



**INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
FUNDUSZ SPÓJNOŚCI



Załącznik nr 10 do Regulaminu konkursu

**Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014 - 2020**

**METODYKA SZACOWANIA ZMNIJSZENIA STRAT CIEPŁA  
(sieci)**

**Oś priorytetowa I**  
***Zmniejszenie emisyjności gospodarki***

**Działanie 1.6**

**Promowanie wykorzystywania wysokosprawnej kogeneracji ciepła  
i energii elektrycznej w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło  
użytkowe**

**Poddziałanie 1.6.2**

**Sieci ciepłownicze i chłodnicze dla źródeł wysokosprawnej  
kogeneracji**



**NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA  
I GOSPODARKI WODNEJ**



## SZACOWANIE ZMNIEJSZENIA STRAT CIEPŁA (SIECI)

I. W celu obliczenia oszczędności wynikających z modernizacji sieci ciepłowniczych dofinansowywanych w ramach działania 1.5. należy skorzystać z następującego wzoru:

Wzór 1

$$\Delta E = E_1 - E_2 \text{ [GJ/rok]}$$

gdzie:

$E_1$  - straty ciepła przed modernizacją [GJ/rok]

$E_2$  - straty ciepła po modernizacji [GJ/rok]

II. W celu obliczenia sumy rocznych strat ciepła w rurociągu przed modernizacją należy skorzystać z następującego wzoru:

Wzór 2

$$E_1 = E_q + E_n \text{ [GJ/rok]}$$

gdzie:

$E_q$  - straty ciepła przez przenikanie w całym roku stanowiące sumę strat ciepła w okresie sezonu grzewczego i poza nim [GJ/rok]

$E_n$  - roczne straty ciepła spowodowane nieszczelnością [GJ/rok]

W tym celu należy obliczyć wartości  $E_q$  oraz  $E_n$  (na podstawie wzorów 3,4,5,6):

Wzór 3

$$E_q = E_s + E_l \text{ [GJ/rok]}$$

$E_s$  - straty ciepła w sezonie grzewczym [GJ/rok]

$E_l$  - straty ciepła poza sezonem grzewczym [GJ/rok]

gdzie:

Wzór 4

$$E_s = 10^{-5} \times 8,64 \times q_s \times L_i \times D_s \text{ [GJ/rok]}$$

$D_s$  - liczba dni trwania sezonu grzewczego [dni]

$L_i$  - długość odcinka sieci; w przypadku, gdy odcinek sieci wyposażony jest w armaturę, jego długość należy odpowiednio zwiększyć zgodnie z ogólnymi zasadami obliczania strat rurociągów [m]

Jednostkowe straty ciepła w sieci w sezonie grzewczym obliczyć można ze wzoru:

Wzór 5

$$q_s = u \times (t_{1sr} + t_{2sr} - 2t_s) \text{ [W/m]}$$

Podane we wzorze 5 wielkości  $t_{1sr}$  oraz  $t_{2sr}$  określa się przy pomocy wykresu regulacyjnego ( $t_1=f(t_z)$  oraz  $t_2=f(t_z)$ ) (zgodnie z rysunkiem 1), po wstawieniu  $t_z=t_{zsr1}$ ; przy czym  $t_z$  - temperatura zewnętrzna (temperatura otoczenia).

$t_{1sr}$  - średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu zasilającym [°C]

$t_{2sr}$  - średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu powrotnym [°C]

$t_{zsr1}$  - średnia temperatura zewnętrzna w okresie ogrzewania [°C]

$t_{zsr2}$  - średnia temperatura zewnętrzna poza okresem ogrzewania [°C]

$t_s$  - temperatura na zewnątrz rurociągu

W przypadku, gdy rurociąg położony jest w gruncie  $t_s = 8$  [°C].

W przypadku rurociągów napowietrznych  $t_s = t_{zsr1}$  (w okresie grzewczym) i  $t_s = t_{zsr2}$  (poza okresem grzewczym).

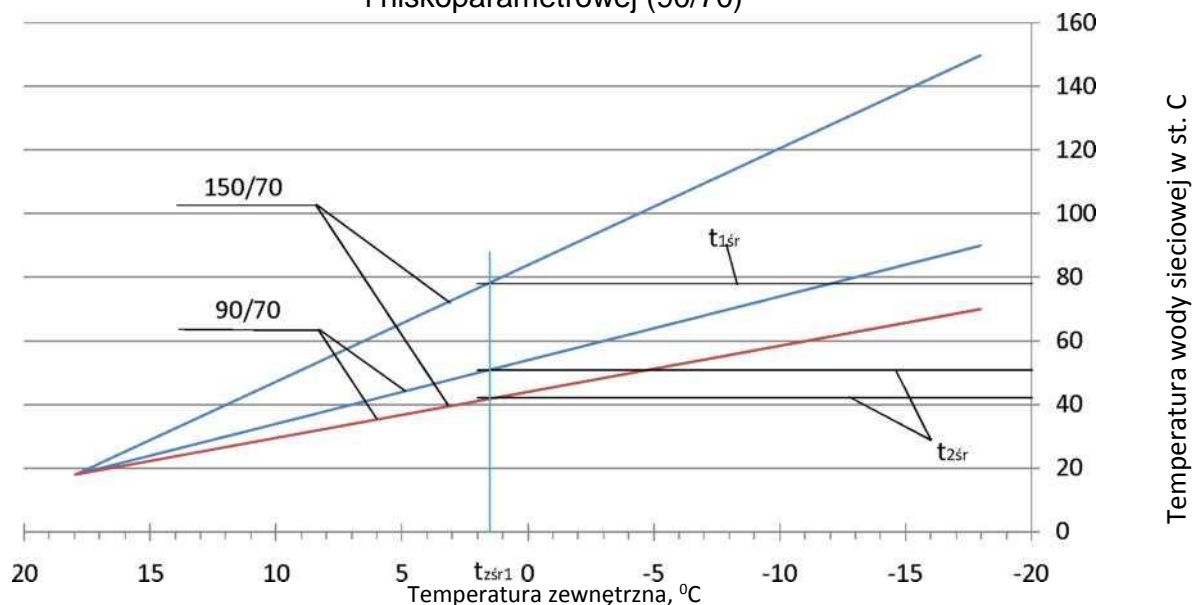
W przypadku rurociągów umieszczonych w kanałach  $t_s$  zależy od nominalnych temperatur sieci, a jej wartość można odczytać w tabeli 1.

$u$  - współczynnik strat ciepła, charakteryzujący rurociąg [W/mK] wyznaczony wg wzoru 8; wartości  $u_0$  - uwzględniające średnicę rurociągu z tabeli 2 i wartości  $a$  - uwzględniające pogorszenie się stanu izolacji rurociągu w wyniku jej starzenia, z tabeli 3.

Tabela 1. Temperatura powietrza ( $t_s$ ) w kanałach nieprzechodnych sieci ciepłych (wg PN-85/B-02421)

Dnom rurociągu	Maksymalne obliczeniowe temperatury czynnika (zasilanie/powrót)				
	180/70	150/70	130/70	110/70	90-95/70
Mm					
do 50	16	14	13	12	11
65-150	21	19	17	16	15
200-350	28	25	23	21	19
400-600	33	29	27	25	22
700-900	36	33	30	27	24
1000-1400	39	35	32	29	25

Rys.1. Przykładowy wykres regulacyjny sieci wysokoparametrowej (150/70) i niskoparametrowej (90/70)



Straty ciepła w sieci poza sezonem grzewczym:

Wzór 6

$$E_i = 10^{-5} \times 8,64 \times q_i \times L_i \times (365 - D_s) \text{ [GJ/rok]}$$

$q_i$  - średnie jednostkowe straty w sieci poza sezonem grzewczym [W/m] wyznacza się ze wzoru 7 podobnego do wzoru 5,

$L_i$  - długość odcinka sieci; w przypadku, gdy odcinek sieci wyposażony jest w armaturę, jego długość należy odpowiednio zwiększyć zgodnie z ogólnymi zasadami obliczania strat rurociągów, [m]

$D_s$  - liczba dni trwania sezonu grzewczego [dni]

Wzór 7

$$q_i = u \times (110 - 2 t_s)$$

Współczynnik strat ciepła ( $u$ ) wyznacza się w następujący sposób:

Wzór 8

$$u = a \times u_0$$

$a$  - wskaźnik pogorszenia izolacji

Tabela 2. Współczynnik strat ciepła w rurociągu (przed modernizacją)

2xD <sub>nom</sub> rurociągu	Współczynnik strat ciepła (u <sub>o</sub> )
[mm]	[W/mK]
20	0,2624
25	0,2909
32	0,3364
40	0,3481
50	0,3767
65	0,4453
80	0,4829
100	0,5269
125	0,5770
150	0,6209
200	0,7496
250	0,8409
300	0,9948
350	1,0299
400	1,1939
450	1,3100
500	1,3700

Tabela 3. Wskaźnik (a) pogorszenia izolacji rurociągu (przed modernizacją)

Wskaźnik pogorszenia izolacji	Liczba lat eksploatacji rurociągu					
	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	powyżej 25
A	1	1,2	1,4	1,6	1,75	1,85

III. W celu obliczenia strat ciepła spowodowanych nieszczelnością sieci należy skorzystać z następującego wzoru:

Wzór 9

$$E_n = 3,26 \times L_i \times D_{wn}^2 \times v_s \times (t_{1sr} + t_{2sr} - 24) \times 10^{-9} \text{ [GJ/rok]}$$

D<sub>wn</sub> - wewnętrzna średnica rurociągu w [mm]

v<sub>s</sub> - stosunek rocznych ubytków wody w sieci do wielkości zładu

IV. W celu obliczenia strat ciepła po modernizacji należy skorzystać z tych samych reguł, które zostały zastosowane przy wyliczaniu strat przed modernizacją (wzory 3,4,5,6,7), z tą różnicą, że współczynnik strat ciepła (u) zamiast z tabeli 2, należy uzyskać od dostawcy rur preizolowanych. Straty nieszczelności przyjmuje się zerowe.

V. W celu obliczenia zmniejszenia strat ciepła w procentach w wyniku wymiany rur tradycyjnych na preizolowane należy skorzystać ze wzoru:

$$O = (\Delta E / E_1) \times 100\%$$

## Przykład:

Obliczenie zmniejszenia strat ciepła uzyskane w wyniku modernizacji, polegającej na wymianie 500 m podwójnego rurociągu o średnicy nominalnej 300 mm umieszczonego w kanale na rurociąg preizolowany o średnicy nominalnej 200 mm umieszczony w gruncie.

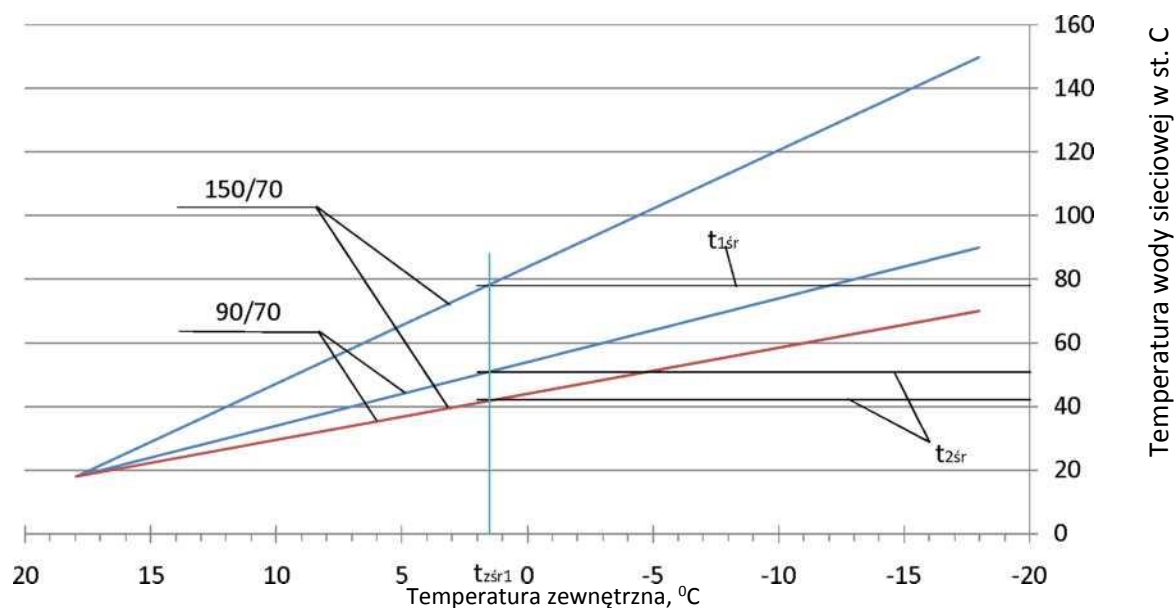
### A. Dane ogólne:

Na podstawie danych zachowanych w przedsiębiorstwie, należy określić następujące średnie wieloletnie (5-letnie) dane potrzebne w dalszych obliczeniach:

- liczba dni trwania okresu grzewczego  $D_s = 255$  [dni]
- średnia temperatura zewnętrzna w okresie ogrzewania  $t_{zsr1} = 1,5$  [°C]

Należy skorzystać z wykresu regulacyjnego, w celu wyznaczenia temperatur  $t_{1sr}$  i  $t_{2sr}$  na podstawie  $t_{zsr1}$

Rys.1. Przykładowy wykres regulacyjny sieci wysokoparametrowej (150/70) i niskoparametrowej (90/70)



Na podstawie powyższego wykresu - dla  $t_{zsr1} = 1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ :

- średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu zasilającym  $t_{1sr} = 78,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu powrotnym  $t_{2sr} = 42^{\circ}\text{C}$ .

#### B. Dane rurociągu wymianianego:

- długość wymianianego odcinka sieci,  $L_i = 500\text{m}$
- średnica zewnętrzna rurociągu  $D_{zw} = 323,9 \text{ mm}$  (co odpowiada  $D_{nom} = 300 \text{ mm}$ )
- $D_{wn} = 312,7 \text{ mm}$
- czas pracy rurociągu - 23 lata
- $a = 1,75$  (tabela 3)
- pojemność zładu (całej sieci)  $V_s = 12 \text{ 000 m}^3$
- ilość uzupełnianej wody  $V_u = 38 \text{ 400 m}^3$
- $v_s = 38400/12000 = 3,2$
- temperatura w kanale  $t_s = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (tabela 1)
- $u_o = 0,9948 \text{ W/m K}$  (tabela 2)

#### C. Dane rurociągu preizolowanego:

- średnica zewnętrzna rurociągu  $D_{zw} = 219,1 \text{ mm}$ , co odpowiada  $D_{nom} = 200 \text{ mm}$
- średnica wewnętrzna rurociągu  $D_{wn} = 210,1 \text{ mm}$
- $u = u_o = 0,425 \text{ W/m K}$  (przyjęto rurociąg firmy Logstor produkowany metodą ciągłą, w izolacji standardowej).

#### D. Obliczenia:

##### Straty ciepła przed modernizacją

**Jednostkowe straty ciepła w okresie ogrzewania przed modernizacją (wg wzorów 5,8):**

$$q_s = u \times (t_{1sr} + t_{2sr} - 2t_s) = 0,9948 \times 1,75 \times (78,5 + 42 - 2 \times 25) = \mathbf{122,73 \text{ W/m}}$$

**Jednostkowe straty ciepła poza okresem ogrzewania przed modernizacją (wg wzorów 7,8):**

$$q_l = u \times (110 - 2t_s) = 0,9948 \times 1,75 \times (110 - 2 \times 25) = \mathbf{104,45 \text{ W/m}}$$

**Straty ciepła w całym roku (wg wzorów 3,4,6):**

$$E_q = E_s + E_l = 10^{-5} \times 8,64 \times L_i \times (D_s \times q_s + (365 - D_s) \times q_l) = 10^{-5} \times 8,64 \times 500 \times (255 \times 122,73 + 110 \times 104,45) = \mathbf{1848,34 \text{ GJ/rok}}$$

**Roczne straty ciepła spowodowane nieszczelnością (wg wzoru 9):**

$$E_n = 3,26 \times L_i \times D_{wn}^2 \times v_s \times (t_{1sr} + t_{2sr} - 24) =$$



$$= 3,26 \times 500 \times 210,1^2 \times 3,2 \times (78,5 + 42 - 24) \times 10^{-9} = \mathbf{22,22 \text{ GJ/rok}}$$

**Suma rocznych strat ciepła w rurociągu przed modernizacją (wg wzoru 2):**

$$E_1 = E_q + E_n = 1848,34 + 22,22 = \mathbf{1870,56 \text{ GJ/rok}}$$

**Straty ciepła po modernizacji**

**Jednostkowe straty ciepła w okresie ogrzewania po modernizacji (wg wzoru 5):**

$$q_s = u \times (t_{1sr} + t_{2sr} - 2t_s) = 0,425 \times (78,5 + 42 - 2 \times 8) = \mathbf{44,41 \text{ W/m}}$$

**Jednostkowe straty ciepła w okresie ogrzewania po modernizacji (wg wzoru 7):**

$$q_l = u \times (110 - 2t_s) = 0,425 \times (110 - 2 \times 8) = \mathbf{39,95 \text{ W/m}}$$

**Straty ciepła w całym roku po modernizacji (wg wzorów 3,4,6):**

$$\begin{aligned} E_2 = E_q + E_s + E_l &= 10^{-5} \times 8,64 \times L_i \times (D_s \times q_s + (365 - D_s) \times q_l) = \\ &= 10^{-5} \times 8,64 \times 500 \times (255 \times 44,41 + 110 \times 39,95) = \mathbf{679,06 \text{ GJ/rok}} \end{aligned}$$

**Zmniejszenie rocznych strat ciepła w wyniku modernizacji, polegającej na wymianie rurociągu ciepłowniczego ułożonego w kanale, na rurociąg preizolowany o mniejszej średnicy:**

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 1870,56 - 679,06 = \mathbf{1191,50 \text{ [GJ/rok]}}$$

Udział oszczędności [%]

$$O = (\Delta E / E_1) \times 100\% = (1191,50 / 1870,56) \times 100\% = \mathbf{64 \%}$$