

Využití tepelných čerpadel v budovách (3)

V druhé části seriálu sme se zabývali volbou tepelného čerpadla spolu s dalším zdrojem tepla a naznačili sme stanovení energetické náročnosti zdravotnického zařízení – polikliniky Bioregena. V třetí části seriálu tuto tému dokončíme a ukážeme také volbu tolerancí tepelných ztrát obálky budovy a jak určit energetický štítek obálky budovy.

Tepelnou ztrátou větráním se označuje tepelný výkon potřebný k ohřátí vnějšího vzduchu vnikajícího do místnosti jak infiltrací tak i otvíráním oken. Měrná tepelná ztráta H_v v $W \cdot K^{-1}$ se určí ze vztahu.

$$H_v = V' \cdot c \cdot \rho \quad (10)$$

kde

V' je objemový tok vzduchu v $m^3 \cdot s^{-1}$

c je tepelná kapacita vzduchu v $J/(kg \cdot K)$

ρ je objemová hmotost v $kg \cdot m^{-3}$, $c \cdot \rho \approx 1200 J/(m^3 \cdot K)$

V případě, že známe teplotní rozdíl uvnitř a vně budovy můžeme za pomoci rovnice (5) (viz předcházející díl seriálu) určit tepelnou ztrátu Φ_v ve W :

$$\Phi_v = 1200 \cdot V' \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \quad (11)$$

kde

Θ_i je teplota interieru

Θ_e je teplota exterieru (venkovní teplota)

Pomocí vztahu:

$$n = \frac{3600 \cdot V'}{V_m} \quad (12)$$

kde

n je intenzita výměny vzduchu při infiltraci v h^{-1}

V_m je objem vzduchu v místnosti v m^3

získáme další vztah pro měrnou tepelnou ztrátu v místnosti s intenzitou n na pravé straně rovnice

$$H_v = 0,33 \cdot n \cdot V_m \quad (13)$$

Intenzita výměny vzduchu nám udává kolikrát za hodinu se vymění objem budovy. Nejmenší hodnota intenzity výměny vzduchu pro hodnocení energetické náročnosti budov by měla být 0,5/h.

Co se týče reálné hodnoty n je závislá na vzduchotěsnosti budovy jež se dá vyjádřit pomocí n_{50} , což je intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu vně a uvnitř budovy 50 Pa, a koeficientem zastínění e , jež vyjadřuje míru jak moc je objekt vystaven povětrnostním podmínkám. Veličiny jsou přímo úměrné a n se přibližně určí podle vztahu:

$$n = n_{50} \cdot e \quad (14)$$

Pro představu hodnot n_{50} a e uvádím tabulky Tab. 14 a 15.

intenzita výměny vzduchu při 50 Pa n_{50} v h^{-1}		Úroveň vzduchotěsnosti budovy
budovy pro více rodin	budovy pro jednu rodinu	
<2	<4	vyšoká
2 až 5	4 až 10	střední
>5	>10	nížká

Tab. 14 Úroveň vzduchotěsnosti budov

Koeficient e pro třídu ochrany	Více exponovaných fasád	Jedna exponovaná fasáda
Nechráněné budovy v otevřené krajině	0,1	0,03
Přiměřeně chráněné budovy v krajině se stromy	0,07	0,02
Velmi chráněné budovy proti větru: centra měst	0,04	0,01

Tab. 15 Koeficient e

V našem případě se budeme pohybovat v doporučeném rozmezí a to mezi 0,3 a 0,6, a protože $n=0,5$ je více než dostačující vezme-me $n=0,4$ jako nominální hodnotu a zvolíme toleranci $\pm 0,1 [h^{-1}]$.

Nyní zbývají objemy podlaží budovy bez atiky a částečně bez sklepa, které jsou uváděny v Tab. 16. Říkám částečně neboť i ve sklepech

musí probíhat výměna vzduchu a místo snížení intenzity větrání ve sklepech jsem snížil jeho výšku, tudíž i objem na polovic.

Atika všechna druhá patra obírá o 0,5 [m], proto 3,1 [m] namísto 3,6 [m].

podlaží / blok	1. / A	2. / A	0. / B	1. / B	1. / C	2. / C	
poloha m^2	489,00	428,75	656,56	572,28	601,02	484,20	
výška m	3,6	3,1	1,8	3,1	3,6	3,1	celkem
objem m^3	1760,40	1329,13	1181,81	1774,07	2163,65	1501,02	9710,08

Tab. 16 Plochy a objemy jednotlivých pater budovy

Nyní již známe všechny nezbytné parametry pro výpočet tepelné ztráty způsobené větráním, jimiž po dosazení do vztahu (13) získáváme:

$$H_v = 0,33 \cdot 0,4 \cdot 9710,08 = 1281 W/K \quad (15)$$

Výsledná hodnota nám říká, že s každým stupněm rozdílu teplot mezi interierem a eterierem vzroste tepelná ztráta způsobená větráním či infiltrací o 1281 [W] při nominální hodnotě intenzity větrání $n=0,4 [h^{-1}]$. Horní a dolní mez $\Delta n = \pm 0,1$ se projeví změnou $\pm 320 [W/K]$. Tudíž můžeme napsat:

$$H_v = 1280 \pm 320 [W/K] \quad (16)$$

Volba tolerancí tepelných ztrát obálky budovy

Správné nastavení mezních hodnot nám zajistí reálný pohled na míru tepelných ztrát. Procentuální toleranci volím pro jednotlivá H_{Ti} a uvádím v tabulce Tab. 17. Každý parametr plocha A_i , faktor redukce b_i a součinitel U_i svou nejistotou ovlivňuje H_{Ti} konkrétní konstrukce. Největší procentuální rozpětí tepelných ztrát $\pm 20\%$ a $\pm 15\%$ je způsobeno nejistou teplotní propustností u podlah v rozmezí $1,5 < U < 2,0$ z důvodu, že nevíme jestli je či není konstrukce zateplena.

Ostatní parametry jsou celkem přesné, pouze u oken volím též ± 20 , neboť každé okno má jiné rozměry a jiný průměrný součinitel U který je tvořen teplotní propustností U rámu a skla, neboť poměr ploch rámu a skla je různý. Jinými slovy řečeno, jedná se o vážený průměr. Ostatní parametry jsou věrohodné i podle tabulky Tab. 2.

Konstrukce	Stěna	Podlaha na terénu	Podlaha nad sklepem	Střecha	Okna
Tolerance [%]	10	20	15	10	20
Tolerance ΔH_{Ti}	54,008	152,6021	112,025	20,793	89,762
Celková tolerance ΔH_T					429,192

Tab. 17 Zvolené tolerance jednotlivých konstrukcí

Tepelné zisky

Podle vyhlášky č. 291/2001 se bere zřetel na tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla a zisky ze slunečního záření.

Tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla za otopné období E_{vz} (kWh) se podle zmíněné vyhlášky stanoví ze vztahu:

$$E_{vz} = 6 \cdot V \quad (17)$$

Tepelné zisky ze slunečního záření za otopné období E_{zs} (kWh) se stanoví ze vztahu:

$$E_{zs} = 3 \cdot V \quad (18)$$

kde

V je objem budovy m^3

Výsledný tepelný zisk za otopné období se stanoví ze vztahu:

$$E_z = 0,9 \cdot (E_{zs} + E_{vz}) \quad (19)$$

příčemž číselná hodnota 0,9 představuje využitelnost tepelných zisků.

Určení Energetického štítku obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy nám pomáhá zhodnotit míru kvality obalových konstrukcí celkové a nároků na energii potřebnou pro vytápění, a tedy i nákladů na provoz.

Energetický štítek obálky budovy podle revidované technické normy ČSN 73 0540-2:2007, platné od května 2007, nahrazuje původní Energetický štítek budovy. Oproti původní normě se hodnocení stavebně-energetických vlastností budovy zjednodušuje na hodnocení prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} .

Z předchozích bodů známe celkovou tepelnou ztrátu objektu Bioregena včetně ztrát způsobené větráním či infiltrací a jejich tolerance. K zařazení budovy do klasifikační třídy nám pomůže použít vztah 21 a výsledek srovnat s tabulkou Tab. 18.

$$\begin{aligned} H_V &= 1280 \pm 320 [W/K] \\ H_T &= 3233 \pm 430 [W/K] \\ \Rightarrow H &= 4513 \pm 750 [W/K] \quad (20) \end{aligned}$$

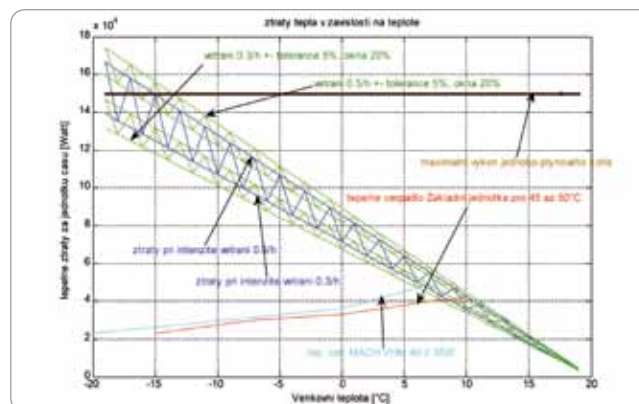
$$U_{em} = \frac{H}{A} = \frac{4513 \pm 750}{A} = 0,85 \pm 0,14 \quad (21)$$

Můžeme konstatovat, že se hodnota U_{em} nejen pohybuje ve vyhovující klasifikační třídě, ale i pokrývá svou toleranc celou třídu. Minimální hodnota se shora blíží 0,6 a maximální hodnota součinitele U_{em} zdola k hranici $U=1$.

Porovnání okamžitého tepelného výkonu kotlů a tepelných ztrát budovy

Nyní již máme dostatek výsledků, abychom mohly provádět srovnání „okamžitých ztrát“. V následujícím obr. 9 můžeme pozorovat

klesající tepelné ztráty budovy, jež se pohybují ve vyšrafovaném tolerančním pásmu, s rostoucí teplotou a naopak výkon tepelných čerpadel s venkovní teplotou roste. Křivka tepelného čerpadla říká, jaký tepelný výkon pro danou venkovní teplotu je TČ schopno vykonat. Z grafu lze usoudit, že bod zlomu kdy je TČ schopno udržovat vnitřní teplotu vytápěné budovy na 20°C nastává při 7 až 10°C. Poslední horizontální, konstantní funkce s hodnotou 150 kW odpovídá maximálnímu výkonu jednoho ze dvou plynových kotlů v Bioregeně.



obr. 9 Srovnání okamžitých výkonů zdrojů tepla a tepelných ztrát budovy

Ve čtvrté části seriálu se budeme zabývat mimo jiné i výpočtem roční tepelné ztráty budovy.

Ing. Alexander Ciller