

# KLASY ENERGETYCZNE INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH WG NORMY VDI4610

## *ENERGY EFFICIENCY CLASSES OF INDUSTRIAL INSTALLATIONS ACCORDING TO STANDARD VDI 4610*

EWELINA BORONOWSKA  
ZBIGNIEW PLUTECKI

POLITECHNIKA OPOLSKA  
WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I LOGISTYKI

### STRESZCZENIE

W niniejszym rozdziale zaprezentowano sposób oceny efektywności energetycznej instalacji przemysłowych opisany w niemieckiej normie VDI 4610. W Polsce wyznacznikiem jakości układów termoizolacyjnych instalacji jest pomiar temperatury na płaszczu ochronnym izolacji. W wielu przypadkach nie ocenia się jej nieciągłości i niejednorodności, które występują najczęściej w miejscach zabudowy obiektów o nietypowych kształtach i wymiarach, jak np. armatura odcinająco-regulacyjna, podparcia i zawieszenia rurociągów czy elementy instalacji pomiarowej. Brak również w Polsce metodologii, która umożliwi klasyfikację instalacji pod względem przyjętych rozwiązań termoizolacyjnych i ich skuteczności, tak aby można było porównywać ze sobą straty ciepła różnych instalacji. W rozdziale przedstawiono również przykłady praktycznego wykorzystania wspomnianej normy do oceny układów termoizolacyjnych.

### ABSTRACT

This paper presents a method to assess the energy efficiency of industrial plants described by the German standard VDI 4610. In Poland determinant of the quality of the installation of thermal insulation systems is to measure the temperature on the protective cloak of isolation. Do not be assessed in many cases discontinuity and heterogeneity of isolation, to which most often occurs in building objects with unusual shapes and sizes, like shut-off valves regulating, supporting and suspension pipelines or components measuring system. There is also no in Poland methodology by which systems can be classified in terms of thermal insulation solutions adopted and their effectiveness in order to compare the various installations of heat loss between them. The study also shows examples of the practical use of standards for the evaluation of thermal insulation systems.

### **14.1. Ocena uwarunkowań formalno-prawnych w zakresie efektywności energetycznej instalacji przemysłowych**

Prawodawstwo polskie nie dysponuje obecnie jednoznacznymi wymaganiami dotyczącymi projektowania izolacji termicznych dla instalacji przemysłowych. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych* sprowadzało dobór sposobu i grubości izolacji termicznych do konieczności nieprzekraczania temperatury 60°C na płaszczu ochronnym izolacji. Zostało ono uchylone, a nowe rozporządzenie pomija informacje dotyczące grubości izolacji. Najczęściej stosowaną normą odnoszącą się do projektowania izolacji termicznych w Polsce jest PN-77/M-34030 (*Izolacja cieplna urządzeń energetycznych. Wymagania i badania*). Standard ten wycofano w 2012 roku, ale nie przygotowano nowej regulacji. Dopiero w 2014 roku pojawiła się norma branżowa PN-B-20105 (*Izolacja cieplna wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych*). Opisuje ona sposób projektowania izolacji termicznych w taki sposób, aby osiągnąć 50°C na zewnętrznej powierzchni jej płaszcza. Dokument ten pozostaje przy kryterium doboru grubości izolacji zapisanym w normie z 1977 roku.

Nieco lepiej wygląda kwestia projektowania izolacji termicznych instalacji ciepłowniczych i ogrzewczych. W tym zakresie stosuje się PN-B-02421:2000 (*Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania odbiorcze*). Opisuje ona dokładnie metodologię doboru grubości i skuteczności izolacji termicznej dla instalacji pracujących w różnych temperaturach otoczenia ( $t_i < -2^\circ\text{C}$ ,  $-2^\circ\text{C} < t_i < 12^\circ\text{C}$  i dla  $t_i > 12^\circ\text{C}$ ), z wyłączeniem tych, w których temperatura czynnika przekracza  $200^\circ\text{C}$ . Stosowanie normy jest obowiązkowe w procesie budowlanym dzięki odwołaniu, które można znaleźć w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. 2002 nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami). Posługują się nią niekiedy także autorzy projektów instalacji przemysłowych, którzy wykorzystują analogie między różnymi typami instalacji.

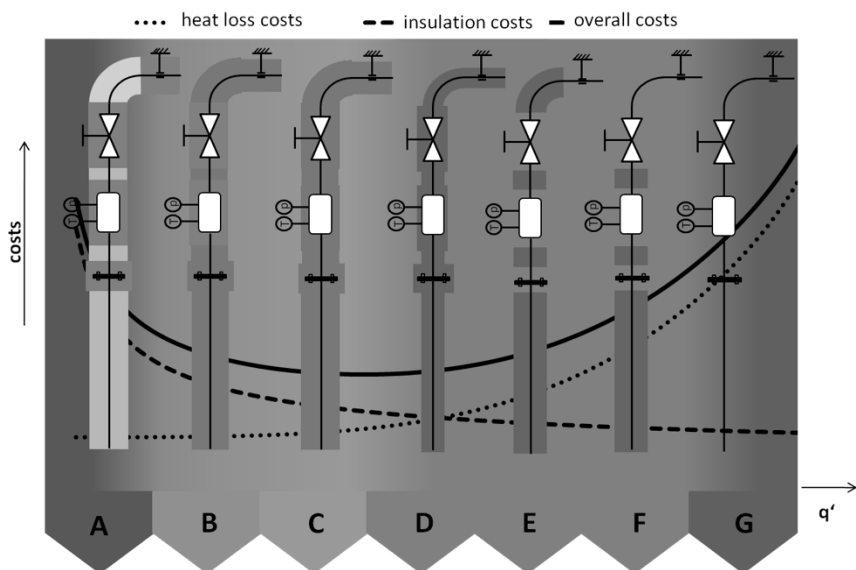
Obecne standardy europejskie dotyczące oceny efektywności energetycznej instalacji przemysłowych są na wyższym poziomie. Na przykład w Finlandii już od 1999 roku obowiązuje norma SFS 3977 (*Standards for Industrial Insulation*), która opisuje sposób doboru grubości izolacji termicznej w oparciu o kryterium ekonomiczne. Jedną z klasyfikacji izolacji instalacji przemysłowych została również zaproponowana w norweskiej normie R-004 (*Piping and Equipment Insulation*) z 1999 roku. Według niej izolacje dzieli się na dziewięć klas, a kategoryzacja jest zależna od przeznaczenia izolacji. Wprowadzono oddzielne klasy dla izolacji cieplnych, akustycznych, zimnochronnych i ogniochronnych. Dla każdej z nich opisano materiał izolacyjny oraz powłokę zewnętrzną. Tego typu kategoryzacje nie wpływają na poprawę efektywności energetycznej instalacji, jedynie klasyfikują izolację termiczną instalacji zgodnie z jej przeznaczeniem.

Duży krok w celu poprawy oceny efektywności energetycznej instalacji przemysłowych wykonano w Niemczech dzięki wprowadzeniu normy VDI 4610 (*Energy Efficiency of Industrial Installations. Thermal Insulations, part 1 and 2*). Zaproponowano w niej metodologię etykietowania instalacji przemysłowych poprzez nadanie klasy efektywności energetycznej. Ocena instalacji przemysłowej zaproponowana w niemieckim standardzie opiera się zarówno na jakości wykonanej izolacji, jak i na doborze jej grubości. Wspomniana norma zrównuje jednocześnie wszystkie wspomniane elementy do jednego mianownika, czyli do poziomu strat ciepła.

#### **14.2. Metodologia oceny efektywności energetycznej wg VDI 4610**

Ocenę poziomu efektywności energetycznej dowolnej instalacji przemysłowej według normy VDI 4610 przeprowadza się na podstawie kilku kryteriów. Za najważniejsze uznano grubość izolacji, jakość wykonania układu termoizolacyjnego i sposób eliminowania mostków cieplnych (tabela 14.1). Kryteria przyjęte w normie uporządkowano, a następnie przyporządkowano im współczynniki wagowe, umożliwiając w ten sposób nadanie badanej instalacji przemysłowej odpowiedniej klasy efektywności energetycznej. Norma proponuje siedem klas – od A do G (rysunek 14.1). A to klasa najwyższa pod względem efektywności energetycznej, więc towarzyszą jej najniższe straty ciepła. Nosi ona również nazwę „zielonej klasy”.

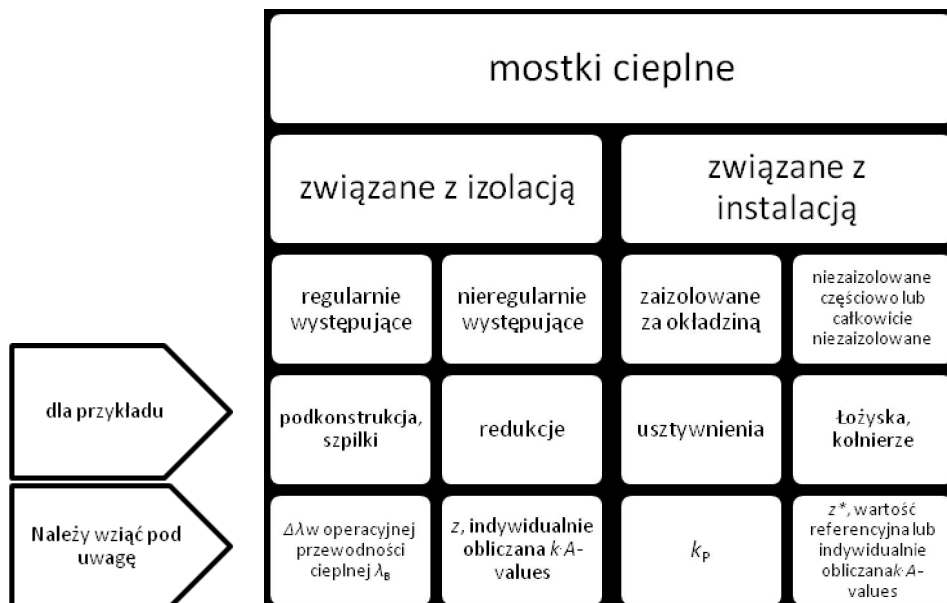
W obecnej praktyce przemysłowej najczęściej spotyka się klasy E i D. Osiągnięcie wyższej klasy wymaga zoptymalizowania grubości izolacji termicznej oraz zminimalizowania strat ciepła spowodowanych przez mostki cieplne. Istotną rolę w ocenie efektywności odgrywa współczynnik  $z^*$ . Współczynnik  $z^*$ , poprzez różne wartości, opisuje przepływ strat ciepła przez mostki cieplne. Powodują one lokalnie dodatkowe straty ciepła przez izolację, co wpływa na temperaturę powierzchni ściany obiektu w miejscach, w których powstają. Mostki cieplne są rozumiane jako te obszary izolacji, w których jednostkowy przepływ ciepła jest większy w porównaniu z sąsiednimi.



Rys.14.1. Klasy efektywności energetycznej wg VDI 4610 oraz funkcje: strat ciepła i kosztów inwestycyjnych

KLASY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ	IZOLACJA TERMICZNA				MOSTKI CIEPLNE			z*
	Zoptymalizowana grubość izolacji	Ekonomiczna grubość izolacji	Grubość izolacji dla spełnienia warunków operacyjnych	Brak lub niewystarczająca grubość izolacji	Izolacja optymalna	zaizolowane	niezaizolowane	
A	X				X			< 0,1
B		X			X			≤ 0,1
C		X				X		> 0,1
D			X			X		-
E			X				X	-
F			X	X			X	-
G				X			X	-

Tab. 14.1. Kryteria klasyfikacji wg normy VDI 4610



Rys. 14.2. Klasyfikacja mostków cieplnych

Klasyfikację mostków cieplnych najczęściej występujących w instalacjach przemysłowych przedstawiono na rysunku 14.2. Można je generalnie podzielić na mostki związane z instalacją oraz z układem termoizolacyjnym. Te ostatnie dzieli się na regularnie występujące (np. podkonstrukcja, szpilki) oraz nieregularnie występujące (np. zmiana wymiaru grubości izolacji – redukcje).

Zwiększone straty ciepła wywołane wpływem mostków lokalnie wpływają na wzrost temperatury powierzchni. Jest to spowodowane zmianą gęstości strumienia ciepła na zewnętrznym płaszczu izolacji. Współczynnik  $z^*$  wyznacza się z zależności:

$$z_i^* = \frac{(\varrho_i - \varrho_{WB,oD}) / A_i}{q} - 1 = \frac{q'}{q} - 1 \quad (14.1)$$

lub

$$z_i^* = \frac{(\varrho_i - \varrho_{WB,oD}) / l_i}{q_{i,R}} - 1 = \frac{q'_{i,R}}{q_{i,R}} - 1 \quad (14.2)$$

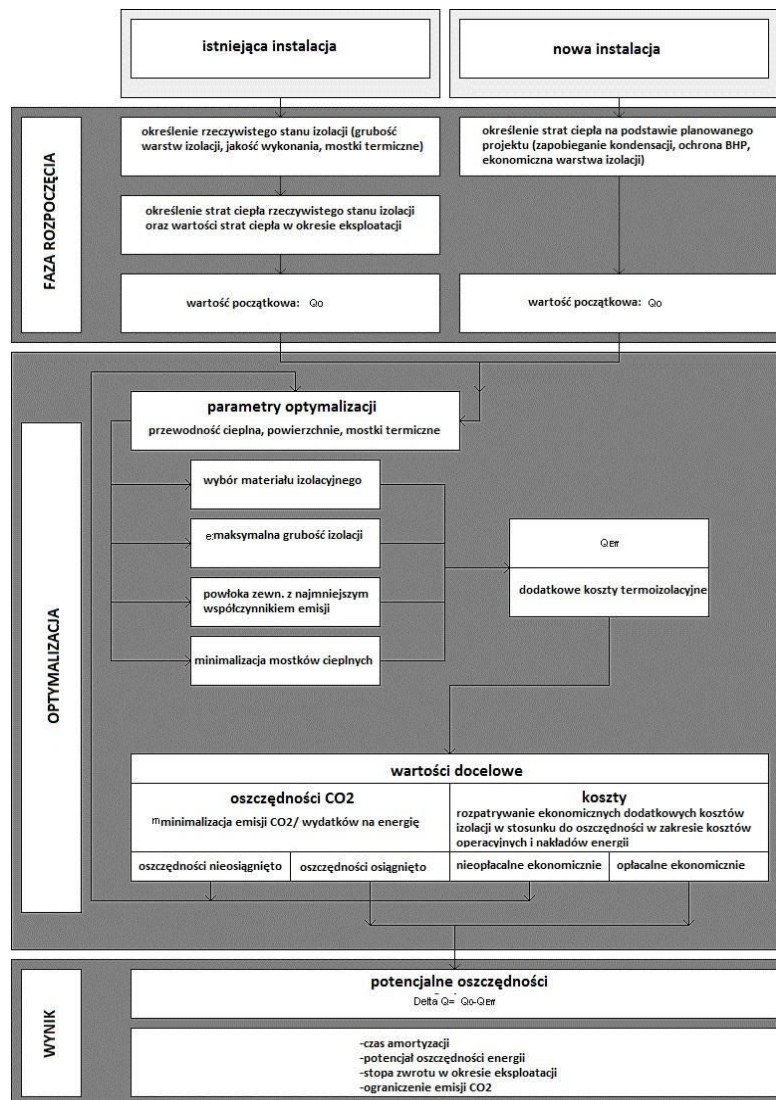
gdzie:

$q'$  - gęstość strumienia strat ciepła całej instalacji, W/m<sup>2</sup>,

$q'_{i,R}$  - gęstość strumienia strat ciepła przez izolację, W/m,

$A/l$  - powierzchnia lub długość m<sup>2</sup>/mb.

Wraz z poprawą stanu izolacji następuje zmniejszenie strat ciepła; wówczas rośnie wartość  $z^*$  – w przypadku, gdy strata przez mostki termiczne pozostaje bez zmian. Straty ciepła mostków termicznych, których nie trzeba izolować ze względów technicznych, muszą być odjęte od całkowitego strumienia strat ciepła.



Rys. 14.3. Proces optymalizacji strat ciepła według VDI 4610

Optymalna izolacja to taka, w której wszystkie właściwości (przewodność cieplna różnych zastosowanych materiałów izolacyjnych, grubość warstwy izolacji powierzchni) zostały tak określone, aby suma kosztów inwestycyjnych związanych z wykonaniem układu izolacyjnego oraz kosztów utraconej energii podczas eksploatacji instalacji stanowiła minimum. Ekonomiczna grubość izolacji oznacza natomiast, że grubość izolacji termicznej odpowiada takiej, przy której suma kosztów inwestycyjnych izolacji oraz kosztów strat ciepła w momencie projektowania jest na minimalnym poziomie. Na rysunku 14.3 przedstawiono proces optymalizowania grubości izolacji. Możliwości udoskonalania istniejących instalacji różnią się od ulepszenia nowych montażów.

### 14.3. Wyznaczanie klasy efektywności energetycznej według normy VDI 4610

Proces wyznaczania klasy energetycznej dowolnej instalacji przemysłowej wymaga jej podziału na mniejsze fragmenty oraz dokonania szczegółowej analizy rozwiązania zastosowanego w przypadku układu termoizolacyjnego. Aby precyzyjnie opisać proces wyznaczania i nadawania klas, poniżej przedstawiono dwa przykłady.

#### 14.3.1. Przykład 1

Pierwszy prezentowany przypadek pochodzi z załącznika do normy VDI 4610. Ukazuje on sposób wyznaczenia klasy energetycznej instalacji przemysłowej ze zbiornikiem, którą podzielono na cztery

mniejsze fragmenty. Temperatura medium pracującego w instalacji wynosi 250°C, natomiast otoczenia – 25°C.

Przyjęte do obliczeń założenia przedstawiają się następująco:

a) instalacja przed modernizacją układu termoizolacyjnego:

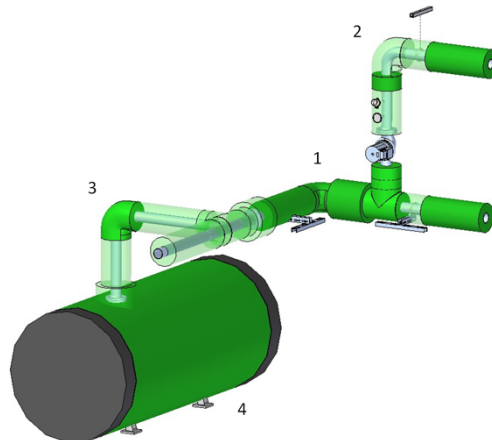
- gęstość strumienia ciepła izolowanych odcinków rur wynosi  $q_{l,R-0} = 133 \text{ W/m}$ ,
- gęstość strumienia ciepła nieizolowanych odcinków rur wynosi 1.600 W/m,
- straty ciepła nieizolowanego kołnierza o wymiarze DN 100 i temperaturze 250°C wynoszą 750 W,
- straty ciepła zaizolowanej obecnie pary kołnierzy wynoszą 50 W,
- straty ciepła podpór wynoszą ( $\Delta Q_{WBa}$ ) 60 W,
- gęstość strumienia ciepła poprzez ściany zbiornika wynosi 50 W/m<sup>2</sup>.

b) instalacja po modernizacji:

- w przypadku zastosowania nowej izolacji gęstość strumienia ciepła wynosi  $q_{l,R-EE} = 100 \text{ W/m}$  (wymóg dla optymalnej izolacji),
- kołnierz ma taką samą gęstość strumienia ciepła jak rurociąg; przepływ strat ciepła nowo zaizolowanego kołnierza wynosi 30 W (zoptymalizowane),
- straty ciepła przez podpory mogą zostać zmniejszone dzięki izolacji do 40 W,
- straty ciepła po ulepszeniu izolacji na podporach wynoszą 10 W.

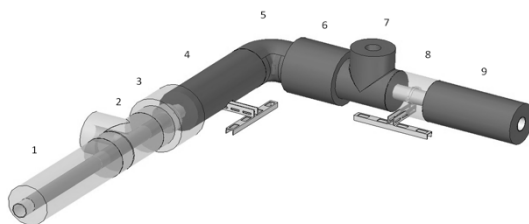
Straty ciepła:

- $oD$  – bez izolacji,
- $WB$  – mostki termiczne,
- $WBa$  – mostki termiczne związane z instalacją,
- $WBd$  – mostki termiczne związane z izolacją,
- $WB,oD$  – mostki termiczne, które nie muszą być zaizolowane,
- $WD$  – izolacja termiczna,
- $WD-BT$  – zaizolowane budynki.

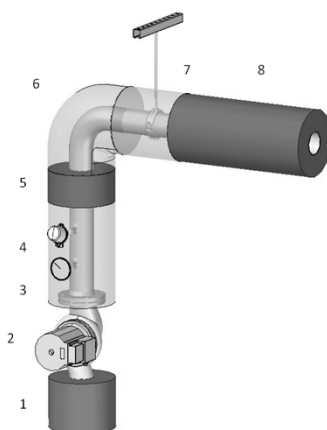


Rys. 14.4. Widok badanej instalacji z podziałem na trzy części

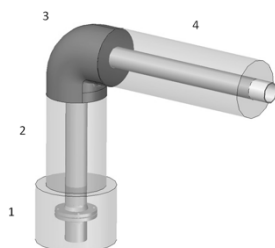
Część numer 1 składa się z poziomej rury DN 100, częściowo zaizolowanej rury, niezaizolowanych kołnierzy, dwóch podpór, kolana, jednego niezaizolowanego i jednego zaizolowanego trójnika. Część numer 2 składa się z poziomej i pionowej rury DN 100, niezaizolowanej z powodów technicznych pompy, niezaizolowanego zawiesia, niezaizolowanego kołnierza, niezaizolowanego urządzenia pomiarowego ciśnienia i temperatury oraz zaizolowanej części rury. Część numer 3 jest połączeniem rury DN 100 i zbiornika z niezaizolowanymi kołnierzami, zaizolowanym kolaniem i niezaizolowaną częścią rury.



Rys. 14.5. Widok na fragment instalacji – część nr 1

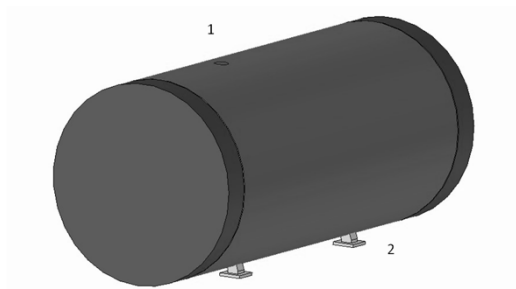


Rys. 14.6. Widok na fragment instalacji – część nr 2



Rys. 14. 7. Widok na fragment instalacji – część nr 3

Część numer 4 stanowią: zbiornik o średnicy 1,2 metra, grubości izolacji 200 mm, długości 3,5 m oraz cztery niezaizolowane podpory.



Rys. 14.8. Widok na fragment instalacji – część nr 4

Oddzielnej ocenie poddano poszczególne części instalacji i dobrano dla nich klasy efektywności energetycznej, a następnie wyznaczono klasę całej instalacji. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

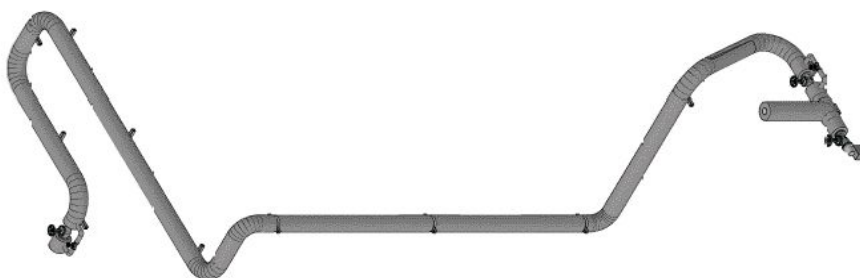
Komponent	PRZED					PO					Oszczędności kWh/a (3600 h/)	
	Straty ciepła	Gęstość strumienia ciepła	Strumień strat ciepła	z*	klasa energetyczna	Strumień strat ciepła	Gęstość strumienia ciepła	Strumień strat ciepła	z*	klasa energetyczna		Oszczędności [W]
1	736	133	3 459,00	4,5	F	134	100	629	0,34	C	2 830,00	
2	1058	132	3 116,00	7,02	F	118	100	1 236,00	0,18	C	1 880,00	
3	1587	133	2 857,00	10,93	G	100	100	180	0	A	2 677,00	
4	62	50	1 265,00	0,23	E	55	50	1 125,00	0,1	B	140	
INSTALACJA			10 697,00	6,45	F			3 170,00	0,17	C	7 527,00	27 097,20

Tab. 14.2. Zestawienie komponentów

Strumień strat ciepła instalacji stanowi sumę strat ciepła wszystkich rozpatrywanych elementów. Współczynnik  $z^*$  dla instalacji stanowi średnią ważoną ze wszystkich części. Po modernizacji układu termoizolacyjnego zauważono, że wszystkie części, które mogły być izolowane, zostały poddane temu procesowi. Uwzględniono również izolację podpór. Straty ciepła przez mostki cieplne po modernizacji wynoszą dla przedstawianego przykładu 17% ( $z^* = 0,17$ ). Cała instalacja mieści wówczas w klasie C, podczas gdy jeden z elementów systemu ma klasę efektywności energetycznej B, a jeszcze inny – A.

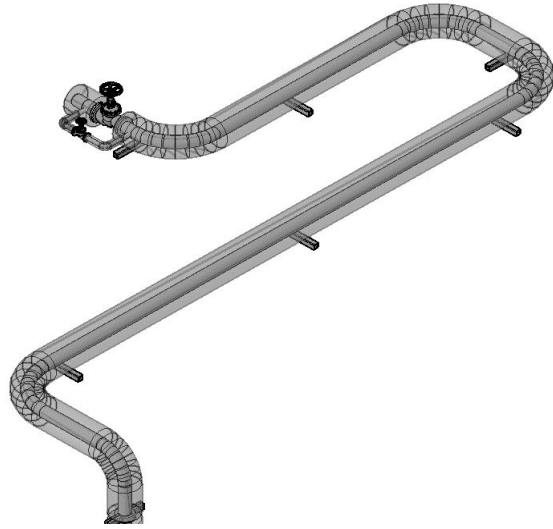
### 14.3.2. Przykład 2

Drugi przykład dotyczy oceny efektywności energetycznej rurociągu pary świeżej o wymiarach i charakterystyce odpowiadających rzeczywistej instalacji jednej z polskich elektrociepłowni. Badany rurociąg pary świeżej o średnicy nominalnej 200 mm (DN 200) służy do transportu medium o temperaturze 540°C. Podobnie jak w poprzednim przykładzie, rurociąg podzielono na 3 części.



Rys. 14. 9. Instalacja przemysłowa – rurociąg pary świeżej DN200

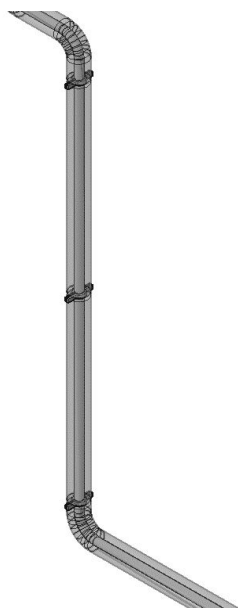




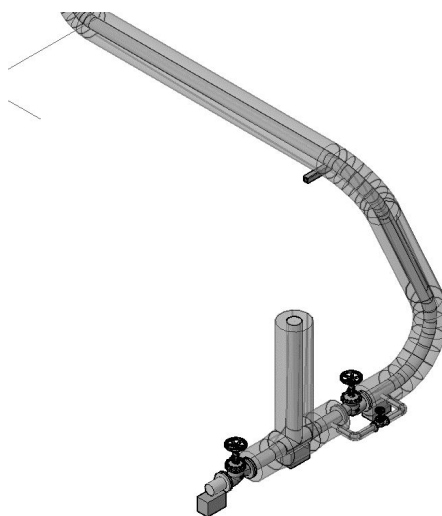
*Rys. 14.10. Widok rurociągu pary świeżej – część nr 1*

Komponent	Obiekt	Długość m	STRATY						Oszczędności w
			PRZED			PO			
			WD	WD-BT	oD, WBa, BT	WD	WD-BT	oD, WBa, BT	
1	Zawór	0,5			346,75	138,70			208,05
2	Kolano	1	693,50			277,40			416,10
3	Podpora	0,3			316,00	266,00			
4	Rurociąg	5	3 467,50			1 387,00			2 080,50
5	Kolano	1	693,50			277,40			416,10
6	Podpora	0,3			316,00	266,00			
7	Rurociąg	1	693,50			277,40			416,10
8	Kolano	1	693,50			277,40			416,10
9	Podpora	0,3			316,00	266,00			
10	Podpora	0,3			316,00	266,00			
11	Podpora	0,3			316,00	266,00			
12	Rurociąg	10	8 025,47			2 195,00			5 830,47
13	Kolano	0,5	401,27			96,00			305,27
14	Rurociąg	1	802,55			192,00			610,55
Straty ciepła przez izolację			15 470,79			6 448,30			9 022,49
Straty ciepła nieizolowane mostki cieplne					1 926,75				1 926,75
Straty ciepła przez budynki, które mogą być izolowane									
Straty ciepła przez komponent in			17 397,54			6 448,30			10 949,24
Długość rury m			20,50			22,50			
Długość całego komponentu			22,50						
Straty ciepła			$q'_{LR-0}$	773,22	$q'_{LR-0}$	286,59			
Średnie straty ciepła			$q_{LR-m,0}$	687,59	$q_{LR-m,0}$	286,59			
Dane wejściowe - straty ciepła in W/m							280,00		
Nieizolowane komponenty mostki			$z^*$	0,12	$z^*$	0,00			
			$I+z^*$	1,12	$I+z^*$	1,00			
Klasa efektywności			<b>F</b>			<b>A</b>			

Tab. 14.3. Zestawienie wyników dla części nr 1



*Rys. 14.11. Widok rurociągu pary świeżej – część nr 2*



*Rys. 14.12. Widok rurociągu pary świeżej – część nr 3*

Komponent	Obiekt	Długość m	STRATY CIEPŁA						Oszczędności w W
			PRZED			PO			
			WD	WD-BT	oD, WBa, BT	WD	WD-BT	oD, WBa, BT	
1	Kolano	0,5	401,27			109,75			291,52
2	Podpora	0,3			316,80	266,40			50,40
3	Podpora	0,3			316,80	266,40			50,40
4	Podpora	0,3			316,80	266,40			50,40
5	Rurociąg	10	8 025,47			2 195,00			5 830,47
6	Kolano	0,5	401,27			109,75			291,52
Straty ciepła przez izolację W			8 828,02			3 213,70			5 614,32
Straty ciepła nieizolowane lub mostki cieplne W					950,40				950,40
Straty ciepła przez budynki, które nie mogą być izolowane W									
Straty ciepła przez komponenty in W			9 778,42			3 213,70			6 564,72
Długość rury m			11,00			11,90			
Długość całego komponentu m			11,90						
Straty ciepła W/m			$q'_{1R,0}$	821,72	$q'_{1R,-0}$	270,06			
Średnie straty ciepła W/m			$q_{1R-m,0}$	741,85	$q_{1R-m,-0}$	270,06			
Dane wejściowe - straty ciepła in W/m						270,00			
Nieizolowane komponenty i mostki cieplne			$z^*$	0,11	$z^*$	0,00			
			$I+z^*$	1,11	$I+z^*$	1,00			
Klasa efektywności energetycznej			<b>E</b>			<b>B</b>			

Tab. 14.4. Zestawienie wyników dla części nr 2

Komponent	Obiekt	Długość m	STRATY CIEPŁA						Oszczędności w W
			PRZED			PO			
			WD	WD-BT	oD, WBa, BT	WD	WD-BT	oD, WBa, BT	
1	Zawór	0,5			384,16	68,60			315,56
2	Trójnik	2	1 536,64			274,40			1 262,24
3	Zawór	0,5			384,16	68,60			
4	Kolano	1	768,32			137,20			631,12
5	Rurociąg	2	1 689,29			275,00			1 414,29
6	Kolano	1	844,64			137,50			
7	Podpora	0,3			316,80	266,40			-266,40
8	Rurociąg	5	4 114,29			960,00			3 154,29
Straty ciepła przez izolację W			8 953,17			2 187,70			6 765,47
Straty ciepła niezaizolowane lub mostki cieplne W					1 085,12				1 085,12
Straty ciepła przez budyni, które nie mogą być izolowane W									
Straty ciepła przez komponent in W			10 038,29			2 187,70			7 850,59
Długość rury m			11,00			12,30			
Długość całego komponentu m			12,30						
Straty ciepła W/m			$q_{l,R,0}$	816,12	$q_{l,R,0}$	177,86			
Średnie straty ciepła W/m			$q_{l,R-m,0}$	727,90	$q_{l,R-m,0}$	177,86			
Dane wejściowe - straty ciepła in W/m							230,00		
Niezaizolowane komponenty i mostki cieplne			$z^*$	0,12	$z^*$	0,00			
			$I+z^*$	1,12	$I+z^*$	1,00			
Klasa efektywności energetycznej			<b>F</b>			<b>A</b>			

Tab.14. 5. Zestawienie wyników dla części nr 3

W tabelach 14.3-14.5 przedstawiono wyniki obliczeń oraz wartość klasy efektywności energetycznej wyznaczoną dla rozpatrywanych oddzielnie części instalacji. W tabeli 14.6 zestawiono zbiorcze wyniki rozpatrywanych części oraz wyniki wraz z wyznaczeniem klasy dla całej instalacji. Przed termomodernizacją rurociąg został zakwalifikowany zaledwie do klasy F. Po termomodernizacji natomiast osiągnął klasę najwyższą (A). Wartość wyznaczonego współczynnika  $z^*$  wskazuje w tym przypadku na brak występowania mostków termicznych w instalacji. Oszczędności energii uzyskane dzięki termomodernizacji określono na 91,3 MWh rocznie. Jest to bardzo wysoka skala poprawy efektywności energetycznej, ale jej osiągnięcie jest możliwe dzięki zastosowaniu izolacji na podporach, armaturze i czujnikach pomiarowych. Grubość izolacji dobranej w tym przykładzie odpowiada grubości optymalnej.

Komponent	PRZED					PO					Oszczędności [W]	Oszczędności kWh/a (3600h/a)
	Straty ciepła	Gęstość strumienia ciepła	Strumień strat ciepła		klasa energetyczna	Strumień strat ciepła	Gęstość strumienia ciepła	Strumień strat ciepła		klasa energetyczna		
	q'0	q0	Q <sub>s</sub>	z*		q'EE	qEE		z*			
1	773,22	687,59	17 397,54	0,12	F	286,59	286,59	6 448,30	0,00	A	10 949,24	39 417,26
2	821,72	741,85	9 778,42	0,11	E	270,06	270,06	3 213,70	0,00	A	6 564,72	23 632,98
3	816,12	727,90	10 038,29	0,12	F	177,86	177,86	2 187,70	0,00	A	7 850,59	28 262,14
<b>INSTALACJA</b>			<b>37 214,25</b>	<b>0,12</b>	<b>F</b>			<b>11 849,70</b>	<b>0</b>	<b>A</b>	<b>25 364,55</b>	<b>91 312,38</b>

Tab. 14.6. Zestawienie wyników obliczeń podsumowujących przykład 2

#### 14.4. Podsumowanie i wnioski

Norma VDI 4610 to pierwsze w Unii Europejskiej uregulowanie tak precyzyjnie klasyfikujące efektywność energetyczną instalacji przemysłowych. Zawarta w nim metodologia cechuje się przejrzystością i jest stosunkowo łatwa w zastosowaniu. Przedstawione przykłady ukazują jej praktyczny charakter, a dzięki temu można skutecznie dowodzić konieczności podejmowania decyzji inwestycyjnych nie tylko z uwagi na wskaźniki oceny efektywności ekonomicznej, ale również ze względu na klasę energetyczną.

Ważnym czynnikiem podczas oceny układów termoizolacyjnych jest sposób użytkowania instalacji. Warunki są niekiedy bardzo trudne, głównie ze względu na wysoką temperaturę, występowanie drgań mechanicznych, promieniowanie UV czy też wilgoć. Z ich powodu układy termoizolacyjne ulegają przyspieszonemu niszczeniu. Poprawna ocena skuteczności izolacji termicznej instalacji przemysłowych wymaga uwzględnienia warunków środowiskowych, które panują w obrębie badanych obiektów. Wykonanie jednorazowej oceny efektywności energetycznej izolacji jest niewystarczające – powinno się ją okresowo powtarzać. Norma VDI 4610 nie podaje jednak informacji na ten temat. Z doświadczenia autorów niniejszego rozdziału wynika, że okres ten nie powinien być dłuższy niż dwa lata.

Brak odpowiednich przepisów i norm w naszym kraju komplikuje proces kształtowania świadomości właścicieli instalacji przemysłowych w zakresie efektywnego doboru grubości izolacji termicznej, a w okresie użytkowania instalacji – w zakresie oceny skuteczności tych układów. Izolacja instalacji przemysłowych jest obecnie traktowana jedynie jako koszt inwestycyjny. Projektanci są więc często poddawani presji, aby koszt izolacji był jak najniższy. Jakość i grubość wykonania izolacji wpływa na straty ciepła, dlatego powinna ona być traktowana jako inwestycja na poczet późniejszych oszczędności.

#### LITERATURA:

- [1] Z. Parczewski, *Efektywność energetyczna w wybranych krajach UE, USA oraz w Polsce (trendy zmian, mechanizmy i instrumenty polityki)*, Monografia Instytutu Energetyki – Instytut Badawczy, Warszawa 2014.
- [2] VDI 4610 Blatt 1:2012-12, *Energieeffizienz betriebstechnischer Anlagen. Wärme- und Kälteschutz*.
- [3] PN-B-20105:2014-09 *Izolacja cieplna wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych. Wymagania dotyczące projektowania, wykonania i odbioru robót*.
- [4] J. Górzyński, *Przemysłowe izolacje cieplne*, Wydawnictwo Sorus, Poznań 1996.
- [5] *Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej* (Dz. U. 2011 nr 94, poz. 551).
- [6] *Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2012 w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej* (M.P. 2013, poz. 15).
- [7] Z. Plutecki, P. Sattler, K. Ryszczuk, E. Krupa, P. Gajewski, *Wzrost efektywności energetycznej instalacji przemysłowych dzięki poprawie izolacyjności, cz. 1. Wymagania prawne i metody oceny skuteczności*, „Izolacje” 2015, nr 7/8, str. 52-58.

- [8] Z. Plutecki, P. Sattler, K. Ryszczuk, E. Krupa, P. Gajewski, *Wzrost efektywności energetycznej instalacji przemysłowych dzięki poprawie izolacyjności, cz. 2. Dobór grubości izolacji termicznej*, „Izolacje” 2015, nr 9, str. 2-4.
- [9] PN-77/M-34030 *Izolacja cieplna urządzeń energetycznych. Wymagania i badania*.
- [10] SFS 3977 *Teollisuusputkistojen ja – säiliöiden lämpöeristykset, Sidokset* 1999.
- [11] R-004 *Piping and equipment insulation*, 1999.