bakalářské práce je za pomoci denostupňové metody zanalyzovat a porovnat naměřené spotřeby tepla za uplynulá otopná období ve vybraných objektech TUL formou funkčního programu, který by rozpoznal případné nestandardní stavy.

První část se zabývá teoretickými poznatky, které úzce souvisí s problematikou vytápění. V závěru této části je představena denostupňová metoda.

V druhé části jsou popsány vybrané objekty TUL, jejich systémy zásobování teplem a přehledy dodávek tepla v letech 1997 až 2004.

Třetí část se zabývá aplikací vytvořeného programu pro výpočet spotřeby tepla pomocí denostupňové metody na vybrané objekty TUL a zjištěnými výsledky.

Annotation

The object of this bachelor work is to analyse and compare measured heat consumptions for passed heating periods in selected buildings of the Technical university of Liberec with the help of grad-day method and by the form of the function program, which would identify substandard stages.

The first part deals with the theoretical findings, which are closely connected with the problems of heating. The grad-day method is introduced in the conclusion of this part.

The selected buildings of the Technical university of Liberec, their systems of heat reserves and the summaries of heat supplies from 1997 to 2004 are described in the second part.

The third part deals with the application of the created program for a calculation of the heat consumption with the help of the grad-day method on the selected buildings of the Technical university of Liberec, and with the finding results.

Klíčová slova

denostupňová metoda	(grad-day method)
denostupeň	(grad-day)
měření teploty	(temperature measuring)
teplota interiéru	(temperature of interior)
teplota exteriéru	(temperature of exterior)
průměrná teplota	(average temperature)
tepelná zátěž	(thermal load)
otopné dny	(heating days)
otopná soustava	(heating system)
otopné období	(heating period)
regulace	(regulation)
zdroj tepla	(heat source)
vytápění	(heating)
spotřeba tepla	(heat consumption)
vybrané objekty TUL	(selected subjects of Technical university in Liberec)

zadání

Prohlášení

Byl jsme seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, dne 3.1. 2007

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis of grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant

3rd January 2007, in Liberec

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Petru Novotnému,CSc., konzultantovi panu Ing. Vladimíru Stachovi a energetičce TUL paní Janě Suskové za vedení a praktické rady při vypracování této bakalářské práce, panu Ing. Jaroslavu Vávrovi za pomoc při sběru dat a v neposlední řadě také své rodině, která mi umožnila tuto školu studovat a po dobu mého studia mě podporovala.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	9
ÚVOD.....	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1 <i>ATMOSFÉRICKÝ VZDUCH</i>	<i>12</i>
1.1.1 <i>Teplota a její měření.....</i>	<i>12</i>
1.1.2 <i>Vlhkost vzduchu a její měření.....</i>	<i>14</i>
1.2 <i>TEPELNÁ POHODA PROSTŘEDÍ, VÝMĚNA TEPLA MEZI ČLOVĚKEM A JEHO OKOLÍM.....</i>	<i>15</i>
1.3 <i>TEPELNÁ ZÁTĚŽ BUDOV.....</i>	<i>18</i>
1.3.1 <i>Tepelná zátěž z vnitřních zdrojů tepla</i>	<i>18</i>
1.3.2 <i>Tepelná zátěž z vnějších zdrojů tepla</i>	<i>19</i>
1.4 <i>ENERGETICKY AKTIVNÍ A PASIVNÍ BUDOVY.....</i>	<i>20</i>
1.4.1 <i>Unik tepelné energie.....</i>	<i>22</i>
1.4.2 <i>Tepelné vlastnosti staveb.....</i>	<i>22</i>
1.5 <i>OTOPNÁ SOUSTAVA</i>	<i>23</i>
1.5.1 <i>Parametry otopné soustavy v průběhu otopného období</i>	<i>23</i>
1.5.2 <i>Stanovení výkonu v otopném období</i>	<i>24</i>
1.5.3 <i>Regulace výkonu zdroje.....</i>	<i>25</i>
1.5.4 <i>Stanovení měrného výkonu podle teplotního spádu</i>	<i>27</i>
1.6 <i>DENOSTUPŇOVÁ METODA</i>	<i>28</i>
1.6.1 <i>Popis výpočtu pomocí denostupňové metody a její využití.....</i>	<i>28</i>
1.6.2 <i>Teplota vnitřního a venkovního vzduchu</i>	<i>30</i>
1.6.3 <i>Stanovení spotřeby tepla na denostupeň dle vyhlášky č.152/2001</i>	<i>31</i>
2 POPIS A CHARAKTERISTIKY VYTÁPĚNÝCH BUDOV	32
2.1 <i>BUDOVA „K“</i>	<i>32</i>
2.1.1 <i>Využití a popis objektu.....</i>	<i>32</i>
2.1.2 <i>Zdroj tepla</i>	<i>33</i>
2.1.3 <i>Otopná soustava</i>	<i>33</i>
2.2 <i>BUDOVA „P“</i>	<i>34</i>

2.2.1	<i>Využití a popis objektu.....</i>	35
2.2.2	<i>Zdroj tepla</i>	35
2.2.3	<i>Otopná soustava</i>	35
2.3	<i>OBJEKT „I“ - KOLEJE VESEC</i>	36
2.3.1	<i>Využití a popis objektu.....</i>	37
2.3.2	<i>Zdroj tepla</i>	37
2.3.3	<i>Otopná soustava</i>	38
2.4	<i>BUDOVA „S“</i>	39
2.4.1	<i>Využití a popis objektu.....</i>	40
2.4.2	<i>Zdroj tepla</i>	40
2.4.3	<i>Otopná soustava</i>	40
2.5	<i>BUDOVA „H“</i>	41
2.5.1	<i>Využití a popis objektu.....</i>	41
2.5.2	<i>Zdroj tepla</i>	42
3	VÝPOČTOVÁ ČÁST.....	43
3.1	<i>VÝPOČET DENOSTUPŇŮ.....</i>	43
3.2	<i>STANOVENÍ SPOTŘEBY TEPLA NA DENOSTUPEŇ DLE VYHLÁŠKY Č.152/2001</i>	44
3.3	<i>STANOVENÍ SPOTŘEBY TEPLA NA DENOSTUPEŇ NA ZÁKLADĚ SKUTEČNÝCH SPOTŘEB..</i>	45
4	ZÁVĚR	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
	SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ	50
	SEZNAM PŘÍLOH	52

Seznam použitých zkratek

TUL	Technická univerzita v Liberci
%	procento
°D	denostupeň
°C	stupeň Celsia
aj.	a jiné
apod.	a podobně
tzv.	tak zvaný
atd.	a tak dále
tab.	tabulka
obr.	obrázek
č.	číslo
tj.	to jest
např.	například
viz.	k vidění
ks	kusy
kap.	kapitola
NP	nadzemní podlaží
mm	milimetr
kWh	kilowatthodina
zast.	zastavěná
obest.	obestavěná
m ²	metr čtvereční
m ³	metr krychlový
W	watt
t _{emax}	maximální teplota exteriéru
GJ	gigajoul
MJ	megajoul
m	metr
max.	maximální
resp.	respektive

MPa	megapascal
l	litr
pr. hodnota	průměrná hodnota
popř.	popřípadě
str.	strana
Sb.	sbírka

Úvod

Spotřeba tepla je v současnosti, vzhledem ke stále rostoucím cenám, jedním z hlavních energetických ukazatelů, kterými se řídí hospodaření většiny institucí i jednotlivých domácností. Hlavním cílem této bakalářské práce je za pomoci denostupňové metody zanalyzovat a porovnat skutečné spotřeby tepla za uplynulá otopná období ve vybraných objektech TUL a vytvořit program, který by sám spotřebu porovnával, popř. upozornil na nestandardní stavy.

Práce se skládá ze tří částí. V první části jsou shrnuty teoretické poznatky, které úzce souvisí s problematikou vytápění budov. Jedná se především o popis způsobu měření teplot interiéru a exteriéru, popis tepelné pohody prostředí, tepelné zátěže budov a denostupňové metody. V druhé části jsou popsány vybrané objekty TUL, systém jejich vytápění a jsou zde také uvedeny spotřeby tepla z minulých topných období. Třetí část obsahuje výpočet denostupňů pomocí vytvořeného tabulkového kalkulátoru a porovnání spotřeb na jeden denostupeň u vybraných objektů TUL. Detailnější grafická porovnání denostupňů a naměřených hodnot tepla jsou k nahlédnutí v příloze. Na závěr jsou uvedeny výsledky, ke kterým jsem dospěl a zároveň možná opatření pro rychlejší rozpoznání nestandardních spotřeb tepla.

1 Teoretická část

1.1 Atmosférický vzduch

Atmosférický vzduch je směsí kyslíku, dusíku a některých dalších plynů. Atmosférický vzduch obsahuje vždy vodní páru a tuhé příměsi (prach, kouř), jejichž obsah je závislý na místě (venkov, město), na meteorologických podmínkách (srážky, vítr) a na využití krajiny (průmyslová krajina, zemědělská oblast). Tlak vzduchu je dán výškou místa nad hladinou moře a kolísá vlivem měnících se povětrnostních podmínek. S rostoucí nadmořskou výškou atmosférický tlak klesá.

1.1.1 Teplota a její měření

Teplota je fyzikální veličina vyjadřující míru tepelného stavu tělesa. Při měření teploty se používají teplotní stupnice. Základní stupnicí je termodynamická teplotní stupnice, která má za počátek nejnižší možnou teplotu - absolutní nulu. Jednotkou je kelvin [K]. Absolutní nula je definována základním referenčním bodem, kterým je trojný bod vody. Je to teplota při které se samotná voda vyskytuje současně ve všech třech skupenstvích - led, voda, vodní pára. V běžné praxi se používá Celsiova teplotní stupnice, která má jednotku °C.

Tab. č. 1: Průměrné hodnoty teplot

Klimatické hodnoty naměřené v meteorologické stanici na území kraje													
Stanice (nadmořská výška)	Měsíc												Rok celkem
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Liberec (398 m)	Průměrná teplota vzduchu (°C)												
1998	0,2	3,2	2,4	9,4	12,9	16,0	16,0	15,4	12,1	7,7	-0,2	-1,1	7,8
1999	-0,1	-1,4	4,1	7,8	12,9	14,4	17,8	16,1	16,0	8,0	1,8	0,0	8,1
2000	-1,4	1,9	3,2	10,6	14,3	16,5	14,6	17,4	12,8	11,1	6,3	4,4	9,1
2001	-0,1	0,5	2,8	6,7	13,4	13,3	17,3	17,6	10,9	11,8	1,6	-3,4	7,7
2002	-1,0	3,5	3,6	6,9	14,7	16,4	17,9	18,5	11,4	6,8	4,4	-3,3	8,3
2003	-2,9	-4,6	2,8	6,6	14,4	18,7	18,0	19,1	13,1	4,8	5,7	0,2	8,0
2004	-3,4	0,5	3,1	8,8	11,2	15,1	16,9	18,1	12,8	9,3	3,5	-0,3	8,0

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav v Praze

Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot naměřených v 7, 14 a ve 21 hodin, přičemž teplota měřená ve 21 hodin se počítá dvakrát. Z průměrných denních teplot se stanovují průměrné měsíční teploty. [6]

K měření teploty vzduchu se používá dilatačních teploměrů kapalinových a bimetalických, odporových teploměrů, tyčových teploměrů, termočlánků a termistorů. Baňky nebo čidla teploměrů je nutné chránit před osáláním. Dokonalou ochranou jsou clony, nejlépe dvojité, ochlazované nuceně prosávaným vzduchem. Příkladem toho je Assmanův aspirační psychrometr se suchým a mokřým teploměrem. Baňky obou teploměrů zasahují do clon napojených na společnou trubku v ose přístroje, kterou se prosává vzduch radiálním ventilátorem poháněným hodinovým strojkem v hlavici přístroje.

Velmi rychlé odečítání měřených hodnot umožňují termistorové přístroje. Termistor (z anglického popisu „thermally sensitive rezistor“) je teplotně závislý odpor zhotovený z polovodičových feroelektrických keramických materiálů. Keramická technologie umožňuje výrobu termistorů ve tvaru disku, destičky, kapky, válečku aj. Termistory se dle struktury dělí na amorfnní a polykrystalické. V závislosti na materiálu má termistor buď velký záporný teplotní součinitel odporu, tzv. negastor neboli NTC termistor („Negative Temperature Coefficient“) nebo velký kladný teplotní součinitel odporu, tzv. pozistor nebo-li PTC termistor („Positive Temperature Coefficient“). [6]

Velmi rozšířené prvky pro měření teplot jsou termočlánky. Termočlánek je zdroj elektrického proudu, používaný především jako čidlo teploty. Využívá principu termoelektrického jevu. Termočlánek se skládá ze dvou kovů zapojených do série se dvěma spoji (kov A - spoj AB - kov B - spoj BA - kov A). Mají-li spoje navzájem různou teplotu, vzniká na každém ze spojů odlišný elektrický potenciál, který je zdrojem proudu. Může být případně používán také jako spolehlivý zdroj elektrického proudu, ale jeho energetická účinnost a výkon jsou malé. Výhodou termočlánků jsou malá setrvačnost a malý rozměr čidla. Samostatné termočlánky jsou užívány jako teplotní čidla pro teploty v řádech stovek stupňů. Citlivost se pohybuje v řádech desítek mikrovoltů na °C. Pro výrobu proudu je výkon jednotlivého termočlánku velice malý. Proto jsou při praktickém použití takové termočlánky sdružovány do baterií.

Tyčové teploměry jsou založeny na teplotní délkové roztažnosti dvou konstrukčních dílů z pevných látek, které jsou spojeny v jediném místě. Čidlo tyčového teploměru je nejčastěji tvořeno trubicí délky L z kovu s velkým teplotním součinitelem délkové roztažnosti α_1 , uvnitř které je tyč z materiálu s malým teplotním součinitelem délkové roztažnosti α_2 (např. křemen, uhlík). Pro rozdílové prodloužení ΔL při oteplení o Δt platí:

$$\Delta L = L(\alpha_1 - \alpha_2) \Delta t \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

Tyčové teploměry se používají především v termostatech jako snímače dvoupolohových regulátorů teploty.

Bimetalické snímače teploty jsou založeny na rozdílné teplotní roztažnosti nebo-li na rozdílu hodnot teplotních součinitelů délkové roztažnosti dvou kovových materiálů. Tyto materiály jsou uspořádány ve tvaru pásků, které jsou navzájem podélně svařeny. Časová odezva u bimetalických teploměrů je delší než u tyčových.

1.1.2 Vlhkost vzduchu a její měření

Vlhkost je základní vlastností vzduchu. Vlhkost vzduchu udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) obsahuje dané množství suchého vzduchu. Absolutní vlhkost vzduchu vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu. Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení.

S vlhkostí vzduchu souvisí i tzv. „rosný bod“, což je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %). Teplota a vlhkost vzduchu určuje entalpii, která je důležitým parametrem pro návrh letního provozu klimatizačních zařízení.

K měření vlhkosti vzduchu se nejvíce používá psychrometrická metoda, založená na měření teploty suchého a vlhkého teploměru. Přesný stav vzduchu měříme

Assmannovým aspiračním psychrometrem. Je to přístroj s nasávacím ventilátorkem, který má dva teploměry. Jedním měří v proudu nasávaného vzduchu teplotu „suchou“ a druhým, který je potažený navlhčenou punčoškou, teplotu „mokrou“. Mokrá teplota bývá nižší, protože voda z navlhčené punčošky se na kuličce teploměru odpařuje a tím ji chladí. Intenzita odpařování vody z punčošky je tím větší čím je nižší vlhkost vzduchu. Pomocí uvedených teplot lze pak určit z grafu či výpočtem relativní vlhkost vzduchu. K měření vlhkosti se využívá také některých vlastností hygroskopických látek, jako změny rozměrů, elektrického odporu, barvy apod.

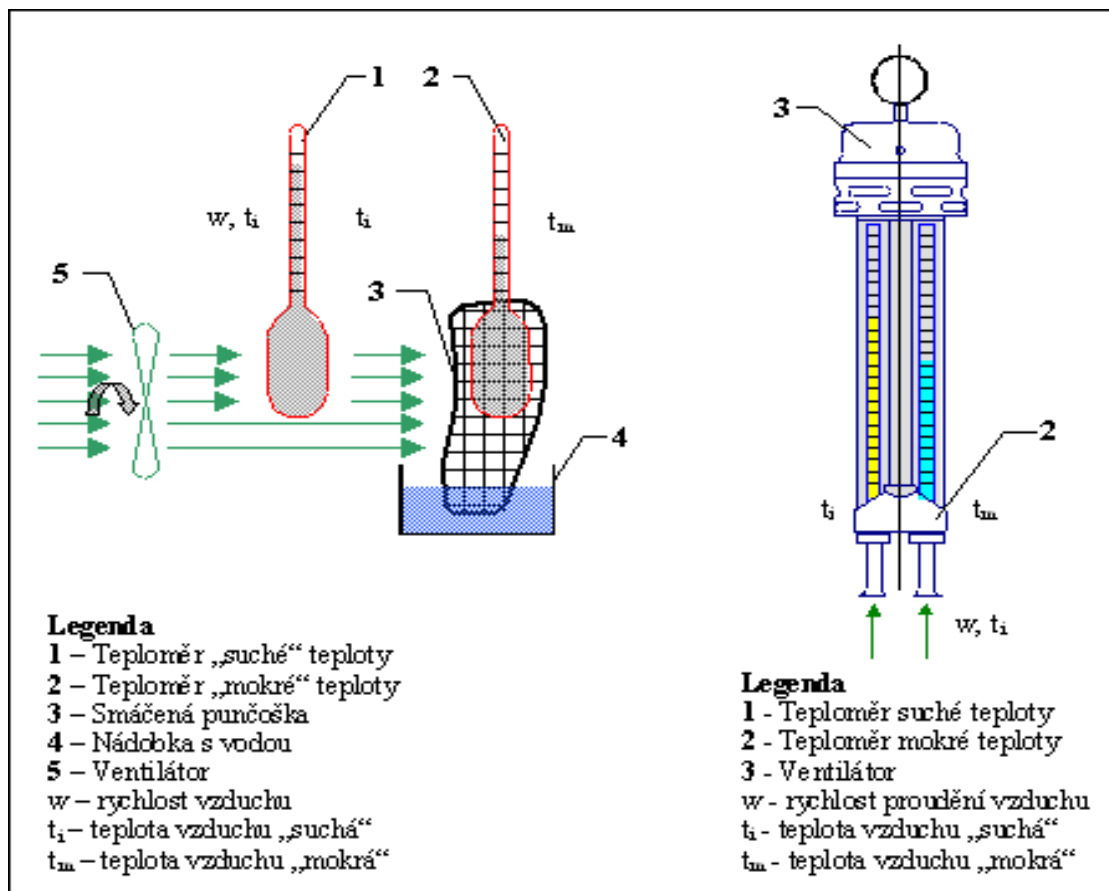
Nejvíce rozšířené jsou vlhkoměry vlasové, založené na měření změny délky svazku odmaštěných vlasů. Poměrné prodloužení vlasů je úměrné logaritmu relativní vlhkosti. Maximální poměrné prodloužení je asi 2,5 %. Tato změna délky se přenáší na ručičku, která ukazuje relativní vlhkost na stupnici přístroje, nebo na ručičku s pisátkem, které zaznamenává vlhkost na registračním papíře. Vlasové vlhkoměry jsou méně přesné než psychrometry.

1.2 Tepelná pohoda prostředí, výměna tepla mezi člověkem a jeho okolím

Tepelná pohoda prostředí je faktor hodnocení stavu vnitřního prostředí k pobytu a činnosti člověka v budovách. Tepelnou pohodu lze charakterizovat jako stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez výrazného pocení a člověk je spokojen s tepelným i vlhkostním stavem prostředí. [1]

Pro měření a hodnocení stavu prostředí se používá tzv. „kulový teploměr“. Měří výslednou teplotu pomocí kapalinového teploměru. Ten může být nahrazen teplotním čidlem inteligentního měřicího systému, který umožňuje záznam sledovaných veličin.

Obr. č. 1: Schéma kulového teploměru pro měření výsledné teploty



Zdroj: www.energ.cz

Činitelé rozhodující o tepelné pohodě prostředí jsou:

- teplota vzduchu,
- teplota okolních ploch
- rychlost proudění vzduchu v oblasti pobytu člověka
- vlhkost vzduchu
- tepelné izolační vlastnosti oděvu
- tělesná aktivita člověka

Tepelná rovnováha člověka v prostoru je dána rovnicí:

$$Q = Q_k + Q_R + Q_{kd} + Q_d + Q_w + Q_a \quad [W] \quad (2)$$

Q [W].....tepelný tok produkovaný člověkem

Q_k [W]....tepelný tok konvekcí

Q_R [W]....tepelný tok sáláním

Q_{kd} [W]...tepelný tok sdílený vedením (kondukcí)

Q_d [W]....tepelný tok dýcháním

Q_w [W].....tepelný tok odpařováním

Q_a [W]....tepelný tok akumulovaný v těle (má obvykle nulovou hodnotu).

Základní podmínkou tepelné pohody prostředí je rovnováha mezi teplem produkovaným a teplem sdíleným do okolí při $Q_a = 0$. Dále nesmí být tepelné rovnováhy u člověka v klidu dosaženo vylučováním potu a aby se u člověka při dané činnosti jen málo měnila střední teplota pokožky a hmotnost vylučovaného potu.

Mezi člověkem a okolním prostředím dochází k výměně tepla konvekcí, sáláním, vedením, dýcháním a odpařováním potu. V lidském těle probíhají pochody, které jsou exotermické. Vývin tepla v těle je závislý především na činnosti člověka a jeho hmotnosti. Hodnoty produkovaného tepla jsou různé v závislosti na činnosti člověka. U člověka v klidu vzniká teplo především ve vnitřních orgánech. Při fyzické práci převažuje teplo vznikající ve svalech, takže podíl tepla vznikajícího ve vnitřních orgánech se relativně zmenšuje. Teplota těla se udržuje termoregulací a je prakticky konstantní. Vznikající teplo se musí odvést do okolí, přičemž jeho velká část se sdílí povrchem těla. Povrchová teplota pokožky je nižší než vnitřní teplota těla, není na všech místech stejná a je závislá na teplotě vzduchu. Při porušování tepelné pohody nastává nejprve změna ve sdílení tepla v těle v důsledku změn cirkulaci krve. Změna teploty těla nastává až při velkém porušení tepelné rovnováhy, kdy tělesná termoregulace již nemůže rovnováhu vyrovnat a teplo se v těle akumuluje nebo naopak z těla odčerpává. V horkém prostředí nastává tento stav tehdy, když produkované a z okolí přijímané teplo nelze odvést odpařováním potu. Jako

fyziologické kritérium pro hodnocení práce v horku se bere obvykle hmotnost vyloučeného potu za jednotku času, puls a teplota pokožky. [1]

Tab. č. 2: Doporučené hodnoty vnitřního prostředí

Veličina	Doporučené hodnoty	Optimální hodnoty
vnitřní teplota v zimě t_i [°C]	20 - 24	21,7
vnitřní teplota v létě t_i [°C]	24 - 26	24,2
teplota podlahy t_p [°C]	19 - 29	26
střední rychlost proudění v zimě w_i [m/s]	0,1 - 0,2	0,15
střední rychlost proudění v létě w_i [m/s]	0,2 - 0,3	0,25
relativní vlhkost vzduchu j_i (%)	30 - 70	35 - 55

Zdroj: www.energ.cz

1.3 Tepelná zátěž budov

Tepelnou zátěž budov lze rozdělit podle zdroje na vnitřní a vnější. Vnitřní tepelná zátěž je tvořena produkcí tepla lidí, osvětlením, různými technologickými zařízeními. Vnější tepelná zátěž je způsobena především slunečním sáláním, v menší míře konvekci, větráním.

1.3.1 Tepelná zátěž z vnitřních zdrojů tepla

Vnitřní zdroje tepla mají podstatný význam zvláště v prostorách, kde se shromažďuje větší počet lidí. Zdroji tepla jsou většinou lidé, stroje, světelné zdroje, různá zařízení a instalace. Teplo, produkované světelnými zdroji má význam v prostorách, kde se svítí i v době špičkových tepelných zátěží a tedy v místech, kde je běžné denní světlo pro práci nedostačující. Běžně je potřeba počítat s tím, že se téměř celý elektrický příkon přemění na teplo. S menší zátěží je možno počítat pouze u vysokých místností.

Tab. č. 3: Přehled produkovaného tepla osvětlením

Osvětlené prostory	žárovky [W/m ²]	zářivky [W/m ²]
rýsovný, kreslírný, dílny jemné mechaniky	45 až 90	15 až 30
školy, zasedací síně, kanceláře, toalety	27 až 54	9 až 18
vstupní haly, schodiště, šatny	12 až 15	4 až 5
koridory, chodby	6 až 12	2 až 3

Zdroj: Větrání a klimatizace – J. Chyský, L. Oppl a kol.

Při pobytu více osob v jedné místnosti dochází k nadměrné produkci vydechovaného oxidu uhličitého, čímž dochází k úbytku kyslíku a je zapotřebí zajistit jeho přísun pomocí větrání. Pokud by jsme chtěli zahrnout teplo produkované lidmi v místnostech do celkové spotřeby tepla, pak je zapotřebí uvažovat klimatizované místnosti, kde dochází k pravidelným výměnám vzduchu.

Tab. č. 4: Produkce tepla lidským organizmem

Teplota vzduchu v místnosti		[°C]	24	26	28
člověk v klidu	citelné teplo	[W]	74	62	50
	metabolické teplo*	[W]	115	115	115
	výdej páry W	[g/h]	60	79	97
střední fyzická práce	citelné teplo	[W]	79	230	225
	metabolické teplo*	[W]	66	230	273
	výdej páry W	[g/h]	53	230	244

Zdroj: www.nakupeje.cz/klimakomfort/klima

1.3.2 Tepelná zátěž z vnějších zdrojů tepla

Vnější tepelná zátěž je způsobena prostupem tepla stěnami a okny. Rozhodující vliv na velikost této zátěže má sluneční sálání, v menší míře venkovní teplota vzduchu.

Tepelná zátěž oken radiací Q_{or} představuje tepelný tok slunečního záření procházející okny. Je zásadní složkou vnější zátěže. Její velikost závisí především na intenzitě sluneční radiace I_0

$$Q_{or} = S_{os} I_0 c_o s_o \quad [W] \quad (2)$$

S_{os} - osluněná plocha oken (m^2)

I_o – intenzita prostupující sluneční radiace (W/m^2)

c_o – korekce na čistotu atmosféry (venkov $c_o = 1,15$, velkoměsta a průmysl $c_o = 0,85$)

s_o – stínící součinitel (dvojitě sklo $s_o = 0,9$, vnitřní žaluzie $s_o = 0,56$, atp. blíže ČSN 730548)

Tepelná zátěž oken konvekci Q_{ok} je závislá na ploše oken a rozdílu teplot. Její hodnota je řádově menší než zátěž oken radiací a vypočítá se ze vztahu

$$Q_{ok} = S_o k_o (t_i - t_e) \quad [W] \quad (3)$$

S_o – plocha okna včetně rámu (m^2)

k_o – součinitel prostupu tepla

t_e – teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}C$]

t_i – teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}C$]

Tepelná zátěž stěn Q_s představuje tepelný tok vnějšími stěnami mezi interiérem a exteriérem. Zátěž stěn má v místnostech s okny zanedbatelný vliv.

Dalším faktorem ovlivňujícím tepelné ztráty je ofukování budov větrem a jejich situování. Při ofukování větrem dochází k dynamickému tlaku na budovu a tím k vyfukování teplého vzduchu ven z objektu, což je umocněno pokud jsou v budovách stará okna, která netěsní. S touto problematikou souvisí i situování objektu. Ideální situování je takové, aby jižní a případně i západní průčelí objektu bylo plně přístupno solárním ziskům. [5]

1.4 Energeticky aktivní a pasivní budovy

Se snižujícími se zásobami fosilních paliv se stále více mluví o využívání obnovitelných zdrojů energie a o snahách snižování její spotřeby. V této souvislosti je možné rozdělovat budovy na energeticky aktivní a pasivní.

Aktivní budovy odebírají palivo či energii pro vytápění a ohřev vody z vnějších zdrojů a mají instalovány klasické otopné systémy. Aktivní budovy jsou např. budovy, v kterých pracujeme a bydlíme.

Pasivní budovy se obejdou bez klasických topných systémů a jejich uživatelům je v nich přesto teplo. Jedná se o budovy postavené nejmodernějšími technologiemi a díky tomu mají velmi nízkou spotřebu tepelné energie pro vytápění.

Parametr udávající hranici spotřeby energie u budov se nazývá měrná spotřeba energie a bývá udávána v kWh/m² za rok, nebo v kWh/m³ za rok.

Postavené pasivní budovy jsou na první pohled nerozeznatelné od budov nízkoenergetických, nebo klasických. K základním prvkům pasivních budov patří zejména velká prosklená plocha na jižní straně budovy a žádná nebo velmi malá okna na severních stranách. Základem pasivního domu jsou okna s velmi nízkým koeficientem prostupu tepla. Tohoto koeficientu je v posledních letech dosahováno díky vylepšovaným a cenově přijatelným výrobním technologiím. Standardem prosklených ploch bývá trojsklo se speciálním pokovením na vnitřní straně a prodloužení trvanlivosti plynové výplně (např. argon, krypton) mezi skly, eventuálně odčerpání vzduchu mezi skly. Pro zabezpečení užitelnosti pasivního domu musí mít tento vlastnosti plně klimatizovaného domu. Plně klimatizovaným systémem se rozumí, že do budovy je přiváděn pomocí vzduchotechnického zařízení čerstvý vzduch z okolí, který je v zimním období před vstupem do vzduchotechnického systému předehříván, např. tepelným čerpadlem, solárními kolektory eventuálně elektrickým zdrojem tepla a pak odváděn z vnitřních prostorů budov do okolního prostoru přes rekuperátor tepelné energie. V letním období může být teplota v budově udržována na přijatelné hodnotě ochlazováním. Jiný přívod vzduchu do pasivních domů není z energetických důvodů vhodný. Princip řízeného větrání z důvodu psychologických bariér (ne každý uživatel domu je smířen s tím, že nebude větrat klasickým způsobem okny, ale bude zcela závislý na technice) spolu s vyšší pořizovací cenou ve srovnání s standardními budovami, brání jejich rozšíření. [4]

1.4.1 Unik tepelné energie

Značné množství tepla z budovy uniká přes konstrukční výplně (okna a dveře) osazené v obvodovém plášti budov. Výše této ztráty, se obvykle udává v rozmezí 30 až 45 % celkové spotřeby tepelné energie dodané ze zdroje tepla pro vytápění budovy. Prostup tepla výplněmi otvorů ovlivňuje zejména materiál výplně (u oken prosklení), rámu, osazení výplně v rámech a návaznost na stěny obvodových konstrukcí. [4]

1.4.2 Tepelné vlastnosti staveb

Základními parametry jsou tepelné vlastnosti stavebních materiálů. Je to zejména součinitel tepelné vodivosti λ . Stavební materiály patří ke špatným vodičům tepla ($\lambda < 1$). Součinitel λ závisí na druhu materiálu, objemové hmotnosti, druhu pórů, u sypkých materiálů na velikosti zrn, teplotě a vlhkosti. Na součinitele tepelné vodivosti λ má podstatný vliv objemová hmotnost. Dutiny vyplněné vzduchem značně snižují tepelnou vodivost. Pro velikost dutin je charakteristická pórovitost. Tepelná vodivost stavebních materiálů se podstatně zvětšuje se vzrůstem jejich vlhkosti. Praktické hodnoty součinitelů tepelné vodivosti se uvádějí nejčastěji pro hmotu v suchém stavu a při tzv. rovnovážné vlhkosti. Vlhkost stěn není během roku stejná a mění se podle vnějších a vnitřních klimatických podmínek. Rovnovážná vlhkost stavebních materiálů závisí převážně na relativní vlhkosti vzduchu. [4]

1.5 Otopná soustava

1.5.1 Parametry otopné soustavy v průběhu otopného období

Otopné období je čas, kdy jsou zdroje tepla uvedeny do stavu pohotovosti k dodávce tepla spotřebitelům, začíná 1. září a končí 31. května. Dodávka tepla se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v místě poklesne pod $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro následující den. Stejně tak je tomu i naopak. Mezní hodnoty tepelného výkonu jsou dány nejnižší venkovní výpočtovou teplotou, při které je vytápění ukončeno. Během otopného období se mění tepelný výkon zdroje a otopné soustavy v závislosti na venkovní teplotě. Nejnižší teplota, na kterou jsou zdroj tepla i otopná plocha dimenzovány, je výpočtová venkovní teplota oblasti, ve které se budova nachází. Výpočtové venkovní teploty nejsou extrémními nejnižšími teplotami, ale je jich dosaženo během několika po sobě následujících desítek hodin. Výpočtové venkovní teploty vytváří teoreticky tepelně ustálený stav. Zdroj je pro tyto podmínky navrhnut na tzv. jmenovitý výkon. Nejnižší tepelný výkon má topný zdroj při venkovních teplotách, při kterých je vytápění ukončeno. Venkovní teplota pro ukončení vytápění je dána zvýšením teploty nad průměrnou denní hodnotu, dosahovanou po dva dny po sobě. Volba tohoto kritéria nejvyšší venkovní teploty je závislá od akumulčních schopností budovy. Optimálně je uvažovaná teplota ukončení topné sezóny $t_{\text{emax}} = +13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro budovy lehké bez akumulace se doporučuje teplota $t_{\text{emax}} = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$. [6]

Výpočtová teplota uvnitř vytápěných prostorů budovy je závislá na účelu budovy. Nejčastěji se za výpočtovou teplotu vnitřního prostoru uvažuje teplota tepelné pohody v bytových prostorech $t_i = +21\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.5.2 Stanovení výkonu v otopném období

Výpočet procentního průběhu výkonu mezi dvěma teplotními kritérii můžeme určit podle vztahu:

$$Q_{\%} = K (t_i - t_e). \quad (4)$$

K.....konstanta převodu na procenta

t_i teplota interiéru

t_e teplota exteriéru

Máme-li zadánu venkovní teplotu, teplotu interiéru a známe-li teplotu, při které je vytápění ukončeno, pak podle uvedeného vzorce zjistíme průběh procentuálního jmenovitého měrného výkonu.

Vstupní hodnoty: $t_e = -15^{\circ}\text{C}$, $t_i = 20^{\circ}\text{C}$ a teplota ukončení vytápění $t_u = 13^{\circ}\text{C}$ ze vztahu 1.1 vypočteme konstantu K:

$$K = Q_{\%} / t_i - t_e = 100 / 20 - (-15) = 2,857$$

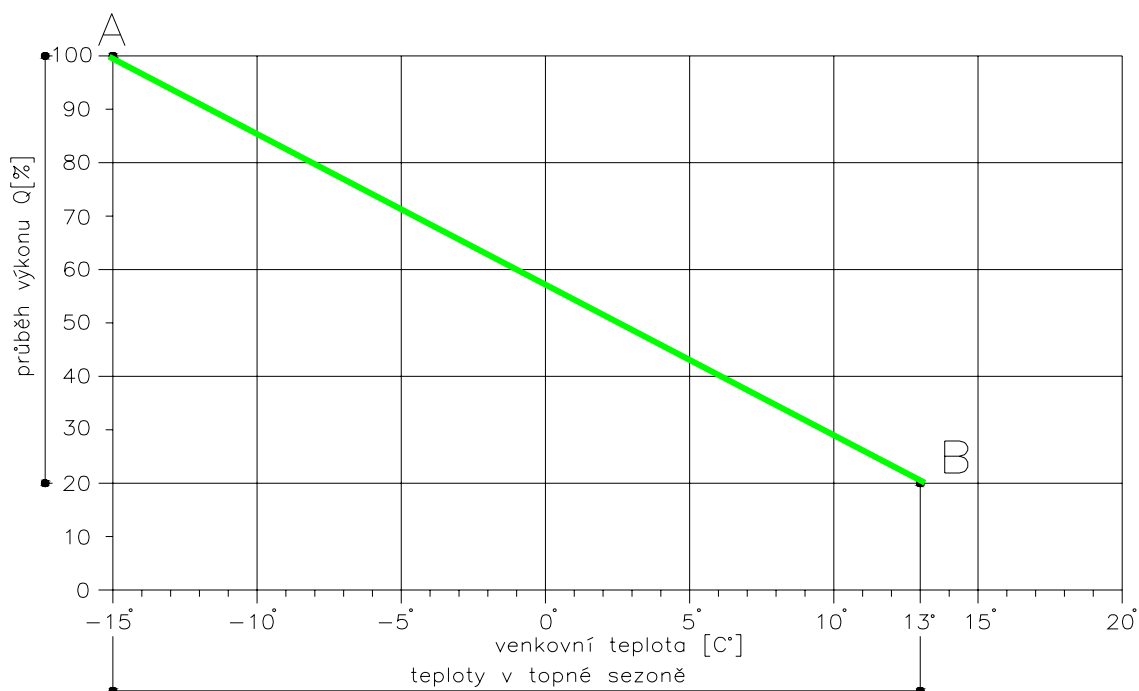
Z výše uvedeného vyplývá, že pro jmenovitý výkon $Q_{\%} = 100\%$ za daných teplot vychází konstanta $K = 2,857$.

Při venkovní teplotě -15°C je tedy výkon na 100%. Pokud teplota stoupne až na hranici ukončení vytápění 13°C . Pak podle vztahu (4) vyjde

$$Q_{\%} = K (t_i - t_e) = 2,857 (20 - 13) = 20\%,$$

což je měrný nejnižší výkon. Zaneseme-li výsledné hodnoty do grafu a propojíme, dostaneme lineární průběh měrného výkonu v otopném období od teploty -15°C do teploty $+13^{\circ}\text{C}$. [3]

**Graf č. 1: Lineární průběh měrného výkonu v topném období
od teploty -15 °C do teploty +13 °C**



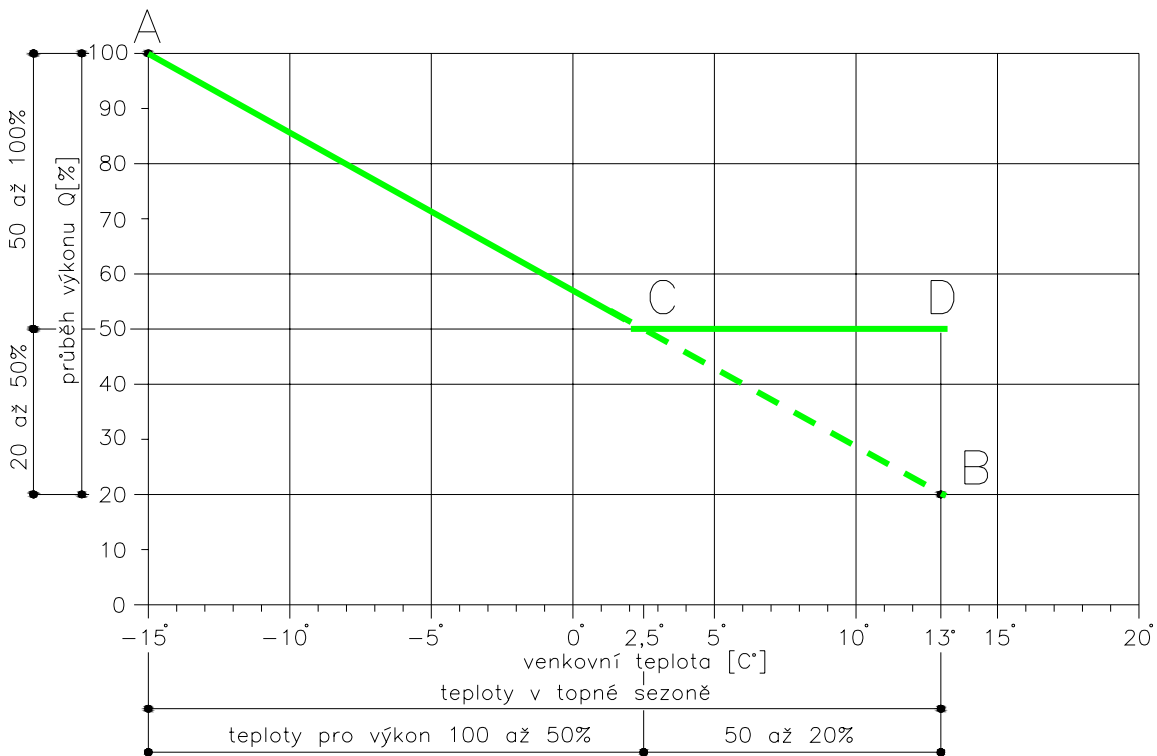
Zdroj: Energie a peníze, prosinec 2005

1.5.3 Regulace výkonu zdroje

Plynulá regulace tepelného výkonu otopného zdroje odpovídá přesně teplu odebranému podle venkovních teplot. Plynulá regulace znamená, že otopný zdroj dokáže dodat takové množství tepla (výkon), jaké odpovídá tepelné ztrátě budovy. Plynulá regulace pro uvedený příklad s teplotním rozsahem otopného období od -15 °C do +13 °C je tedy od 100 % do 20 % a křivka odebíraného tepla odpovídá křivce, uvedené v grafu č.1

Často bývá u regulační schopnosti topného zdroje omezený rozsah plynulé regulace, a to zejména při nižších hodnotách tepelného výkonu. U spotřebičů s plynovým atmosférickým hořákem je dosahováno plynulého regulování výkonu od 100 % až do 50 %. Při nižším výkonu je spotřebič provozován přerušovaně s nejnižším regulovaným výkonem, tedy 50 % (viz. graf č.2 – přímka C-D).

plynulé regulaci od 100 do 50 %



přímka A – C : plynulá regulace měrného výkonu od 100 do 50%

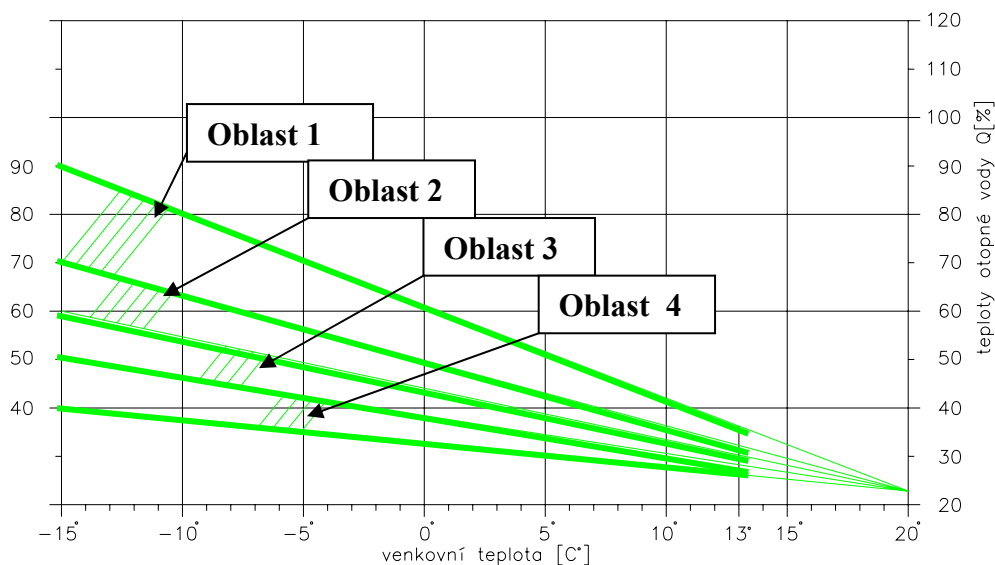
přímka C – D : regulace měrného výkonu 50% $Q_{\%A}$

Zdroj: Energie a peníze, prosinec 2005

K nejzákladnějším parametrům pro přenos tepla v otopné vodě patří její teplotní parametry. Pro přenos tepla mezi zdrojem a otopnou plochou je rozhodující teplotní spád otopné vody, který většinou stanovujeme při jmenovitém výkonu, tj. při výpočtové venkovní teplotě. Graf č.3 zobrazuje teplotu otopné vody v závislosti na venkovní teplotě.

[3]

Graf č. 3: Průběh topných křivek pro rozsah venkovních teplot od – 15 do + 13 °C



Oblast 1 - se jmenovitým teplotním spádem 90/70 °C, $\Delta t = 20$ °C, $t_s = 80$ °C

Oblast 2 - se jmenovitým teplotním spádem 70/60 °C, $\Delta t = 10$ °C, $t_s = 65$ °C

Oblast 3 - se jmenovitým teplotním spádem 60/50 °C, $\Delta t = 10$ °C, $t_s = 55$ °C

Oblast 4 - se jmenovitým teplotním spádem 50/40 °C, $\Delta t = 10$ °C, $t_s = 45$ °C

Zdroj: Energie a peníze, prosinec 2005

1.5.4 Stanovení měrného výkonu podle teplotního spádu

Pro výpočet výkonu otopné plochy je rozhodující střední teplota otopné vody a konstantní teplota vzduchu v místnosti. Pro porovnání měrných výkonů, podle teplot otopné vody, platí pro otopnou plochu vztah pro měrný výkon

$$Q_{\%} = K (t_m - t_v) \quad (5)$$

Kkonstanta pro vyjádření procentního výpočtu

t_m střední teplota otopné vody v otopné ploše

t_v teplota vzduchu v místnosti (20 °C)

Konstantu K můžeme vypočítat při výběru teplotního spádu $t_p/t_z = 90/70$ °C

$$K = Q_{\%} / t_m - t_v = 100/80 - 20 = 1,666$$

Měrný výkon podle teplotního spádu je pro:

Oblast 1

(při $t_m = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$Q_{\%} = K (t_m - t_v) = 1,666 (80 - 20) = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Oblast 2

(při $t_m = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$Q_{\%} = K (t_m - t_v) = 1,666 (65 - 20) = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Oblast 3

(při $t_m = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$Q_{\%} = K (t_m - t_v) = 1,666 (55 - 20) = 58,3\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Oblast 4

(při $t_m = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$Q_{\%} = K (t_m - t_v) = 1,666 (45 - 20) = 41,7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

[3]

1.6 Denostupňová metoda

1.6.1 Popis výpočtu pomocí denostupňové metody a její využití

Denostupňová metoda je jedním z postupů, které slouží pro návrh, vyhodnocování a porovnávání zdrojů a spotřebičů tepla. Spočívá v měření průměrné teploty vytápěné místnosti a venkovní teploty (každý den třikrát). Součinem počtu topných dnů a rozdílu průměrné vnitřní a venkovní teploty jsou dány topné jednotky, nebo-li denostupně

$$^{\circ}\text{D} = t_d (T_i - T_e) \quad (6)$$

$^{\circ}\text{D}$ počet denostupňů

t_d počet topných dnů

T_i vnitřní teplota

T_e venkovní teplota

Výpočtem se stanoví počet denostupňů (topných jednotek) za uvažované období. Výpočet se provádí pro každý den ze zadaného období zvlášť. Podělením celkové spotřeby tepla tímto číslem dostaneme měrnou spotřebu tepla na jeden denostupeň. Jedná se o hodnotu, v které je zohledněna rozdílná venkovní teplota v jednotlivých otopných obdobích a lze ji tedy porovnávat s hodnotami naměřenými v jiných letech.

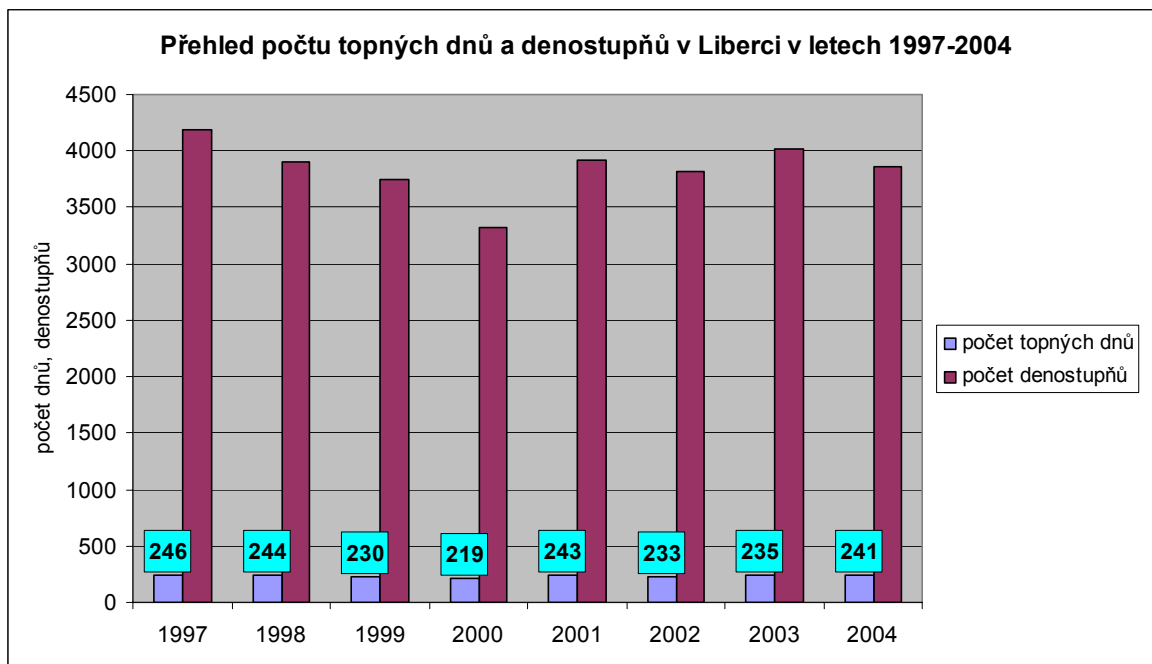
Jedním z hlavních problémů je stanovení počtu otopných dnů. Otopné období je čas, kdy jsou zdroje tepla uvedeny do stavu pohotovosti k dodávce tepla spotřebitelům. Začíná 1. září a končí 31. května. Dodávka tepla se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v místě poklesne pod +13 °C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C pro následující den. Vytápění se omezí nebo přeruší v otopném období tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě vystoupí nad +13 °C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat pokles této teploty pro následující den. [7]

Tab. č. 5: Počet denostupňů, počet topných dnů a průměrná teplota v topných dnech naměřená hydrometeorologickou stanicí Liberec

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
počet topných dnů	246	244	230	219	243	233	235	241
průměrná teplota (°C)	3	4	3,7	4,8	3,9	3,6	2,9	3,7
počet denostupňů	4182	3904	3749	3328,8	3912,3	3821,2	4018,5	3865,1

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav

Graf č. 4: Přehled počtu topných dnů a denostupňů v Liberci za období 1997 - 2004



Zdroj: vlastní

1.6.2 Teplota vnitřního a venkovního vzduchu

Při stanovení průměrné teploty vnitřního vzduchu, která se do vzorce pro výpočet denostupňů zadává, je potřebné respektovat účel výpočtu. Při návrhu zařízení, nebo při výpočtu spotřeby tepla v technické zprávě projektu vstupují normové - návrhové hodnoty. Naopak při vyhodnocení skutečné spotřeby tepla je třeba zadat vnitřní teploty podle skutečnosti. A to zvláště tehdy, kdy překračují hodnoty návrhové. Při porovnávání skutečné a návrhové spotřeby tepla jsou potřebné oba údaje. Průměrná teplota vnitřního vzduchu při režimovém vytápění se stanovuje jako vážený průměr po celou dobu 24 hodin. Pro použití školních budov je typický provozní režim s maximálním využitím v dopoledních hodinách, menším využitím odpoledne a velmi malým nebo žádným večer a v noci. Odtud vyplývá typický režim vytápění, kdy hlavní dodávka tepla se odehrává dopoledne a v ostatní dobu je přívod tepla utlumen. V objektech, kde provozní režim pouze přes týden, se o víkendech vytápěné prostory temperují. Hloubka teplotního útlumu je závislá na tepelně-technických vlastnostech stavebních konstrukcí i na vlastnostech budovy jako celku.

Při měření vnitřní teploty je třeba dbát v úvahu umístění teploměru. Teploměry, které měří teplotu uvnitř místnosti bývají většinou umístěny na zdi. Je třeba rozlišovat, zda se jedná o zdi venkovní, kde je teplota v bezprostřední blízkosti zdi značně nižší než teplota vzduchu v místnosti a může docházet k poměrně velkým teplotním odchylkám, nebo o zdi vnitřní, kde je teplota stejná jako teplota prostředí. Správné měření průměrné teploty vnitřního vzduchu ve vytápěných místnostech se provádí teploměrem odstíněným vůči sálání okolních ploch a vlivu oslunění. Průměrná teplota činí jednu čtvrtinu součtu teplot vnitřního vzduchu naměřených uprostřed půdorysu místnosti ve výši 1 m nad nášlapnou vrstvou podlahy v 8.00, 12.00, 16.00 a 21.00 hod. [7]

1.6.3 Stanovení spotřeby tepla na denostupeň dle vyhlášky č.152/2001

Stanovení spotřeby tepla se také provádí na základě vyhlášky č.152/2001 Sb. kde lze použít u nových staveb kolaudovaných v roce 2006 při vytápění z plynové kotelny hodnotu 0,162 MJ na jeden čtverečný metr započitatelné podlahové plochy a jeden denostupeň.

V předchozí vyhlášce č.245/1995 Sb. ve znění vyhlášky č.85/1998 Sb. byla tato hodnota při vytápění z plynové kotelny stanovena na 0,235 MJ na jeden metr čtverečný započitatelné podlahové plochy a jeden denostupeň. [8]

2 Popis a charakteristiky vytápěných budov

2.1 Budova „K“

Obr. č. 2: Budova „K“



Zdroj: vlastní

2.1.1 Využití a popis objektu

Objekt je v současné době využíván převážně pro výuku studentů TUL resp. v 1.NP jsou prodejní prostory a ve 2.NP jsou umístěny výukové prostory jazykové školy. Provoz objektu odpovídá režimu výukového objektu TUL (výukové období – plný provoz, zkouškové období – mírný provoz, prázdniny – slabý provoz).

Objekt má v půdorysu tvar obdélníku o rozměru cca 21,1 x 32,2 m s určitými nepravidelnostmi v podobě výklenků, zkosení apod. Zastavěná plocha objektu je cca 755,9 m² a obestavěný prostor (bez nevyužívaných půdních prostor) cca 20 338,4 m³. Objekt má pět nadzemní podlaží (do ulice) resp. sedm nadzemní podlaží (v zadní části).

[2]

2.1.2 Zdroj tepla

Objekt TUL budova „K” není vybaven vlastním zdrojem pro výrobu tepla. Teplo je do objektu dodáváno z externí sítě centrálního zásobování teplem města Liberec, napájené ze zdroje Teplárna Liberec. Primárním nositelem tepla, přiváděným do objektu je topná voda o jmenovitých parametrech 110/60 °C, dodávaná z okružní výměňkové stanice v objektu „Hotel Česká Beseda”. Teplota této topné vody je v topném období ekvitermicky regulována. Předávací stanice tepla byla nainstalována v roce 1997. Je situována v přízemí zadní partie objektu a obsahuje kompaktní výměňkovou stanici voda – voda, vybavenou dvěma deskovými výměníky, dále rozdělovače vratné a přívodní vody, zařízení pro udržování tlaku v sekundární síti (umístěno v prostoru sousední strojovny vzduchotechniky) a další příslušenství. Na přívodním rozdělovači topné vody o jmenovité teplotě max. 90 °C je instalován vývod pro ústřední vytápění objektu, vybavený oběhovým čerpadlem a směšovací armaturou pro regulaci teploty topné vody a vývod pro vzduchotechniku s oběhovým čerpadlem bez další regulace teploty. Součástí předávací stanice je měření dodávky tepla, instalované na straně primární topné vody. Obsluha předávací stanice je prováděna personálem teplárny, zásahy do stanice jsou prováděny touto obsluhou na žádost provozovatele budovy. [2]

2.1.3 Otopná soustava

Vytápěcí soustava je teplovodní s maximálním teplotním spádem 90/70 °C při venkovní teplotě -18 °C. Teplota topné vody je ekvitermicky regulována a to v prvním stupni regulací teploty primární topné vody ve zdroji (ve výměňkové stanici „Beseda”), v druhém stupni směšovací třicestnou armaturou na vývodu topné vody do topného rozvodu objektu. Ležatý topný obvod je uložen v průchozím kolektoru, probíhajícím pod podlahou přízemí podél tří stran objektu. Otopnou plochu tvoří převážně litinové článkové radiátory vybavené na přívodech topné vody radiátorovými kohouty.

Odebírané teplo je spotřebováno v podstatě pouze pro ústřední vytápění a jen ve velmi omezené míře pro účely větrání. Ohřev teplé užitkové vody je prováděn elektřinou. Proto je předávací stanice v letním období odstavena. [2]

Tab. č. 6: Přehled spotřeby tepla v budově „K“

Měsíc	spotřeba tepla v budově „K“ (GJ) - (vytápěný objem 12 297m ³)							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
leden	231	228	220	276	284	329	342	271
únor	216	296	331	285	352	266	415	282
březen	172	272	266	311	267	241	293	264
duben	211	181	199	141	242	220	229	98
květen	46	84	67	11	61	31	14	54
červen	0	9	0	6	7	0	0	12
červenec	1	1	0	0	0	0	0	0
srpen	0	0	0	0	0	0	0	0
září	26	74	6	44	70	55	26	9
říjen	101	123	157	77	99	183	199	84
listopad	214	275	270	173	287	254	135	193
prosinec	272	437	416	348	447	397	446	331
celkem	1 490	1 980	1 932	1 672	2 116	1 976	2 099	1 598

Zdroj: TUL

2.2 Budova „P“

Obr. č. 3: Budova „P“



Zdroj: vlastní

2.2.1 Využití a popis objektu

Objekt je v současné době využíván pro výuku studentů TUL. Budova má v půdorysu nepravidelný tvar přibližně písmene „L” se dvěma přístavky. Objekt lze půdorysně vepsat do obdélníku o rozměrech cca 80,15 x 43,9 m. Zastavěná plocha objektu je cca 1 531,4 m² a obestavěný prostor cca 23 255,7 m³.

Provoz objektu odpovídá režimu výukového objektu TUL (výukové období – plný provoz, zkouškové období – mírný provoz, prázdniny – slabý provoz). [2]

2.2.2 Zdroj tepla

Objekt TUL „P” je vybaven vlastním zdrojem tepla pro vytápění. Původní systém nízkotlaký parní s kotelnou na tuhá paliva byl v roce 1996 rekonstruován na teplovodní s instalací teplovodní kotelny na zemní plyn. Instalovány jsou tři kotle článkové litinové s atmosférickými hořáky firmy Hidrotherm typ Eurotemp Mistral o kapacitě po 150 kW. Jedná se o moderní kotle s vysokou účinností, vybavené regulační technikou pro automatický provoz a řízení vytápěcí soustavy. Celková instalovaná kapacita je tedy 450 kW, provozovány jsou v zimní špičce souběžně 2 kotle. Teplotní parametry systému jsou max. 90/70 °C při -18 °C. [2]

2.2.3 Otopná soustava

Topný systém je dvoutrubkový s nuceným oběhem se spodním vodorovným rozvodem pod stropem suterénu a připojením radiátorů stoupačkami. Topné radiátory jsou vybaveny na vstupu topné vody regulačními ventily. V místnostech s trvalým pobytem osob bylo předepsáno projektem vybavení regulačních ventilů termostatickými hlavicemi (cca 103 ks), zbytek ručním ovládáním (cca 87 ks). Celý topný systém je rozdělen na šest větví, které jsou na rozdělovači v kotelně vybaveny každá vlastním oběhovým čerpadlem a směšovacím zařízením pro regulaci teploty topné vody. Rozdělení na topné větve bylo projektantem navrženo sloučením prostorů stejného typu a provozního režimu. Instalovaný výkon radiátorů je 433 kW.

V objektu jsou rovněž tři bytové jednotky. Tyto byty jsou vybaveny samostatným nezávislým vytápěcím zařízením na bázi zemního plynu (etážové kotle, plynová topidla, plynové ohřívače teplé vody).

[2]

Tab. č. 7: Přehled spotřeby tepla v budově „P“

měsíc	spotřeba tepla v budově „P“ (GJ) - (vyt.objem 16 443m ³)						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
leden	373,7	401,9	432,7	399,4	383,0	466,7	398,9
únor	259,2	376,6	329,5	307,1	237,6	385,9	293,1
březen	285,2	245,0	260,3	266,1	207,4	229,9	270,1
duben	94,2	128,4	79,4	134,3	115,7	145,6	87,7
květen	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
červen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
červenec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
srpen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
září	41,1	0,0	0,0	61,0	40,4	0,0	19,7
říjen	123,8	136,4	830,6	74,9	194,6	182,2	97,0
listopad	309,9	300,7	178,9	284,1	175,0	168,5	240,2
prosinec	367,5	1203,5	325,9	1022,0	400,0	295,2	267,2
celkem	1 855	2 826	2 437	2 549	1 754	1 874	1 674

Zdroj: TUL

2.3 Objekt „I“ - koleje Vesec

Obr. č. 4: Objekt „I“



Zdroj: vlastní

2.3.1 Využití a popis objektu

Areál je využíván TUL jednak pro ubytovací účely studentů (objekt „C“ – kolej Vesec), pro výukové a výzkumné účely (objekt „A“ přízemí a část patra) a víceúčelově pro výuku, ubytování a večerní stravování studentů (objekt „B“). Provoz objektu odpovídá režimu výukového objektu TUL (výukové období – plný provoz, zkouškové období – mírný provoz, prázdniny – slabý provoz). [2]

Areál se skládá ze tří na sebe navazujících bloků s následujícími charakteristikami:

Tab. č. 8: Popis objektu areálu „I“

Objekt	Půdorys(m)	Zast.plocha (m ²)	Obest. prostor (m ³)	Počet np
A	44,2 x 27,5	1153,6	11 728,20	3
B	41,9 x 38,4	1260,2	7 175,30	2
C	62,9 x 13,8	868	14 868,50	5

Zdroj: energetický audit

2.3.2 Zdroj tepla

Areál objektů TUL (budovy „I“) ve Vesci není vybaven vlastním zdrojem pro výrobu tepla. Teplo je formou páry dodáváno z externího zdroje, kterým je systém centrálního zásobování města Liberec teplem, napájený z teplárny Liberec.

Pro zásobování areálu teplem pro účely vytápění, větrání a ohřev teplé užitkové vody je v přízemí objektu „B“ instalována výměňková stanice. Primárním nositelem tepla je pára o tlaku 0,6 - 0,8 MPa a teplotě do 180 °C. Sekundárním nositelem tepla je topná teplá voda o teplotních parametrech do 92,5/67,5 °C připravovaná ve dvou výměnících pára-voda. Výstup ohřáté vody z výměníku je rozdělen na přívod do rozdělovače pro vzduchotechniku a přívod do hydraulického vyrovnávače dynamického tlaku soustavy ústředního vytápění. Topná voda je z malé části využívána bez další regulace teploty pro vzduchotechnická zařízení, z větší části pro ústřední vytápění, pro které je teplota topné vody ve výměňkové

stanici ekvitermicky regulována a to samostatně pro každou z 5-ti větví topných rozvodů (větev: objekt „A“ – sever, „A“ – jih, „B“ – sever, „B“ – jih a „C“). Každá větev je vybavena vlastní oběhovým čerpadlem a směšovací armaturou nebo regulačním ventilem. Ve výměňkové stanici je instalováno zařízení pro ohřev teplé užitkové vody, obsahující akumulární nádobu o objemu 2500 l pro předeřev vody kondenzátem a výměník pára-voda pro průtočný dořev na spotřební teplotu. Výměňková stanice je vybavena dále potřebným příslušenstvím pro udržování tlaku v síti a změkčovacím filtrem pro doplňování sítě upravenou vodou. Původní výměňková stanice, instalována v roce 1998, byla v roce 2001 částečně rekonstruována. Byly instalovány nové výměňky, expanzní nádrže, vyrovnávač dynamického tlaku a zařízení pro oběh a regulaci teplot topné vody ve větvích topných rozvodů. [2]

2.3.3 Otopná soustava

Stávající vytápěcí soustava je teplovodní s nuceným oběhem. Rozvody topné vody pro objekty „A“ a „B“ jsou rozděleny na větve zásobující severní a jižní strany objektů, samostatně regulovatelné ve výměňkové stanici. Rozvod pro objekt „C“ není dělen podle světových stran, ale topná tělesa v místnostech orientovaných na jih byla vybavena regulačními ventily s termostatickými hlavicemi. Teplotní parametry topné vody jsou max. 92,5/67,5 °C při vnější teplotě –18 °C.

Vytápěcí soustava je rozdělena na 5 sekcí, pro které jsou instalována na rozdělovači topné vody samostatná oběhová čerpadla. Teplota topné vody je ekvitermicky regulována samostatně pro každou větev. Topnou plochu tvoří v podstatné části deskové radiátory, jen výjimečně se vyskytují dodatečně instalovaná jiná tělesa. Horizontální rozvody topné vody pro objekty „A“ a „B“ jsou vedeny pod stropem v přízemí těchto objektů, v objektu „C“ je rozvod uložen v kanálu pod podlahou přízemí podle obvodových stěn. Kompenzace vlivu oslunění vlivu oslunění jižní fasády objektu „C“ byla řešena projektem instalací regulačních ventilů s termostatickými hlavicemi na přívodu topné vody do topných těles v místnostech s okny na jižní straně objektu. [2]

Tab. č. 9: Přehled spotřeby tepla v budově „I“

měsíc	spotřeba tepla v areálu „I“ - Vesec(GJ) - (vyt. objem 24 391m ³)							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
leden	499	427	448	458	458	617	652	691
únor	422	536	508	466	637	497	699	602
březen	386	492	211	494	469	360	493	569
duben	367	253	553	226	411	464	336	282
květen	104	115	89	73	151	91	80	198
červen	112	107	57	68	133	75	68	84
červenec	16	49	10	13	21	0	34	63
srpen	0	5	10	0	0	0	3	154
září	29	117	16	96	195	130	97	110
říjen	175	357	289	250	276	443	459	292
listopad	354	607	458	674	508	443	464	486
prosinec	487	708	694	362	833	688	672	657
celkem	2 951	3 773	3 343	3180	4 092	3 808	4057	4 188

Zdroj: TUL

2.4 Budova „S“

Obr. č. 5: Budova „S“



Zdroj: vlastní

2.4.1 Využití a popis objektu

Objekt má v půdorysu nepravidelný tvar, tvořící dva „věžové“ objekty obdélníkového půdorysu propojené spojovacím objektem (schodiště + výtahová šachta). Objekt lze půdorysně vepsat do obdélníku o rozměru cca 18,0 x 30,0 m. Zastavěná plocha objektu je cca 516,7 m² a obestavěný prostor cca 14 508,8 m³. Objekt má jedno podzemní podlaží na celém půdorysu zcela zapuštěné pod terén a osm nadzemní podlaží. Provoz objektu odpovídá režimu výukového objektu TUL (výukové období – plný provoz, zkouškové období – mírný provoz, prázdniny – slabý provoz). [2]

2.4.2 Zdroj tepla

Objekt TUL budova “S” není vybaven vlastním zdrojem pro výrobu tepla. Teplo je do objektu dodáváno z externí sítě centrálního zásobování teplem města Liberec, napájení z teplárny Liberec. Zásobování teplem je v případě tohoto objektu realizováno ze sekundární sítě a to z výměníkové stanice v objektu „Pošta“. [2]

2.4.3 Otopná soustava

Systém ústředního vytápění je realizovaný podle projektu z roku 1996. V této době byl zrušen vlastní zdroj tepla – kotelna na tuhá paliva a provedena rekonstrukce vytápěcího systému s připojením na externí zdroj tepla, dodávající teplou topnou vodu. Instalován je sdružený rozdělovač, vybavený čtyřmi samostatnými rozvodnými větvemi, rozdělenými podle orientace fasád ke světovým stranám. Každá větev je vybavena oběhovým čerpadlem a směšovačem pro regulaci výstupní teploty topné vody. Tato regulace na topných větvích je doplněna podle projektů instalací termostatických hlavice na některých regulačních ventilech topných těles. Tím je zaručena možnost kvalitní regulace teplot v místnostech a tedy i úsporný provoz vytápěcí soustavy. Spotřeba tepla je měřena kalorimetrickým měřidlem, umístěným v prostoru výměníkové stanice „Pošta“.

[2]

Tab. č. 10: Přehled spotřeby tepla v budově „S“

Měsíc	spotřeba tepla v budově „S“ (GJ) - (vyt.objem 9 613m ³)				
	2000	2001	2002	2003	2004
leden	270	149	586	554	522
únor	276	256	203	534	519
březen	256	191	169	119	315
duben	145	205	129	135	117
květen	11	48	15	8	33
červen	5	9	0	0	16
červenec	15	1	0	0	0
srpen	15	0	0	0	0
září	55	112	66	1	5
říjen	117	107	86	155	70
listopad	182	241	423	176	141
prosinec	299	391	467	487	252
celkem	1646	1 710	2 144	2169	1 990

Zdroj: TUL

2.5 Budova „H“

Obr. č. 6: Budova „H“



Zdroj: vlastní

2.5.1 Využití a popis objektu

Provoz objektu odpovídá režimu výukového objektu TUL (výukové období – plný provoz, zkouškové období – mírný provoz, prázdniny – slabý provoz). Ve 2. a 3. podlaží je provozováno ubytovací zařízení (hotel). [2]

2.5.2 Zdroj tepla

Objekt není vybaven vlastním zdrojem pro výrobu tepla. Teplo je do objektu dodáváno z externí sítě centrálního zásobování teplem města Liberce, napájené ze zdroje teplárna Liberec. Primárním nositelem tepla je mírně přehřátá středotlaká pára o tlaku 0,6 - 0,8 MPa. V druhém suterénu nižší části objektu je instalována výměňková stanice, obsahující jak zařízení pro ohřev teplé vody o teplotních parametrech max. 92,5/67,5 °C, tak zařízení pro centrální ohřev teplé užitkové vody.

Původní výměňková stanice z roku 1983 byla v roce 1992 z části doplněna (chemická úprava vody, ohřívák a cirkulační čerpadla v roce) nebo částečně rekonstruována. V roce 2006 došlo v celém objektu k výměně oken. [2]

Tab. č. 11: Přehled spotřeby tepla v budově „H“

měsíc	spotřeba tepla v budově „H“ (GJ) - (vytápěný objem 33125m ³)							
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
leden	666	545	649	823	1 780	738	798	581
únor	682	526	785	840	2 127	675	1117	652
březen	437	650	517	783	1 183	496	797	629
duben	448	348	431	530	467	583	737	440
květen	148	277	94	416	239	154	155	167
červen	23	119	36	417	139	120	79	126
červenec	0	64	3	430	45	113	18	73
srpen	0	140	0	287	91	92	21	28
září	38	293	110	588	322	142	15	51
říjen	250	467	483	819	316	477	530	184
listopad	565	724	702	1 321	787	665	577	383
prosinec	799	1 186	1 123	2 208	1 160	1 453	940	1 095
celkem	4 056	5 339	4 933	9462	8 656	5 708	5784	4 409

Zdroj: TUL

3 Výpočtová část

3.1 Výpočet Denostupňů

Tab. č. 12: Tabulka pro výpočet denostupňů

den	leden				denostupně
	teplota [°C]				
	7:00	14:00	21:00	pr.hodnota	
1.	-5,0	0,0	-8,0	-4,3	25,3
2.	-7,0	-1,0	-7,0	-5,0	26,0
3.	-6,0	0,0	-4,0	-3,3	24,3
4.	-3,0	-1,0	-6,0	-3,3	24,3
5.	-7,0	-2,0	-8,0	-5,7	26,7
6.	-8,0	-1,0	-9,0	-6,0	27,0
7.	-9,0	1,0	-10,0	-6,0	27,0
8.	-10,0	0,0	-9,0	-6,3	27,3
9.	-5,0	0,0	-8,0	-4,3	25,3
10.	-3,0	-1,0	-5,0	-3,0	24,0
11.	-4,0	0,0	-4,0	-2,7	23,7
12.	-5,0	1,0	-5,0	-3,0	24,0
13.	-5,0	2,0	-5,0	-2,7	23,7
14.	-6,0	0,0	-3,0	-3,0	24,0
15.	-5,0	-3,0	-4,0	-4,0	25,0
16.	-2,0	0,0	-3,0	-1,7	22,7
17.	-8,0	-3,0	-6,0	-5,7	26,7
18.	-6,0	-2,0	-7,0	-5,0	26,0
19.	-7,0	-1,0	-5,0	-4,3	25,3
20.	-9,0	-3,0	-6,0	-6,0	27,0
21.	-5,0	-1,0	-5,0	-3,7	24,7
22.	-3,0	2,0	-3,0	-1,3	22,3
23.	-1,0	3,0	-4,0	-0,7	21,7
24.	-7,0	0,0	-6,0	-4,3	25,3
25.	-3,0	2,0	-5,0	-2,0	23,0
26.	-7,0	-2,0	-4,0	-4,3	25,3
27.	-5,0	0,0	-4,2	-3,1	24,1
28.	-4,0	1,0	-3,0	-2,0	23,0
29.	-5,0	1,0	-3,0	-2,3	23,3
30.	-4,0	2,0	-3,0	-1,7	22,7
31.	-3,0	3,0	-3,0	-1,0	22,0
	-5,4	-0,1	-5,3	-3,6	762,7

Zdroj: vlastní

V tabulkovém kalkulátoru jsem vytvořil mustr (viz.tab č.12), kde jsou zaznamenávány teploty pro každý den, vždy v 7, 14 a 21 hodin. Na základě těchto hodnot a vzorce pro výpočet denostupňů (viz kap. 1.7) se v tabulce zobrazí počet denostupňů za uplynulý den. Tyto hodnoty se postupně sčítají a po zaznamenání hodnot z posledního dne v měsíci vyjde celkový počet denostupňů za uplynulý měsíc.

3.2 Stanovení spotřeby tepla na denostupeň dle vyhlášky č.152/2001

Tab. č. 13: Přehled vytápěných ploch a prostor vybraných objektů TUL

objekt	vytápěná plocha [m ²]	vytápěný prostor [m ³]
K	3 726	12 297
P	4 287	16 291
S	2 810	9 585
I	8 560	24 392
H	10 000	33 660

Zdroj: Energetický audit budov TUL

Jedná se o starší budovy, kolaudované v minulých letech. Pro výpočet tedy použiji hodnotu 0,235 MJ na jeden metr čtverečný vytápěné podlahové plochy a jeden denostupeň na základě vyhlášky č.245/1995 Sb. Spotřeba tepla na denostupeň pak vyjde:

Tab. č. 14: Vypočítané spotřeby tepla vybraných objektů TUL

objekt	spotřeba tepla [GJ/°D]
K	0,876
P	1,007
S	0,66
I	2,01
H	2,35

Zdroj: Vlastní

3.3 Stanovení spotřeby tepla na denostupěň na základě skutečných spotřeb

V následující tabulce jsou zobrazeny hodnoty spotřeb tepla na jeden denostupěň v jednotlivých budovách a uvažovaných letech, založené na skutečných hodnotách.

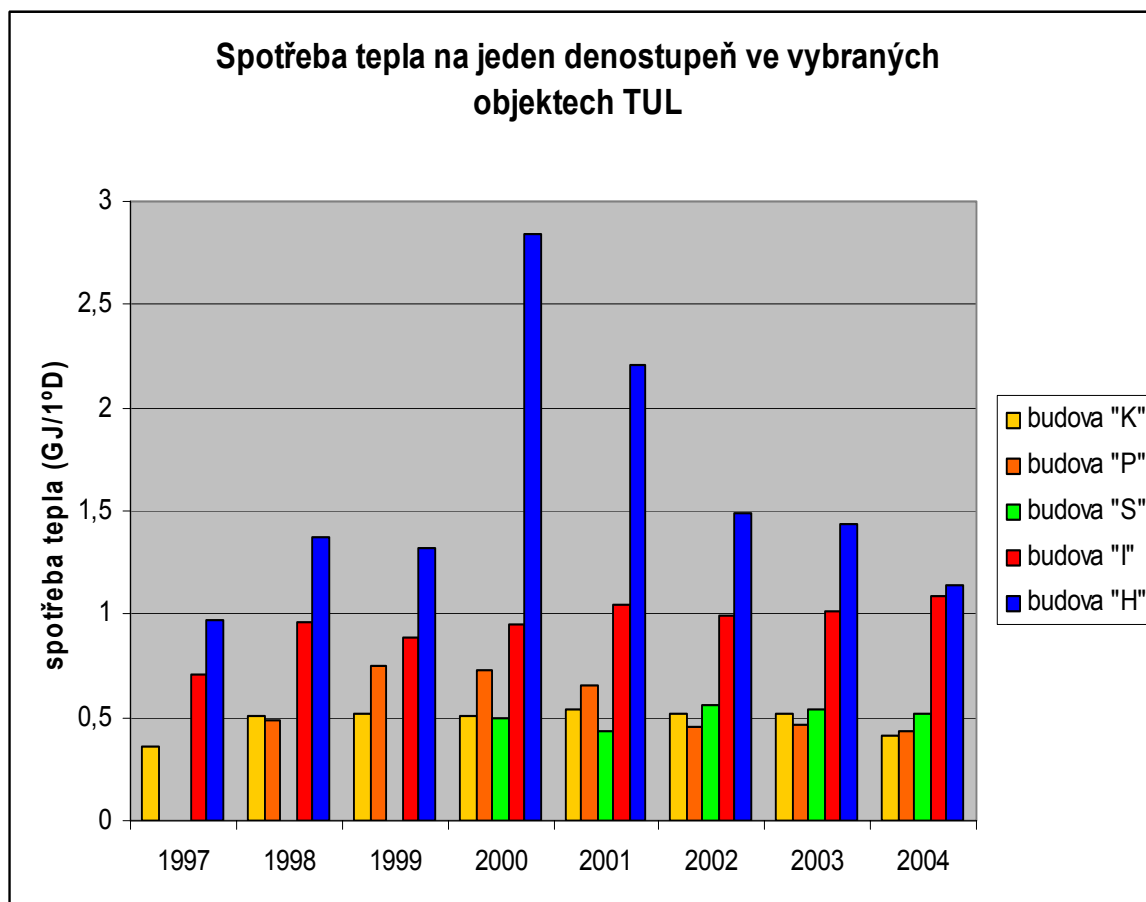
Tab. č. 15: Přepočet spotřeby tepla objektů TUL na jeden denostupěň

objekt	1997			1998		
	celková spotřeba [GJ]	celkový počet denostupňů [°D]	spotřeba [GJ]/1°D	celková spotřeba [GJ]	celkový počet denostupňů [°D]	spotřeba [GJ]/1°D
K	1 490,0	4 182,0	0,356	1 980,0	3 904,0	0,507
P		4 182,0		1 885,0	3 904,0	0,483
S		4 182,0			3 904,0	
I	2 951,0	4 182,0	0,706	3 773,0	3 904,0	0,966
H	4 056,0	4 182,0	0,970	5 339,0	3 904,0	1,368
	1999			2000		
K	1 932,0	3 749,0	0,515	1 672,0	3 328,8	0,502
P	2 826,0	3 749,0	0,754	2 437,0	3 328,8	0,732
S		3 749,0		1 646,0	3 328,8	0,494
I	3 343,0	3 749,0	0,892	3 180,0	3 328,8	0,955
H	4 933,0	3 749,0	1,316	9 462,0	3 328,8	2,842
	2001			2002		
K	2 116,0	3 912,3	0,541	1 976,0	3 821,2	0,517
P	2 549,0	3 912,3	0,652	1 754,0	3 821,2	0,459
S	1 710,0	3 912,3	0,437	2 144,0	3 821,2	0,561
I	4 092,0	3 912,3	1,046	3 808,0	3 821,2	0,997
H	8 656,0	3 912,3	2,213	5 708,0	3 821,2	1,494
	2003			2004		
K	2 099,0	4 018,5	0,522	1 598,0	3 865,1	0,413
P	1 874,0	4 018,5	0,466	1 674,0	3 865,1	0,433
S	2 169,0	4 018,5	0,540	1 990,0	3 865,1	0,515
I	4 057,0	4 018,5	1,010	4 188,0	3 865,1	1,084
H	5 784,0	4 018,5	1,439	4 409,0	3 865,1	1,141

Zdroj: vlastní

Tabulka pro přepočet spotřeby tepla na jeden denostupěň je vázána na tabulku pro výpočet denostupňů, tedy veškeré výpočty se provádějí na základě zadávaných teplot v průběhu dne a spotřeb tepla za uvažované období.

**Graf č. 5: Přehled spotřeb tepla na jeden denostupeň
ve vybraných objektech TUL za období 1997 – 2004**



Zdroj: vlastní

Z grafického porovnání jsou patrné poměrně velké odchylky ve spotřebách tepla na denostupeň, především u budov „H“ a „I“.

Porovnáme spotřeby na denostupeň, zakládající se na naměřených hodnotách spotřeb tepla s hodnotami vypočtenými dle vyhlášky, kde se uvažuje spotřeba tepla 0,235 MJ na jeden metr čtverečný vytápěné podlahové plochy.

Tab. č. 16: Porovnání spotřeb na denostupeň, stanovených dle vyhlášky se spotřebami zjištěnými na základě skutečných dat

objekt	spotřeba tepla [GJ/°D]								
	spotřeba dle vyhlášky	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
K	0,876	0,356	0,507	0,515	0,502	0,541	0,517	0,522	0,413
P	1,007		0,483	0,754	0,732	0,652	0,459	0,466	0,433
S	0,66				0,494	0,437	0,561	0,54	0,515
I	2,01	0,706	0,966	0,892	0,955	1,046	0,997	1,01	1,084
H	2,35	0,97	1,368	1,316	2,842	2,213	1,494	1,439	1,141

Zdroj: vlastní

Z tabulky je zřejmé, že téměř všechny hodnoty, spočítané ze skutečných spotřeb, jsou značně nižší než hodnoty určené dle vyhlášky. V případě objektů TUL se jedná o školní budovy, jejichž vytápěcí režim je nastaven úsporněji, především ve dnech, kdy neprobíhá výuka. Spotřeby tepla, zjištěné na základě hodnoty, uvedené ve vyhlášce tedy nelze brát jako spotřebu porovnávací. Jako porovnávací hodnotu je třeba uvažovat spotřebu z minulého otopného období.

Denostupňová metoda je metodou propočtu spotřeby tepla, která zohledňuje venkovní teplotu v průběhu uvažovaného období a na jejím základě stanoví počet denostupňů (topných jednotek). Touto hodnotou je následně podělena celková spotřeba tepla za dané období, čímž se vyrovnávají teplotní rozdíly v jednotlivých letech, a získaná hodnota je díky tomu objektivní pro všechna uvažovaná období. Pomocí této analýzy se většinou posuzují výše úspor tepla, které vznikly rekonstrukcí některých částí budov nebo zařízení. Také však může sloužit jako ukazatel nestandardních stavů, kdy dochází k nežádoucímu navýšení spotřeby. V našem případě došlo vzhledem k roku 1997 k výraznému nárůstu spotřeb tepla téměř u všech budov. Při užívání přiloženéhoustru pro stanovení spotřeby tepla na denostupeň v otopném období a následné archivaci dat lze v příštích letech porovnáním hodnot včas rozpoznat nestandardní stavy a reagovat na vzniklé situace.

4 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo za pomoci denostupňové metody vytvořit jednoduchý program, který by analyzoval spotřeby tepla ve školních budovách TUL, a aplikovat jej na zjištěné hodnoty spotřeby za minulá otopná období. Jeho realizaci jsem uskutečnil pomocí tabulkového kalkulátoru, kde jsem vytvořil dva typy na sebe vzájemně navazujících tabulek. První je určena pro záznam hodnot potřebných pro výpočet denostupňů daného objektu a výpočet samotný. Druhá výpočtová tabulka je vázána na první a na základě zjištěných hodnot denostupňů a spotřeb tepla za uvažovaná období zobrazí měrnou spotřebu tepla na jeden denostupeň. V této hodnotě jsou již zohledněny rozdílné venkovní teploty v jednotlivých otopných obdobích a lze je tedy objektivně porovnávat s hodnotami z let minulých. Pokud v uplynulých obdobích nedošlo k výrazným zásahům a rekonstrukcím částí budov, které mají přímý vliv na spotřebu a nezměnil se vytápěný objem, pak by hodnota spotřeby tepla měla být identická se spotřebou v minulém roce. V opačném případě by měla být vidět úspora tepla. Tento program jsem aplikoval na vybrané objekty TUL a jejich spotřeby. Z grafického porovnání vyplývá, že u většiny budov TUL docházelo v minulých letech oproti roku 1997 ke zvyšování spotřeb. Nejvýraznější nárůst pak byl u budov „H“ a „I“. U prvního z jmenovaných objektů byl v roce 2000 a 2001 dokonce více než dvojnásobný nárůst. Ale i u ostatních budov se objevily odchylky, znamenající zvýšenou spotřebu od stavů z minulých otopných období.

Na přiloženém CD se nachází mustr, pomocí kterého lze podobné analýzy provádět v příštích letech. Zejména bude zajímavé toto srovnání provést v příštím otopném období pro budovu „H“ kde na podzim roku 2006 došlo k výměně oken. Pro včasné zareagování na danou situaci je však výhodnější tato porovnávání provádět v kratších intervalech (měsíců či týdnů). Toto je podmíněno zadáváním aktuálních teplot a spotřeb do tabulkového kalkulátoru, který pak na konci uvažovaného časového úseku data porovná s daty o rok staršími. Nežádoucí navýšení spotřeby pak lze odhalit mnohem dříve a ihned reagovat na vzniklou situaci.

Seznam použité literatury

- [1] Větrání a klimatizace – J.Chyský, L. Oppl a kolektiv, r.v. 1971
- [2] Energetický audit budov TUL, Ing. Mareš, r.v. 2002
- [3] Peníze a energie – měsíčník [11/2005]
- [4] Infoenergie [online]. [cit. 26. 11. 2006]. Dostupné z: <<http://www.infoenergie.cz>>
- [5] Energie [online]. [cit. 06. 12. 2006]. Dostupné z: <<http://www.energ.cz>>
- [6] Technická zařízení budov [online]. [cit. 06. 12. 2006]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz>>
- [7] Tewiko systems [online]. [cit. 06. 12. 2006]. Dostupné z: <<http://www.tewiko.cz>>
- [8] Energetické konzultační a informační středisko [online]. [cit. 20. 12. 2006]
Dostupné z: <<http://www.i-ekis.cz>>

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tab. č. 1	Průměrné hodnoty teplot	str. 12
Tab. č. 2	Doporučené hodnoty vnitřního prostředí	str. 18
Tab. č. 3	Přehled produkovaného tepla osvětlením	str. 19
Tab. č. 4	Produkce tepla lidským organismem	str. 19
Tab. č. 5	Počet denostupňů počet topných dnů a průměrná teplota v topných dnech naměřená hydrometeorologickou stanicí Liberec	str. 29
Tab. č. 6	Přehled spotřeby tepla v budově „K“	str. 34
Tab. č. 7	Přehled spotřeby tepla v budově „P“	str. 36
Tab. č. 8	Popis objektu areálu „I“	str. 37
Tab. č. 9	Přehled spotřeby tepla v budově „I“	str. 39
Tab. č. 10	Přehled spotřeby tepla v budově „S“	str. 41
Tab. č. 11	Přehled spotřeby tepla v budově „H“	str. 42
Tab. č. 12	Tabulka pro výpočet denostupňů	str. 43
Tab. č. 13	Přehled vytápěných ploch a prostor vybraných objektů TUL	str. 44
Tab. č. 14	Vypočítané spotřeby tepla vybraných objektů TUL	str. 44
Tab. č. 15	Přepočet spotřeby tepla objektů TUL na jeden denostupeň	str. 45
Tab. č. 16	Porovnání spotřeb na denostupeň, stanovených dle vyhlášky se spotřebami zjištěnými na základě skutečných dat	str. 47
Graf č. 1	Lineární průběh měrného výkonu v topném období od teploty -15 °C do teploty +13 °C	str. 25
Graf č. 2	Průběh regulace tepelného výkonu topného zdroje v topné sezóně při plynulé regulaci od 100 do 50 %	str. 26
Graf č. 3	Průběh topných křivek pro rozsah vekovních teplot od -15 °C do +13 °C	str. 27
Graf č. 4	Přehled počtu topných dnů a denostupňů v Liberci za období 1997 – 2004	str. 30
Graf č. 5	Přehled spotřeby tepla na jeden denostupeň ve vybraných	

	objektech TUL za období 1997 – 2004	str. 46
Obr. č. 1	Schéma kulového teploměru pro měření výsledné teploty	str. 16
Obr. č. 2	Budova „K“	str. 32
Obr. č. 3	Budova „P“	str. 34
Obr. č. 4	Objekt „I“	str. 36
Obr. č. 5	Budova „S“	str. 39
Obr. č. 6	Budova „H“	str. 41

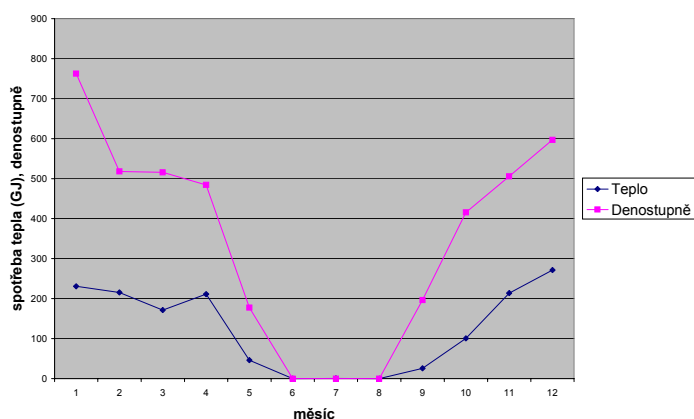
Seznam příloh

Příloha č. 1	Detailnější grafická zobrazení spotřeb tepla s denostupni v jednotlivých objektech TUL
Příloha č. 2	Tabulka (mustr) pro výpočet denostupňů
Příloha č. 3	Tabulka (mustr) pro výpočet spotřeby tepla na denostupeň

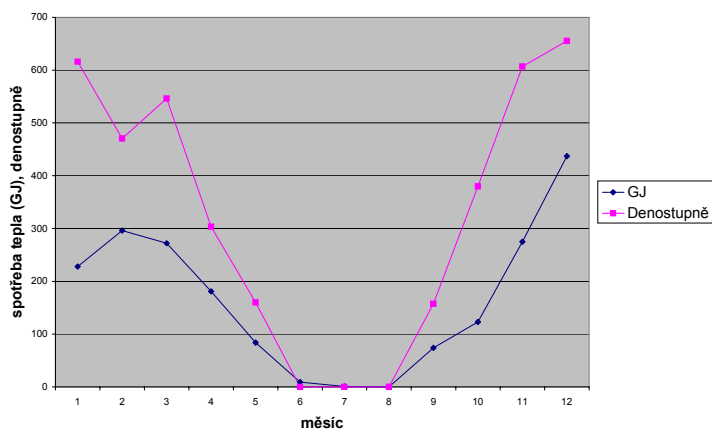
Příloha č. 1 Detailnější grafická zobrazení spotřeb tepla s denostupni v jednotlivých objektech TUL

Zobrazení spotřeb tepla s denostupni v budově „K“

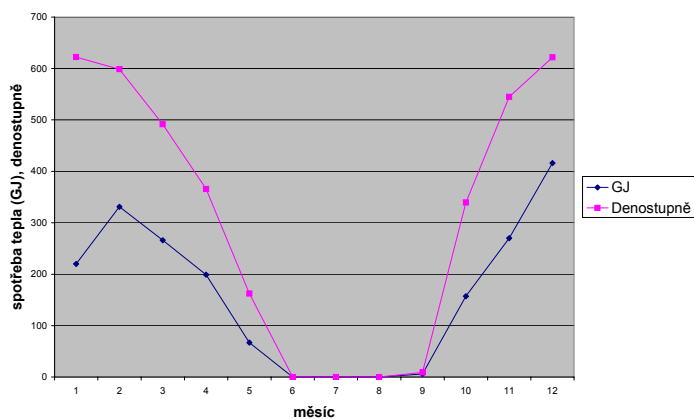
porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1997



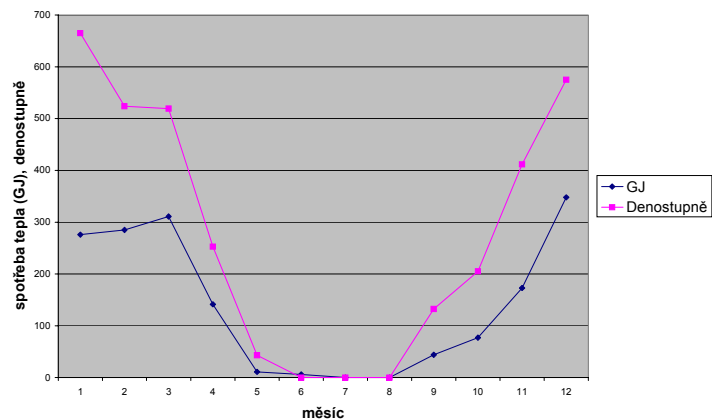
porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1998



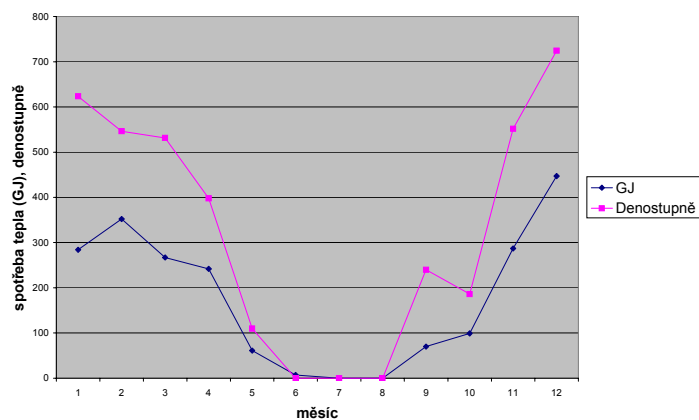
porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1999



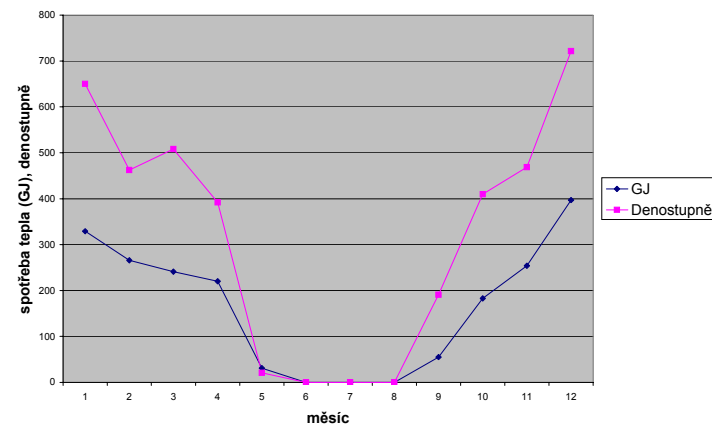
porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2000



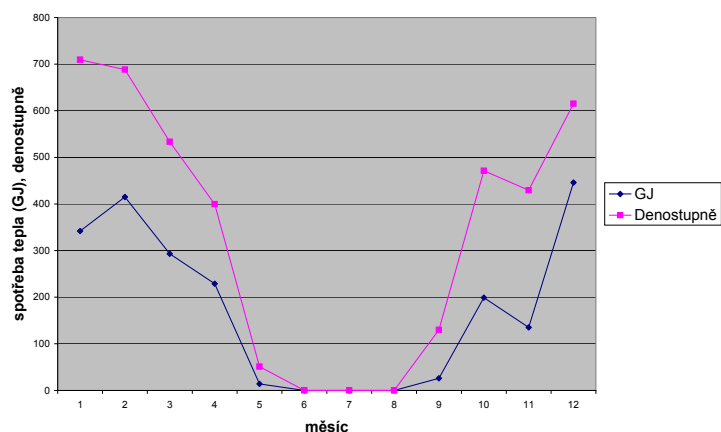
porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2001



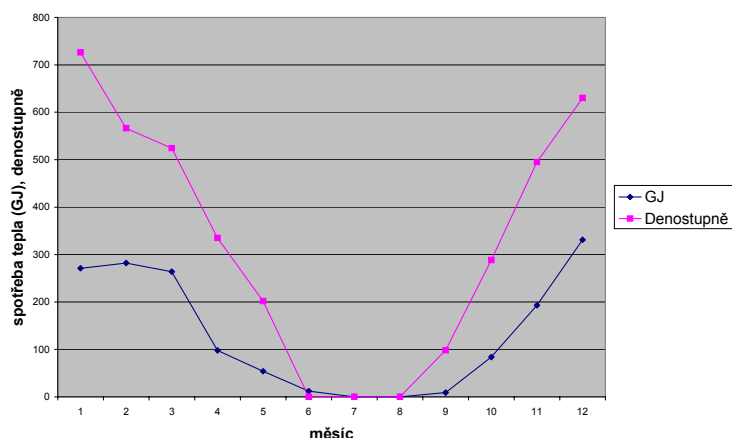
porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2002



porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2003

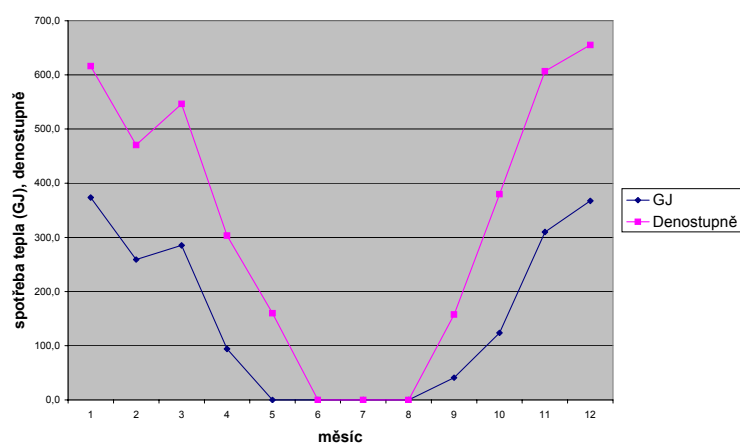


porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2004

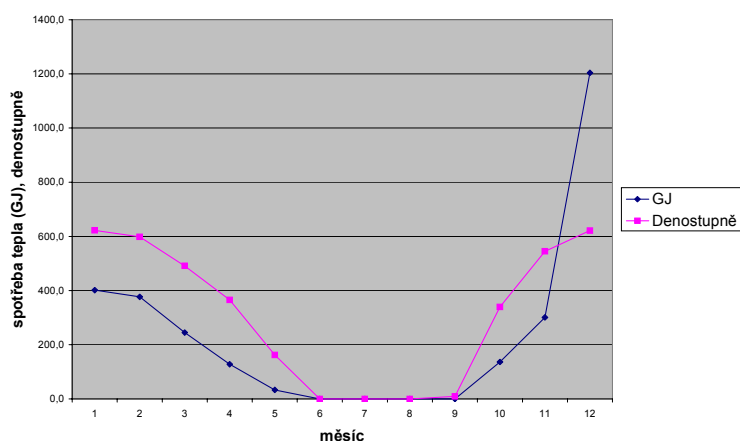


Zobrazení spotřeb tepla s denostupni v budově „P“

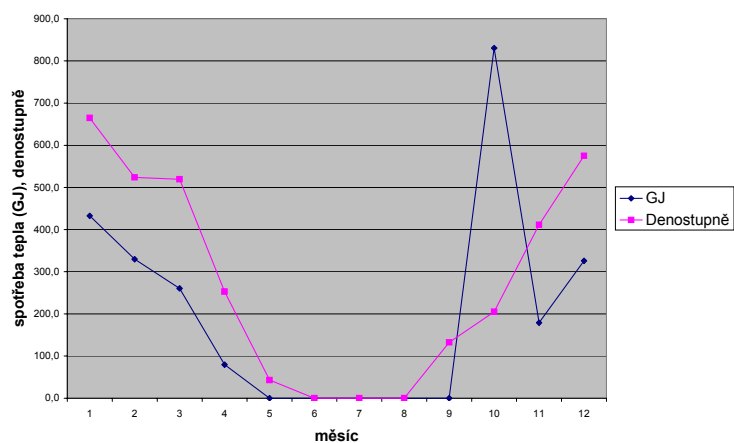
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1998



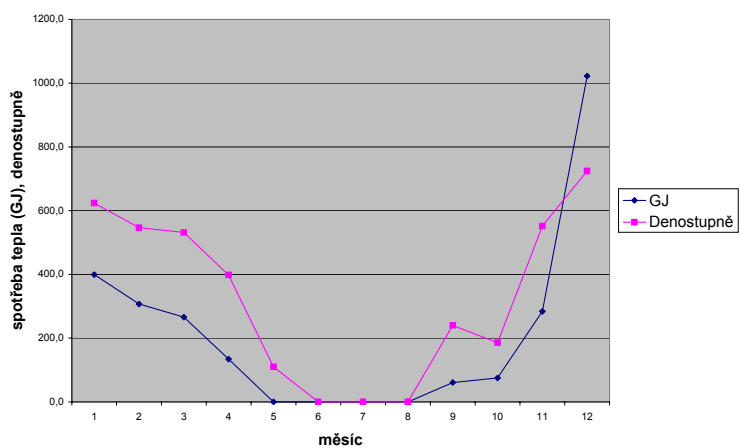
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1999



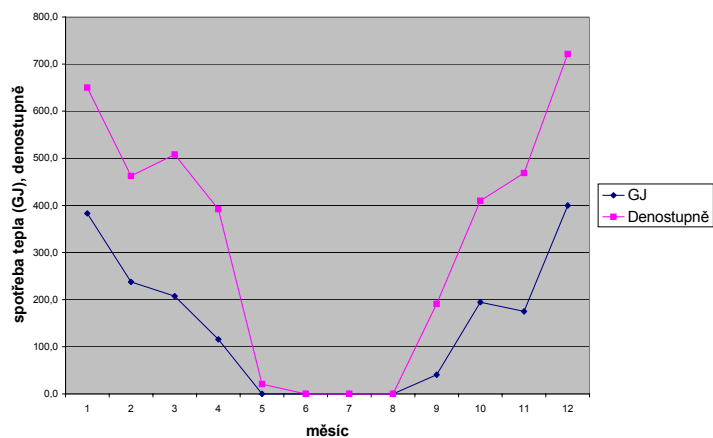
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2000



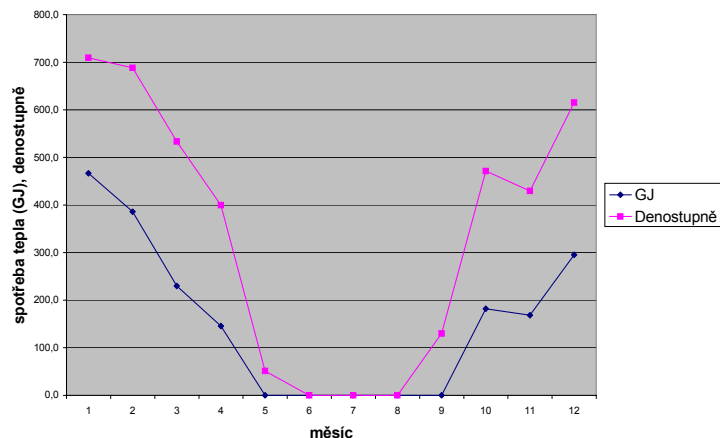
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2001



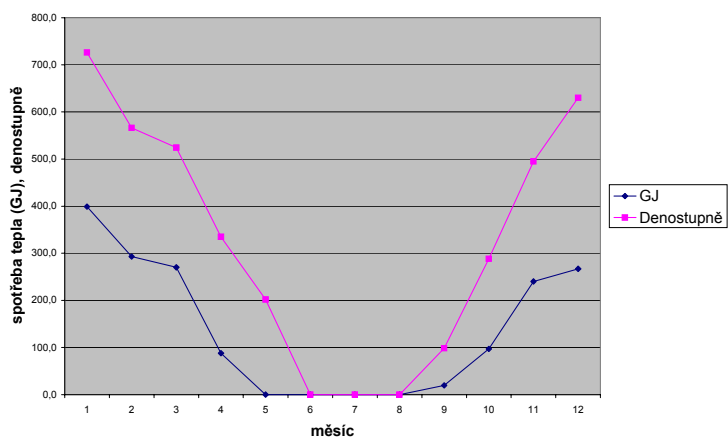
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2002



Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2003

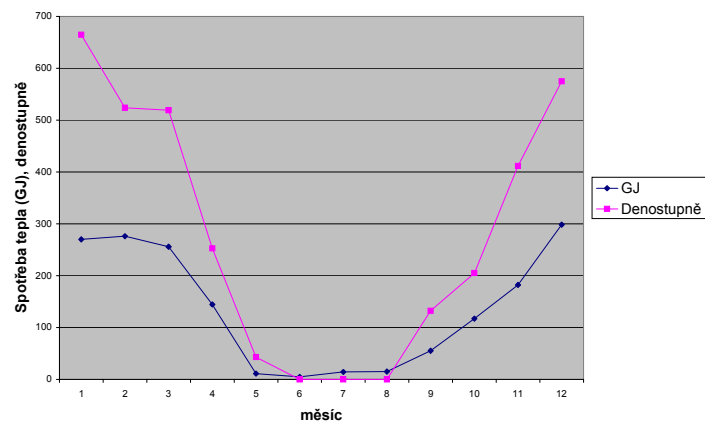


Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2004

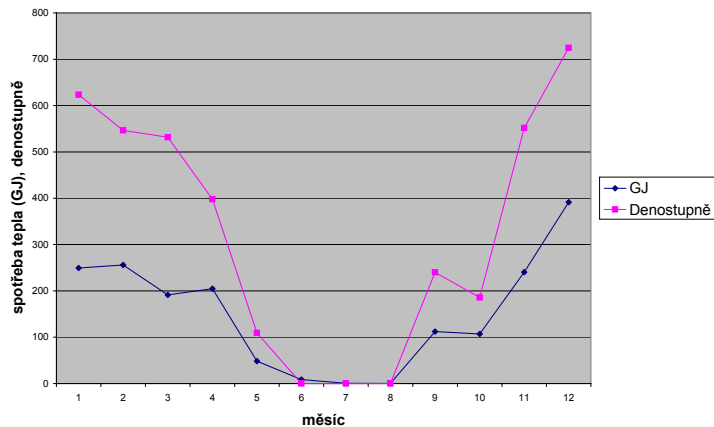


Zobrazení spotřeb tepla s denostupni v budově „S“

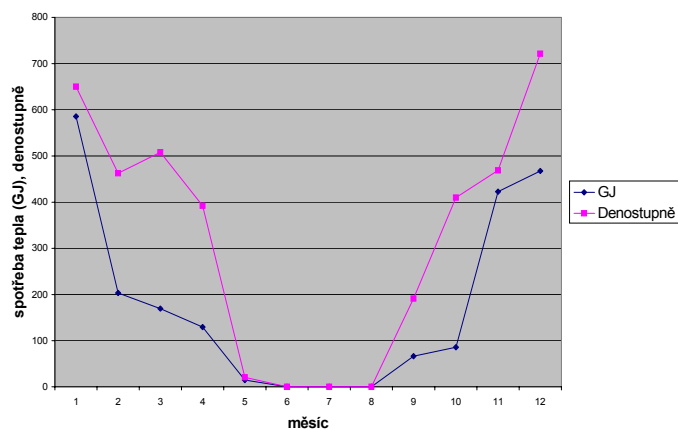
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2000



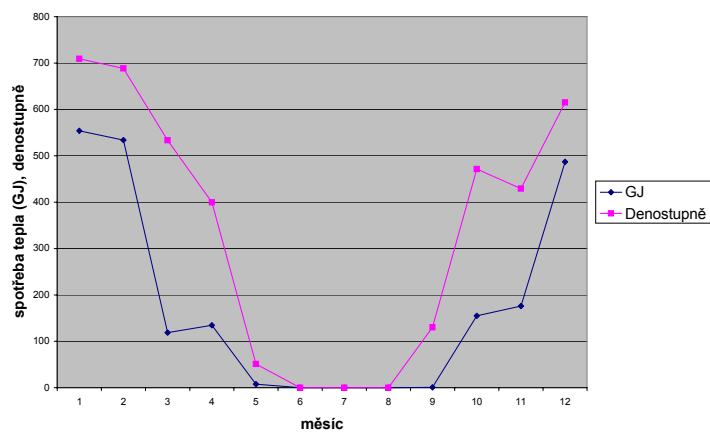
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2001



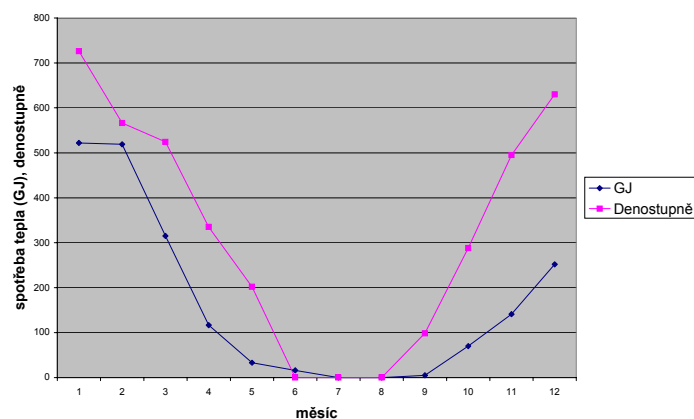
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2002



Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2003

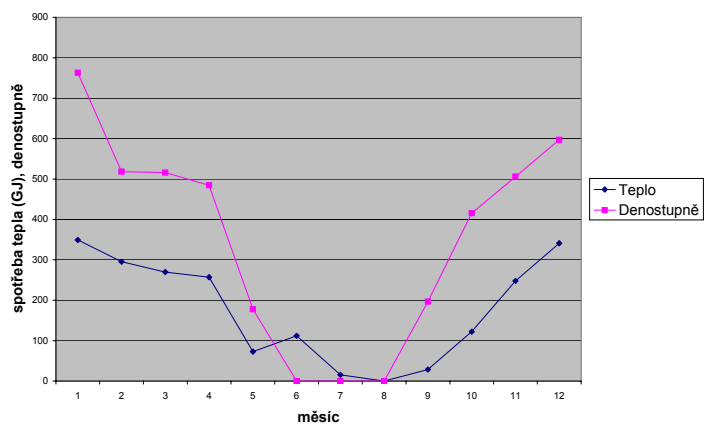


Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2004

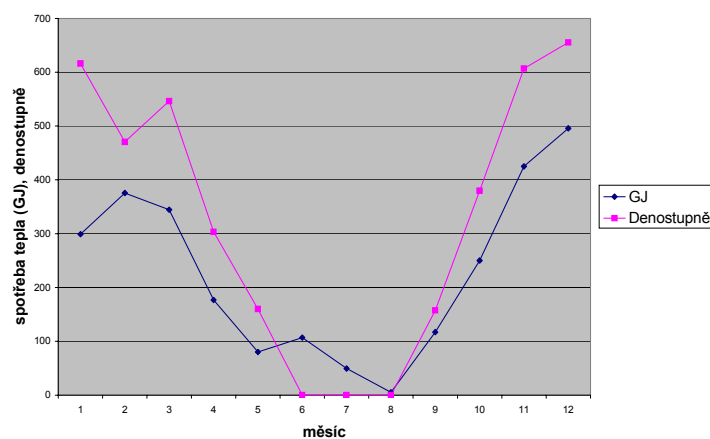


Zobrazení spotřeb tepla s denostupni v budově „I“

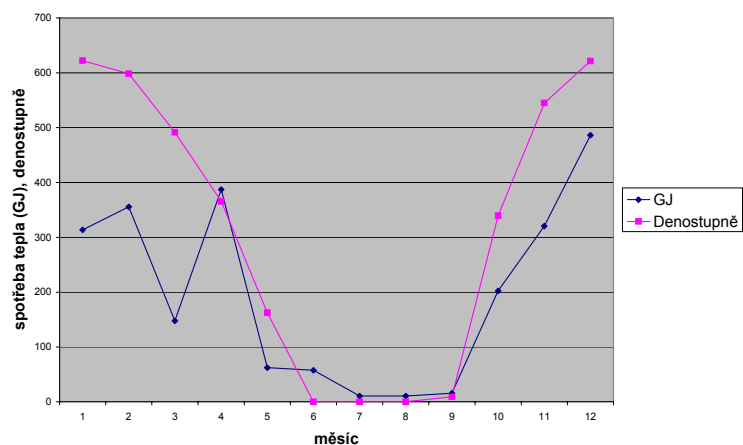
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1997



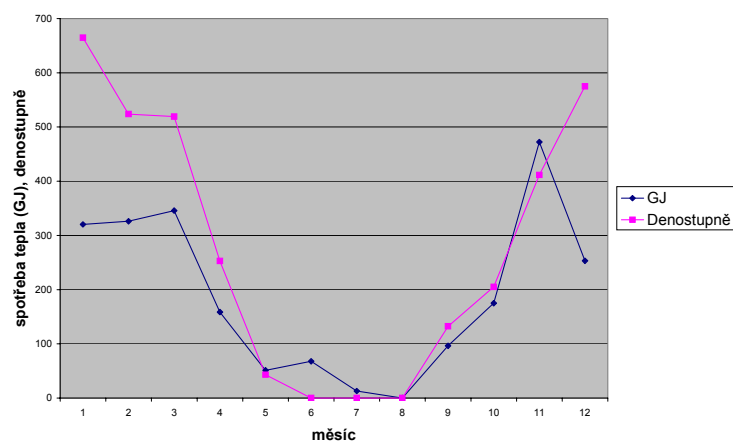
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1998



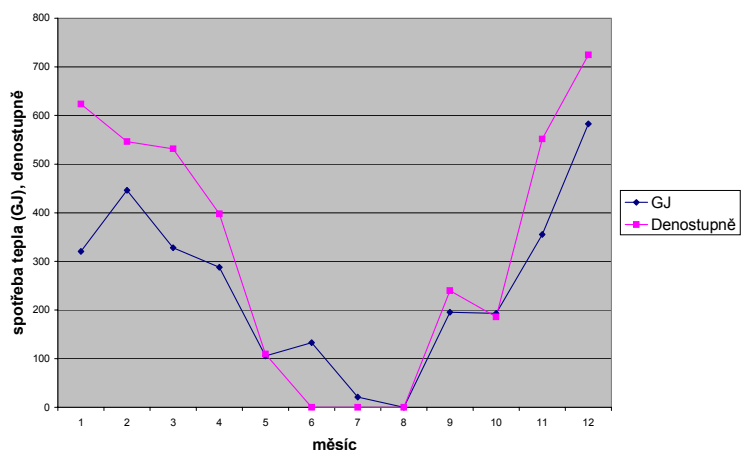
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1999



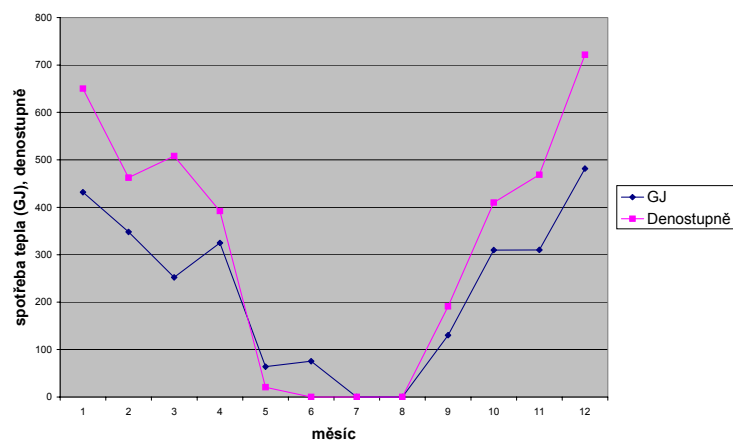
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2000



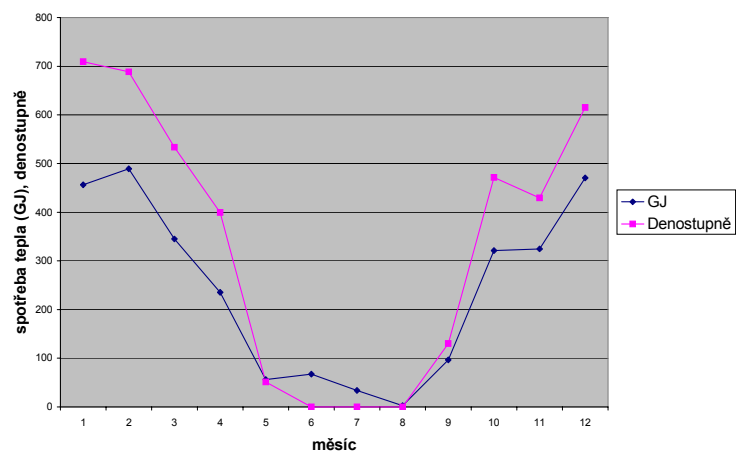
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2001



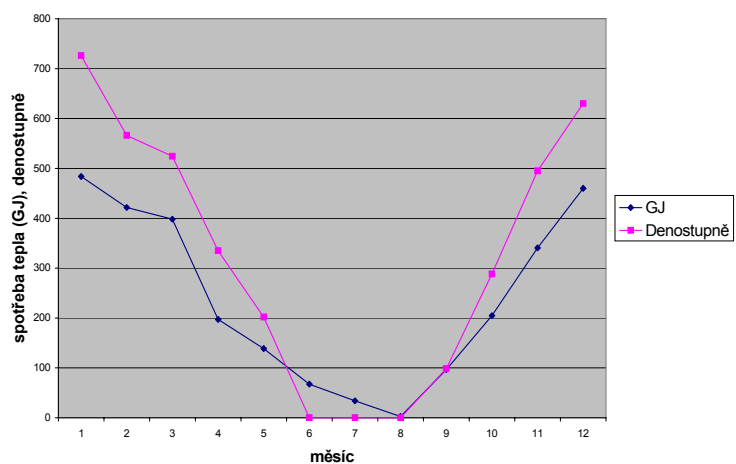
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2002



Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2003

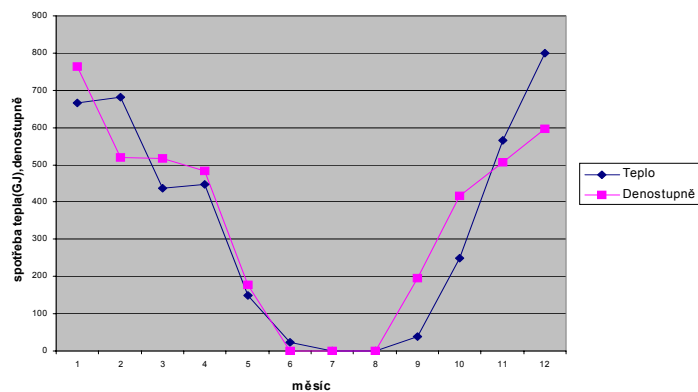


Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2004

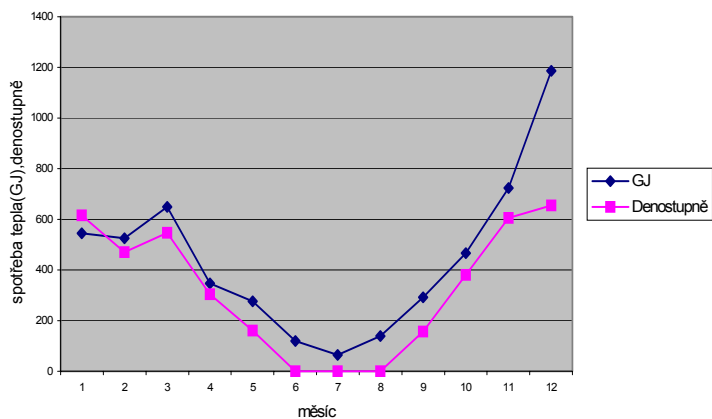


Zobrazení spotřeb tepla s denostupni v budově „H“

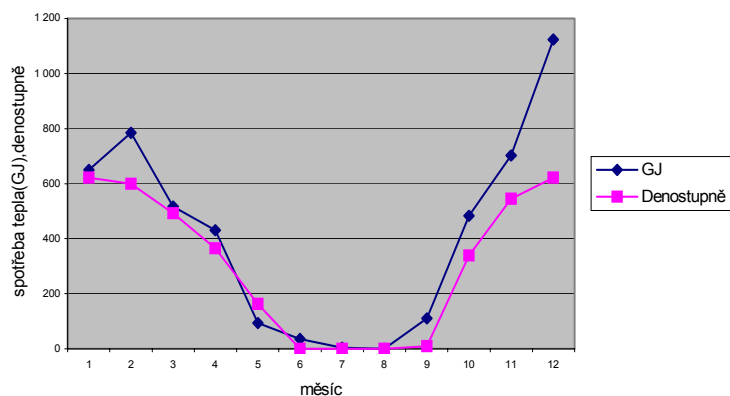
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1997



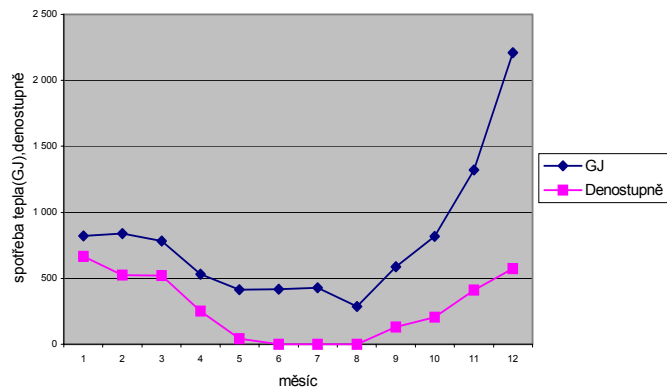
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1998



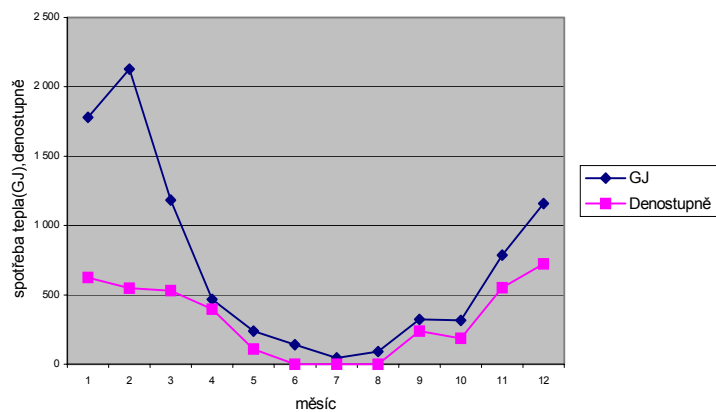
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 1999



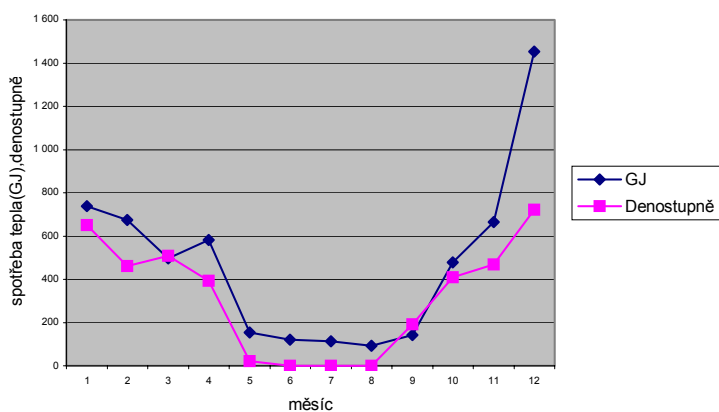
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2000



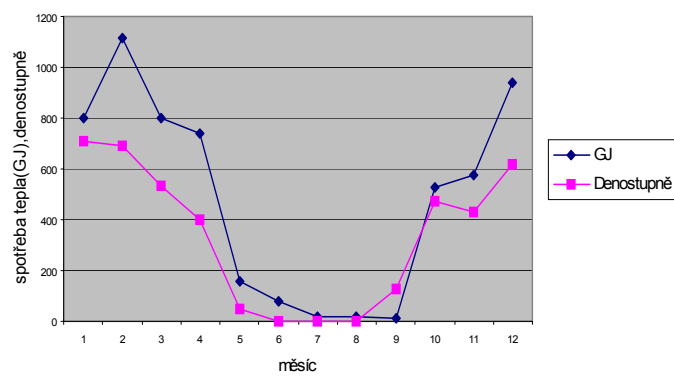
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2001



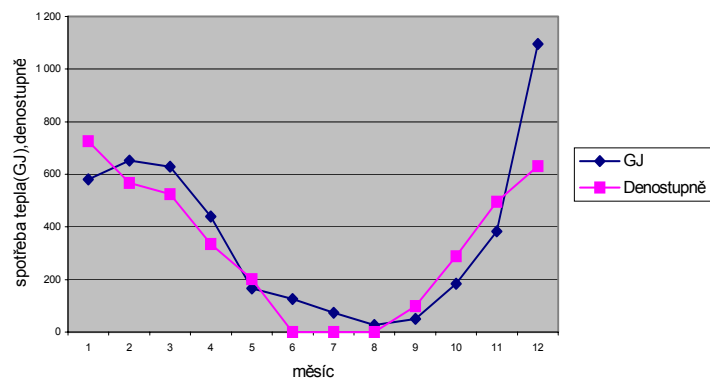
Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2002



Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2003



Porovnání spotřeby tepla s denostupni za období 2004



Příloha č. 2 Tabulka (mustr) pro výpočet denostupňů

budova "K"					
den	leden				
	teplota[C]				denostupně
	7:00	14:00	21:00	pr.hodnota	
1.				0,0	21,0
2.				0,0	21,0
3.				0,0	21,0
4.				0,0	21,0
5.				0,0	21,0
6.				0,0	21,0
7.				0,0	21,0
8.				0,0	21,0
9.				0,0	21,0
10.				0,0	21,0
11.				0,0	21,0
12.				0,0	21,0
13.				0,0	21,0
14.				0,0	21,0
15.				0,0	21,0
16.				0,0	21,0
17.				0,0	21,0
18.				0,0	21,0
19.				0,0	21,0
20.				0,0	21,0
21.				0,0	21,0
22.				0,0	21,0
23.				0,0	21,0
24.				0,0	21,0
25.				0,0	21,0
26.				0,0	21,0
27.				0,0	21,0
28.				0,0	21,0
29.				0,0	21,0
30.				0,0	21,0
31.				0,0	21,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	651,0

Příloha č. 3 Tabulka (mustr) pro výpočet spotřeby tepla na denostupěň

[illegible]