

HIDRAVLIČNO URAVNOTEŽENJE SEKUNDARNIH OGREVALNIH SISTEMOV IN PRISPEVEK K POVEČANJU IZKORISTKOV DALJINSKIH ENERGETSKIH SISTEMOV

HYDRONIC BALANCING OF THE SECONDARY HEATING SYSTEM AND CONTRIBUTION TO THE HIGHER EFFICIENCY OF DH NETWORK

Duško Vnučec, Jože Torkar*

Danfoss, d. o. o, Ljubljana

*EL-TEC Mulej, d. o. o., Bled

POVZETEK

Pravilno hidravlično uravnoteženje sekundarnega dela ogrevalnega sistema je pomembno iz dveh razlogov. Prvič, zaradi zagotavljanja projektnih pretokov, ki posledično vplivajo na želeno temperaturno razliko (ΔT) med dovodom in povratkom ogrevne vode v sistem. Nizka povratna temperatura namreč omogoča, da sistem daljinskega ogrevanja deluje z večjo učinkovitostjo. Drugič, hidravlično uravnoteženje zagotavlja optimalne diferenčne tlake prek termostatskih radiatorskih ventilov, ki posledično delujejo z višjo avtoriteto in tišje. Oba dejavnika sta temeljna pogoja za doseganje večjih prihrankov energije in zanesljivo obratovanje sistema. Delovanje sistema s termostatskimi radiatorskimi ventili ali brez njih ter s hidravličnim uravnoteženjem ali brez njega bo prikazano s simulacijskim programom HeatSim.

Obravnavani so učinki uvedbe hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov na izboljšanje izkoristkov daljinskih energetskih sistemov. Predstavljeni so zmožnosti mogočih prihrankov toplote v slovenskih sistemih daljinskega ogrevanja ter predlogi za uvedbo stimulativnih predpisov in zakonodaje.

Ključne besede: daljinsko ogrevanje, hidravlično uravnoteženje, učinkovitost daljinskih energetskih sistemov, prihranki

ABSTRACT

Proper hydronic balancing of the secondary heating system is important for two reasons. Firstly, it enables the system to function at designed temperature difference (ΔT). That means that heating water is sufficiently cooled, enabling district heating plant to work with higher efficiency. Secondly, it secures right differential pressure conditions at the radiator thermostat valves which hence operate with higher authority and their operation is silent. This is a pre-condition for high energy savings and trouble-free operation. Operating conditions with or without radiator valves, with or without balancing valves will be simulated by using real time simulation program called HeatSim.

This paper presents effects and benefits for the DH company that can be achieved with implementation of the proper hydronic balancing of the secondary heating system. Possible savings in Slovenian DH companies and possible legal measures will be presented.

Key words: district heating, hydronic balancing, efficiency of DH systems, savings

1 UVOD

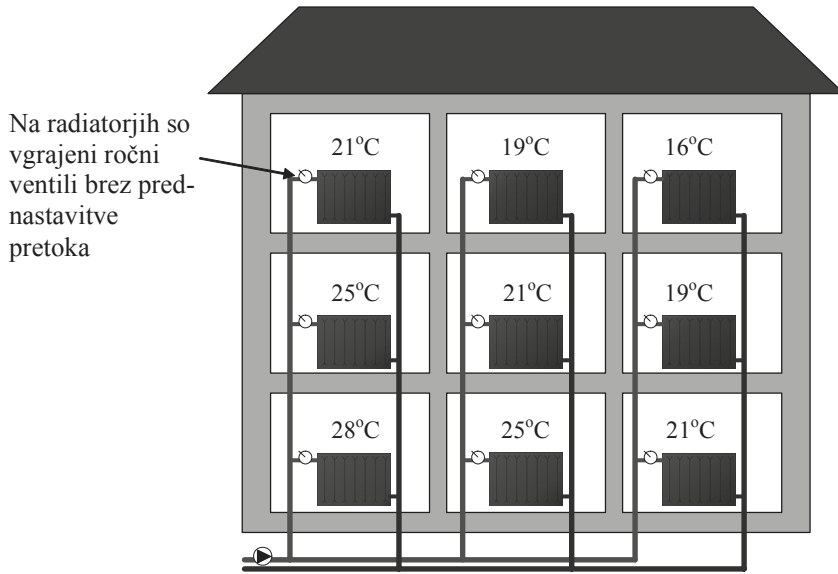
Članek obravnava učinke uvedbe hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov na izboljšanje izkoristkov daljinskih energetskih sistemov. Predstavljeni so stanje v praksi, mogoči ukrepi, zakonodaja, državne subvencije in zmožnosti prihrankov toplote v slovenskih sistemih daljinskega ogrevanja ter predlogi za uvedbo stimulativnih tehničnih predpisov in zahtev za priključevanje objektov na sistem daljinskega ogrevanja.

Delovanje sistema s termostatskimi radiatorskimi ventili ali brez njih ter s hidravličnim uravnoteženjem ali brez njega bo prikazano tudi s simulacijskim programom HeatSim.

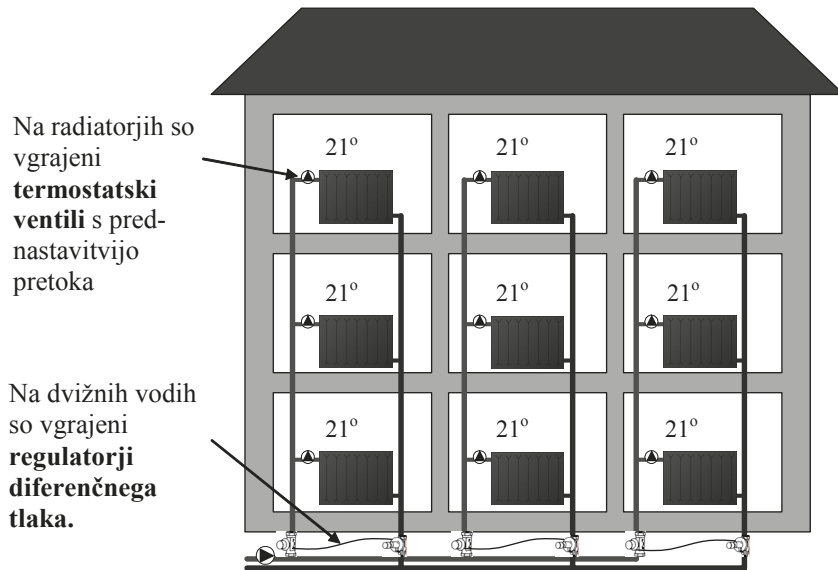
2 POMEN HIDRAVLIČNEGA URAVNOTEŽENJA SEKUNDARNEGA DELA OGREVALNEGA SISTEMA

Namen ogrevalnih, prezračevalnih in klimatizacijskih sistemov je vzpostavitev ugodnih klimatskih razmer ob hkratni gospodarni izrabi energije in varovanju okolja. V praksi ogrevala pogosto ne dajo pričakovanih rezultatov, ker v različnih delih sistema ni zahtevanega pretoka ali temperature, poleg tega pa sistem deluje neučinkovito še zaradi visokih povratnih temperatur. Rešitev te težave ni povečevanje obtočne črpalke ali zviševanje dovodne temperature, temveč pravilna izbira regulacijskih elementov in strokovna izvedba hidravličnega uravnoteženja sistema. Z uravnavanjem upornosti v različnih delih sistema z dušilnimi ventili se z izračunom nastavi določen pretok skozi porabnike in generatorje toplote, vzpostavi želeno temperaturno udobje ter omogoči gospodarna uporaba energije. S hidravličnim uravnoteženjem sistema se v glavnem rešijo tudi težave, povezane s šumnostjo cevi in ventilov. Z uvedbo energetsko učinkovitih sistemov ogrevanja, kot so daljinsko ogrevanje, kondenzacijski kotli, toplotne črpalke in sprejemniki sončne energije, postajo zahteve pri regulaciji in hidravličnem uravnoteženju vse večje.

Nekateri strokovnjaki menijo, da je pri sistemih s termostatskimi ventili hidravlično uravnoteženje nepotrebno, saj to samodejno opravijo ventili. Pri tem pa se pozablja na časovni zamik med bližnjimi in oddaljenimi dvižnimi vodi in ogrevali, ki se pojavlja predvsem pri vnovičnih zagonih po prekinitvah ogrevanja. Tudi sicer je tak pristop za večje sisteme nesprejemljiv, saj termostatski ventili ne morejo obvladovati celotnega omrežja.



Slika 1: Hidravlično neuravnotežen sistem



Slika 2: Hidravlično uravnotežen sistem s termostatskimi radiatorскими ventili in regulatorji diferenčnega tlaka na dviznih vodih

2.1 Sistemi z radiatorskim ogrevanjem

Velika večina sistemov, priključenih na daljinsko ogrevanje, ima vgrajeno klasično radiatorsko ogrevanje. V 80 % odstotkih je to dvocevni sistem ogrevanja z vertikalnim razvodom, kar pomeni, da gredo dvižni vodi iz kleti do zadnjega nadstropja skozi vse kopalnice, dnevne sobe, sobe ... Preostanek sistemov je zasnovan na načelu etažnih ogrevanj, pri katerem je vsako stanovanje sklenjena celota s priključno omarico, v kateri sta ročni ventil za uravnavanje pretoka in merilnik toplote. V zadnjem času prevladujejo sistemi s tako imenovanimi stanovanjskimi toplotnimi postajami, ki poleg merilnika toplote združujejo tudi pretočno pripravo sanitarne tople vode ter ventile za samodejno uravnavanje diferenčnih tlakov in pretokov.

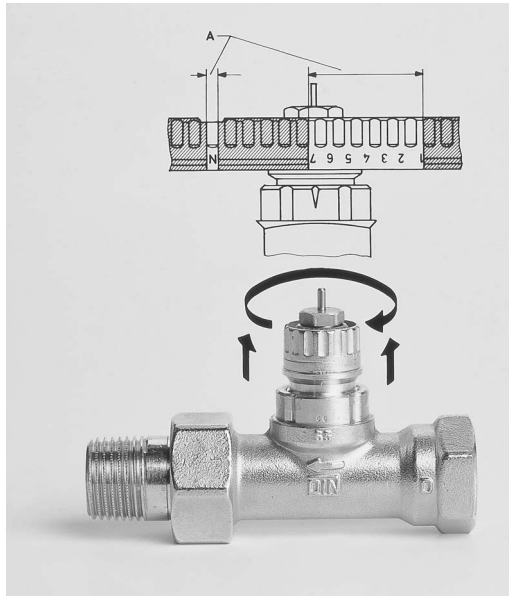
Radiatorski termostatski ventili so se začeli v Sloveniji množično vgrajevati po naftni krizi v 80. letih ter uvedbi prvega pravilnika o učinkovitosti energije leta 1984. Uvedbi termostatskih radiatorskih ventilov je sledil hiter razvoj ventilov za uravnavanje diferenčnega tlaka v dvižnih vodih, ki jih poznamo tudi pod imenom ventili za samodejno hidravlično uravnoteženje. Ti ventili imajo vgrajeno posebno membrano, ki vzdržuje enakomeren diferenčni tlak v dvižnemvodu. Tako imajo termostatski radiatorski ventili zagotovljeno minimalno avtoriteto 0,3 in brezšumno delovanje.

Največ težav s šumenjem in avtoriteto se pojavlja v prehodnih ogrevalnih obdobjih, ko je velika večina ventilov skoraj zaprtih. Padec tlaka v ceveh in spojnih elementih se takrat zelo zniža, celoten tlak črpalke pa se praktično prenese na termostatske radiatorske ventile. Ventili morajo takrat zagotoviti tak padec tlaka, da lahko črpalka obratuje na svoji krivulji Q-h. V tem primeru je delovno območje ventila v bližini zaprtega položaja, kar pa ni zaželeno:

- zaradi nestabilnega in problematičnega uravnavanja;
- ker lahko krožnik ventila udarja ob sedež;
- ker se lahko pojavi kavitacija;
- ker lahko ventil povzroča nezaželene šume pri obratovanju.

Če je izračunani padec tlaka na regulacijskem ventilu zelo majhen v primerjavi s tlakom črpalke in če naprava obratuje z majhno močjo, se bo bistveno povečala tlačna razlika na ventilu. To povzroči še vedno prevelik pretok skozi radiator in tako zmanjša prilagodljivost naprave. V teh okoliščinah se pojavita nezaželeno uravnavanje in moteč šum v radiatorju.

Ker vrednosti regulacijskih ventilov Kvs naraščajo v stopnjah, v večini regulacijskih sistemov ni mogoče izbrati ventila, ki bi natančno ustrežal izračunanim zahtevam. Zato je treba vgraditi radiatorske termostatske ventile, ki imajo možnost prednastavitve pretoka s posebno zaslonko, ki je sestavni del ventila. Zaporedno za regulacijskim ventilom je treba v odcep namestiti še en regulacijski ventil – regulator diferenčnega tlaka, ki se nastavi tako, da zagotovi nazivni pretok in brezšumno delovanje. V praksi to pomeni, da mora biti regulator diferenčnega tlaka nastavljen od 10 kPa do 25 kPa, termostatski radiatorski ventili pa računani na tlačni padec prek ventila od 5 kPa do 10 kPa. Z zaporedno namestitvijo regulatorja diferenčnega tlaka in prednastavitvijo termostatskega radiatorskega ventila se prepreči prevelik pretok skozi celoten regulacijski krog.



Slika 3: Termostatski radiatorski ventil Danfoss s prednastavitvijo pretoka

2.2 Obtočne črpalke s konstantnim diferenčnim tlakom

Pogosto se postavlja vprašanje, ali lahko črpalka, ki deluje s konstantnim diferenčnim tlakom, nadomesti regulatorje diferenčnega tlaka v dvižnih vodih. Odgovor je pritrdilen, če imamo opravka z manjšim sistemom, v katerem delovna višina črpalke v katerem koli sistemu obratovanja ne preseže 25 kPa. Če je delovna višina črpalke višja, je vgradnja regulatorjev diferenčnega tlaka zelo priporočljiva, ne samo zaradi šumenja, temveč tudi zaradi lažjega nastavljanja pretokov na radiatorskih termostatskih ventilih, ki imajo v primeru vgradnje regulatorjev diferenčnega tlaka znan tlačni padec in jih lahko nastavljamo že na podlagi velikosti radiatorja. V nasprotnem primeru je treba diferenčni tlak izračunati za vsak posamezen termostatski radiatorski ventil in ga na podlagi tega izračuna tudi nastaviti.

Elektronsko regulirana črpalka, ki vzdržuje konstantni diferenčni tlak, se od navadne neregulirane črpalke razlikuje v tem, da ne povišuje tlaka takrat, ko se pretok zmanjšuje. Sicer pa je njeno delovanje povsem enako kot pri črpalci brez frekvenčnega regulatorja. Sama črpalka ne zmore zagotavljati ravnotežja v sistemu z več dvižnimi vodi ali vejami. To lahko zagotovimo samo z uporabo regulatorjev diferenčnega tlaka na vseh dvižnih vodih ali vejah in s prednastavitvijo pretoka na termostatskih radiatorskih ventilih.

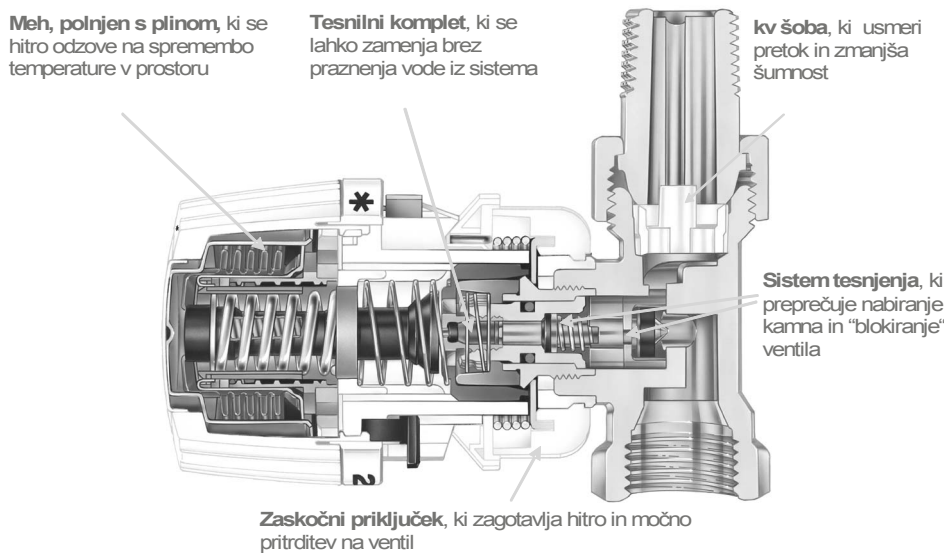
2.3 Kakšni naj bodo termostatski radiatorski ventili?

V sisteme, ki so povezani z daljinskim ogrevanjem, je treba obvezno vgrajevati ventile z

možnostjo prednastavitve oziroma nastavljanja nazivnega pretoka. Nekateri distributerji daljinske toplote zahtevajo celo vgradnjo termostatskih radiatorских ventilov z zmanjšanimi Kvs-vrednostmi, ki zagotavljajo ΔT prek radiatorja tudi do 30 K. Poleg ventila s prednastavitvijo je pomembna izbira termostatske glave oziroma tipala. Na trgu so trije tipi termostatskih glav oziroma tipala, ki so polnjeni s trdno snovjo (voskom), tekočino ali plinom. Tipala, polnjena z voskom, so neprimerna iz naslednjih razlogov:

- vosek z leti izgubi elastičnost, regulator pa postane navaden zaporni (ON-OFF) ventil;
- zaradi velikega notranjega trenja elementov je potrebna za spremembo smeri gibanja sorazmerno velika temperaturna razlika, manjša pa je tudi hitrost odziva;
- poleti, ko je temperatura v prostoru visoka, termostatski ventili pa so zaprti, se pojavi zelo močan pritisk na sedež ventila. Blokiranje ventila je treba preprečiti z namestitvijo posebne razbremenilne vzmeti, ki prevzame del pritiska.

Najprimernejše so termostatske glave, polnjene s plinom (npr. Danfoss RA2000), saj imajo življenjsko dobo več kot 20 let in so neobčutljive na zgoraj navedene težave. Zaradi močne okrepitve, ki znaša 0,37mm/K, se zelo hitro odzivajo na spremembe temperature in lahko delujejo na proporcionalnem območju Xp do 1 K, kar prihrani veliko energije za ogrevanje.



Slika 4: Elementi sodobnega termostatskega radiatornega ventila

3 ZAKONODAJA

Edina oprijemljiva regulativa, ki je do zdaj urejala problematiko hidravličnega uravnoteženja, je bil nemški VOB/DIN 18 380 Teil C iz leta 1996, prva smernica VDI

2073 – Hidravlične vezave v ogrevalnih in prezračevalnih napravah pa je izšla leta 1999 (1). V Sloveniji je prvi pravilnik, ki opredeljuje hidravlično uravnoteženje, izšel lani v Uradnem listu RS, št. 93/2008. To je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Hidravlično uravnoteženje urejata 15. člen, 10. odstavek, ter 23. člen, 4. odstavek, ki sta zaradi pomembnosti v celoti navedena spodaj:

- Člen 15, 10. odstavek:
(10) Sistemi morajo biti projektirani in grajeni tako, da se doseže naravno hidravlično uravnoteženje sistema (sistemi razvoda z obrnjenim povratkom). Kadar iz tehničnih ali ekonomskih razlogov to ni mogoče, morajo biti na glavnih hidravličnih vejah vgrajeni elementi za ročno ali samodejno hidravlično uravnoteženje sistema z napisnimi tablicami in trajno oznako o potrebni nastavitvi.
- 23. člen, 4. odstavek:
(zahteve pri predaji novih stavb, prenovi stavb in investicijskem vzdrževanju stavb)
(4) Pri investicijskih vzdrževalnih delih, ki vključujejo zamenjavo generatorjev toplote ali hladu, delov razdelilnega omrežja ali končnih prenosnikov toplote, je treba hidravlično uravnotežiti celoten sistem in izvesti ukrepe za lokalno in/ali regulacijo.

Naravno hidravlično uravnoteženje z obrnjenimi povratki je učinkovito samo v sistemih s konstantnimi pretoki. V sistemih s spremenljivimi pretoki, ki jih povzročajo termostatski radiatorski ventili, je tehnično in ekonomsko bistveno boljša rešitev vgradnja ventilov za samodejno hidravlično uravnoteženje na vejah ali dviznih vodih, se pravi vgradnja regulatorjev diferenčnega tlaka.

Vgradnja termostatskih radiatorskih ventilov je bila v Sloveniji prvič zakonsko predpisana že leta 1984. V novem pravilniku so termostatski radiatorski ventili omenjeni v 15. členu, 9. odstavek:

- 9) Vsa grelna in hladilna telesa morajo imeti vgrajene elemente za uravnavanje temperature v prostoru s proporcionalnim območjem 1 K, če je uporabna površina prostora večja od 6 m². Pri vgradnji regulacije, s katero se dosega enaka ali boljša regulacija temperature zraka v prostoru, vgradnja takih elementov ni obvezna.

Kot vidimo zgoraj, novi pravilnik vsebuje tudi zahtevo po termostatih, ki imajo možnost nastavitve na proporcionalnim območju 1 K. Tej zahtevi lahko ugodijo samo zelo hitre termostatske glave v kombinaciji z ventili z možnostjo prednastavitve pretoka.

4 SUBVENCIJE IN PODPORA, KI JO DRŽAVA NAMENJA NALOŽBAM

Ministrstvo za okolje in prostor, Sektor za aktivnosti URE in OVE, je 29. februarja 2008 v Uradnem listu RS, št. 21/08, Ob-2617/08, objavilo javni razpis za finančne spodbude za investicije v povečanje energetske učinkovitosti obstoječih večstanovanjskih stavb JR-ST 2008. Razpis je namenjen gospodinjstvom oz. fizičnim osebam, ki so etažne lastnice stanovanj v stavbah z najmanj devetimi stanovanji v Republiki Sloveniji.

Predvidena finančna sredstva za tovrstne spodbude so leta 2008 znašala do 190 000 EUR, leta 2009 pa do 210 000 EUR, skupaj okvirno do 400 000 EUR za izvedbo enega ali več ukrepov iz treh vsebinskih sklopov:

- a) Sistem razdeljevanja in obračunavanja stroškov za toploto;
- b) Vgradnja termostatskih ventilov in hidravlično uravnoteženje ogrevalnega sistema;
- c) Toplotna zaščita starejše večstanovanjske stavbe.

3. oktobra 2008 je bilo v Uradnem listu RS, št. 94/08, Ob-8260/08, objavljeno podaljšanje javnega razpisa do četrtega odpiranja marca 2009.

Ne glede na višino subvencije (30 %) se je na razpis za sklop b) Vgradnja termostatskih ventilov in hidravlično uravnoteženje ogrevalnega sistema prijavilo malo projektov: leta 2005 eden, leta 2007 trije, razpis za leto 2008 pa še ni končan. Razloge za tako majhen odziv je treba iskati predvsem v tehnično dokaj zahtevnem posegu v ogrevalni sistem. Ta zahteva izdelavo projektne dokumentacije na podlagi posnetka trenutnega stanja, demontažo ventilov, montažo novih termostatskih radiatorskih ventilov, ki večinoma zahtevajo tudi menjavo dotrajanega radiatorja. Dvižni vodi oziroma vertikale so slabo dostopni in potekajo skozi „zasebne“ kletne prostore, polne različne navlake, v katerih je rezanje in varjenje cevi zelo oteženo in nevarno zaradi možnosti vžiga.

5 UČINKI HIDRAVLIČNEGA URAVNOTEŽENJA SEKUNDARNIH OGREVALNIH SISTEMOV

Hidravlično uravnoteženje sekundarnih ogrevalnih sistemov ima pozitiven učinek na porabo toplote v stavbah. Pravilna vgradnja radiatorskih termostatskih ventilov s prednastavitvijo pretoka ter vgradnja samodejnih izravnalnih ventilov v dvižnih vodih in elektronsko reguliranih črpalk omogočata znižanje porabe toplote za povprečno od 10 % do 25 %. Velike prihranke je mogoče doseči samo s kombinacijo zgoraj naštetih ukrepov, podprtih z obračunom toplote glede na dejansko porabo. Zmotno je namreč mišljenje, da je mogoče velike prihranke doseči z izvedbo enega samega ukrepa.

Hidravlično uravnoteženje sekundarnih ogrevalnih sistemov ima pozitiven učinek tudi na znižanje temperature v povratkih ogrevalnih sistemov. Povprečno znižanje temperature v povratnem vodu je od 3 do 7 °C. Učinki so predstavljeni v naslednji preglednici:

Preglednica 1: Učinki hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov

2 853 000	[MWh]	Proizvedena toplota v sistemih DO v SLO v letu 2004 [3] (vir: GZS)
2 411 000	[MWh]	Prodana toplota v sistemih DO v SLO v letu 2004 [3] (vir: GZS)
84,5	[%]	Izkoristek mreže v sistemih DO v SLO v letu 2004 [3] (vir: GZS)
30	[€/MWh]	Cena variabilnega dela toplote
10	[%]	Znižanje rabe toplote v stavbah zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov
241 100	[MWh]	Prihranki toplote v stavbah zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov
7 233 000	[€]	Prihranki toplote v stavbah zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov
70	[€]	Cena vgradnje radiatorskega termostatskega ventila s prednastavitvijo pretoka
103 329	[kos]	Zmožnost zamenjave radiatorskih termostatskih ventilov s prednastavitvijo pretoka, ki se v enem letu povrne iz prihrankov
105 746	[ton]	Znižanje emisij CO ₂ zaradi prihrankov toplote v stavbah zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov
5	[°C]	Znižanje temperature v povratnih vodih zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov
0,57	[%]	Izboljšanje izkoristka mreže v sistemih DO zaradi nižje temperature v povratnih vodih
16 131	[MWh]	Prihranki toplote zaradi boljšega izkoristka mrež DO zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov
483 942	[€]	Prihranki toplote zaradi boljšega izkoristka mrež DO zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov (spodbude na podlagi tarifnih sistemov)
7 075	[ton]	Znižanje emisij CO ₂ zaradi boljšega izkoristka mrež DO zaradi hidravličnega uravnoteženja sekundarnih ogrevalnih sistemov

6 SKLEPNE UGOTOVITVE

Iz preglednice 1 vidimo, da je mogoče v objektih, priključenih na sisteme daljinskega ogrevanja v Sloveniji, prihraniti 241 100 MWh oz. nekaj več kot 7 000 000 €/leto. Ne glede na spodbude Ministrstva RS za okolje in prostor, Sektor za aktivnosti URE in OVE, v višini 200 000 €/leto, so izkušnje s črpanjem razpisanih spodbud v zadnjih letih slabe in kažejo, da je treba:

- spodbude povečati na vsaj 50 % vrednosti naložbe, da se izvede čim več projektov;
- zaradi nacionalnega interesa znižanja porabe toplote vgradnjo termostatskih ventilov in hidravlično uravnoteženje ogrevalnega sistema zahtevati tudi za že zgrajene

- objekte, tako kot pri obračunu porabljene toplotne energije glede na dejansko porabo;
- povečati obseg spodbud vsaj na zmožnost letnega prihranka zaradi izvedbe ukrepov;
- poenostaviti postopke za pridobitev spodbud;
- zagotavljati pomoč stanovalcem pri izdelavi projektne dokumentacije za vgradnjo termostatskih radiatorskih ventilov in izvedbo hidravličnega uravnoveženja, ki je trenutno ena od večjih ovir pri črpanju spodbud MOP.

Sistemi daljinskega ogrevanja v Sloveniji imajo zaradi vgradnje termostatskih ventilov in hidravličnega uravnoveženja ogrevalnih sistemov zmožnost izboljšanja izkoristkov mrež daljinskega ogrevanja v višini 0,57 % oz. 484 000 €/leto. Distributerji toplote lahko odjemalce spodbudijo k tem ukrepom s:

- stimulativnim tarifnim sistemom, ki odjemalce nagrajuje z bonusi zaradi nižjih temperatur v povratnih vodih;
- tehničnimi pogoji za priključitev na sisteme daljinskih ogrevanj, ki za nove odjemalce zahtevajo obvezno vgradnjo termostatskih ventilov s prednastavljenim pretokom in vgradnjo regulatorjev diferenčnega tlaka za samodejno hidravlično uravnoveženje ogrevalnih sistemov;
- tehničnimi pogoji za priključitev na sisteme daljinskega ogrevanja, ki sedanjim odjemalcem postavljajo nekajletni prehodni rok za obvezno vgradnjo termostatskih ventilov in samodejno hidravlično uravnoveženje ogrevalnih sistemov;
- ponujanjem storitev in opreme za zagotavljanje učinkovite rabe energije, kot je vgradnja termostatskih radiatorskih ventilov in hidravličnega uravnoveženja, kot to distributerjem toplote predlaga Direktiva o učinkovitosti rabe končne energije in o energetskih storitvah (Direktiva 2006/32/ES).

7 LITERATURA

- [1] Uravnavanje diferenčnega tlaka v ogrevalnih sistemih, 1999 Danfoss Hydronic Balancing, Nordborg, Denmark, Lennart Örberg, Mjölby Sweden.
- [2] Spletna stran www.aure.si, Ministrstvo za okolje in prostor, Sektor za aktivnosti URE in OVE, Dunajska 48, 1000 Ljubljana
- [3] Spletna stran www.gzs.si, Gospodarska zbornica Slovenije, Dimičeva 13, 1000 Ljubljana