

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0301 Středoevropské centrum pro vytváření a realizaci inovovaných technicko-ekonomických studijních programů

Vytápění

BT01 – TZB II - cvičení

Cvičení | 13: Roční potřeba tepla a paliva

Zadání

Uřčete potřebu energie na vytápění, přípravu teplé vody a větrání zadaného objektu denostupňovou metodou pro zadanou lokalitu.



Denostupňová metoda je jedním z postupů, které slouží pro návrh, vyhodnocování a porovnávání zdrojů a spotřebičů tepla. Základem metody je znalost průběhů venkovních teplot z meteorologických dat. Výpočet se provádí s databází denních průměrných teplot venkovního vzduchu.

Počet denostupňů charakterizovaných příslušnou vnitřní teplotou je dán součinem počtu topných dnů a rozdílu průměrné vnitřní a venkovní teploty.

1. Příprava teplé vody

Vstupní údaje

Spotřeba teplé vody denně $V = 3,206 \text{ m}^3/\text{den}$

Výstupní teplota vody $t_2 = 55 \text{ °C}$

Způsob přípravy - ohřev v zásobníkovém ohřivači otopnou vodou z plynové kotelny

Řešení

Požadovaná (využitelná) energie

Teplu pro ohřev vody – využitě teplo (jmenovitá tepelná energie ohřevu / den):

$$E_{TV} = V \cdot c(t_2 - t_1) = 3,206 \cdot 1,163(55 - 10) = 167,8 \text{ kWh / den}$$

Vstupní teplota vody $t_1 = +10 \text{ °C}$ (v zimě $+10 \text{ °C}$, v létě $+15 \text{ °C}$, v létě je vyšší teplota vody, ale také mírně stoupá její spotřeba), proto korekce na proměnlivou vstupní teplotu:

$$k_t = \frac{t_{tv} - t_{sv,L}}{t_{tv} - t_{sv,Z}} = \frac{55 - 15}{55 - 10} = \frac{40}{45} = 0,89$$

Roční potřeba tepla

$$E_{TV} = E_{TV,d} \cdot d + k_t E_{TV,d} (350 - d) = 168 \cdot 220 + 0,89 \cdot 168(350 - 220) = 56,3 \text{ MWh / r}$$

Spotřeba energie

Dále se zhodnotí účinnost distribuce energie (ztráty v potrubní síti) a výroby energie (účinnost zdroje). Ztráta v distribuční síti je významná u cirkulace teplé vody. Účinnost systému distribuce může být v rozsahu $\eta = 0,4$ až $0,6$. Pokud se cirkulace nevyskytuje a teplá voda je připravována místně, je $\eta = \text{cca } 0,95$.

Účinnost výroby závisí na zdroji tepla; místní ohřev v průtokovém ohřivači bude mít účinnost $\eta = 0,98$. Je-li společný zdroj tepla pro vytápění, použije se účinnost společného zdroje tepla.

$$E_{TV,SK} = \frac{E_{TV}}{\eta_{zdroj} \cdot \eta_{distr}} = \frac{56,3}{0,9 \cdot 0,55} = 114 \text{ MWh}$$

2. Vytápění – krytí tepelné ztráty prostupem a přirozeným větráním

Vstupní údaje

Výpočtová tepelná ztráta prostupem a přirozeným větráním $Q_T = 19,6 \text{ kW}$

Výpočtové teploty: $t_i = 20^\circ\text{C}$, $t_e = -15^\circ\text{C}$

Vytápění zajišťuje teplovodní otopná soustava s nízkoteplotním plynovým kotlem a s ekvitermní regulací otopných větví.

Řešení

Měrná tepelná ztráta prostupem a infiltrací

$$H_{T+I} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{19600}{35} = 560 \text{ W / K}$$

Požadovaná (využitelná) energie = potřeba

$$E = 24 \cdot \varepsilon \cdot e \cdot D \cdot H_{T+I}$$

ε ... součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku $\varepsilon = 0,8$ až $0,9$

e ... součinitel vyjadřující snížení vliv přerušovaného vytápění v noci nebo o sobotách a nedělích

$$e = e_t \cdot e_d$$

$e_t = 0,8$ pro pětidenní provoz

$e_d = 0,8$ pro přerušované vytápění v noci

D ... počet denostupňů; závisí na teplotě tem

t_{em} ... střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období; pro účely vytápění $t_{em} = 13^\circ\text{C}$

$$D = d (t_{is} - t_{es})$$

d ... počet dnů otopného období ($d = 200$ až 250 dní) – přesné údaje z P1

t_{is} ... průměrná teplota vytápěných místností ($t_{is} = 18$ až 19°C)

t_{es} ... průměrná venkovní teplota otopného období ($t_{es} = 3$ až 5°C) – přesné údaje z P1

H_{T+I} ... měrná tepelná ztráta prostupem a infiltrací (přirozeným větráním)

$$E = \varepsilon \cdot e \cdot h \cdot D \cdot H_{T+I} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot 3300 \cdot 560 = 28,4 \text{ MWh / r}$$

Spotřebovaná energie = spotřeba

U běžných zdrojů tepla, jako jsou kotle na plyn nebo jiná paliva, se účinnost výroby pohybuje v intervalu $\eta_{zdr} = 0,85$ až $0,99$. Účinnost distribuce závisí na tepelné izolaci rozvodů a regulaci soustavy.

$$E_{UT} = \frac{E_{UT}}{\eta_{zdroj} \eta_{distr}} = \frac{28,4}{0,9 \cdot 0,95} = 32,2 \text{ MWh / r}$$

3. Větrání – krytí tepelné ztráty nuceným větráním

Vstupní údaje

Tepelný výkon ohřivačů VZT jednotek $Q_{VZT} = 50 \text{ kW}$

VZT zařízení zajišťuje nucené větrání, ohřev vzduchu otopnou vodou z kotelny, provoz celoročně 6 dní v týdnu 8 hodin denně.

Řešení

Měrná tepelná ztráta větráním

$$H_V = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{50000}{35} = 1429 \text{ W / K}$$

Požadovaná (využitelná) energie = potřeba

$$E = e \cdot h \cdot D_V \cdot H_V$$

e ... součinitel vyjadřující vliv přerušovaného provozu jen několik dní v týdnu

e = počet provozních dnů v týdnu/7 (pro pracovní týden $e = 5/7 = 0,7$)

h ... počet provozních hodin (např. od 8 do 17 hodin $h = 9$ h)

D_V ... počet větracích denostupňů, závislá na teplotě t_{em}

t_{em} ... střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období; pro účely vzduchotechniky $t_{em} = 15$ až 19 °C

$$D_V = Z (t_{iv} - t_{es})$$

Z ... počet dnů s teplotou nižší než ve větraném prostoru ($d = 220$ až 270 dní)

t_{iv} ... průměrná teplota větraných místností ($t_{iv} = 19$ až 20 °C)

t_{em} ... průměrná venkovní teplota období s ohřevem vzduchu ($t_{em} = 4$ až 7 °C)

H_{T+I} ... měrná tepelná ztráta nuceným větráním

φ ... účinnost zpětného získávání tepla nuceného větrání ($\varphi = 0,5$ až $0,75$)

V ... průtok větracího vzduchu (m^3/s)

$$H_V = (1 - \varphi) V \cdot \rho \cdot c$$

$$H_{VT} = \frac{Q_V}{t_{iv} - t_e}$$

$$D_V = 250(20 - 5) = 3750$$

$$E = e \cdot h \cdot D_V \cdot H_V = \frac{6}{7} \cdot 8 \cdot 3750 \cdot 1429 = 36,7 MWh / r$$

Spotřebovaná energie = spotřeba

U běžných zdrojů tepla, jako jsou kotle na plyn nebo jiná paliva, se účinnost výroby pohybuje v intervalu $\eta_{zdr} = 0,85$ až $0,99$. Účinnost distribuce závisí na tepelné izolaci rozvodů a regulaci soustavy.

$$E_{VZT} = \frac{Q_{VZT}}{\eta_{zdroj} \eta_{distr}} = \frac{36,7}{0,9 \cdot 0,95} = 42,6 MWh / r$$

Roční spotřeba paliva

Roční spotřeba paliva se určí na základě vypočtené spotřeby energie a výhřevnosti paliva (příloha P2).

$$E = 3600 \frac{E}{H} = 3600 \frac{(E_{TUV} + E_{UT} + E_{VZT})}{H} = 3600 \frac{(114 + 32,2 + 42,6) \cdot 10^6}{35 \cdot 10^6} = 19419 m^3 / r$$

Příloha P1 Klimatická data pro vybraná města

	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^{\circ}$		$t_{em}=13^{\circ}$		$t_{em}=15^{\circ}$	
	h	t_e	t_{es}	d	t_{es}	d	t_{es}	d
	[m]	[°C]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]	[°C]	[dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Brno	227	-12v	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279
Domažlice	428	-15v	3,4	235	3,8	247	5,1	284
Havlíčkův Brod	422	-15v	2,8	239	3,3	253	4,9	294
Hodonín	162	-12	3,9	208	4,2	215	5,1	240
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	3,9	242	5,2	279
Cheb	448	-15	3,0	246	3,6	262	5,2	306
Chrudim	276	-12v	3,6	225	4,1	238	5,9	276
Jičín (Libáň)	278	-15	3,5	223	3,9	234	5,2	268
Jihlava	516	-15	3,0	243	3,5	257	4,8	296
Jindřichův Hradec	478	-15	3,0	242	3,5	256	5,0	296
Karlovy Vary	379	-15v	3,3	240	3,8	254	5,1	293
Kladno (Lány)	380	-15	4,0	243	4,5	258	5,0	300
Klatovy	409	-15v	3,4	235	3,9	248	5,2	286
Kroměříž	207	-12	3,5	217	3,9	227	5,1	258
Liberec	357	-18	3,1	241	3,6	256	5,1	298
Litoměřice	171	-12v	3,7	222	4,1	232	5,2	263
Náchod (Kleny)	344	-15	3,1	235	3,7	250	4,8	292
Nový Jičín	284	-15v	3,3	229	3,8	242	5,2	280
Olomouc	226	-15	3,4	221	3,8	231	5,0	262
Ostrava	217	-15	3,6	219	4,0	229	5,2	260
Pardubice	223	-12v	3,7	224	4,1	234	5,2	265
Pelhřimov	499	-15v	3,0	241	3,6	257	5,1	300
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242	4,8	272
Praha (Karlovy)	181	-12	4,0	216	4,3	225	5,1	254
Prachatice	574	-18v	3,3	253	3,8	267	5,1	307
Přerov	212	-12	3,5	218	3,5	252	5,1	259
Svidník	220	-18v	2,7	224	3,0	237	4,3	269
Šumperk	317	-15v	3,0	230	3,5	242	5,2	277
Tábor	480	-15	3,0	236	3,5	250	5,0	289
Teplice	205	-12v	3,8	221	4,1	230	5,3	261

Příloha P2 Výhřevnosti paliv

palivo	Výhřevnost (MJ/kg, MJ/m ³)	palivo	Výhřevnost (MJ/kg, MJ/m ³)
Černé uhlí	23,1	Dřevěné brikety	17,5
Dřevo	14,6	Zemní plyn	35,0
Papír	14,1	Propan	46,4
Dřevěné pelety	18,5	Štěpka	12,5