

Příloha č. 2

Výpočet potřeby energie na vytápění

Obsah

1	Úvod	2
1.1	Budova bez systému řízení	3
1.1.1	Vstupní data:.....	3
1.1.2	Přehled výsledků:.....	3
1.2	Budova se systémem řízení pro vytápění.....	4
1.2.1	Vstupní data.....	4
1.2.2	Přehled výsledků.....	5
1.3	Potřeba tepla na ohřev TV	6
1.4	Přehled potřeby energie pro všechny varianty.....	6

1 Úvod

Pro výpočet potřeby energie jsem použil denostupňovou metodu. Tato metoda již dnes není příliš používaná a pro stanovování potřeby energie na vytápění není úplně přesná, protože využívá několik veličin, které jsou velice proměnné. Ale vzhledem k charakteru této práce jejíž hlavní náplní je stanovení nákladů pro jednotlivé varianty a výpočty z oblasti stavební fyziky zde slouží pouze jako podklad jsem si dovolil tuto metodu použít pro její jednoduchost.

Výpočet jsem provedl pro tři varianty budov s různým standardem zateplení obálky budovy.

Pro kvalitně zateplenou budovu jejíž obálka splňuje hodnoty součinitele prostupu tepla pro požadavky normy ČSN 73 0540-2 pro úroveň Upas,20 doporučené hodnoty pro pasivní budovy

Pro běžně zateplenou budovu jejíž obálka splňuje hodnoty součinitele prostupu tepla pro požadavky normy ČSN 73 0540-2 pro úroveň Urec,20 doporučené hodnoty

Pro nezateplenou budovu jejíž obálka splňuje hodnoty součinitele prostupu tepla pro požadavky normy ČSN 73 0540-2 pro úroveň UN,20 požadované hodnoty před rokem 2012

1.1 Budova bez systému řízení

Pro budovu, která nemá instalovaný systém řízení pro vytápění jsem provedl výpočet následujícím způsobem.

Roční potřeba tepla na vytápění – denostupňová metoda

$$Q_{VT,r} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_{i,z} - t_e} \quad [\text{Wh/rok}]$$

kde: Q_c tepelná ztráta objektu [W]
 $t_{i,z}$ průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]
 t_e vnější výpočtová teplota [°C]
 D počet denostupňů [K.den];

$$D = (t_{i,z} - t_{e,z}) \cdot d \quad [\text{K.den}]$$

$t_{i,z}$ průměrná teplota v budově [°C];
 $t_{e,z}$ průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]
 d počet dnů za rok s teplotou < 13°C, tj. počet dní ot. období

ε opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost, tepelné ztráty infiltrací [-] (0,7 – 0,8)

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} \quad [-]$$

1.1.1 Vstupní data:

Q_c – Tepelná ztráta objektu – Výpočet v programu Energie 2020 EDU

	Tepelná ztráta [kW]
Kvalitně zateplená budova	5,3
Běžně zateplená budova	6,4
Nezateplená budova	14,3

$t_i = 22 \text{ °C}$

$t_e = -15 \text{ °C}$

$t_{e,s} = 4 \text{ °C}$ (Pro oblast Rakovník)

d – Počet dní, pro které je navrženo inteligentní řízení vytápění (Dle měsíců s průměrnou měsíční teplotou menší než 13 °C) – 273 dní

$\varepsilon = 0,75$

1.1.2 Přehled výsledků:

Potřeba energie	[MWh/rok]
Kvalitně zateplená budova	12,7
Běžně zateplená budova	14,9
Nezateplená budova	34,1

1.2 Budova se systémem řízení pro vytápění

Pro budovu s instalovaným systémem pro řízení vytápění jsem použil stejný výpočet. Pro vnesení vlivu řídicího systému byl tento výpočet proveden pro každou místnost zvlášť a zvlášť pro každý měsíc ve kterém je průměrná teplota nižší než 13 °C.

V budově jsem uvažoval se dvěma režimy vytápění. Komfortní režim a úsporný režim. Následně jsem vytvořil časové schéma rozložení těchto dvou programů podle plánovaného využití jednotlivých místností. V případě, že nebyl použit komfortní režim byl použit úsporný režim.

1.2.1 Vstupní data

Q_c – Tepelná ztráta objektu – Na základě výpočtu v programu energie 2020 EDU. Výpočet jsem provedl pro uvažovanou vnitřní teplotu 16 °C, 20 °C a 24 °C. Na základě těchto výsledků a předpokladu lineárního průběhu mezi těmito hodnotami jsem stanovil tepelnou ztrátu objektu i pro ostatní uvažované teploty v rozmezí od 15 do 25 °C.

Pro výpočet tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti jsem použil poměrovou metodu vůči podílu na obvodovém plášti. V tomto případě jsem si dovolil zanedbat vliv přestupu tepla mezi místnostmi s různou teplotou uvnitř budovy a tepelnou ztrátu místnosti určil pouze na základě podílu na obálce budovy.

Kvalitně zateplená budova		Běžně zateplená budova		Nezateplená budova	
°C	kW	°C	kW	°C	kW
25	5,75	25	7	25	15,525
24	5,6	24	6,8	24	15,1
23	5,45	23	6,6	23	14,675
22	5,3	22	6,4	22	14,25
21	5,15	21	6,2	21	13,825
20	5	20	6	20	13,4
19	4,85	19	5,825	19	13
18	4,7	18	5,65	18	12,6
17	4,55	17	5,475	17	12,2
16	4,4	16	5,3	16	11,8
15	4,25	15	5,125	15	11,4

Následně jsem provedl výpočet denostupňů pro každý měsíc a uvažovanou vnitřní teplotu.

D počet denostupňů [K.den];

$$D = (t_{i,s} - t_{e,s}) \cdot d \quad [\text{K.den}]$$

$t_{i,s}$ průměrná teplota v budově [°C];

$t_{e,s}$ průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]

d počet dnů za rok s teplotou < 13°C

D [K.den]		t i [°C]					
t es [°C]	d [dny]	18	19	20	22	23	25
-2,2	31	626,2	657,2	688,2	750,2	781,2	843,2
-0,7	28	523,6	551,6	579,6	635,6	663,6	719,6
3,0	31	465	496	527	589	620	682
7,6	30	312	342	372	432	462	522
12,6	31	167,4	198,4	229,4	291,4	322,4	384,4
15,8	0	0	0	0	0	0	0
17,4	0	0	0	0	0	0	0
16,8	0	0	0	0	0	0	0
13,2	30	144	174	204	264	294	354
8,2	31	303,8	334,8	365,8	427,8	458,8	520,8
3,0	30	450	480	510	570	600	660
-0,5	31	573,5	604,5	635,5	697,5	728,5	790,5

Následně jsem spočítal průměrný denní podíl na času, kdy je daná místnost vytápěna v daném režimu a touto hodnotou nahradil hodnotu 24 ve vzorci pro celodenní provoz.

Na základě těchto dat jsem provedl výpočet potřeby energie na vytápění pro každou místnost v každém měsíci v obou režimech.

Po sečtení hodnot pro jednotlivé místnosti jsem získal měsíční potřebu energie pro celý objekt v každém režimu. Následně jsem sečetl oba režimy a získal potřebu energie pro každý měsíc. Po sečtení těchto hodnot jsem získal roční potřebu tepla na vytápění pro celý objekt za rok.

1.2.2 Přehled výsledků

Potřeba energie [MWh/rok]	Bez int. řízení	S int. řízením
Kvalitně zateplená budova	12,7	11,3
Běžně zateplená budova	14,9	12,8
Nezateplená budova	34,1	28,5

1.3 Potřeba tepla na ohřev TV

Pro výpočet potřeby byla použita kalkulačka umístěná na portálu tzb-info.cz a pro všechny uvažované varianty je tato hodnota stejná

Lokalita [\(Tabulka\)](#) t_{em} = 12 °C t_{em} = 13 °C t_{em} = 15 °C ???

Město Délka topného období d = [dny]

Venkovní výpočtová teplota t_e = °C Prům. teplota během otopného období t_{es} = °C

Ohřev teplé vody

t₁ = °C ??? ρ = kg/m³ ???

t₂ = °C ??? c = J/kgK ???

V_{2p} = m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému z = ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 15.7 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě t_{svl} = °C

Teplota studené vody v zimě t_{svz} = °C

Počet pracovních dní soustavy v roce N = [dny]

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$$

Q_{TUV,r} = 18.3 GJ/rok
5.1 MWh/rok

1.4 Přehled potřeby energie pro všechny varianty

Pro určení celková potřeba energie jsem sečetl potřebu energie na vytápění a potřebu energie pro ohřev teplé vody.

Celkové hodnoty uvažované pro stanovení provozních nákladů:

Potřeba energie [MWh/rok]	Bez int. řízení	S int. řízením
Kvalitně zateplená budova	17,8	16,4
Běžně zateplená budova	20,0	17,9
Nezateplená budova	39,2	33,6

	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
2	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
3	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
4	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
5	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

6

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

7

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

8

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

9

1
2
3

	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
10	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
11	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
12	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20

	21
	22
	23
	24
13	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
14	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
15	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
16	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13

	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
17	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
18	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
19	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
20	1
	2
	3
	4
	5
	6

	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
21	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
22	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
23	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23

	24
24	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
25	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
26	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
27	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16

		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
	28	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
	29	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
	30	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
červenec	1	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	

	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
2	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
3	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
4	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
5	1
	2

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

6

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

7

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

8

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

	20
	21
	22
	23
	24
9	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
10	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
11	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
12	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12

	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
13	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
14	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
15	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
16	1
	2
	3
	4
	5

6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

17

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

18

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

19

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

	23
	24
20	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
21	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
22	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
23	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15

	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
24	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
25	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
26	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
27	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8

9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

28

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

29

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

30

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

31

1

		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
Sipen	1	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
	2	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	
		23	
		24	
	3	1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	

	19
	20
	21
	22
	23
	24
4	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
5	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
6	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
7	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11

12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

8

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

9

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

10

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

11

1
2
3
4

	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
12	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
13	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
14	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21

	22
	23
	24
15	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
16	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
17	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
18	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

19

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

20

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

21

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

22

1
2
3
4
5
6
7

	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
23	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
24	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
25	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15
	16
	17
	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24

26	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
27	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
28	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
29	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
14	
15	
16	
17	

