Využití tepelných čerpadel v budovách (7)

V šestém pokračovaní sme se zabývali návrhem a simulací řízení vytápěcího systému pro Bioregenu. Závěrečná část seriálu je věnovaná ekonomické a energetické úspore navrženého řízen.

Nyní zhodnotíme energetickou úsporu z naměřených dat pro různé průměrné venkovní teploty a následně odhadneme procentuální úsporu pro jednotlivé měsíce v roce. Nakonec spočítáme celkový aritmetický průměr roční úspory jak pro 24 hodinovou regulaci přes den a noc tak i pro 12 hodinovou denní regulaci, kdy si večer můžeme dovolit nižší výkon a nechat noční řízení beze změn a porovnáme s celkovými tepelnými ztrátami budovy.

Tab. 22 a 23 určují energetické úspory energie pro denní vytápění a celodenní (24 hodinové vytápění). Procentuální úspora a je spočítána pro určité intervaly z jednotlivých sad pro něž jsme regulaci navrhovali, jako poměr tepla odevzdané otopnou soustavou při navrženém řízení ku reálnému teplu odevzdaného vytápěcím systémem podle následujícího vzorce:

$$úspora = 1 - \frac{Q_{řízené}}{Q_{měřené}} \tag{46}$$

$$přetápění = \frac{Q_{měřené}}{Q_{řízené}} - 1 \tag{47}$$

kde

$Q_{měřené}$ - naměřené teplo odevzdané otopným systémem na intervalu $<t_0,t_1>$ v kWh

$Q_{řízené}$ - teplo odevzdané otopným systémem při navržené regulaci na intervalu $<t_0,t_1>$ v kWh

Teplo odevzdané vytápěcím systémem bylo spočteno následovně:

$$Q_{měřené} = \int_{t_0}^{t_1} u_{měřené}(t)\delta t \tag{48}$$

$$Q_{řízené} = \int_{t_0}^{t_1} u_{1_řízené}(t) + u_{2_řízené}(t)\delta t \tag{49}$$

kde

$U_{měřené}$ (t) - realný výkon vytápěcího systému naměřený v čase *t* v kW

$U_{1\ řízené}$ (t) – řízený výkon tepelných čerpadel, navržený podle kritérií (43), (44) a (45) (viď předchozí díl seriálu) v kW

$U_{2\ řízené}$ (t)- řízený výkon plynových kotlů, navržený podle kritérií (43), (44) a (45) (viď předchozí díl seriálu) v kW

venkovní teplota °C	-13,02	-3,55	-0,9	6,42	9	10,72
úspora [%]	5	15	21	30	21	13

Tab. 22 Úspora energie pro celodenní 24. hodinové vytapění

venkovní teplota °C	-16,63	-2,45	7,71	9,14
úspora [%]	29	38	51	43

Tab. 23 Úspora energie pouze pro denní 12. hodinové vytapění

Pro průměrnou venkovní teplotu v časovém intervalu od t0 do t1 platí:

$$\overline{T_{out}} = \frac{1}{t_1 - t_0} \cdot \int_{t_0}^{t_1} T_{out}(\tau)\delta\tau \tag{50}$$

kde

T_{out}(t)- venkovní teplota v čase *t* v °C

Vzorce jsme samozřejmě upravili pro diskrétní průběh kdy integrál ve spojité oblasti odpovídá sumě v diskrétní oblasti a samozřejmě s nulovými počátečními podmínkami.

Podle výsledků z tab. 22 a 23 můžeme říci, že navržená regulace je zvláště výhodná pro denní 12. hodinové průběhy, což je způsobeno tím, že současná „reálná regulace“ pracuje večer na minimálních hodnotách a oproti námi navržené regulaci, večer uspoří více energie. Celodení 24. hodinová regulace však vždy, vůči „naměřené regulaci“, v průměru kolem 20% uspoří. Následující tab. 24 nám ukazuje průměrné venkovní teploty za rok 2009 pro každý měsíc, ke kterým jsme odhadli přibližnou procentuální úsporu.

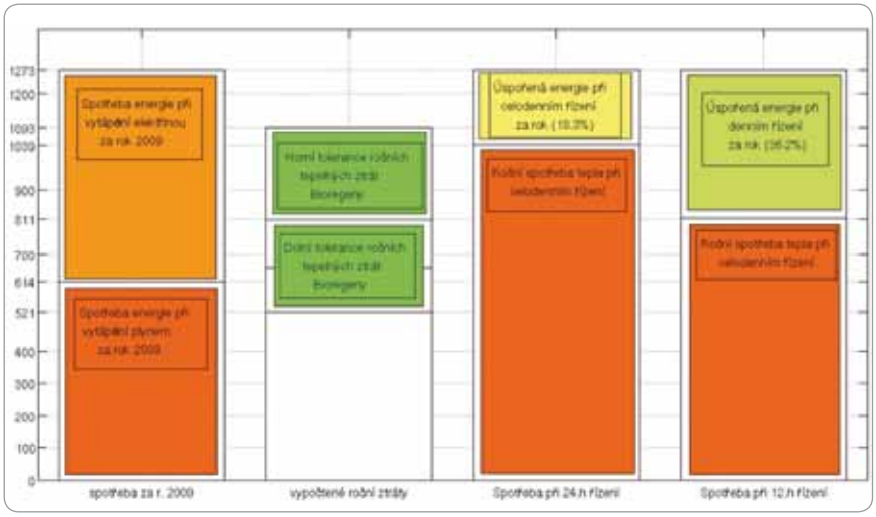
měsíc	průměrná teplota [°C]	úspora při 24h vytápění [%]	úspora při 12h vytápění [%]
leden	-0,3	20	40
únor	4,1	25	45
březen	13	15	35
duben	14,2	15	30
květen	15,1	15	30
červen	18,6	15	30
červenec	19,6	15	30
srpen	16	15	30
září	8	20	45
říjen	6,4	30	45
listopad	-0,8	20	40
prosinec	-3,6	15	35
průměr za rok	9,19	18,33	36,25

Tab. 24 Vypočtená roční úspora energie při celodenním 24. hodinovým a denním 12. hodinovým vytápění

Zhodnocení výsledků

Nyní, kdy již známe procentuální úspory, můžeme porovnat roční tepelné ztráty při navrženém řízení, nejen s reálnou spotřebou tepla, z naměřených dat, ale i s ročními tepelnými ztrátami Bioregeny (viď 2. díl seriálu). Vezmeme-li v úvahu zmíněné úspory z tab. 24 a data z obr. 10 (viď 4. díl seriálu) získáme následující graf (obr. 27), ve kterém si můžeme všimnout, že roční spotřeba tepla při 12. hodinovém řízení téměř odpovídá střední hodnotě ročních tepelných ztrát Budovy, což nás přivádí ke zjištění, že se jedná o „ideální regulaci“, kdy roční spotřeba tepla, při navrženém vytápění, právě

pokrývá energetickou náročnost budovy (roční tepelné ztráty) a nedochází tak ke zbytečnému přetápění.



Obr. 27 Porovnání spotřeby tepla bez a s navrženým řízením

Dále lze zpozorovat, že nejvyšších úspor (až 50% v případě denního řízení) dochází při venkovních teplotách kolem 7°C. Co se tepelných čerpadel týče, vytápění jimi je ekonomicky (finančně) výhodné pro venkovní teploty pohybující se kolem 5°C. Hodnota je relativní z důvodu závislosti výkonu tepelného čerpadla i na teplotě otopné vody.

Z ekonomického hlediska je možné ušetřit až 36% dosavadních nákladů na vytápění a v horizontu několika let by se investice, na zajištění možnosti vytápění tepelnými čerpadly a plynovými kotly zároveň, možnosti regulace příkonu tepelných čerpadel spolu s podobným řídicím systémem jako jsme navrhli, vrátily na uspořených nákladech na vytápění.

Perspektivy dalšího vývoje

Z hlediska dalšího vývoje se již uvažují změny právě ve vytápěcím systému, kde dalšími kroky bude realizace možnosti současného běhu kotlů a čerpadel zároveň, instalací tepelných výměníků, kde zahřátá voda z kotlů a čerpadel bude přes tepelné výměníky předávat energii topné vodě. Co se týče dalších změn z hlediska řízení vytápění, které jsme navrhovali, věřím že zjištěná čísla přispějí ke krokům pro změnu způsobu regulace teploty a výsledky této práce budou inspirací při eventuálním návrhu řídicího systému.

Ing. Alexander Ciller