

**INSTALACJE GAZÓW PALNYCH
TECHNICZNYCH
ORAZ MEDYCZNYCH
WYKONANYCH
Z PRZEWODÓW MIEDZIANYCH**

**WYMAGANIA
TECHNICZNO-EKSPLOATACYJNE**

Autorzy:

dr inż. Wioletta Zając-Wstawska
dr inż. Ryszard Zajda
dr Jacek Piwowarczyk

Recenzenci:

starszy brygadier dr inż. Bogdan Kosowski
Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa
dr inż. Grzegorz Jodłowski
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Paliw i Energii, Kraków

Spis treści

1. Właściwości fizykochemiczne paliw gazowych oraz gazów medycznych	5
1.1. Paliwa gazowe	5
1.2. Gazy medyczne	7
2. Miedź w instalacjach gazów palnych oraz medycznych.....	10
2.1. Właściwości miedzi.....	10
2.2. Choroba wodorowa miedzi	12
3. Metodyka oszacowywania zużycia paliw gazowych do celów komunalnych oraz indywidualnego ogrzewania pomieszczeń.....	13
3.1. Współczynnik jednoczesności.....	13
3.2. Podstawowe założenia podanego sposobu oszacowywania maksymalnego chwilowego zużycia paliwa gazowego przez małe grupy odbiorców.....	15
3.3. Przykłady wykorzystania podanych zasad oszacowywania obliczeniowych natężeń przepływu gazu w małych grupach odbiorców.....	16
4. Zasady obliczania strat ciśnienia w przewodach gazowych	18
5. Prawo w zakresie wymagań technicznych dotyczących stosowania przewodów gazowych wykonanych z miedzi.....	22
5.1. Paliwa gazowe w instalacjach miedzianych.....	22
5.2. Gazy medyczne w instalacjach miedzianych	25
6. Rury i kształtki miedziane stosowane do budowy instalacji	26
6.1. Rury	26
6.2. Kształtki instalacyjne.	30
6.3. Połączenia nierozłączne	32
6.3.1. Lutowanie twarde.....	32
6.3.2. Spawanie przewodów miedzianych	34
6.3.3. Lutospawanie przewodów miedzianych	35
6.4. Połączenia rozłączne - złącza gwintowane.....	35
6.5. Oznakowanie rur i łączników z miedzi	36
7. Wymagania techniczne dotyczące budowy przewodów gazowych wykonanych z miedzi.....	37
7.1. Ogólne wymagania dotyczące instalacji na paliwa gazowe w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, zagrodowych i rekreacji indywidualnej.	37
7.2. Zasady budowy i lokalizowania przewodów, rozprowadzających paliwa gazowe i gazy techniczne wykonanych z miedzi w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.....	53

7.3. Zasady budowy i lokalizowania przewodów wykonanych z miedzi rozprowadzających gazy medyczne	60
7.3.1. Wymagania dotyczące rampy butlowej zasilającej instalacje gazów medycznych	64
7.3.2. Wymagania dotyczące sprężarki i mieszalni gazów medycznych.....	66
7.3.3. Wymagania dotyczące agregatu próżniowego.....	67
7.3.4. Wymagania dotyczące punktów poboru i osprzętu ruchomego	68
7.3.5. Wymagania dotyczące systemu monitorowania i alarmu.....	68
8. Zasady odbioru technicznego instalacji wykonanych z miedzi	69
8.1. Wymagania podstawowe.....	69
8.2. Odbiór instalacji gazowych w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, zagrodowych i rekreacji indywidualnej.....	70
8.3. Odbiór instalacji rozprowadzających gazy medyczne	71
8.4. Odbiór instalacji gazowych w obiektach przemysłowych zasilanych paliwami gazowymi oraz gazami technicznymi	73
9. Okresowe kontrole stanu technicznego instalacji wykonanych z miedzi w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej	74
9.1. Podstawowe kryteria obowiązujące przy wykonywaniu okresowych kontroli.....	74
9.2. Metodyka przeprowadzania kontroli okresowej.	75
9.3. Kontrola szczelności eksploatowanych instalacji gazowych	77
9.4. Kryteria dopuszczenia instalacji gazowych do dalszej eksploatacji.	79
9.5. Kontrola okresowa stanu technicznego instalacji przemysłowych i medycznych rozprowadzających paliwa gazowe, gazy techniczne i gazy medyczne.....	81
10. Zasady BHP i ppoż	81
Załączniki	82
Literatura	
Akty prawne, normy.....	97
Publikacje	100
Spis rysunków	101
Spis tablic	103

1. Właściwości fizykochemiczne paliw gazowych oraz gazów medycznych

1.1. Paliwa gazowe

Klasyfikację i podział paliw gazowych podaje polska norma PN-C-04750:2002 „Paliwa gazowe - Klasyfikacja, oznaczenie i wymagania”. Norma dzieli gazy na pięć rodzin oznaczonych numerami od 1 do 5, i tak: gazy wytwarzane metodami przemysłowymi oznaczono symbolem 1. W obrębie tej grupy wprowadzono podział na gazy niskokaloryczne Sn, średniokaloryczne Ss oraz wysokokaloryczne Sw. Rodzinę drugą-symbol 2 stanowią gazy ziemne: zaazotowane L i wysokometanowe E. Gaz ziemny zaazotowany dodatkowo podzielono w zależności od wielkości liczby Wobbego¹ na cztery podgrupy.

Gazy skroplone C₃-C₄² należą do rodziny 3 składającej się z trzech grup: butan techniczny B, propan-butan B/P oraz propan techniczny P. Czwarta rodzina to mieszaniny gazów węglowodorowych z powietrzem: mieszanina gazów skroplonych C₃-C₄ z powietrzem GPP i gazów ziemnych z powietrzem GZP. Ostatnią piątą rodzinę stanowią biogazy BG.

W kolejnych tablicach od 1.1. do 1.4. przedstawiono wymagania i klasyfikację paliw gazowych.

Tablica 1.1.

Klasyfikacja gazów wytwarzanych metodami przemysłowymi wg PN-C-04750

Rodzina		Grupa		Kryterium podziału	
Nazwa	Symbol	Nazwa	Symbol	Parametr klasyfikacyjny	Wartość parametru klasyfikacyjnego
Gazy wytwarzane metodami przemysłowymi	1	niskokaloryczne	Sn	Ciepło spalania	$H_s < 9,5 \text{ MJ/m}^3$
		średniokaloryczne	Ss		$9,5 \text{ MJ/m}^3 \leq H_s < 28,5 \text{ MJ/m}^3$
		wysokokaloryczne	Sw		$28,5 \text{ MJ/m}^3 \leq H_s < 37,9 \text{ MJ/m}^3$

Tablica 1.2.

Wymagania dla gazów ziemnych wg PN-C-04753

Wymagania	Gazy naazotowane- Grupa L				Gazy wysokometanowe- Grupa E
	Symbol podgrupy				
	Lm (GZ 25)	Ln (GZ 30)	Ls (GZ 35)	Lw (GZ 41,5)	GZ 50
Liczba Wobbego, MJ/m ³ Zakres wartości Wartość nominalna	23,0-27,0 25	27,0-32,5 30	32,5-37,5 35	37,5-45 41,5	45,0-54,0 50
Ciepło spalania ³ , MJ/m ³ Nie mniej niż	18,0	22,0	26,0	30,0	34,0
Wartość opałowa ⁴ , MJ/m ³ Nie mniej niż	16,0	20,0	24,0	27,0	31,0
Ciśnienie nominalne gazu przed aparatem gazowym, kPa	0,8	1,3	1,3	2,0	2,0
Dopuszczalne wahania ciśnienia gazu przed aparatem gazowym, kPa	+0,3 -0,2	+0,3 -0,25	+0,3 -0,25	+0,3 -0,25	+0,5 -0,4

¹ Liczba Wobbego W- stosunek ciepła spalania lub wartości opałowej paliwa gazowego wyrażony w MJ/m³ do pierwiastka kwadratowego z jego gęstości względnej $W = \frac{Q}{\sqrt{d}}$. Jeżeli licznik stanowi wartość opałowa wówczas jest to dolna liczba Wobbego, jeżeli licznik to ciepło spalania wówczas jest to górna liczba Wobbego.

² Gaz skroplony C₃-C₄ zwyczajowo zwany gazem płynnym

³ Ciepło spalania (MJ/m³)- ilość ciepła wydzielona wskutek spalania całkowitego i zupełnego 1 m³ gazu, przy czym temperatura produktów spalania równa się temperaturze paliwa gazowego i powietrza przed spalaniem, a woda powstała w procesie spalania występuje w postaci cieczy.

⁴ Wartość opałowa (MJ/m³)- ilość ciepła wydzielona wskutek spalania całkowitego i zupełnego 1 m³ gazu, przy czym temperatura produktów spalania równa się temperaturze paliwa gazowego i powietrza przed spalaniem, a woda powstała w procesie spalania występuje w postaci pary wodnej. Jest ona mniejsza od ciepła spalania o tzw. ciepło kondensacji pary wodnej.

Tablica 1.3.**Wymagania dla gazów skroplonych C3-C4 wg PN-C-96008**

Skład węglowodorowy, %	Rodzaje gazów		
	butan techniczny mieszanina A	propan-butan techniczny mieszanina B	propan techniczny mieszanina C
zawartość C ₁ ⁵ nie więcej niż	-	0,1	0,1
zawartość C ₂ ⁶ nie więcej niż	0,2	4,0	5,5
zawartość C ₃ ⁷ nie mniej niż	-	18,0	90,0
zawartość C ₃ nie więcej niż	5,0	55,0	-
zawartość C ₄ ⁸ nie mniej niż	95,0	45,0 ⁹	-
zawartość C ₄ nie więcej niż	-	-	10,0
zawartość C ₅ ¹⁰ nie więcej niż	1,0	1,0	nie zawiera
zawartość siarkowodoru	nie zawiera		
zawartość siarki ogólnej	0,005 ¹¹	0,005	0,005
zawartość siarki ogólnej, % (m/m), nie więcej niż	0,005	0,005	0,005
zawartość wody	nie zawiera		
zapach po nawianianiu	wyczuwalny		
zawartość amoniaku	nie zawiera		
wartość opałowa, kJ/m ³ , nie mniej niż	44800	45220	45640
gęstość w temperaturze 15,6°C, nie mniej niż	0,564	0,500	0,595
prężność par MPa ¹²			
- w temperaturze -15°C, nie mniejsza niż	-	0,049	0,20
- w temperaturze 40°C, nie większa niż	0,47	-	-
- w temperaturze 70°C, nie większa niż	1,08	2,55	3,04

Tablica 1.4.**Wymagania dla mieszanin gazów węglowodorowych skroplonych z powietrzem wg PN-C-04750**

Wymagania	Wartości liczbowe
Liczba Wobbego, MJ/m ³	
Zakres wartości	23,0-27,0
Wartość nominalna	25,0
Ciepło spalania, MJ/m ³	
Nie mniej niż	24,0
Wartość opałowa, MJ/m ³	
Nie mniej niż	22,0
Ciśnienie nominalne gazu przed aparatem gazowym, kPa	0,8
Dopuszczalne wahania ciśnienia gazu przed aparatem gazowym, kPa	+0,3 -0,2

⁵ C₁ - metan⁶ C₂ - etan, eten⁷ C₃ - propan, propen⁸ C₄ - butany, buteny, butadieny⁹ W tym zawartość dienów nie więcej niż 1% (m/m) oraz zawartość alkenów C4 nie więcej niż 22% (m/m)¹⁰ C₅ - pentany, penteny i wyższe węglowodory¹¹ dla butanu technicznego Rafinerii Jedlicze nie więcej niż 0,01% (m/m)

W tablicach 1.5 i 1.6. przedstawiono najważniejsze właściwości fizykochemiczne paliw gazowych.

Tablica 1.5.
Właściwości fizykochemiczne wybranych gazów palnych

Nazwa gazu	Wzór chemiczny	Gęstość normalna	Gęstość względem powietrza	Ciepło spalania	Wartość opalowa	Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza do spalania	Teoretyczna ilość spalin mokrych	Granice wybuchowości	
								dolna	górna
		kg/m ³		MJ/m ³	MJ/m ³	m ³ /m ³		%	%
Metan	CH ₄	0.717	0.555	40.4	36.3	9.52	10.52	5.0	15.0
Etan	C ₂ H ₆	1.356	1.048	71.4	65.2	16.66	18.16	3.2	12.5
Propan	C ₃ H ₈	2.019	1.561	103.2	94.9	23.8	25.80	2.4	9.5
Butan	C ₄ H ₁₀	2.703	2.090	133.8	125.2	31.10	33.44	1.5	8.4
Wodór	H ₂	0.089	0.069	12.9	10.9	2.39	2.88	4.0	75.0
Gaz ziemny		0.75	0.58	39.1	35.1	9.5	10.5	4.8	13.5
Mieszanina propanu-butanu		2.35	1.82	117.0	109.0	27.5	29.0	1.8	9.0

Tablica 1.6.
Temperatura zapłonu oraz prędkość spalania wybranych węglowodorów

Rodzaj gazu	Temperatura zapłonu	Prędkość spalania
	°C	m/s
Metan	640-800	40
Etan	508-605	43
Propan	510-580	42
Butan	430-480	39

1.2. Gazy medyczne

Współczesna medycyna wsparta nowoczesnym zapleczem technicznym i aparaturowym pozwala na ratowanie i podtrzymanie życia pacjentów w najcięższych stanach zdrowia. Możliwości te wynikają przede wszystkim z wiedzy i umiejętności personelu medycznego, jednakże ich wykorzystanie wymaga odpowiednich warunków, w tym dostępności mediów o bardzo wysokiej pewności zasilania.

Cechą charakterystyczną większości polskich przedsiębiorstw w sektorze ochrony zdrowia jest dominująca pozycja personelu medycznego (przyszłego użytkownika) przy podejmowaniu decyzji na każdym etapie realizacji projektu. Wynika to przede wszystkim z faktu, że inicjatywa i finansowanie inwestycji pochodzi od tej właśnie strony. Tymczasem, im bardziej skomplikowany projekt (np. organizacja oddziału intensywnej opieki medycznej - OIOM należy do projektów o wysokim stopniu komplikacji) tym szersza powinna być grupa specjalistów, którzy muszą współpracować przy jego realizacji - od etapu koncepcji, po eksploatację.

Gazy medyczne są stosowane nie tylko w oddziałach intensywnej opieki medycznej, oddziałach chirurgicznych i dużych jednostkach służby zdrowia ale także w małych prywatnych gabinetach o kilkuosobowym personelu, a nawet w gabinetach kosmetycznych i odnowy biologicznej. Z tego względu projektant musi brać pod uwagę fakt, że instalacja może być obsługiwana przez osoby o niewielkim doświadczeniu technicznym. Z uwagi na powyższe powinien proponować rozwiązania techniczne łatwe do obsługi, minimalizujące możliwość pomyłek i przede wszystkim zapewniające bezpieczeństwo tak pacjentów jak i personelu medycznego.

W lecznictwie stosowane są różnego rodzaju gazy i ich mieszaniny zarówno jako leki jak i do technicznej obsługi stanowisk. Stąd też najczęściej spotykamy instalacje takich mediów jak:

- tlen medyczny
- podtlenek azotu medyczny
- powietrze medyczne
- dwutlenek węgla medyczny
- azot
- powietrze techniczne (motoryczne)
- próżnia

Z wyjątkiem dwóch ostatnich mediów, pozostałe są zaliczone do grupy leków, co stawia instalacjom tych gazów szczególne wymagania.

Tlen (O_2)

Tlen jest niezbędny do życia. Wszelkie przypadki, w których dochodzi do niedotlenienia organizmu człowieka, wymagają błyskawicznych akcji ratowniczych. Tlen może być podawany w ramach leczenia lub profilaktyki chorób układu krążenia, układu oddechowego oraz innych chorób. Tlenoterapia hiperbaryczna (HBO) zwiększa ilość tlenu rozpuszczonego w krwi i poprawia mikrokrążenie. Stosowana jest w zatruciach dymem lub tlenkiem węgla, a także po wypadkach związanych z głębokim nurkowaniem (choroba kesonowa). Inne zastosowania HBO to leczenie trudno gojących się ran; ochrona przed bakteriami z grupy clostridium; leczenie infekcji, takich jak na przykład zgorzel gazowa (gangrena) czy poprawa efektów radioterapii. Tlen jest również lekiem stosowanym w szpitalach przez lekarzy różnych specjalności, przez ratowników, w ambulansach, a także w domowym leczeniu tlenem.

Tlen jest gazem niepalnym, ale jego obecność jest niezbędna do spalania substancji organicznych. W powietrzu atmosferycznym stężenie tlenu wynosi ok. 20% co wystarcza do podtrzymania palenia. Jeśli stężenie tlenu jest wyższe, zapłon palnych substancji może nastąpić samoczynnie bez dodatkowego źródła ciepła czy ognia, natomiast w obecności tlenu pod wysokim ciśnieniem reakcja spalania zachodzi w sposób wybuchowy. Dlatego też w instalacjach tlenowych niedopuszczalne jest stosowanie smarów, paków czy uszczelek z tworzyw sztucznych, a wewnątrz rur instalacyjnych musi być starannie odtłuszczone. Szczególnie czyste muszą być rurociągi tlenu medycznego aby wykluczyć możliwość wprowadzania do organizmu pacjenta wraz z życiodajnym tlenem toksycznych produktów jego reakcji z zanieczyszczeniami.

Podtlenek azotu (N_2O)

Przeciwbólne i znieczulające działanie podtlenku azotu jest dobrze znane od ponad 150 lat. Gaz ten jest powszechnie znanym elementem anestezji ogólnej, ciągle używanym w szpitalach na całym świecie. N_2O używany jest do wprowadzania w znieczulenie ogólne i jego podtrzymywania w połączeniu z innymi lekami, takimi jak np. anestetyki, środki rozluźniające mięśnie czy środki przeciwbólne.

Podtlenek azotu, ze względu na swoje działanie przeciwbólne jest również używany w mieszaninach z tlenem do znieczuleń w bolesnych zabiegach w lecznictwie zamkniętym (np. w oddziałach położniczych), stomatologii oraz ambulansach ratowniczych.

Podtlenek azotu z uwagi na swoje własności chemiczne stwarza zagrożenia podobne do tlenu i wymaga takiego samego traktowania instalacji.

Powietrze

Powietrze medyczne jest używane głównie do wentylowania płuc i terapii inhalacyjnych oraz jako gaz nośny dla środków znieczulających podawanych wziewnie w anestezji.

Dwutlenek węgla (CO₂)

Dwutlenek węgla używany jest w mało inwazyjnych technikach chirurgicznych (laparoscopia, endoscopia, artroskopia) jako gaz wypełniający, w celu powiększenia i ustabilizowania naturalnych jam ciała tak, aby poprawić widoczność w polu operacyjnym.

W fazie ciekłej dwutlenek węgla jest źródłem niskich temperatur (do -78°C). Jest używany w krioterapii lub do miejscowych znieczuleń stosowanych na powierzchni skóry.

Dwutlenek węgla jest gazem o małej reaktywności chemicznej i nie stwarza takich problemów jak tlen czy podtlenek azotu. Należy jednak pamiętać, że w wyższych stężeniach jest gazem toksycznym. Charakteryzuje się gęstością znacznie większą niż powietrze i w przypadku nieszczelności instalacji w pomieszczeniu gromadzi się w dużym stężeniu w jego dolnej części stopniowo wypierając powietrze. Ponieważ CO₂ jest bezwonny i nie wywołuje reakcji obronnej organizmu występuje możliwość zatrucia personelu w niedostatecznie wentylowanych pomieszczeniach składowania dwutlenku węgla.

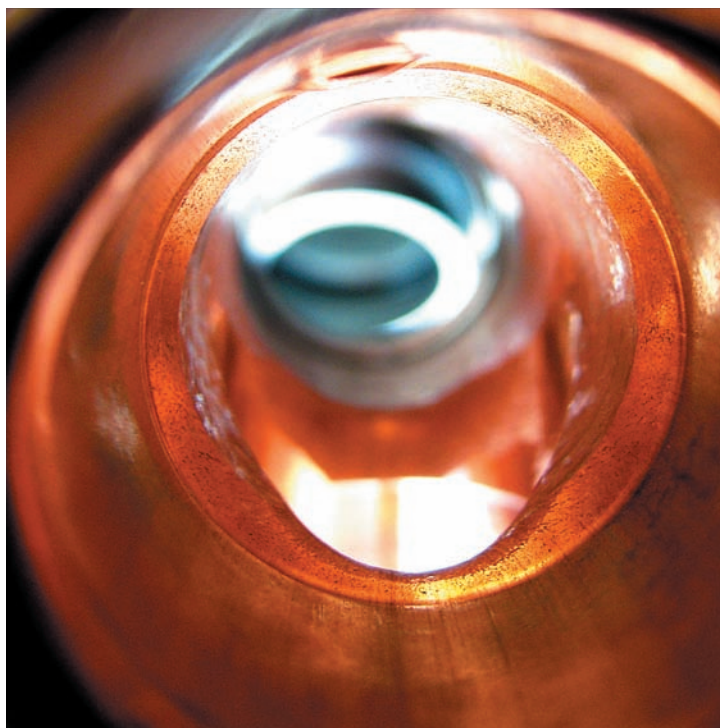
Tablica 1.7.
Własności fizyczne wybranych gazów medycznych

Rodzaj gazu	tlen	azot	dwutlenek węgla	podtlenek azotu
Wzór chemiczny	O ₂	N ₂	CO ₂	N ₂ O
Temp. wrzenia przy 1013 mbar, °C	-183	-196	-78,5*	-88,5
Gęstość cieczy przy 1013 mbar, kg/l	1,142	0,808	1,178**	1,20
Względna gęstość do powietrza w temp. 15oC przy 1013 mbar	1,09	0,95	1,52	1,52
Gęstość gazu w temp. 15oC przy 1013 mbar kg/m ³	1,34	1,17	1,98	1,98
Ilość gazu powstającego z 1l cieczy [l]	799	646	599	611
* temperatura sublimacji				
** pod ciśnieniem 5,18 bar				

2. Miedź w instalacjach gazów palnych oraz medycznych

2.1. Właściwości miedzi

Miedź (Cu, łac. cuprum) – pierwiastek chemiczny, z grupy metali przejściowych układu okresowego. Nazwa pochodzi od Cypru, gdzie w starożytności odkryto ten metal. Początkowo nazywano go metalem cypryjskim (łac. cyprum aes), a następnie cuprum.



Rys.2.1. Miedź- cuprum aes

Miedź Cu rozpoczyna grupę IB układu okresowego pierwiastków, obejmującą także dwa znane metale szlachetne: srebro Ag i złoto Au.

Miedź jest metalem dobrze kowalnym, ciągliwym o charakterystycznym różowym zabarwieniu. Doskonale przewodzi ciepło i elektryczność, w czym ustępuje tylko srebru. Przewodnictwo elektryczne miedzi jest 6 razy większe niż stali. Współczynnik rozszerzalności cieplnej miedzi jest około 1,5 razy większy niż stali i wynosi 0,0166 mm/(m°C). Różnice temperatury występujące podczas montażu i eksploatacji przewodów wykonanych z miedzi powodują zmianę ich długości. Zmianę długości można obliczyć za pomocą równania 2.1.

$$\Delta L = L \times \Delta T \times \lambda \quad (2.1.)$$

gdzie:

ΔL - przyrost długości przewodu, mm

L - długość przewodu, m

ΔT - różnica temperatury, °C

λ - współczynnik rozszerzalności liniowej, mm/(m°C)

Wybrane właściwości miedzi przedstawia tablica 2.1.

Tablica 2.1.
Właściwości fizykochemiczne i mechaniczne miedzi

Właściwość	Wartość	Jednostki
Symbol chemiczny	Cu	
Konfiguracja elektronowa	[Ar] 3d10 4s1	-
Masa atomowa	63,54	g
Temperatura topnienia	1084,4	°C
Temperatura wrzenia	2567	°C
Gęstość w temp. 20°C	8,96	g/cm ³
Struktura krystaliczna	regularna ściennie centrowana	-
Ciepło właściwe w temp. 20°C	380	J/(kg K)
Przewodność właściwa	59,6×10 ⁶	S/m
Współczynnik przewodnictwa cieplnego w temp. 20°C	370	W/(m °C))
Współczynnik cieplny oporu	0,00431	1/°C
Wytrzymałość na rozciąganie w stanie miękkim	210÷240	MPa
Wytrzymałość na rozciąganie w stanie twardym	≥290	MPa
Współczynnik sprężystości poprzecznej	4,69·10 ⁴	MPa
Współczynnik sprężystości wzdłużnej	1,27·10 ⁵	MPa
Elektrojemność	1,9	-
Promień atomowy	1,28	Å
Promień jonowy Me ⁺	0,96	Å
Promień jonowy Me ²⁺	0,69	Å
Potencjał normalny Me/ Me ⁺	+0,521	V
Potencjał normalny Me/ Me ²⁺	+0,337	V
Twardość Vickersa ¹³ dla stanu miękkiego	40÷70	HV
Twardość Vickersa dla stanu twardego	≥100	HV
Opór elektryczny właściwy w temp. 20°C	1,68x 10 ⁻⁸	Ωm
Współczynnik rozszerzalności liniowej w temp. 0-10020°C	0,0166	mm/m °C
Temperatura wyżarzania rekrytalizującego	300-600	°C

W umiarkowanych temperaturach w atmosferze suchego powietrza powierzchnia miedzi pokrywa się cienką warstwą Cu₂O nadającą jej charakterystyczną czerwoną barwę. W trakcie ogrzewania Cu₂O utlenia się do czarnego CuO. Na powierzchni miedzi wystawionej przez dłuższy czas na działanie czynników atmosferycznych (wilgoć, dwutlenek węgla) powstaje szarozielona powłoka zwana patyną. Jest to zasadowy węglan miedzi - naturalna warstewka ochronna, zapobiegająca dalszej korozji metalu.

Miedź nie jest odporna na działanie wilgotnej atmosfery przemysłowej, zawierającej dwutlenek siarki, ponieważ wytwarzająca się wtedy na jej powierzchni warstewka zasadowego siarczanu miedzi nie zabezpiecza jej przed dalszą korozją.

Miedź w związkach przyjmuje wartościowości +1 i +2. Związki miedzi jednowartościowej (miedziawe) są na ogół nietrwałe i łatwo przechodzą na wyższy stopień utlenienia, chociaż tlenek miedziawy Cu₂O występuje w stanie naturalnym. Znacznie bardziej rozpowszechniane i znane są związki miedzi dwuwartościowej: tlenek CuO, wodorotlenek Cu(OH)₂, halogenki CuX₂ (X - chlorowec), siarczek CuS, octan Cu(CH₃COO)₂, uwodniony siarczan miedzi CuSO₄×5 H₂O, węglan CuCO₃. Sole miedzi mają barwę niebieską lub zieloną. Są w znacznym stopniu toksyczne tak, że np. CuSO₄ x 5 H₂O jest stosowany w rolnictwie do niszczenia szkodników jako składnik fungicydów i algicydów.

¹³ Twardość Vickersa (HV) – właściwość materiału, zapobiegająca odkształceniu materiału przez uderzenia sił zewnętrznych.

Zasada pomiaru twardości metali sposobem Vickersa polega na wciśnięciu w określonym czasie diamentowego wgłębnika w badaną próbkę przy wybranym obciążeniu od 1,961 do 980,7 N.

Miedź tworzy z metalami wiele stopów o dużym znaczeniu praktycznym: jak brązy - stopy miedzi z cyną, mosiądze - stopy miedzi z cynkiem, a także stopy z metalami szlachetnymi: srebrem i złotem. Miedź jako dodatek zawierają również inne stopy jak: tombak, nikielin, konstantan - materiał na druty oporowe.

Kwasy utleniające jak stężony kwas azotowy HNO_3 i stężony kwas siarkowy H_2SO_4 przeprowadzają miedź do roztworu w postaci odpowiednich soli, same ulegając redukcji przy czym, w związku z położeniem miedzi w szeregu napięciowym metali nie zachodzi wydzielanie wodoru. Rozpuszczalnikiem miedzi jest stężony kwas azotowy, w którym rozpuszcza się ona bardzo łatwo.

Kwasy nieutleniające jak m. in. kwas solny HCl i kwas fluorowodorowy HF w niskiej temperaturze i w warunkach beztlenowych w stosunku do metalicznej miedzi są chemicznie neutralne.

Z technicznie ważnych materiałów chemicznych silnie działają na miedź: chlor, chlorek amonu, chlorek glinu, chlorek żelaza, fluorek amonu, kwas siarkowy w wyższych temperaturach, siarkowodór, a nieco słabiej: acetylen (niebezpieczeństwo eksplozji), chlorek sodowy, chlorek wapnia, chlorowodór, siarczki sodowy, wapno bielące, zaprawa murarska itp.

Jednakże miedź wykazuje odporność chemiczną tylko w przypadku braku substancji kompleksotwórczych, takich jak cyjanek i amoniak. Substancje te rozszerzają znacznie obszary korozji miedzi.

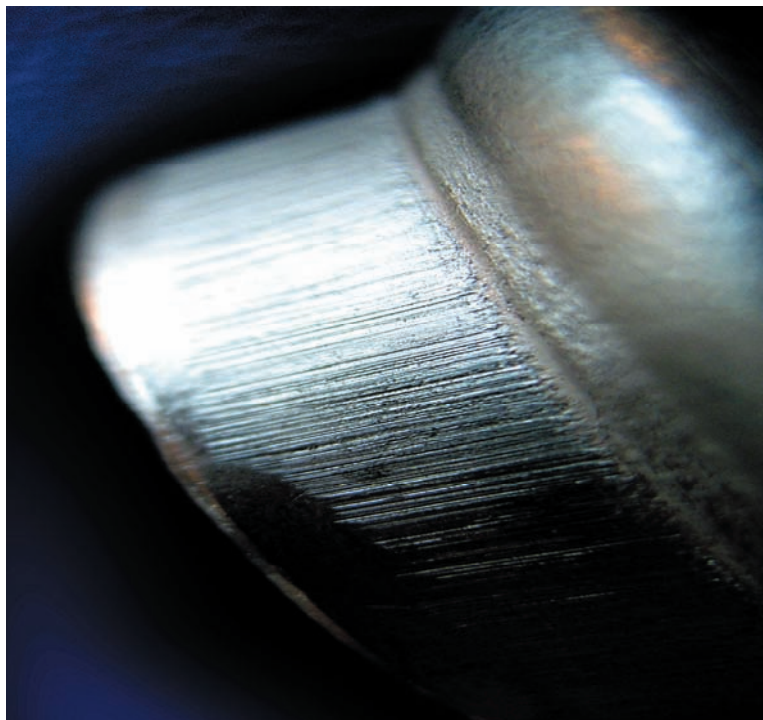
Obecnie uważa się, że miedź wykazuje dwa obszary korozji uzależnione od charakteru roztworu. W roztworach kwaśnych i silnie zasadowych korozja miedzi odbywa się tylko w obecności utleniacza. Roztwory obojętne lub lekko alkaliczne, zawierające utleniacze hamują korozję dzięki tworzeniu tlenków Cu_2O , CuO i Cu_2O_3 . Podwyższona temperatura sprawia, że powierzchnia miedzi pokrywa się porowatymi tlenkami, które nie chronią miedzi przed dalszą korozją, szczególnie w warunkach bardziej agresywnych.

2. 2. Choroba wodorowa miedzi

Jedną z wad miedzi jest, tzw. „choroba wodorowa” - szkodliwe zjawisko zachodzące w miedzi, związane z dyfuzją atomów wodoru w sieć krystaliczną metalu. Atomy wodoru potrafią penetrować miedź na znaczne głębokości. Choroba wodorowa jest spowodowana zanieczyszczeniem metalicznej miedzi tlenkami Cu_2O i CuO powstającymi w procesach hutniczych. Podczas wyżarzania w temperaturze 500°C lub wyższej wyrobu miedzianego zanieczyszczonego tlenkami w atmosferze redukującej zawierającej wodór, a więc przede wszystkim w czystym wodorze, gazie ziemnym, gazie koksowniczym, generatorowym wodnym itp., następuje w głębi metalu redukcja tlenków miedzi, ale jednocześnie w reakcji tlenu z wodorem powstaje para wodna. Para wodna z powodu braku zdolności do dyfuzji, nie może się z miedzi wydostać na zewnątrz, a posiadając wysokie ciśnienie powoduje powstawanie mikropęknięć i naruszenie integralności metalu. Z tego powodu miedź nieodtleniona, po rekrytalizacji w atmosferze redukcyjnej zawierającej wodór traci zdolność do obróbki plastycznej.

Innymi zanieczyszczeniami miedzi obniżającymi jej wytrzymałość mechaniczną są bizmut oraz ołów, które powodują kruchość na gorąco.

Zanieczyszczenia oraz domieszki powodują istotne pogorszenie własności miedzi jako materiału konstrukcyjnego, dlatego ważne jest wykonywanie instalacji z elementów miedzianych o jakości zalecanych przez normy.



Rys.2.2. Choroba wodorowa miedzi – powiększenie 100-krotne skorodowanej kształtki z miedzi

3. Metodyka oszacowywania zużycia paliw gazowych do celów komunalnych oraz indywidualnego ogrzewania pomieszczeń

3.1. Współczynnik jednoczesności

W przypadku większej liczby odbiorców paliwa gazowego niż 1 występuje nierównomierność poboru ustalana empirycznie, zależna od celu użytkowania paliwa gazowego, liczby odbiorców, wyposażenia w urządzenia gazowe oraz szeregu innych czynników trudnych do analitycznego ujęcia właściwych dla danej grupy odbiorców. Wielkością technologiczną uwzględnianą w obliczeniach ustalaną empirycznie jest tzw. współczynnik jednoczesności będący liczbą bezwymiarową w ogólnej postaci:

$$p = \frac{Q_{maks}}{nQ} \quad (3.1.)$$

gdzie:

- p – współczynnik jednoczesności zużycia gazu w funkcji liczby odbiorców,
- Q_{maks} – maksymalne rzeczywiste zużycie gazu przez zainstalowaną liczbę urządzeń gazowych
- N – sumaryczna liczba odbiorców danej grupy,
- Q – nominalne średnie zużycie gazu przez statystycznego odbiorcę danej grupy.

Ogólny wzór do obliczenia spodziewanych maksymalnych chwilowych zużyć gazu przez odbiorców zasilanych z danej instalacji gazowej posiada postać

$$Q_{maks} = Q_{0,1}n_1p_1 + Q_{0,2}n_2p_2 \quad (3.2.)$$

gdzie:

Q_{maks} – maksymalne chwilowe (obliczeniowe) zużycie gazu przez odpowiednią liczbę odbiorców do celów komunalnych i ogrzewania pomieszczeń w m³/h.

$Q_{0,1}$ – średnie statystyczne zużycie gazu do celów komunalnych przez jednego odbiorcę danej grupy

w m³/h obliczone z wzoru

$$Q_{0,1} = \frac{\sum Q_{1,k}n_{1,k}}{n_1} \quad (3.3.)$$

$Q_{1,k}$ – nominalne zużycie gazu w m³/h przez dowolne urządzenie gazowe wykorzystywane do celów komunalnych,

$n_{1,k}$ – liczba urządzeń jednego rodzaju o takim samym zużyciu nominalnym wykorzystywanych do celów komunalnych,

p_1 – współczynnik jednoczesności zużycia gazu do celów komunalnych (przygotowanie posiłków i ciepłej wody), ustalany w funkcji liczby odbiorców obliczany z wzoru empirycznego w postaci:

$$p_1 = 0,045 + \frac{0,955}{n_1^{0,63}} \quad (3.4.)$$

$Q_{0,2}$ – średnie statystyczne zużycie gazu do celów grzewczych (indywidualne ogrzewanie pomieszczeń) przez jednego odbiorcę danej grupy w m³/h, obliczone z wzoru

$$Q_{0,2} = \frac{\sum Q_{0,g}n_{0,g}}{n_2} \quad (3.5.)$$

$Q_{0,g}$ – nominalne zużycie gazu w m³/h przez dowolne urządzenie gazowe wykorzystywane do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń,

$n_{2,g}$ – liczba urządzeń gazowych jednego rodzaju wykorzystywanych do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń,

n_2 – liczba odbiorców wykorzystujących gaz do ogrzewania pomieszczeń,

p_2 – współczynnik jednoczesności zużycia gazu przez odbiorców do celów grzewczych podany w tablicy

Tablica 3.1.**Współczynnik jednoczesności zużycia gazu dla małych grup odbiorców wykorzystujący gaz do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń**

Liczba urządzeń gazowych	Indywidualne ogrzewacze pomieszczeń	Kocioł grzewczy wodny niskotemperaturowy
1	1	1
2	0,800	0,883
3	0,703	0,822
4	0,641	0,782
5	0,597	0,752
6	0,564	0,729
7	0,537	0,710
8	0,515	0,694
9	0,496	0,680
10	0,480	0,668
12	0,454	0,648
14	0,432	0,631
16	0,415	0,617
18	0,400	0,605
20	0,387	0,594
22	0,376	0,585
24	0,366	0,577
26	0,357	0,569
28	0,349	0,562
30	0,342	0,556
35	0,327	0,542
40	0,314	0,530
45	0,303	0,520
50	0,293	0,512

3.2. Podstawowe założenia podanego sposobu oszacowywania maksymalnego chwilowego zużycia paliwa gazowego przez małe grupy odbiorców

Dla celów oszacowywania maksymalnego chwilowego zużycia paliwa gazowego przyjęto następujące założenia:

- Współczynnik jednoczesności oszacowywany jest w funkcji liczby odbiorców, a nie liczby zainstalowanych urządzeń gazowych. Taki sposób obliczeń różni się od założeń przyjętych w przepisach DVGW, gdzie współczynnik ten oszacowywany jest w funkcji liczby urządzeń, a nawet liczby palników w urządzeniach
- Dla jednego odbiorcy założono, iż współczynnik jednoczesności do celów komunalnych będzie równy 1, bez względu na liczbę zainstalowanych urządzeń gazowych,

- Podany wzór empiryczny do oszacowania współczynnika p_1 (3.4.) określono na podstawie 3 letnich badań zużycia gazu w małych grupach odbiorców zlokalizowanych na terenie Warszawy, Krakowa, Katowic i Zabrze
- W przypadku wykorzystywania paliwa gazowego do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń w budynku proponuje się wykorzystanie wielkości liczbowych współczynników podanych w przepisach DVGW gdyż w Polsce takich pomiarów nie wykonywano
- Wstępnie założono, iż wykorzystanie gazu do celów komunalnych jest niezależne od zużycia gazu do ogrzewania pomieszczeń
- Współczynnik jednoczesności do celów grzewczych został zaczerpnięty z przepisów DVGW, gdyż w Polsce nie wykonywano badań zużycia gazu do celów grzewczych w budynkach mieszkalnych

Do celów grzewczych proponuje się stosować w funkcji współczynnik jednoczesności liczby odbiorców, jeżeli urządzenia zainstalowane są w większej ich liczbie niż 1, a współczynnik podany dla liczby urządzeń będzie odpowiadał liczbie odbiorców. W przypadku liczby urządzeń zainstalowanych u jednego odbiorcy, większej niż 1 można stosować wielkość liczbową odpowiadającą liczbie urządzeń jeżeli ustalenia projektanta nie będą inne.

Maksymalne chwilowe zużycie gazu dla większej liczby odbiorców w ogólnym założeniu zależne jest głównie od liczby zainstalowanych urządzeń gazowych, liczby tych urządzeń, maksymalnych nominalnych zużyć gazu przez poszczególne urządzenia, rodzaju urządzeń, liczby odbiorców, charakterystyki poboru gazu, a także warunków indywidualnych wynikających z różnorodności odbiorców. Szacuje się, iż średni błąd przy wykorzystaniu podanych zasad w oszacowaniu maksymalnego chwilowego zużycia gazu dla potrzeb komunalnych nie przekracza $\pm 10\%$, natomiast do celów indywidualnego ogrzewania pomieszczeń $\pm 20\%$.

3.3. Przykłady wykorzystania podanych zasad oszacowywania obliczeniowych natężeń przepływu gazu w małych grupach odbiorców

Przykład 1

Obliczyć chwilowe maksymalne zapotrzebowanie na paliwo gazowe do celów komunalnych i indywidualnego ogrzewania pomieszczeń.

Rodzaj paliwa gazowego – gaz ziemny wysokometanowy

Liczba odbiorców wykorzystujących paliwo gazowe do celów komunalnych – 20

Wyposażenie odbiorców w urządzenia gazowe:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| • Kuchnie gazowe 4 palnikowe 15 sztuk | $Q_{1,1} = 1,1 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| • Kuchnie 4 palnikowe bez piekarnika gazowego 5 sztuk | $Q_{1,2} = 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| • Gazowe grzejniki wody przepływowej 20 sztuk | $Q_{1,3} = 2,2 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| • Gazowe grzejniki wody przepływowej 8 sztuk | $Q_{1,4} = 1,1 \text{ m}^3/\text{h}$ |

Liczba odbiorców wykorzystujących paliwo gazowe do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń – 10

Wyposażenie odbiorców w urządzenia gazowe:

- Indywidualne ogrzewacze pomieszczeń 10 sztuk $Q_{2,1} = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$
- Ogrzewacze pomieszczeń 3 sztuki $Q_{2,2} = 0,3 \text{ m}^3/\text{h}$
- Kotły gazowe 2 sztuki $Q_{2,3} = 1,6 \text{ m}^3/\text{h}$

Maksymalne chwilowe zużycie gazu do celów komunalnych

$$Q_1 = Q_{0,1} n_1 p_1 \quad (3.6.)$$

Średnie statystyczne zużycie gazu przez jednego odbiorcę danej grupy

$$Q_{0,1} = \frac{1,1.15 + 0,6.5 + 2,2.20 + 1,1.8}{20} = 3,615 \text{ m}^3/\text{h}$$

Wartość liczbowa współczynnika jednoczesności do celów komunalnych określona z podanego wzoru

$$p_1 = 0,190$$

$$Q_1 = 3,615.20.0,19 = 13,737 \text{ m}^3/\text{h}$$

Maksymalne chwilowe zużycie gazu do celów grzewczych

$$Q_2 = Q_{0,2} n_2 p_2 \quad (3.7.)$$

Średnie statystyczne zużycie gazu przez jednego odbiorcę

$$Q_{0,2} = \frac{0,5.10 + 0,3.3 + 1,6.2}{10} = 0,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

Oszacowanie współczynnika jednoczesności do celów grzewczych:

współczynnik jednoczesności dla ogrzewaczy pomieszczeń wynosi: $p_2 = 0,443$

współczynnik jednoczesności dla kotłów gazowych - $p_2 = 0,883$

średnia wartość liczbowa współczynnika jednoczesności oszacowana do celów grzewczych

$$p_2 = \frac{13.0,443 + 2.0,883}{15} = 0,493$$

$$Q_2 = 0,91.10.0,493 = 4,486 \text{ m}^3/\text{h}$$

Całkowite maksymalne chwilowe zapotrzebowanie na paliwo gazowe dla danej instalacji gazowej:

$$Q_{maks} = 13,737 + 4,486 = 18,223 \text{ m}^3/\text{h}$$

W Polsce stosowane są także inne zasady oszacowywania zużycia paliwa gazowego dla instalacji gazowych zaczerpnięte z przepisów DVGW. Przepisy te zostały opracowane w latach 60 ubiegłego wieku, natomiast zasady podane w pracy opracowano w latach 80 i 90 ubiegłego wieku. Przy wykorzystaniu wieloletnich pomiarów w instalacjach gazowych i dużych grupach odbiorców.

4. Zasady obliczania strat ciśnienia w przewodach gazowych

Obliczenie strat ciśnienia w przewodach gazowych wymaga:

- oszacowania wartości liczbowych maksymalnego chwilowego natężenia przepływu gazu dla wszystkich odcinków przewodów instalacyjnych, które to wielkości stanowią podstawę do doboru średnic,
- ustalenia maksymalnych dopuszczalnych prędkości przepływu paliwa gazowego w przewodach,
- określenia rodzaju techniki dystrybucji paliwa, co ma wpływ na wielkość dopuszczalnych strat ciśnienia w przewodach instalacyjnych,
- przyjęcia zasad obliczania strat ciśnienia na liniowych odcinkach przewodów z uwzględnieniem rodzaju paliwa gazowego, gęstości paliwa, współczynnika tarcia i innych,
- oszacowania wielkości strat ciśnienia w elementach wyposażenia przewodów instalacyjnych, powodujących występowanie lokalnych (miejscowych) strat ciśnienia,
- określenia sposobu lokalizowania przewodów gazowych (poziomo, pionowo).

Z uwagi na złożoność problematyki dotyczącej zjawiska przepływu gazu w przewodach, a także różnic pomiędzy tymi warunkami przepływu w przewodach sieci gazowych i instalacji, nie należy stosować do obliczeń strat ciśnienia wzorów dla sieci gazowych. Do obliczeń strat ciśnienia w przewodach instalacji gazowych przyjęto ogólne zasady podane w Polskiej Normie PN-76/M-34034 „Zasady obliczeń strat ciśnienia”. Podane zasady w celu ich unifikacji zostały uproszczone przez przyjęcie podanych poniżej założeń:

- w przewodach występuje przepływ izotermiczny,
- prędkość przepływu gazu i jego gęstość jest stała na całej jego długości,
- długości przewodów gazowych dla których obliczane są straty ciśnienia są stosunkowo krótkie.

Założenia tak sformułowane, pozwalają na uproszczenie podstawowego wzoru i po dokonaniu szeregu przekształceń uzyskuje się wzór ostateczny w postaci:

$$\Delta P_{1-2} = p_1 \left(1 - \sqrt{1 - 1,25 \cdot 10^8 \lambda \rho \frac{Q^2}{d^5} p_1} \right) \quad (4.1.)$$

gdzie:

ΔP_{1-2} - strata ciśnienia w przewodzie gazowym na odcinku o długości 1 m w N/m²

p_1 - ciśnienie gazu w przewodzie gazowym w N/m²,

λ - współczynnik tarcia,

ρ - gęstość gazu w przewodzie w kg/m³,

Q - natężenie przepływu gazu w m³/h,

d - średnica przewodu gazowego w mm.

Podany powyżej wzór do obliczenia jednostkowych strat ciśnienia w przewodach instalacji na paliwa gazowe dopuszcza się stosować, gdy długość przewodu nie przekracza 100 m. Dla wybranych rodzajów paliw gazowych i gazów technicznych opracowano tablice strat ciśnienia w zależności od średnicy przewodu i wielkości natężenia gazu przy zmiennych ciśnieniach roboczych i gęstościach. Tablice Z.1. do Z.5. stanowią załącznik do opracowania.

Jeżeli rozprowadzany jest gaz o innym ciśnieniu niż podano w założeniach do obliczeń zamieszczonych w tablicach, straty ciśnienia można skorygować wykorzystując podany poniżej wzór:

$$\Delta P = p_0 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta P_{1-2}}{p_1} \right)^2 \frac{p_1 \rho_0}{p_0 \rho_1} \right]} \right\} \quad (4.2.)$$

gdzie:

- ΔP - strata ciśnienia w N/m² występująca na odcinku o długości 1m po uwzględnieniu ciśnienia i gęstości innych od przyjętych przy opracowywaniu tablic,
- p_0 - ciśnienie w przewodzie inne od przyjętego przy opracowywaniu tablicy podane w N/m²,
- p_1 - ciśnienie gazu w przewodzie przyjęte przy opracowywaniu tablicy w N/m²,
- ΔP_{1-2} - strata ciśnienia odczytana z tablicy w N/m²,
- ρ_0 - gęstość gazu inna niż przyjęta przy opracowywaniu tablic w kg/m³,
- ρ_1 - gęstość gazu przyjęta przy opracowywaniu tablicy w kg/m³.

Opory miejscowe stanowią w przypadku instalacji na paliwa gazowe ze względu na sposób rozwiązania technicznego i warunków ich lokalizacji istotną część sumarycznych strat ciśnienia w przewodach tych instalacji. Z tego powodu szacuje się, że opory miejscowe przepływu gazu występujące na zainstalowanych elementach takich jak: kurki, trójniki, zwężki, kolana itp., stanowią szacunkowo od 40% do 70% wszystkich oporów występujących przy przepływie gazu przewodem. Dla ułatwienia obliczeń strat ciśnienia przyjęto także wieloletnie przyzwyczajenia stosowane przy oszacowywaniu strat ciśnienia na zainstalowanych elementach wyposażenia korzystając z tzw. długości zastępczych przewodu. Strata ciśnienia na danym elemencie wyposażenia przewodu wyrażona jest przez odpowiednią długość elementu liniowego przewodu o określonej średnicy.

Tablica 4.1.

Długości przewodu prostoliniowego w m równoważące straty ciśnienia występujące na zamontowanych elementach wyposażenia przewodów instalacyjnych

Średnica nominalna przewodu	Kurek kulisty	Kurek stożkowy	Kolano	Zwężka	Trójnik przelotowy	Trójnik odnoga
10	0,1	0,3	0,4	0,1	0,1	0,25
15	0,15	0,4	0,55	0,1	0,15	0,4
20	0,3	0,7	1,3	0,1	0,4	0,9
25	0,3	0,7	1,3	0,15	0,4	1,1
32	0,35	0,8	1,5	0,2	0,5	1,4
40	0,4	1,1	1,8	0,25	0,7	1,9
50	0,5	1,7	1,9	0,3	1	2,7
65	0,6	2,1	2,1	0,5	1,3	3,2
80	0,9	3	2,9	0,7	1,8	4,5
100	1,25	5,4	3,7	0,9	2,5	6,2

Podane wielkości zastępcze równoważące miejscowe straty ciśnienia opracowano uwzględniając głównie współczynniki miejscowych strat ciśnienia podawanych przez producentów właściwych dla wymienionych w tablicy elementów wyposażenia instalacji gazowych. Szacuje się, że różnice pomiędzy rzeczywistymi wielkościami strat ciśnienia (wielkościami zastępczymi równoważącymi straty miejscowe) mogą w skrajnych przypadkach przekraczać nawet 50%. Dla takich elementów wyposażenia przewodów instalacyjnych wykonanych z miedzi jak kolana i zwężki miejscowe straty ciśnienia mogą być średnio mniejsze niż 30% od podanych w tablicy, natomiast w przypadku trójników różnice te mogą wynosić około 30%. Mniejsze straty ciśnienia wynikają głównie z dokładniejszego wykonania tych elementów z miedzi niż ze stali. Zaleca się, aby wielkości miejscowych strat ciśnienia stosowane do obliczeń strat ciśnienia w przewodach instalacji gazowych w miarę możliwości przyjmować z uwzględnieniem danych określanych przez producenta.

W przypadku instalacji gazowych na paliwa gazowe wykonywanych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej o ciśnieniu niskim nie przekraczającym dla gazu płynnego 3,5 kPa zaleca się stosować prędkości przepływu gazu nie wyższe niż 6 m/s. Taka wielkość prędkości przepływu nie zagraża warunkom przepływu gazu i jest w praktyce stosowana przy projektowaniu instalacji na paliwa gazowe. Pozwala to na dobór średnic przewodów spełniających kryteria techniczne, technologiczne, a także ekonomiczne. Dobór średnic przewodów instalacji gazowych podporządkowany jest także kryteriom bezpieczeństwa. Średnice przewodów instalacji gazowych powinny być dobierane tak, aby średnica najmniejsza nie była mniejsza niż 10 mm i większa niż 100 mm.

W przypadku instalacji gazowych wykonanych w obiektach przemysłowych, gdzie nie istnieją ograniczenia w zakresie wysokości ciśnień roboczych dopuszczalne jest stosowanie prędkości przepływu gazu w przewodach nie przekraczających 10 m/s. Takie ograniczenie ma uzasadnienie wynikające z doświadczeń eksploatacyjnych sieci rozdzielczych paliw gazowych oraz faktu iż przy większych prędkościach przepływu znacznie wzrastają liniowe i miejscowe opory przepływu.

Podobne zasady zaleca się stosować w odniesieniu do instalacji rozprowadzających gazy medyczne.

Średnic przewodów dla gazów technicznych oraz medycznych nie ogranicza się, gdyż wynikają one z warunków eksploatacyjnych i technologicznych, a także szczególnie w przypadku gazów medycznych z przyczyn bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń zasilanych odpowiednimi rodzajami gazów. W każdym przypadku doboru średnic przewodów gazowych ich wielkość zależna jest głównie od długości przewodu, sposobu jego lokalizacji (pionowo, poziomo) ciśnienia zasilania, minimalnego ciśnienia w miejscu jego poboru, a więc od dyspozycyjnej straty ciśnienia. Problemy te występują ze szczególnym nasileniem w przypadku instalacji wykonanych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.

Na wysokość dyspozycyjnej straty ciśnienia w przewodach instalacyjnych w takich obiektach wpływ ma sposób zasilania instalacji gazowej (wybór techniki dystrybucji) i rodzaj gazu jakim zasilane są zainstalowane urządzenia gazowe. Stosowane w sieciach gazowych paliwa gazowe posiadają różne wartości opałowe i gęstości, co wpływa na dobór wysokości ciśnienia.

Tablica 4.2.**Wysokości ciśnień przed urządzeniami gazowymi zasilanymi różnymi rodzajami paliw gazowych w Pa**

Rodzaj paliwa gazowego	Maksymalne ciśnienie przed urządzeniem	Nominalne ciśnienie przed urządzeniem	Minimalne ciśnienie przed urządzeniem
Gaz ziemny zaazotowany	1600	1300	1050
Gaz ziemny wysokometanowy	2500	2000	1600
Gazy sztuczne	1100	800	600
Gaz płynny	4000		3500

Uwaga:

Wielkości ciśnień w przypadku gazu płynnego, który najczęściej jest mieszaniną propanu i butanu o różnych składach procentowych określono orientacyjnie. Wielkości ciśnień zasilania urządzeń tym gazem najczęściej określa ich producent.

W przypadku instalacji gazowych zasilanych z sieci średniego ciśnienia wysokość ciśnienia zasilania poszczególnej instalacji jest stała, co nie występuje w przypadku sieci gazowej niskiego ciśnienia, gdzie na sumaryczną stratę ciśnienia składa się także strata ciśnienia w sieci gazowej. W przypadku instalacji zasilanych gazem płynnym, ciśnienie zasilania tak jak w przypadku sieci rozdzielczej średniego ciśnienia można przyjąć za stałe w węźle zasilania dla wszystkich instalacji gazowych.

Tablica 4.3.**Dopuszczalne straty ciśnienia w instalacjach gazowych zasilanych różnymi paliwami gazowymi oraz przy zastosowaniu różnych technik dystrybucji podane w Pa**

Rodzaj paliwa gazowego	Instalacja zasilana z sieci niskiego ciśnienia	Instalacja zasilana z sieci średniego ciśnienia
Gaz ziemny zaazotowany	150	150 - 300
Gaz ziemny wysokometanowy	150	250 - 400
Gazy sztuczne	100	150 - 250
Gaz płynny	150	300 - 400

5. Prawo w zakresie wymagań technicznych dotyczących stosowania przewodów gazowych wykonanych z miedzi

5.1. Paliwa gazowe w instalacjach miedzianych

Do wykonywania przewodów instalacji gazów palnych za podstawowy materiał przyjęte jest stosowanie stali. Materiał ten może być wykorzystany do wykonywania przewodów gazowych we wszystkich warunkach ich budowy tzn. wewnątrz budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej obiektach przemysłowych przy prowadzeniu przewodów na zewnątrz budynków wykonanych poniżej i powyżej poziomu terenu.

Do wykonywania przewodów gazowych rozprowadzających różne rodzaje gazów mogą być także zastosowane inne materiały takie jak tworzywa sztuczne, aluminium, a także miedź. W przypadku rozprowadzania paliw gazowych w budynkach od początku rozprowadzania tych paliw stosowane były rury miedziane. Przewody miedziane stosowane są także w wielu krajach do wykonywania przyłączy gazowych (odcinek przewodu od gazociągu do kurka głównego instalacji gazowych). Należy zaznaczyć, iż aktualnie polskie uregulowania prawne wykluczają stosowanie do budowy przyłączy rur miedzianych.

Za podstawowy materiał do budowy instalacji na paliwa gazowe zgodnie z zapisem rozporządzenia Ministra Infrastruktury (Dz. U. z 2002 r. Nr 75, poz.690 z późniejszymi zmianami) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, w § 163 punkt 2 podano:

Przewody instalacji gazowej, począwszy od 0,5 m przed zewnętrzną ścianą budynku do kurków odcinających przed gazomierzami w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych lub do odgałęzień lokali użytkowych w budynkach użyteczności publicznej, powinny być wykonane z rur stalowych bez szwów bądź z rur stalowych ze szwem przewodowych, zgodnych z wymaganiami przedmiotowych Polskich Norm, łączonych przez spawanie.

Natomiast w § 163 punkt 3 wprowadzony jest zapis:

Przewody instalacji gazowej w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, począwszy od 0,5 m przed zewnętrzną ścianą budynku do wyprowadzenia poza lico wewnętrzne tej ściany, powinny być wykonane z rur, o których mowa w ust. 2.

Punkt 4 tego paragrafu o treści niżej podanej informuje ponadto:

Przewody instalacji gazowej w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, a także w pozostałych budynkach za gazomierzami lub odgałęzieniami prowadzącymi do odrębnych mieszkań lub lokali użytkowych powinny być wykonane z rur, o których mowa w ust.2, łączonych również z zastosowaniem połączeń gwintowanych bądź też z rur miedzianych łączonych przez lutowanie lutem twardym.

Podane zapisy w sposób jednoznaczny regulują na aktualnym etapie problematykę wykonywania przewodów instalacji gazowych lecz tylko w odniesieniu do budynków mieszkalnych, jednorodzinnych, wielorodzinnych, zagrodowych rekreacji indywidualnej i użyteczności publicznej. **Takie stwierdzenie jest ponadto zgodne z przewidzianymi zmianami w zapisie § 156 rozporządzenia, gdzie jednoznacznie ma być zapisane, iż wymagania dotyczące instalacji na paliwa gazowe nie dotyczą instalacji przeznaczonych do celów produkcyjno – przemysłowych.**

Na aktualnym etapie brak więc jakichkolwiek wymagań technicznych zawartych w obowiązujących aktach prawnych dotyczących wykonywania instalacji wykonanych z miedzi w obiektach przemysłowych. Z przeprowadzonych analiz ekonomicznych wynika, że instalacje wykonane z rur miedzianych mogą być konkurencyjne z przewodami wykonanymi z rur stalowych w zakresie średnic nominalnych do 32 mm. Takie średnice znajdują zastosowanie najczęściej właśnie w budowie instalacji gazowych w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych, rekreacji indywidualnej, poszczególnych mieszkaniach budynków wielorodzinnych, laboratoriach, warsztatach a także na terenach szpitali. Zaletą przewodów instalacyjnych z miedzi jest łatwość ich montażu szczególnie przy stosowaniu połączeń innych niż lutowanie lutem twardym, łatwość przeprowadzenia kontroli stanu technicznego, napraw oraz nie bez znaczenia jest fakt, że instalacje tak wykonane posiadają estetyczny wygląd.

Przewody instalacji gazowych z miedzi w budynkach mogą być lokalizowane także na korytarzach budynków mieszkalnych wielorodzinnych i użyteczności publicznej, gdyż zapis mówi tylko o dopuszczalności ich wykonania z miedzi za gazomierzami, przy czym miejsce lokalizacji gazomierza nie ma tu żadnego znaczenia. Informacja ta wprowadzona jest dlatego, że wykonawcy instalacji, a także projektanci uznają niesłusznie możliwość stosowania przewodów miedzianych tylko wewnątrz mieszkań. W przypadku budynków mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej cała instalacja gazowa może być wykonana z rur miedzianych z wyłączeniem odcinka od 0,5 m przed budynkiem (zewnątrzną ścianą budynku) do wprowadzenia do wnętrza budynku.

Zapis ten wynika z rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe (Dz. U. Nr 97 poz. 1055 z 2001 r.) § 9.6, gdzie podano, iż strefa kontrolowana dla gazociągów niskiego i średniego ciśnienia jest równa 1 m, co odpowiada odległości od ściany budynku równej 0,5 m. Ten odcinek przewodu doprowadzającego paliwo gazowe do budynku nie jest instalacją gazową tylko częścią przyłącza, a więc zalicza się do sieci gazowej.

Uwaga: § 164 ust. 6 (Dz.U. Nr 75 2002 r.) mówi o tym, że przewody instalacji gazowych mogą być prowadzone przez jedną kondygnację garażu, jeżeli kondygnacja ta znajduje się bezpośrednio pod kondygnacją nadziemną budynku. Tak lokalizowane przewody należy wykonać z rur stalowych bez szwu i przewodowych ze szwem.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki wymienione powyżej wyklucza wykonywanie elementów sieci gazowej jakimi są przyłącza, a także sieci gazowych z miedzi. Stwierdzenie to nie dotyczy więc zapisu zawartego w § 1.2 wymienionego rozporządzenia, gdzie podano szczegółowo zakres jego zastosowania.

Rozporządzenia nie stosuje się więc do:

- *sieci gazowych służących do przesyłania gazów technicznych i skroplonych gazów węglowodorowych ($C_3 - C_4$),*
- *sieci gazowych w kanałach zbiorczych,*
- *doświadczalnych sieci gazowych,*
- *sieci gazowych znajdujących się na terenach zakładów górniczych i wojskowych,*
- *znajdujących się w budynkach instalacji gazowych nie należących do sieci gazowych, określonych w odrębnych przepisach.*

Pod pojęciem sieci gazowej według rozporządzenia rozumie się gazociągi ze stacjami gazowymi, układami pomiarowymi, tłoczniami gazu, magazynami gazu, połączone i współpracujące ze sobą,

służące do przesyłania i dystrybucji paliw gazowych **należące do przedsiębiorstwa gazowniczego**. Taki zapis pozwala uznać, że sieci gazowe zlokalizowane na terenie zakładu przemysłowego nie będące własnością zakładu gazowniczego mogą być wykonane według innych zasad tzn., że w pewnych przypadkach mogą być także wykonane z rur miedzianych. Na aktualnym etapie decyzje takie podejmuje instytucja, której przewody tak wykonane są własnością. Istotne w takim przypadku są parametry rozprawianego gazu, jego właściwości fizykochemiczne, warunki eksploatacji, a także wewnętrzne przepisy obowiązujące w danej branży.

W Polsce brak jakichkolwiek przepisów czy też obowiązujących wymagań technicznych, regulujących zasady wykonywania instalacji gazowych z miedzi, rozprawiających różne rodzaje gazów na terenie zakładów przemysłowych, jak również innych obiektach nie zaliczanych do uprzednio wymienionych w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i rozporządzeniu Ministra Gospodarki. Przepisów takich nie ma także dla przewodów gazowych wykonanych z rur stalowych i innych materiałów.

Przy doborze materiału przewodów do rozprawiania różnego rodzaju gazów należy uwzględnić szereg wymagań takich jak:

- wysokość ciśnienia roboczego w przewodach,
- lokalizację przewodów,
- dostępność do przewodów przez służby eksploatacyjne,
- temperaturę otoczenia w których przewody są eksploatowane,
- temperaturę rozprawianego gazu,
- warunki eksploatacji,
- rodzaj gazu wpływającego na stan przewodu, czyli wszystkie związane z tym zagrożenia korozyjne,
- wymagania związane z bezpieczeństwem przeciwpożarowym,
- wymagania ekonomiczne,
- kryteria estetyczne.

Norma PN - EN 1775 „Dostawa gazu dla budynków. Maksymalne ciśnienie robocze ≤ 5 bar. Zalecenia funkcjonalne”. Przewody gazowe i jego elementy rozprawiające gazy uznaje się za odporne na działanie wysokiej temperatury, której wysokość przyjmuje się równą 650°C wówczas, gdy zachowują swoją szczelność, aż do takiej temperatury, przy której nie wystąpi już niebezpieczeństwo wybuchu gazu. Uważa się że element przewodu przeszedł próbę z wynikiem pozytywnym, jeżeli strumień przecieku nie przekracza $150 \text{ dm}^3/\text{h}$ podczas i po zakończeniu trwającego 30 min wzrostu temperatury przy ciśnieniu próby wynoszącym 50 mbar.

Zapis ten przewiduje się wprowadzić do znowelizowanego Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. jako obowiązującego przy doborze technik łączenia przewodów miedzianych, przy pozostawieniu jednocześnie wymogu, iż przewody te w przypadku instalacji na paliwa gazowe powinny być łączone przez lutowanie lutem twardym. Jeżeli inne sposoby łączenia spełnią podane powyżej wymagania techniczne, to mogą być stosowane do łączenia rur przewodów wymienionych instalacji na takich samych zasadach jak luty twarde.

W przypadku przewodów rozprawiających inne rodzaje gazów niż paliwa gazowe lub też przewody rozprawiające paliwa gazowe wykonane będą na terenach zakładów przemysłowych, stosowanie innych połączeń niż tylko luty twarde do łączenia przewodów jest dopuszczalne, jeżeli wewnętrzne przepisy danej branży nie mówią inaczej.

5.2. Gazy medyczne w instalacjach miedzianych

Gazy medyczne zaliczane są do grupy leków i z tego powodu ich instalacjom stawiane są szczególne wymagania określone w zharmonizowanych normach PN-EN ISO 11197:2005(U) „Jednostki zaopatrzenia medycznego” oraz PN EN 737-3 „Systemy rurociągowo do gazów medycznych – Część 3: Rurociągi do sprężonych gazów medycznych i próżni” oraz w obowiązującej w Polsce Dyrektywie Unii Europejskiej z dnia 14 czerwca 1993 r. w sprawie wyrobów medycznych 93/42/EEC. Dyrektywa ta jest wprowadzona do stosowania Ustawą z dnia 20 kwietnia 2004 r. o wyrobach medycznych (Dz. U. Nr 93 poz. 896). Wyrób medyczny wprowadzany do obrotu i do używania musi spełniać określone dla niego wymagania zasadnicze. Wytwórca lub autoryzowany przedstawiciel, przed wprowadzeniem wyrobu medycznego do obrotu i do używania, jest obowiązany do przeprowadzenia oceny zgodności z określonymi dla tego wyrobu wymaganiami zasadniczymi. Przyjmuje się domniemanie zgodności wyrobu medycznego z wymaganiami zasadniczymi, jeżeli stwierdzono jego zgodność z krajowymi normami przyjętymi na podstawie zharmonizowanych norm europejskich dotyczącymi aktywnych wyrobów medycznych do implantacji, wyrobów medycznych do diagnostyki in vitro i wyrobów medycznych do różnego przeznaczenia.

Do obrotu i do używania mogą być wprowadzane wyroby medyczne oznakowane znakiem CE, który umieszcza się na wyrobie medycznym po przeprowadzeniu odpowiednich dla niego procedur oceny zgodności z wymaganiami zasadniczymi. Znakiem CE nie oznacza się wyrobu medycznego wykonanego na zamówienie, przeznaczonego do badań klinicznych oraz wyrobu medycznego do diagnostyki in vitro przeznaczonego do oceny działania.

Nadzór nad wyrobami medycznymi wytwarzanymi lub wprowadzonymi do obrotu i używania na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej sprawuje Prezes Urzędu we współpracy z Głównym Inspektorem Farmaceutycznym, Głównym Inspektorem Sanitarnym, Głównym Lekarzem Weterynarii, Głównym Inspektorem Inspekcji Handlowej, Szefem Służby Celnej, Prezesem Urzędu Dozoru Technicznego, Głównym Inspektorem Pracy, Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki w zakresie właściwym dla tych organów.

Nadzór obejmuje przeprowadzanie kontroli w zakresie projektowania, wytwarzania, pakowania, oznakowywania, przechowywania, montażu, rozprowadzania, przetwarzania, przeprowadzania remontu odtworzeniowego, wystawiania wyrobów medycznych, nadawania im przewidzianego zastosowania, sterylizacji przed wprowadzeniem do obrotu i do używania, zestawiania wyrobów medycznych w systemy lub zestawy zabiegowe oraz wprowadzania do obrotu i do używania wyrobów medycznych na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej.

6. Rury i kształtki miedziane stosowane do budowy instalacji

6.1. Rury

Wymagania dotyczące rur miedzianych wykorzystywanych do rozprowadzania gazów palnych technicznych zawarte są w Polskiej Normie PN – EN 1057:2006 „Miedź i stopy miedzi. Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania”.

Rury do instalacji gazowych muszą być wykonane z miedzi odtlenionej fosforem o zawartości czystej miedzi $\geq 99,9\%$ i zawartości fosforu od 0,015 do 0,040%. Ten gatunek miedzi oznakowany jest zgodnie z PN-EN 1057 jako Cu-DHP.

Rury dla instalacji wodnych i gazowych produkowane są w 3 stanach kwalifikacyjnych materiału: twardym, półtwardym i miękkim. Stany te różnią się własnościami mechanicznymi i w różny sposób są oznakowane. Stan wyżarzony R – 220, stan półtwardy R – 250, stan twardy R – 290.

- Rury w stanie wyżarzonym (miękkim) produkowane są do średnicy 54 mm.
- Rury w stanie półtwardym produkowane są o średnicach od 12 do 108 mm.
- Rury w stanie twardym produkowane są o średnicach do 267 mm.

Pełny zakres produkowanych rur zgodnych z Polską Normą podaje tablica 3.1.

Tablica 6.1.

Średnice zewnętrzne i grubości ścianek rur miedzianych zgodnych z normą PN – EN 1057

Średnice zewnętrzne rur w mm	Grubości ścianek w mm
6	0,6; 0,8; 1,0
8	0,6; 0,8; 1,0
10	0,6; 0,7; 0,8; 1,0
12	0,6; 0,8; 1,0
14*	0,7; 0,8; 1,0
15	0,7; 0,8; 1,0
16*	0,8; 1,0
18	0,8; 1,0
22	0,9; 1,0; 1,2; 1,5
25*	1,0; 1,2; 1,5
28	0,9; 1,0; 1,2; 1,5
35	1,2; 1,5
40*	1,0; 1,1
42	1,2; 1,5
54	1,2; 1,5; 2,0
64	2,0
66,7	1,2
70*	2,0; 2,5
76,1	1,5; 2,0

80*	2,0
88,9	2,0
108	1,5; 2,5
133	1,5; 3,0
159	2,0; 3,0
219	3,0
267	3,0

Uwaga:

* - rury nie zalecane w normie,

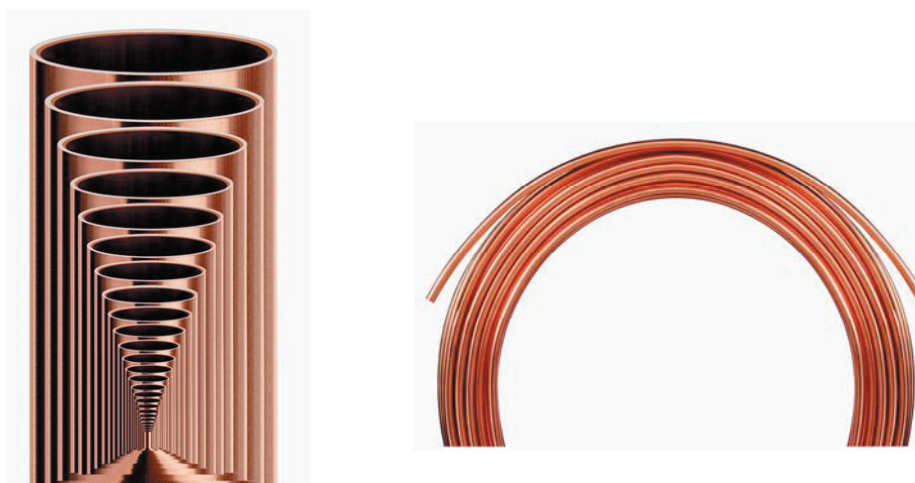
podane grubości ścianek drukiem pogrubionym zalecane do stosowania przy budowie przewodów paliw gazowych, gazów technicznych i innych gazów palnych.

Tablica 6.2.

Tolerancje średnicy zewnętrznej miedzianych rur instalacyjnych w mm

Średnica zewnętrzna Rury w mm	Tolerancja odniesiona do średniej średnicy dla wszystkich stanów	Odnosnie do każdej średnicy stan R 290	Odnosnie do każdej średnicy stan R 250
$8 \leq d \leq 18$	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,09$
$18 \leq d \leq 28$	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,10$
$28 \leq d \leq 54$	$\pm 0,06$	$\pm 0,07$	$\pm 0,11$
$54 \leq d \leq 76,1$	$\pm 0,07$	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$
$76,1 \leq d \leq 88,9$	$\pm 0,07$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$
$88,9 \leq d \leq 108$	$\pm 0,07$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$
$108 \leq d \leq 159$	$\pm 0,20$	$\pm 0,70$	$\pm 0,40$
$159 \leq d \leq 267$	$\pm 0,60$	$\pm 1,50$	-

Rury miedziane do instalacji mogą być dostarczone w izolacji cieplnej lub w otulinie. Rury w otulinie mogą być używane do wszystkich zastosowań rur miedzianych, w tym także do rozprowadzania gazów z wyłączeniem instalacji paliw gazowych wykonanych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Otuliną jest ściśle przylegająca do rury warstwa tworzywa sztucznego o grubości 1 – 3 mm. Otulina stanowi ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi i może być wykonana z dowolnego tworzywa sztucznego pod warunkiem, że tworzywa te oraz wydzielające się z nich w czasie eksploatacji składniki nie działają szkodliwie na miedź.



Rys.6.1. Rury miedziane do instalacji gazowych wg EN 1057 :2006

Materiałem zalecanym do budowy centralnych instalacji gazów medycznych są rury i łączniki miedziane. Wymagania jakie powinny spełniać rury miedziane stosowane w tym celu określa Polska Norma PN-EN 13348 „Miedź i stopy miedzi – Rury z miedzi okrągłe bez szwu do gazów medycznych lub próżni”. W normie tej opisane są szczególne wymagania odnośnie jakości rur o średnicy zewnętrznej od 8 do 54 mm przeznaczonych do stosowania przy ciśnieniu roboczym do 2 000 kPa oraz na instalacje podciśnieniowe do dystrybucji następujących gazów medycznych:

- tlen, podtlenek azotu, azot, hel, dwutlenek węgla, ksenon,
- powietrze do oddychania,
- specjalne mieszaniny wyżej wymienionych gazów,
- powietrze do napędów narzędzi chirurgicznych,
- gazy i pary znieczulające,
- próżnia.

Zamawiając materiał do budowy instalacji należy podać następujące informacje:

- ilość zamawianego wyrobu,
- nazwę – rura miedziana,
- numer normy europejskiej – EN 13348,
- oznaczenie stanu materiału,
- nominalne wymiary: średnicę zewnętrzną × grubość ścianki (tablica 6.2.),
- postać dostawy.

W tablicy 6.3. oraz 6.4. podano wymagania dla rur zgodnych z PN-EN 13348.

Tablica 6.3.
Własności mechaniczne rur miedzianych wg PN-EN 13348

Stan materiału		Wytrzymałość na rozciąganie MPa min	Wydłużenie % min	Twardość (orientacyjna) HV5
Oznaczenie wg EN 1173	Określenie zwyczajowe			
R220	wyżarzony	220	40	40 do 70
R250	półtwardy	250	30	75 do 100
R290	twardy	290	3	min. 100

Tablica 6.4.**Nominalne średnice zewnętrzne i grubości ścianki. Wymiary w mm**

Nominalna średnica zewnętrzna d	Nominalna grubość ścianki e						
	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0
8	-	R	-	R	-	-	-
10	-	R	-	R	-		
12	-	X	-	R	-		
14	-	-	-	X	-		
15	R	-	-	R	X		
16	-	-	-	X	-		
18	-	-	-	R	X		
22	-	-	R	R	X	R	
28	-	-	R	R	X	R	
35	-	-	-	-	R	R	X
42	-	-	-	-	R	R	X
54	-	-	-	-	R	R	R

R oznacza zalecane wymiary europejskie
X oznacza inne wymiary europejskie

Rury powinny być wolne od wad. Każda rura odpowiadająca normie PN-EN 13348 powinna być poddana przez producenta badaniu prądami wirowym.

Zachowanie odpowiedniej czystości powierzchni wewnętrznych przewodów jest bardzo istotnym problemem szczególnie w przypadku instalacji tlenowych ponieważ czysty tlen, a w szczególności pod ciśnieniem, powoduje samoistne spalanie się substancji oleistych.

Należy podkreślić, że w każdym przypadku wszystkie elementy instalacji mające kontakt z gazami medycznymi muszą być czyste, wolne od smarów, tłuszczów i cząstek stałych. Dowód na to powinien być dostarczony przez ich wytwórcę. Do oczyszczania i odtłuszczenia można stosować dowolną metodę, która efektywnie usuwa wszelkie zanieczyszczenia powierzchniowe oraz węglowodory i nie pozostawia po sobie śladów. Stosowane w tym celu chemiczne metody oczyszczania wymagają zazwyczaj następującego po nich mycia i suszenia w celu usunięcia pozostałości.

Przy wykonywaniu instalacji gazów medycznych należy przestrzegać dwóch ogólnych zasad:

- należy stosować rury z miedzi gatunku oznaczanego Cu-DHP lub CW024A (wg PN-EN 13348), odtłuszczone o zawartości węgla na powierzchni wewnętrznej nie większej niż 0,2 mg/dm²
- rury zakupione u producenta powinny być zaślepienie na końcach a zaślepki należy usunąć bezpośrednio przed montażem

6.2. Kształtki instalacyjne.

Do łączenia rur miedzianych stosowane są wymienione poniżej łączniki:

- **do lutowania kapilarnego (rys. 6.6)** - wszystkie łączniki do lutowania kapilarnego służą do tworzenia połączeń nierozłącznych. Wymiary wewnętrzne kielichów łączników i zewnętrzne wymiary rur są tak dobrane, aby po włożeniu bosego końca rury lub łącznika do kielicha b, między łączonymi elementami zawsze pozostała szczelina kapilarna.
- **zaciskowe (rys. 6.5)** - złączka zaciskowa składa się z mosiężnego korpusu z wbudowanym ogranicznikiem, do którego wsuwana jest rura, z pierścienia zaciskającego o rozmiarze dopasowanym do zewnętrznej średnicy rury oraz mosiężnej nakrętki dociskającej. Wykonanie takiego połączenia jest stosunkowo proste i wymaga niewielkiego przygotowania rury. Do jego wykonania stosuje się klucze płaskie. Dokręcenie nakrętki dociskającej powoduje na rurze zaciśnięcie pierścienia. Kształtki zaciskowe z wewnętrznym pierścieniem ściskającym nie nadają się do stosowania do łączenia rur miękkich.
- **zaprasowywane (rys. 6.2, rys. 6.7)** - łączniki posiadają wewnątrz rowek, w którym umieszczona jest elastomerowa uszczelka spełniająca wymagania norm odnośnie odporności na gaz oraz odporności na starzenie. Złącze stanowi rura prosta oraz szereg kształtek takich jak łączniki proste, trójniki, kolanka, zaciśniętych przy użyciu odpowiedniego urządzenia (rys. 6.3). Sposób działania takiego urządzenia uniemożliwia poprzez system kolejnych zabezpieczeń nieprawidłowe zaciśnięcie złączek. Obecnie złącza zaciskane dopuszczone są do stosowania w instalacjach gazu ziemnego oraz w instalacjach propanu, butanu i ich mieszanin w prawie wszystkich krajach Unii Europejskiej. Wyjątek stanowi tutaj Polska, gdzie obecnie trwają prace zmierzające do zmiany rozporządzeń w zakresie umożliwiającym wprowadzenie złączy zaciskanych jako alternatywnego sposobu wykonywania instalacji gazowych.



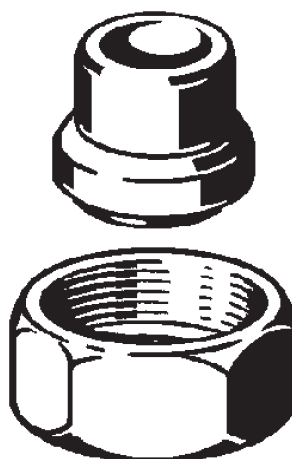
Rys. 6.2. Złączka zaprasowywana z systemem kontroli szczelności SC-Contur



Rys.6.3. Narzędzie systemowe z pełną kontrolą zacisku

W przypadku złączy zaciskanych nie można mówić tylko o samym produkcie. Jest to cała technologia, dzięki której możemy uzyskać szczelne i wytrzymałe połączenie.

- **samozaciskowe (rys. 6.4)** - złączki samozaciskowe (popularnie zwane adapterami lub śrubunkiem zaciskowym) zbudowane są z reguły z metalowego pierścienia, który pod wpływem siły wywieranej przez nakrętkę blokuje się na rurze. Spotykane są złączki monolityczne bądź składające się z luźnych części. Złączki samozaciskowe są połączeniami wielokrotnego użytku i jako połączenia zaciskane rozłączne nie są w Polsce dopuszczone do stosowania w instalacjach gazowych.



Rys.6.4. Złączka samozaciskowa

Ponadto w instalacjach gazowych stosuje się łączniki gwintowane, służące do wykonywania połączeń rur miedzianych z rurami z innych materiałów takich jak stalowe, z tworzyw sztucznych (rys. 6.8.) oraz z armaturą i innymi elementami wyposażenia. Łączniki do lutowania kapilarnego posiadają końcówki kielichowe dostosowane do wymiarów rur miedzianych. Końcówka rury podlega spojeniu z kielichem łącznika lutem.



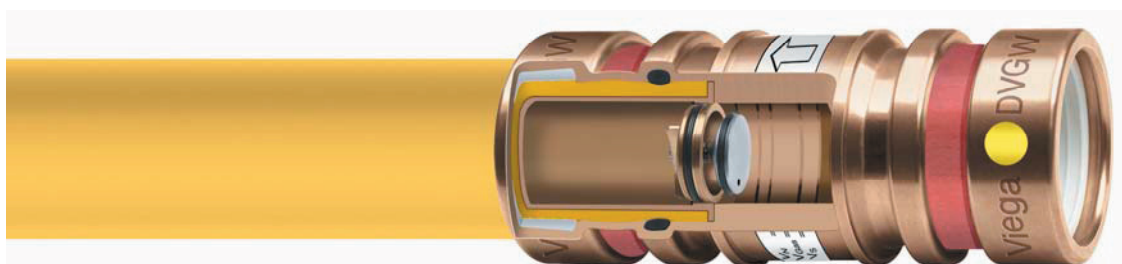
Rys. 6.5. Kształtka zaciskowa z wewnętrznym pierścieniem ściskającym



Rys. 6.6. Kształtka do lutowania kapilarnego według PN EN 1254 -1



Rys. 6.7. Kształtki zaprasowywane z kontrolą szczelności wykonanego połączenia SC Contur



Rys. 6.8. Przejście PE - miedź typu Geopress z ogranicznikiem wypływu gazu

6.3. Połączenia nierozłączne

Połączenia nierozłączne w instalacjach wykonanych z miedzi można uzyskać stosując lutowanie miękkie i twarde, spawanie, lutospawanie lub poprzez zastosowanie łączników gwintowanych i zaciskowych.

6.3.1. Lutowanie twarde

Ze względu na obowiązujące w Polsce przepisy rury miedziane stosowane do instalacji gazowych można łączyć wyłącznie lutem twardym o temperaturze topnienia powyżej 650 °C. Połączenie wykonane metodą lutowania twardego jest połączeniem nierozłącznym. Lutowanie wykonywane jest metodą kapilarnego połączenia kielichowego. Polega ono na tym, że szczelina między łączonymi elementami jest tak mała i równomierna, że powstaje efekt kapilarny. Dodatkowo w procesie lutowania zachodzi zjawisko dyfuzji cząsteczek łączonych elementów i lutu.

Decydujący wpływ na jakość połączeń ma skład lutu, a przede wszystkim jego właściwości zwilżające i oczyszczające, które umożliwiają płynięcie i przyleganie lutu do powierzchni materiału.

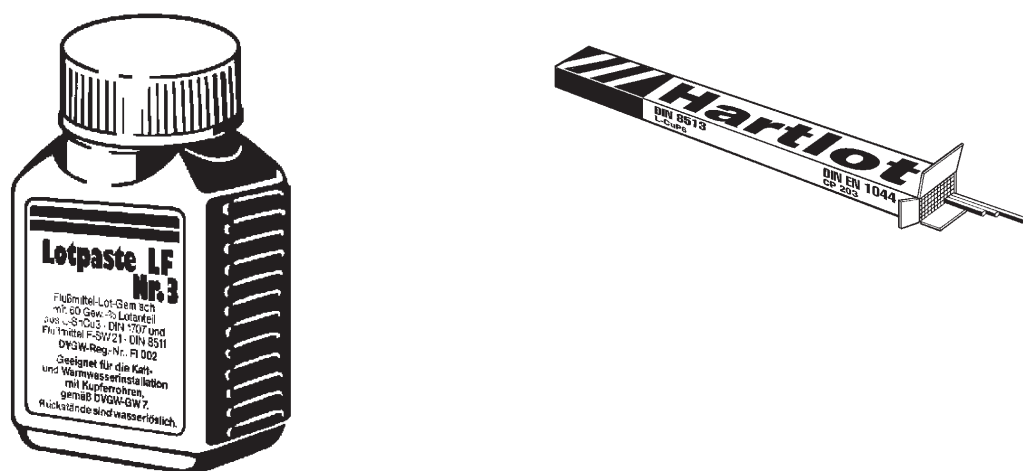
Do lutowania twardego łączników z miedzi stosuje się luty fosforowe (CuP) bez topnika i luty srebrne (AgCuZn) z topnikiem. Do lutowania twardego łączników z brązu i mosiądzu stosuje się luty srebrne i fosforowe z topnikiem.

Topnik chroni łączone powierzchnie przed utlenianiem wskutek podgrzewania zapewniając tym samym dobre zwilżanie powierzchni stopionym spoiwem. Ponieważ jednak topnik narusza powierzchnie elementów miedzianych (gdyż wykazuje właściwości korozyjne) podaje się go tuż przed lutowaniem. Nadmiar topnika po lutowaniu należy dokładnie usunąć. Głównymi składnikami topników są fluorki, fluoroborki, kwas borowy i boraks.

Elementy do lutowania muszą być specjalnie przygotowane. Cięcie rury miedzianej powinno być przeprowadzone z zachowaniem prostopadłości krawędzi cięcia do osi rury. Krawędź powinna być gładka, bez gratów, które jeżeli wystąpią powinny być usunięte. Zdeformowane końce rury należy poddać kalibracji lub też obciąć. Powierzchnie złącza należy wyczyścić do metalicznego połysku. Czyszczenie można prowadzić metodą mechaniczną np. wełną stalową, papierem ściernym o ziarnistości 240 lub metodą chemiczną stosując około 10% roztwór kwasu siarkowego.

Powierzchnię łączonych elementów przed wykonaniem lutu należy odtłuścić trójchlorkiem etylu lub alkoholem etylowym.

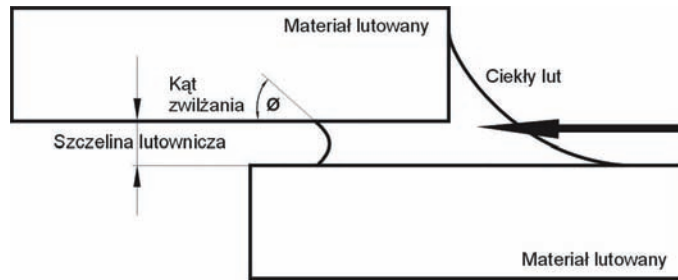
Lutowania twardego powinny dokonywać osoby posiadające odpowiednie umiejętności. Przed zastosowaniem lutu należy zapoznać się również z zaleceniami producenta. Typowe zestawy materiałów oraz narzędzi do lutowania lutem twardym przedstawiono na rys. 6.9 i rys. 6.10. Schemat powstawania połączenia lutowanego przedstawiono na rysunku 6.11.



Rys. 6.9. Zestaw materiałów do lutowania twardego



Rys. 6.10. Profesjonalny zestaw do lutowania lutem twardym



Rys. 6.11. Schemat powstawania połączenia lutowanego

Na rysunku 6.12. pokazano łuk do lutowania kapilarnego zalecany do stosowania w instalacjach miedzianych. Natomiast rysunek 6.13. przedstawia niezalecane do lutowania twardego kolano typu 5090. Dla przykładu kolano typu 5090 w Niemczech jest niedopuszczone do stosowania w instalacjach gazowych.



Rys. 6.12. Łuk 5001 z miedzi do lutowania kapilarnego



Rys. 6.13. Kolano 5090 niezalecane do lutowania kapilarnego

Uwaga: oznaczenia kształtek miedzi 5001 oraz 5090 są ogólnie stosowane w klasyfikacji europejskiej

6.3.2. Spawanie przewodów miedzianych

Dopuszcza się spawanie rur miedzianych o jednakowej lub dopasowanej średnicy, po należytej obróbce końcówek. Wymagana grubość ścianki przewodu rurowego powinna wynosić co najmniej 1,5mm.

Stosowane są następujące metody spawania:

- spawanie gazowe,
- spawanie metodą TIG- spawanie elektrodą topliwą w osłonie gazu obojętnego,
- spawanie metodą MIG- spawanie elektrodą nietopliwą zasilaną prądem stałym, z dodatkowym spoiwem w postaci drutu, w osłonie gazu obojętnego.

Jako narzędzie do spawania stosuje się palnik acetylenowo-tlenowy. Drut spawalniczy powinien być w gatunku SG-CuAg (99% Cu, 1% Ag) o temperaturze topnienia około 1075°C oraz SG-CuSn (98% Cu) o temperaturze topnienia od 1020 do 1050°C.

6.3.3. Lutospawanie przewodów miedzianych

Łączenie rur miedzianych metodą lutospawania polega na połączeniu elementów w szczelinie lutowniczej w kilku etapach, przy zastosowaniu metod podobnych do spawania i może być ono stosowane w razie niebezpieczeństwa topienia końcówek podczas spawania. Do lutospawania stosuje się palniki acetyleno-tlenowe lub propanowo-tlenowe, luty ze stopu miedzi oraz topniki.

6.4. Połączenia rozłączne - złącza gwintowane

Do połączeń rozłącznych stosuje się łączniki gwintowane z brązu lub mosiądzu. Jako materiał uszczelniający stosuje się niespiekane taśmy teflonowe, pasty doszczelniające oraz preparaty anaerobowe przeznaczone do uszczelniania złączy gwintowych instalacji gazowych. Złącza można także doszczelniać metodą tradycyjną korzystając z włókna konopnego.



Rys.6.14. Złączki jednostronnie gwintowane przeznaczone do lutowania lutem twardym



Rys. 6.15. Złączki (lewa z ogranicznikiem wypływu gazu) o różnych nakrętkach ocynkowanej i z brązu

Zaleca się stosowanie jednorodności materiałowej. Należy zastosować złączkę z takiego materiału z jakiego wykonany jest króciec montażowy gazomierza. Stopy miedzi do produkcji łączników powinny mieć skład chemiczny gwarantujący odporność na odcynkowanie, dlatego w instalacjach gazowych zaleca się stosowanie łączników z brązu (rys. 6.14 i rys. 6.15).

Złączki mosiężne w procesie lutowania twardego błyskawicznie się odcynkują i tracą swoje właściwości wytrzymałościowe ulegając szybkiej korozji. W instalacjach gazowych mogą być stosowane tylko wtedy, gdy nie biorą bezpośredniego udziału w procesie lutowania.

6.5. Oznakowanie rur i łączników z miedzi

Zarówno rury jak i łączniki powinny być oznakowane w sposób trwały i zgodny z odnośnymi dla nich normami. Rury powinny być oznakowane zgodnie z normą PN-EN 1057.



Rys. 6.16. Przykład oznaczenia rury miedzianej produkcji niemieckiej firmy SANCO

Na rurze powinny znaleźć się co najmniej następujące informacje:

- Numer normy, wg której wykonano rury
- Średnica zewnętrzna rury, mm
- Grubość ścianki, mm
- Stan kwalifikacyjny (oznaczenie twardości)
- Znak identyfikujący producenta
- Identyfikacja partii

Dodatkowo producenci nanoszą na swoje wyroby znaki jakości oraz nazwy jednostek, które wykonały badania sprawdzające, np.: DVGW, BSI czy RAL.

Na łącznikach powinny znaleźć się co najmniej następujące oznakowania:

- Znak identyfikujący producenta
- Średnica nominalna rury, która do niego pasuje lub wymiaru gwintu (dla łączników z gwintem)
- Numer normy, z którą łącznik jest zgodny.

7. Wymagania techniczne dotyczące budowy przewodów gazowych wykonanych z miedzi

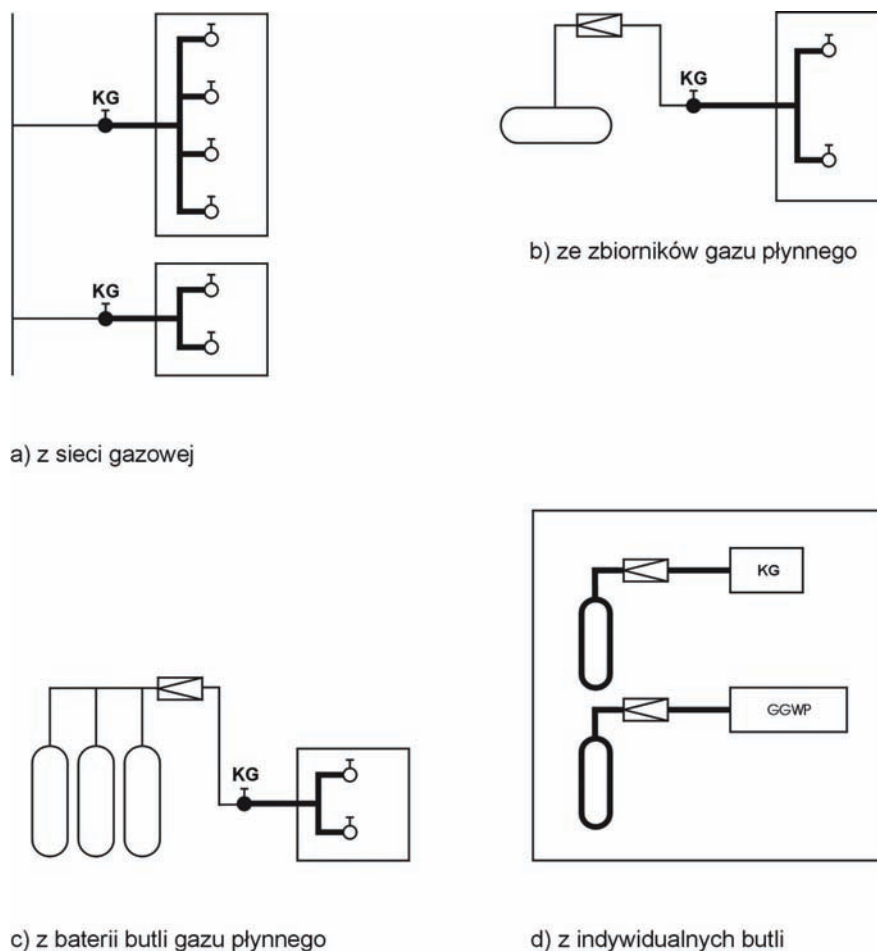
Wymagania techniczne dla przewodów gazowych wykonanych z miedzi obejmują ogólne zagadnienia dotyczące wymagań jakie powinny one spełniać oraz opisują zasady budowy i lokalizowania w odniesieniu do budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz zagrodowej. Wszystkie wymagania w celu jasnego ich przedstawienia opisano w punktach oraz przedstawiono na rysunkach.

Instalacje gazowe należy projektować, wykonywać oraz eksploatować zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz w oparciu o wiedzę techniczną, tak aby zapewnić bezpieczne jej użytkowanie oraz ochronę środowiska naturalnego.

7.1. Ogólne wymagania dotyczące instalacji na paliwa gazowe w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, zagrodowych i rekreacji indywidualnej.

1. Instalacja na paliwa gazowe może być zasilana paliwem gazowym rozprowadzanym wspólną siecią lub gazem płynnym (rys.7.1)

W przypadku lokalnych sieci gazowych możliwe jest także zasilanie sieci gazowych mieszaninami propanu-butanu z powietrzem, a także innymi rodzajami gazów np. gazami kopalnianymi.



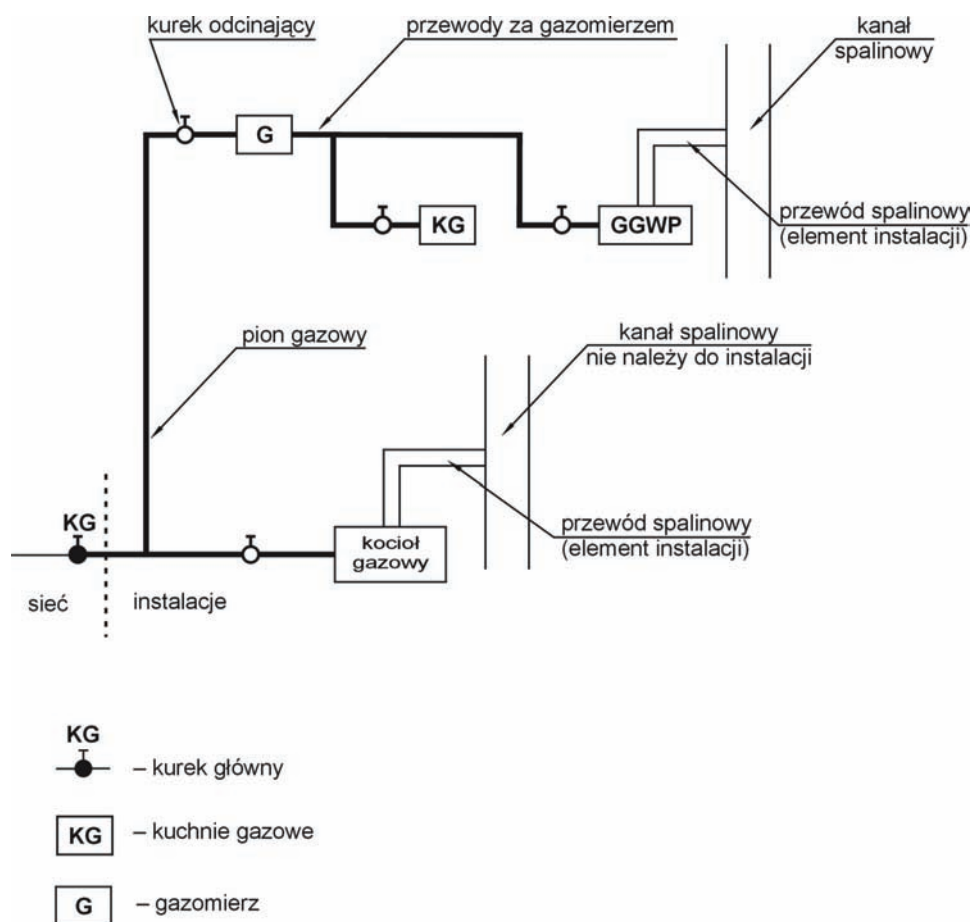
Rys. 7.1. Sposoby zasilania odbiorników paliwa gazowego

2. W skład instalacji na paliwa gazowe wchodzi wszystkie jej elementy składowe zlokalizowane za kurkiem głównym, do których zalicza się:

- przewody gazowe,
- elementy składowe przewodów takie jak złączki instalacyjne, zawory itp.
- urządzenia sygnalizacyjno-odcinające jeżeli są zainstalowane,
- urządzenia pomiaru zużycia gazu, pomimo to, że nie stanowią własności właściciela budynku lub też zarządzającego,
- butle gazowe, jeżeli instalacja zasilana jest z indywidualnych butli instalowanych u odbiorców,
- urządzenia gazowe,
- przewody spalinowy lub powietrzno-spalinowe stanowiące element składowy urządzenia gazowego.

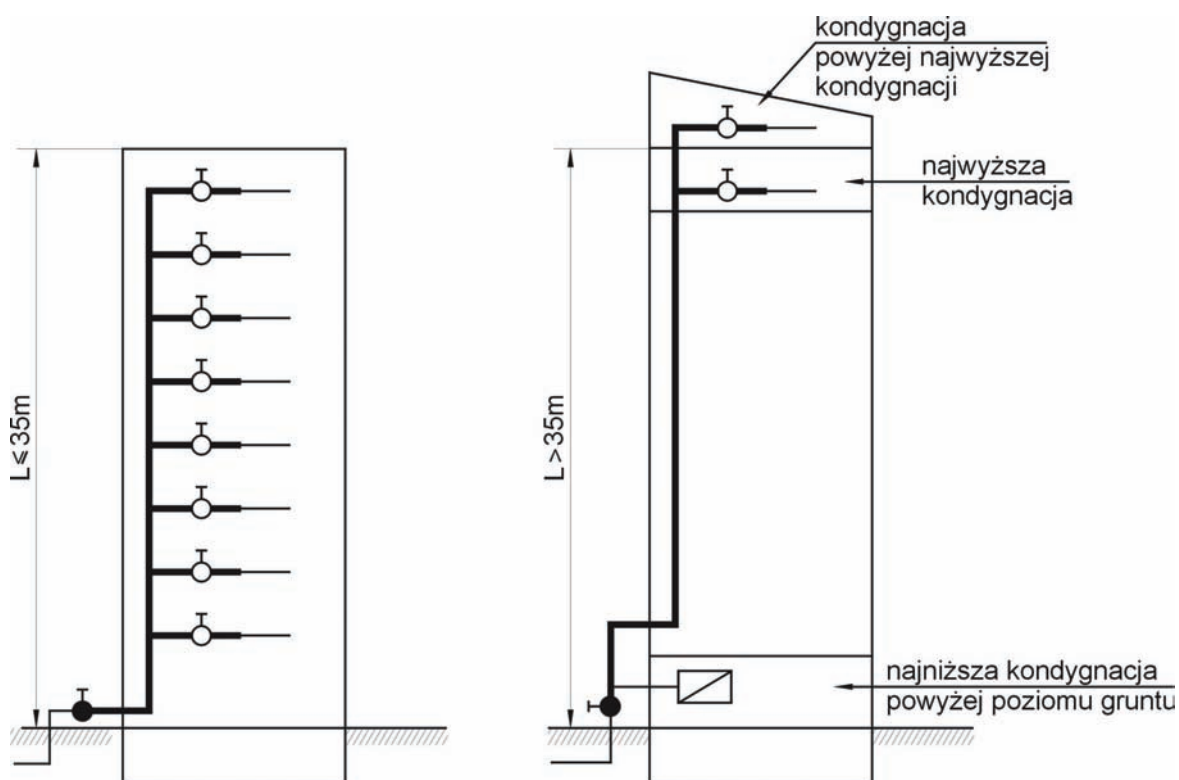
Przykładowy schemat instalacji gazowej podano na rysunku (rys. 7.2).

O zaliczeniu przewodu spalinowego lub powietrzno-spalinowego jako elementu składowego urządzenia gazowego i tym samym instalacji gazowej decyduje producent urządzenia oraz instytucja dopuszczająca urządzenie do eksploatacji.



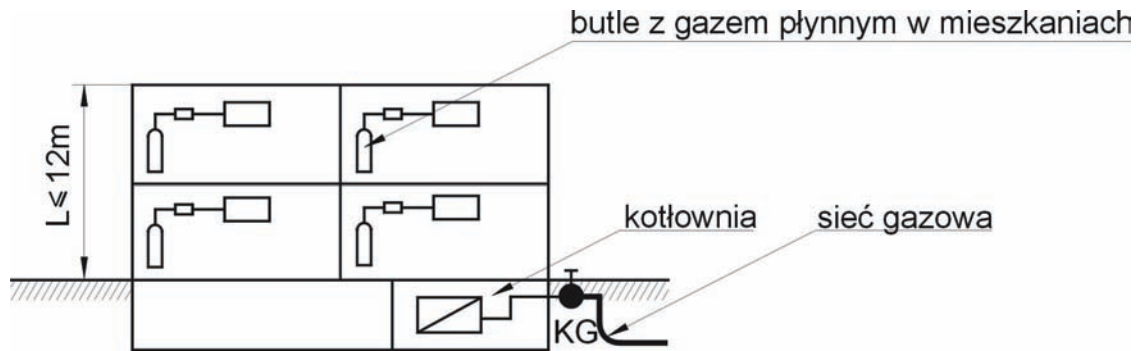
Rys. 7.2. Schemat instalacji zasilanej z sieci, elementy składowe

3. W przypadku instalacji zasilanych gazem płynnym do elementów składowych instalacji gazowej zalicza się układ przewodów za głównym zaworem odcinającym zbiorniki, butle bądź baterie butli połączone z wykorzystaniem kolektora, oraz inne elementy wymienione w punkcie 2.
4. Jeżeli instalacja zasilana jest gazem płynnym z indywidualnych butli gazowych instalowanych w mieszkaniu odbiorcy do instalacji zalicza się także butle gazowe.
5. Gaz doprowadzany przewodem do ścian budynku nie powinien mieć ciśnienia wyższego niż 500 kPa. Wymóg ten wynika z zapisu zawartego w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe (Dz. U. Nr 97 poz. 1055 z 2001 r.).
6. Wysokość ciśnienia w przewodach gazowych w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej nie powinna przekraczać 5 kPa. Wysokość ciśnienia związana jest z warunkami funkcjonowania urządzeń gazowych instalowanych u odbiorców, a nie z podziałem ciśnień w sieciach gazowych podanych w rozporządzeniu przytoczonym w punkcie 5. W tym rozporządzeniu wysokość ciśnienia uznawanego jeszcze za niskie może być równa 10 kPa.
7. Instalacja gazowa w budynkach o wysokości ponad 35 m może być doprowadzana tylko do pomieszczeń technicznych, w których są zainstalowane urządzenia gazowe, usytuowanych na najniższej kondygnacji nadziemnej budynku, na najwyższej lub nad tą kondygnacją (rys.7.3).



Rys. 7.3. Zasady wykonywania instalacji gazowej w budynkach wysokich i wysokościowych

8. Wykonanie instalacji gazowej w budynkach o wysokości powyżej 25 m (budynki wysokie), wymaga uzgodnienia z właściwym komendantem wojewódzkiej państwowej straży pożarnej.
9. Instalacje gazowe zasilane gazem płynnym, mogą być wykonane tylko w budynkach niskich o wysokości do 12 m.
10. W jednym budynku nie można stosować różnych rodzajów paliw gazowych z wyłączeniem przypadku, gdy gaz doprowadzany jest z sieci gazowej do kotłowni (rys.7.4).



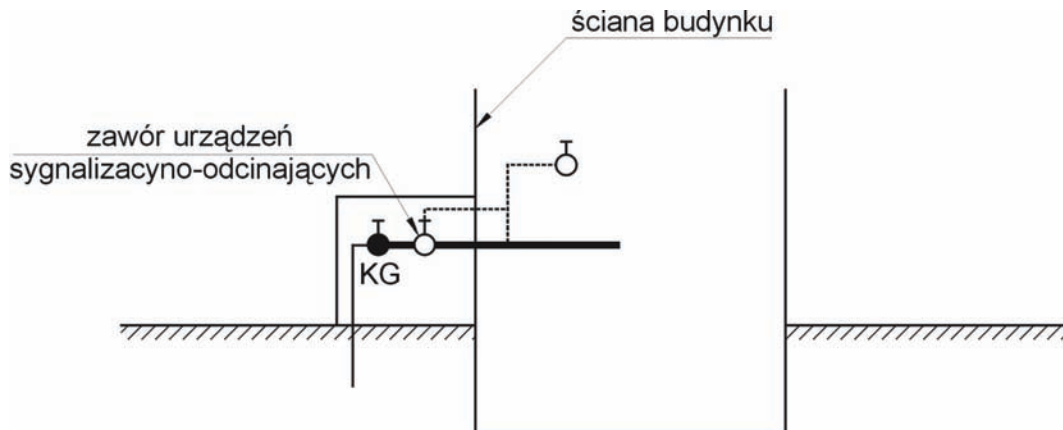
Rys. 7.4. Dopuszczalny przypadek doprowadzenia dwóch rodzajów gazów palnych do budynku mieszkalnego

11. W pomieszczeniach, w których stosuje się do zasilania instalacji gazowych gaz płynny, poziom podłogi tego pomieszczenia nie może znajdować się poniżej poziomu otaczającego terenu. W pomieszczeniach takich nie powinny być zlokalizowane wyloty studzienek kanalizacyjnych lub kanałów instalacyjnych i rewizyjnych. (rys. 7.5).

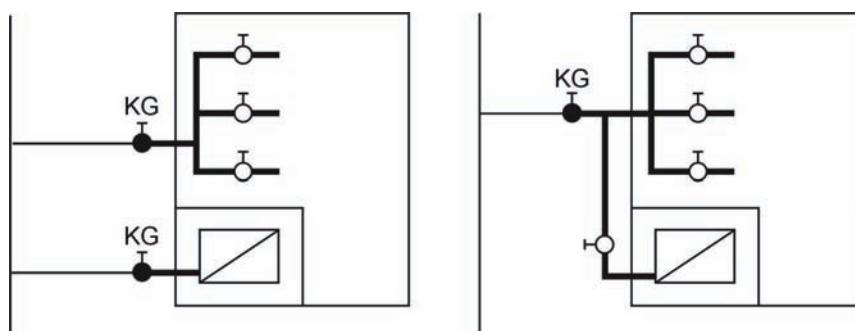


Rys. 7.5. Niedopuszczalne przypadki instalowania urządzeń gazowych zasilanych gazem płynnym

12. Urządzenia sygnalizacyjno – odcinające mogą być instalowane na przyłączach do budynków, w których ustanowiony jest stały nadzór oraz w budynkach jednorodzinnych, a także na podłączeniach do poszczególnych mieszkań lub pomieszczeń w budynkach wielorodzinnych.
13. Zabrania się stosowania urządzeń sygnalizacyjno – odcinających na podłączeniach do budynku w jego części zasilającej odbiorców komunalnych.
14. Urządzenia sygnalizacyjno – odcinające należy instalować na podłączeniach do wszystkich pomieszczeń budynków, w których zainstalowane są urządzenia gazowe o sumarycznej mocy przekraczającej 60 kW. Zawór tego urządzenia powinien być zainstalowany na zewnątrz budynku za kurkiem głównym (rys. 7.6 i 7.7).



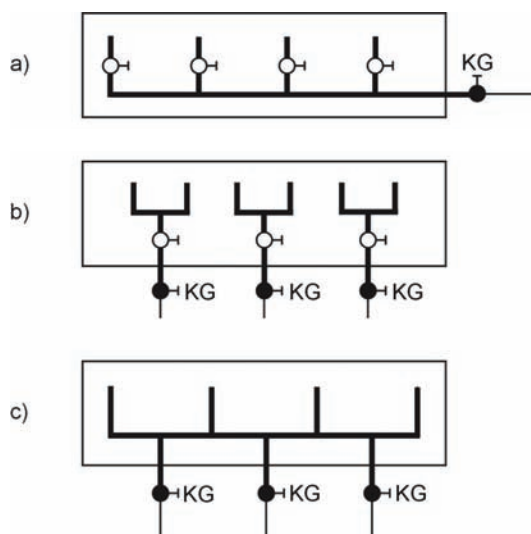
Rys. 7.6. Zasady montażu urządzeń sygnalizacyjno-odcinających



Rys. 7.7. Rozwiązania techniczne zasilania budynków, w których w jednym pomieszczeniu zainstalowano urządzenia gazowe o sumarycznej mocy powyżej 60 kW

15. Każda instalacja na paliwa gazowe powinna być wyposażona w kurek główny stanowiący element oddzielający instalację gazową od sieci. Liczba kurków głównych w budynku nie jest ograniczona, przy czym instalacja zasilana z jednego kurka, nie może być połączona wewnątrz budynku z instalacją zasilaną z innego kurka (rys.7.8).

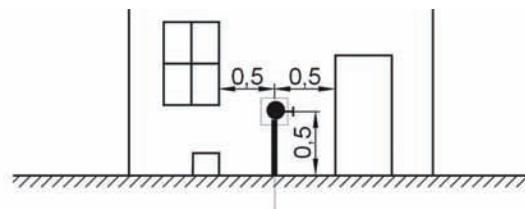
Podstawową funkcją kurka głównego jest możliwość odcięcia dopływu gazu w przypadku katastrofy budowlanej, pożaru lub konieczności wykonania prac remontowych itp.



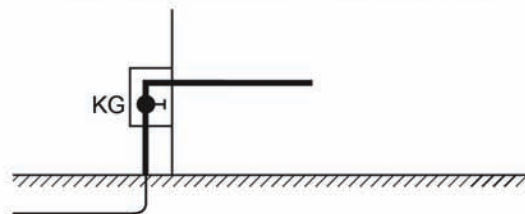
Rys. 7.8. Przykłady rozwiązań instalacji gazowych na poziomie piwnic
 przykład a) i b) rozwiązanie dopuszczalne,
 przykład c) rozwiązanie niedopuszczalne

16. Kurek główny dopuszcza się instalować w poniżej podanych miejscach (rys.7.9):

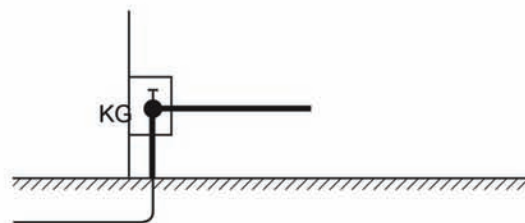
- Na zewnątrz budynku w szafce wentylowanej, zamontowanej przy ścianie lub w ścianie w odległości podstawowej 0,5 m od poziomu terenu, 0,5 m od okna, drzwi lub innych otworów w ścianie budynku.
- W odległości nie przekraczającej 10 m od ściany budynku.
- W odległości powyżej 10 m od ściany budynku w zabudowie jednorodzinnej, zagrodowej i rekreacji indywidualnej, jeżeli szafka, w której zainstalowany jest kurek główny zlokalizowana jest w linii ogrodzenia (rys. 7.10).
- Wewnątrz budynku o charakterze monumentalnym lub zabytkowym w odległości nie przekraczającej 2 od ściany zewnętrznej budynku, nie będących pomieszczeniami np. podcieniach, prześwitach, bramach wnękach (rys.7.9).



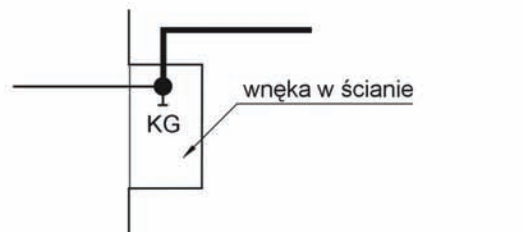
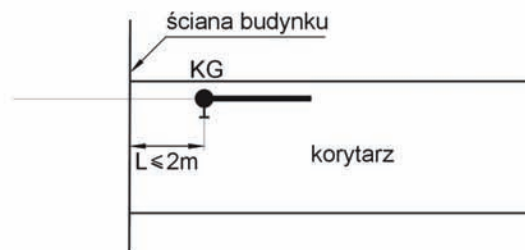
- odległość od otworów w ścianie budynku



- przy ścianie budynku (budynek z materiałów palnych i niepalnych)



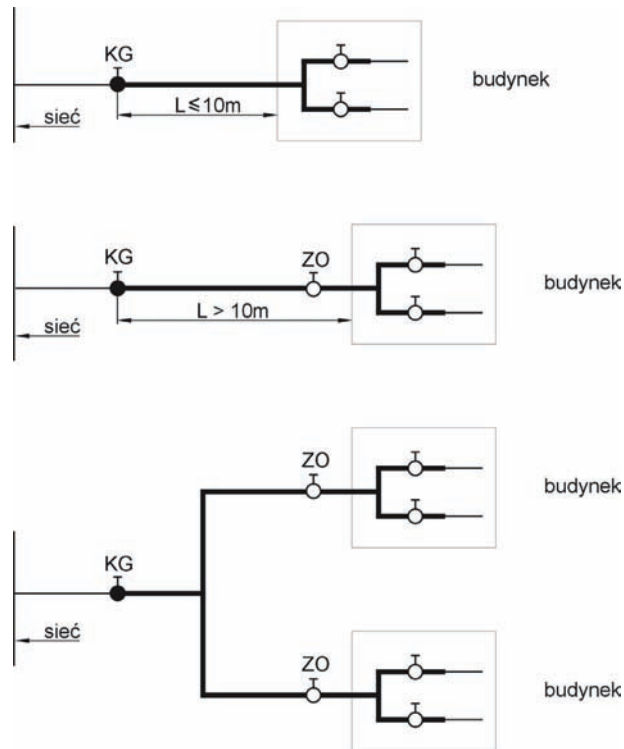
- w ścianie budynku (budynek z materiałów niepalnych)



- kurek główny w budynkach zabytkowych i monumentalnych

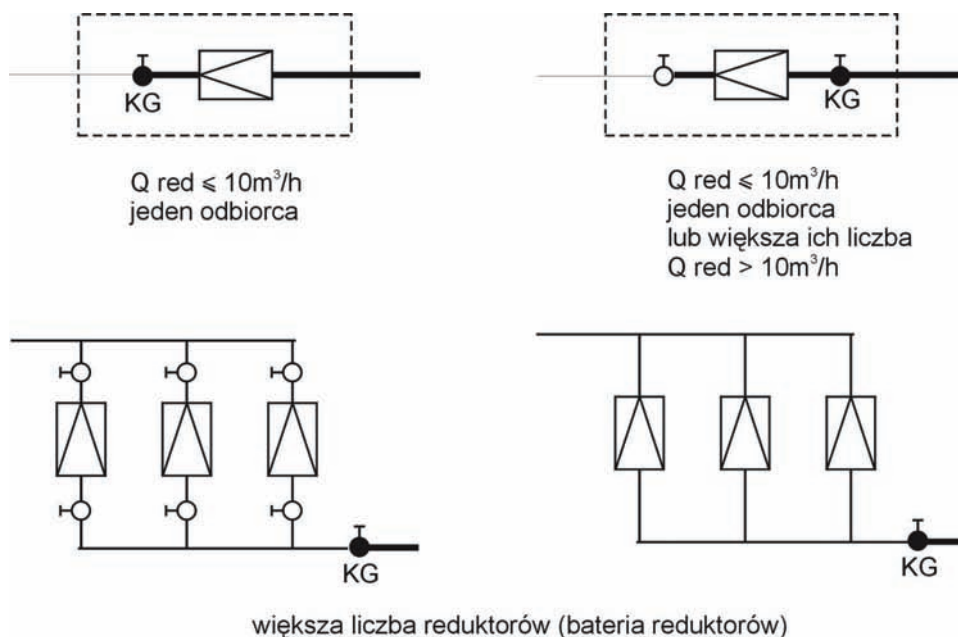
Rys. 7.9. Zasady lokalizowania kurków głównych przy budynku

17. W przypadku, gdy z jednego przyłącza zasilana jest większa liczba budynków lub odległość kurka głównego od budynku jest większa niż 10 m, oprócz kurka głównego należy także przed każdym budynkiem zainstalować dodatkowy zawór odcinający spełniający wymagania takie jak przy instalowaniu kurków głównych (rys 7.10).



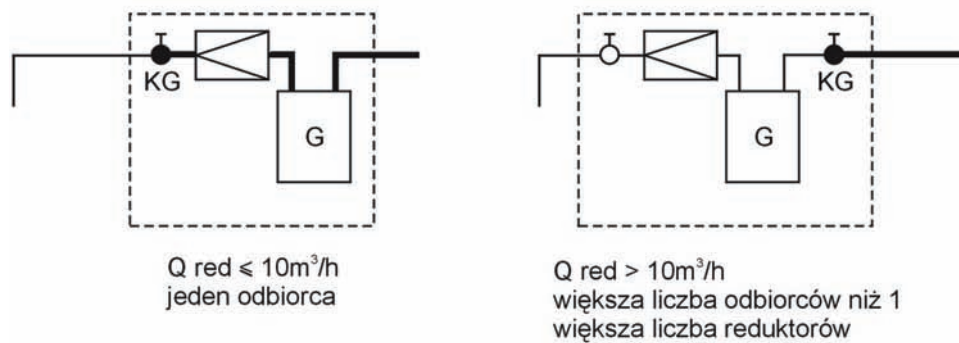
Rys 7.10. Przykłady lokalizacji kurków głównych przed budynkiem

18. Jeżeli instalacja gazowa w budynku zasilana jest sieci gazowej o ciśnieniu średnim do 500 kPa należy zainstalować na zewnątrz budynku reduktor ciśnienia lub baterię reduktorów. Gdy zasilana jest liczba odbiorców większa niż jeden lub gdy pobór gazu przekracza 10 m³/h za urządzeniem redukcyjnym należy zainstalować zawór będący kurkiem głównym (rys. 7.11).



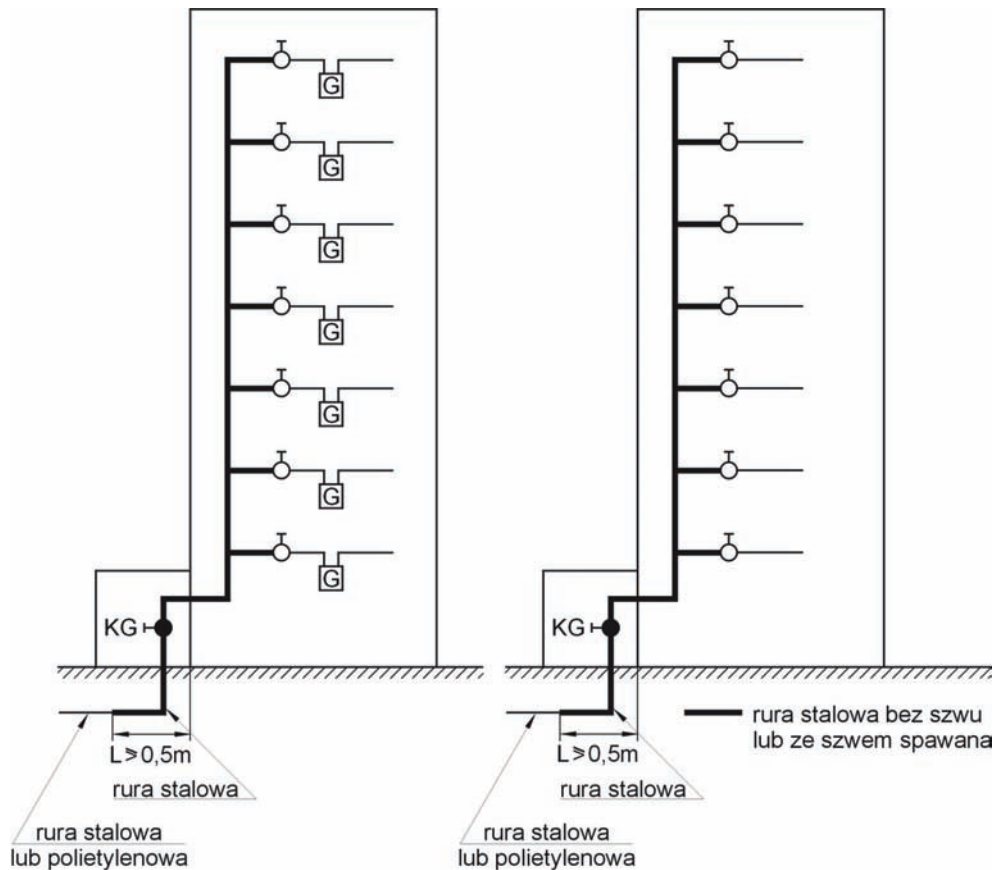
Rys. 7.11. Przykłady instalowania reduktorów, kurków głównych i gazomierzy

19. Kurek główny może być ponadto instalowany w przypadku zasilania instalacji gazowej z sieci rozdzielczej średniego ciśnienia przy wykorzystaniu poniżej podanych rozwiązań:
- przed budynkiem poniżej poziomu terenu, lecz w takim przypadku powinien spełniać wymagania techniczne takie jak elementy odcinające przepływ gazu instalowane na sieciach gazowych,
 - w jednej obudowie z reduktorem lub reduktorami ciśnienia instalowanymi na ścianie budynku lub przed budynkiem,
 - w jednej obudowie z gazomierzem,
 - w jednej obudowie z gazomierzem i reduktorem (rys.7.12).



Rys. 7.12. Przykłady instalowania reduktorów i gazomierzy w jednej obudowie z kurkiem głównym

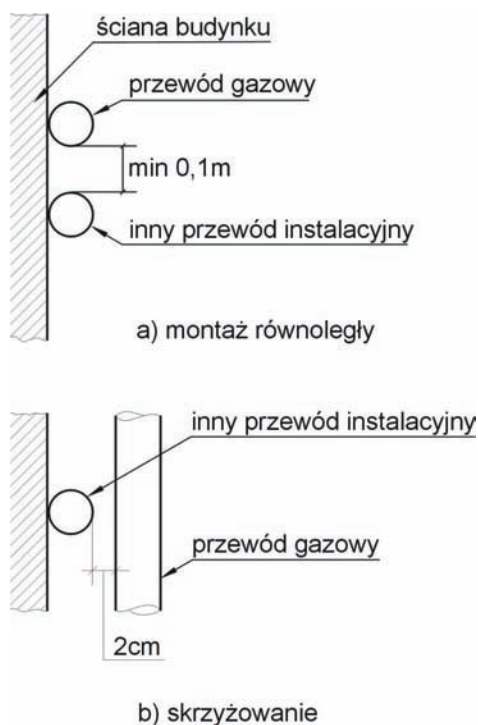
20. Podstawowym materiałem do budowy przewodów instalacji na paliwa gazowe są rury stalowe bez szwu i ze szwem przewodowe.
21. Przewody z rur stalowych mogą być łączone z wykorzystaniem połączeń spawanych lub gwintowanych.
22. Przewody instalacji gazowych w budynkach wielorodzinnych na odcinkach 0,5 m od ściany budynku do gazomierzy, zainstalowanych do potrzeb każdego z odbiorców, powinny być wykonane z rur stalowych bez szwu lub ze szwem przewodowych łączonych przez spawanie (rys. 7.13).



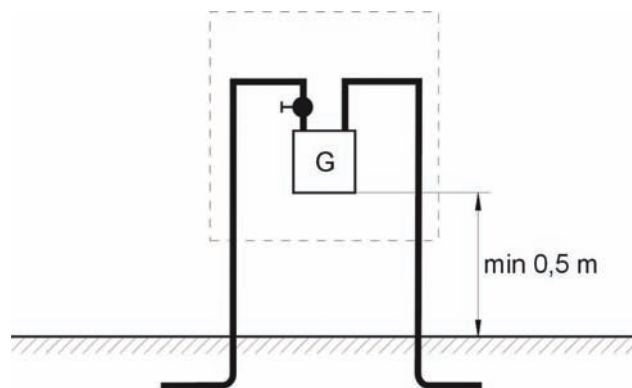
Rys. 7.13. Rodzaje materiału z jakiego winny być wykonane przewody instalacji gazowych w budynkach i przed budynkami

23. Przewody gazowe w budynkach użyteczności publicznej, także na odcinkach 0,5 m od ściany budynku do odgałęzień na poszczególnych kondygnacjach, powinny być wykonane z rur stalowych bez szwu lub ze szwem przewodowych łączonych przez spawanie. (rys. 7.13).
Odległość 0,5 m od ściany budynku, na którym to odcinku należy zastosować przewód stalowy spawany wynika z przepisów budowy sieci gazowych. Jeżeli sieć gazowa jest wykonana z rur polietylenowych należy na przyłączy w odległości 0,5 m wykonać przejście z polietylenu na przewód stalowy. Odległość gazociągu 0,5 m od ściany budynku jest najmniejszą dopuszczalną odległością.
24. W budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, na odcinkach 0,5 m od ściany budynku do wyprowadzenia poza lico wewnętrzne tej ściany przewody gazowe powinny być wykonane, także z rur stalowych bez szwu lub z rur ze szwem przewodowych łączonych przez spawanie.
25. Przewody instalacyjne w budynkach wymienionych w punkcie 24, mogą być wykonane także z rur uprzednio wymienionych łączonych również zastosowaniem połączeń gwintowanych oraz z rur miedzianych łączonych lutem twardym.
26. W budynkach mieszkalnych wielorodzinnych i użyteczności publicznej za gazomierzami oraz w budynkach użyteczności publicznej za odgałęzienia wykonanymi na poszczególnych kondygnacjach, przewody gazowe mogą być także wykonane z rur stalowych łączonych z zastosowaniem połączeń gwintowanych lub z rur miedzianych łączonych lutem twardym.

27. Przewody gazowe wykonane z rur stalowych lub miedzianych powinny być zabezpieczone przed wpływem prądów błędzących.
28. Przewody gazowe rozprawdzające paliwa gazowe, których składniki podlegają kondensacji w warunkach eksploatacyjnych nie mogą być prowadzone po zewnętrznej stronie ściany budynku oraz na zewnątrz bez wykonanej izolacji termicznej.
29. Przewody gazowe rozprawdzające gazy płynne nie mogą być prowadzone po zewnętrznej stronie ścian budynków z wyłączeniem odcinka o długości do 10 m wykonanego pomiędzy zbiornikiem gazu lub baterią butli a budynkiem.
30. Przewody instalacji gazowej należy instalować tak, aby zapewnione było bezpieczeństwo ich użytkowania oraz zapewniona była możliwość wykonania bez komplikacji prac konserwacyjnych i naprawczych na tych przewodach oraz na przewodach innych mediów rozprawdzanych w budynku.
31. Przy lokalizacji przewodów gazowych w stosunku do przewodów rozprawdzających inne media wykorzystywane przy eksploatacji budynku należy uwzględnić rodzaj rozprawdzanego paliwa gazowego. Jeżeli przewodem gazowym rozprawdzane jest paliwo posiadające gęstość mniejszą od gęstości powietrza przewód gazowy, powinien być zlokalizowany ponad wszystkimi przewodami (rys. 7.14).
32. Rozprawdzane przewodami paliwo gazowe o gęstości większej od gęstości powietrza wymaga, aby przewody gazowe były zlokalizowane poniżej przewodów elektrycznych i urządzeń iskrzących (rys. 7.14).



Rys. 7.14. Odległość instalowania przewodów gazowych od innych przewodów instalacyjnych



Rys. 7.15. Sposób usytuowania gazomierzy w obudowie instalowanych przed budynkiem

33. Przewody gazowe prowadzone przez pomieszczenia garaży, zlokalizowane bezpośrednio pod kondygnacją nadziemną, powinny być wykonane z rur stalowych bez szwu lub ze szwem przewodowych łączonych przez spawanie.

Problem ten budzi szereg zastrzeżeń, gdyż wykazuje istotną niekonsekwencję. Jeżeli sposób wykonania przewodów gazowych w pomieszczeniach garaży podyktowany jest kryteriami bezpieczeństwa, to należy także dopuścić prowadzenie ich przez garaże zlokalizowane nad ziemią gdy pomieszczenia mieszkalne są nad tym pomieszczeniem, a także obok pomieszczeń mieszkalnych. Innym z kryteriów stanowiącym podstawę wprowadzonego zapisu jest zabezpieczenie przewodów gazowych przed uszkodzeniem mechanicznym. Takie zabezpieczenie jest także możliwe jeżeli przewody gazowe będą wykonane z miedzi. Rozwiązania techniczne instalacji gazowych w budynkach jednorodzinnych, mogą zapewnić takie bezpieczeństwo, gdy będą wykonane także w garażach z rur miedzianych. Przejścia z rur miedzianych na rury stalowe na pewno są mniej bezpieczne niż wykonanie całej instalacji z rur jednego rodzaju. Problem ten powinien być rozwiązany przy kolejnej nowelizacji rozporządzenia.

34. Przewody instalacji gazowych wykonane ze stali mogą być prowadzone po zewnętrznych ścianach pomieszczeń, w ścianach przykryte łatwo usuwalną masą tynkarską nie powodującą korozji przewodów lub w brzdach pokrytych nie uszczelnionymi ekranami.

35. Stalowe przewody gazowe powinny być zabezpieczone przed korozją.

36. W piwnicach i suterenach przewody gazowe powinny być prowadzone na powierzchni ścian lub pod stropem.

37. Każdy odbiorca paliwa gazowego powinien być wyposażony w oddzielne urządzenie pomiaru zużycia gazu.

W myśl ustawy prawo energetyczne odbiorcą jest ten, kto posiada umowę o dostawę paliwa gazowego zawartą z dostawcą paliwa gazowego. Zapis ten zezwala także na podpisywanie umowy przez właściciela obiektu budowlanego. W takim przypadku budynek może być wyposażony tylko w jedno urządzenie rozliczenia zużycia paliwa gazowego.

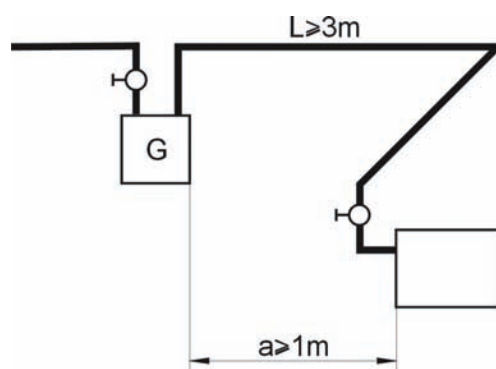
38. Gazomierze mogą być instalowane:

- w szafkach przed budynkiem na wysokości co najmniej 0,5 m od poziomu gruntu (rys. 7.15),
- na klatkach schodowych lub korytarzach bez ograniczenia ich liczby,
- w kuchniach stanowiących samodzielne pomieszczenia,
- w przedpokojach istniejących budynków mieszkalnych,

- w sztybach przeznaczonych dla pionów instalacyjnych,
- w wydzielonych, wentylowanych i zamykanych pomieszczeniach piwnicznych.

39. Gazomierzy nie należy instalować:

- w pomieszczeniach mieszkalnych,
- łazienkach,
- we wspólnych wnękach z licznikami elektrycznymi,
- w odległości mniejszej w rzucie poziomym niż 1 m od palnika gazowego lub innego paleniska,
- w odległości mniejszej niż 3 m od urządzenia gazowego mierząc długość w rozwinięciu (rys. 7.16),
- w miejscach zagrożonych działaniami korozyjnymi,
- na korytarzach piwnic bez obudowy i zabezpieczenia.

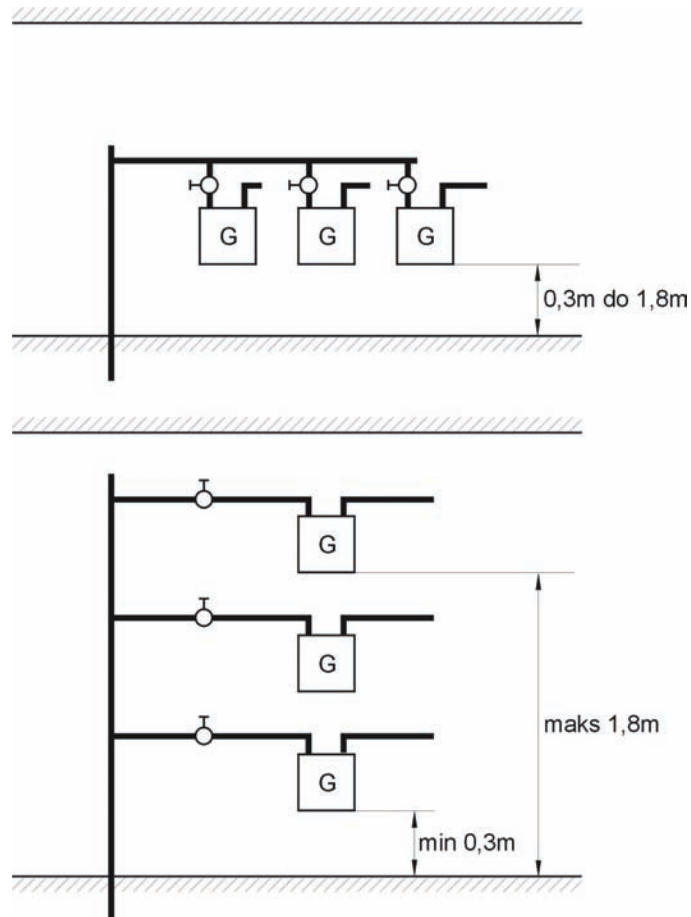


Rys. 7.16. Dopuszczalne odległości gazomierza od urządzenia gazowego

40. Przed każdym gazomierzem należy zainstalować kurek odcinający.

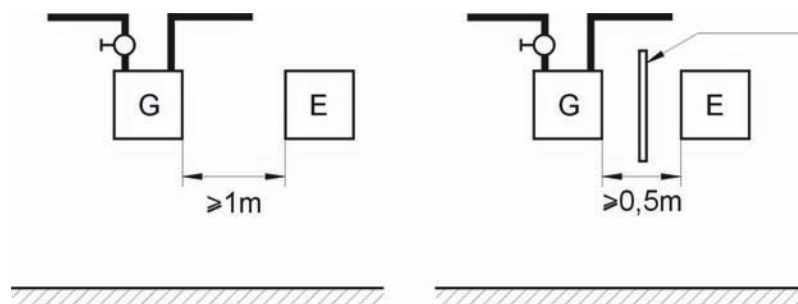
41. Gazomierze mogą być także instalowane we wspólnej obudowie z kurkiem głównym i reduktorem ciśnienia, jeżeli budynek zasilany jest z sieci średniego ciśnienia.

42. W pomieszczeniu gazomierze instaluje się na wysokości od 0,3 m do 1,8m mierząc odległość od poziomu podłogi i co najmniej 0,5 m od poziomu terenu w przypadku instalowaniu na zewnątrz w obudowie (rys.7.17).



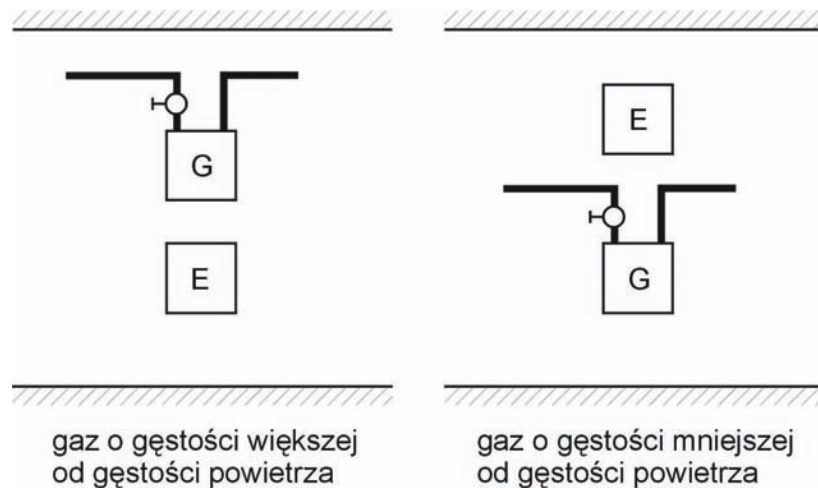
Rys. 7.17. Wysokość usytuowania gazomierzy

43. Gazomierze mogą być instalowane na tej samej wysokości co liczniki elektryczne lub inne urządzenia iskrzące, jeżeli zachowana będzie między tymi urządzeniami odległość co najmniej 1 m. Jeżeli nie ma możliwości zachowania tej odległości to może ona być zmniejszona do 0,5 m pod warunkiem wykonania przegrody (rys.7.18).



Rys. 7.18. Usytuowanie gazomierzy i liczników elektrycznych w poziomie

44. Gazomierze mogą być wykorzystywane do pomiaru zużycia paliwa gazowego o gęstości większej lub mniejszej od gęstości powietrza. Gazomierze dokonujące pomiaru zużycia gazu o gęstości mniejszej od gęstości powietrza instaluje się nad urządzeniami elektrycznymi i zagrażającymi wystąpieniu iskrzenia, natomiast w przypadku, gdy mierzone jest zużycie gazu o gęstości większej od gęstości powietrza gazomierze instaluje się pod tymi urządzeniami (rys.7.19).

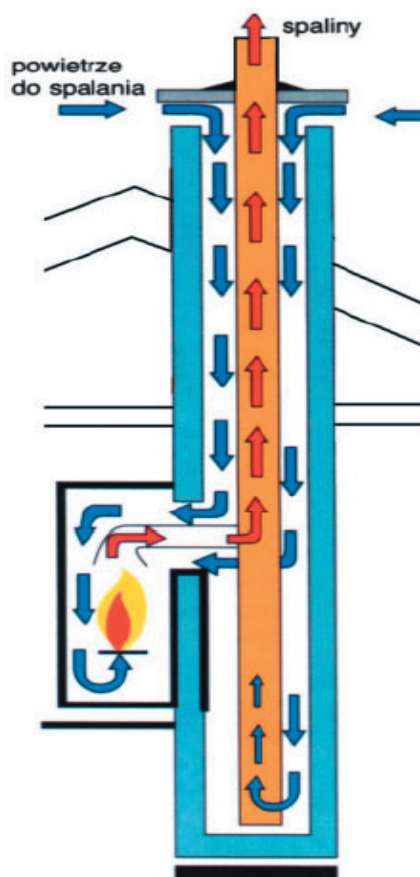


Rys. 7.19. Usytuowanie liczników elektrycznych w pionie w stosunku do gazomierzy

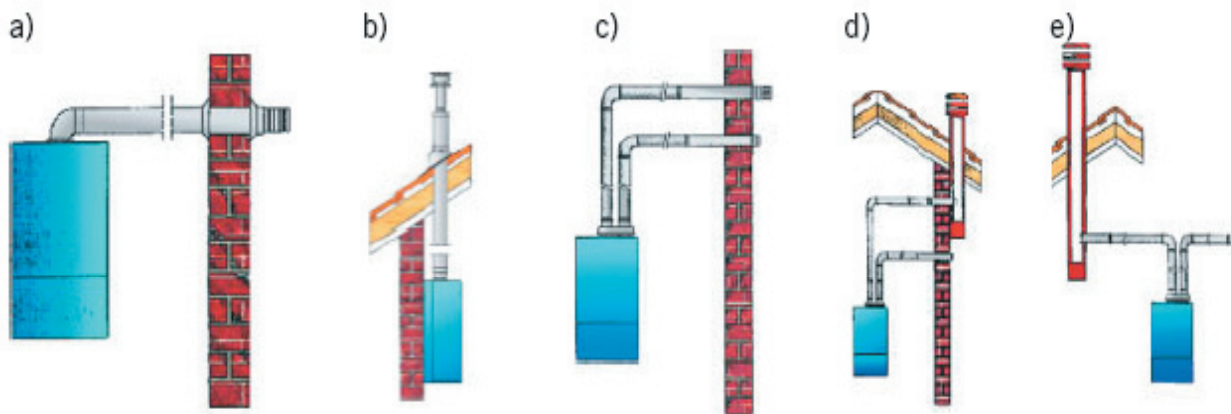
45. Lokalizacja urządzeń gazowych w pomieszczeniach wymaga spełnienia poniżej podanych kryteriów:
- wysokości pomieszczenia,
 - kubatury,
 - wentylacji i odprowadzenia spalin,
 - dopływu powietrza do spalania.
46. Pomieszczenie, w którym instaluje się urządzenie gazowe nie powinno mieć wysokości mniejszej niż 2,2 m.
47. W przypadku budynków w zabudowie jednorodzinnej, dopuszcza się do instalowania kotłów gazowych w pomieszczeniach o wysokości co najmniej 1,9 m, jeżeli budynek był wykonany przed wejściem w życie wymagań technicznych.
48. Kubatura pomieszczenia, w którym instaluje się urządzenia gazowe powinna spełniać poniżej podane wymagania:
- w przypadku urządzeń pobierających powietrze do spalania a więc typu A lub B, kubatura nie powinna być mniejsza niż 8 m³ bez względu na moc zainstalowanego urządzenia,
 - w przypadku urządzeń typu C z zamkniętą komorą spalania kubatura pomieszczenia nie powinna być mniejsza niż 6,5 m³,
 - maksymalne łączne obciążenie cieplne przypadające na 1 m³ kubatury pomieszczenia w przypadku urządzeń typu A pobierających powietrze do spalania z pomieszczenia i wydających spaliny też do tego pomieszczenia nie powinno przekraczać dla pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi 175 W oraz 930 W dla pomieszczeń nie przeznaczonych na stały pobyt ludzi
 - maksymalne łączne obciążenie cieplne przypadające na 1 m³ kubatury pomieszczenia w przypadku urządzeń typu B pobierających powietrze do spalania z pomieszczenia i wydających spaliny na zewnątrz pomieszczenia nie powinno przekraczać dla pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi 350 W oraz 4650 W dla pomieszczeń nie przeznaczonych na stały pobyt ludzi
 - urządzenia gazowe typu C mogą być instalowane w pomieszczeniach mieszkalnych niezależnie od rodzaju występującej w nich wentylacji pod warunkiem zastosowania koncentrycznych przewodów powietrzno – spalinowych,
 - kubatura pomieszczeń z kotłami o mocy powyżej 60 kW z zamkniętą komorą spalania powinna być określana indywidualnie przy uwzględnieniu warunków technicznych, technologicznych i wymagań eksploatacyjnych.

49. Instalowane urządzenia gazowe powinny spełniać poniżej podane ogólne wymagania techniczne dotyczące odprowadzania spalin, wentylacji i doprowadzenia powietrza do spalania:

- każde urządzenie gazowe powinno mieć dostarczoną odpowiednią ilość powietrza zapewniającą prawidłowe spalanie gazu,
- grzewcze urządzenia gazowe niezależnie od ich obciążeń cieplnych powinny być połączone na stałe przewodami z indywidualnymi kanałami spalinowymi.
- dopuszczalne jest stosowanie zbiorczych przewodów systemów powietrzno-spalinowych przystosowanymi do współpracy do pracy z urządzenia typu C.
- dopuszczalne jest stosowanie indywidualnych przewodów powietrznych i spalinowych wykorzystywanych do doprowadzenia powietrza do urządzenia i odprowadzenia spalin.
- w kotłowniach możliwe jest przyłączenie kilku kotłów do wspólnego kanału spalinowego.
- przekroje poprzeczne przewodu spalinowego, a także kanału spalinowego powinny być stałe na całej długości.
- długość pionowych przewodów spalinowych nie powinna być mniejsza niż 0,22 m a przewodów poziomych ułożonych ze spadkiem co najmniej 5% w kierunku urządzenia nie większa niż 2 m.
- nad urządzeniami typu restauracyjnego z odprowadzeniem spalin do pomieszczenia należy zainstalować okapy odprowadzające spaliny do kanału spalinowego.
- dopuszczalne jest instalowanie urządzeń gazowych pobierających powietrze do spalania bezpośrednio z zewnątrz przez ścianę budynku i wyprowadzających produkty spalania w taki sam sposób. Tego typu urządzenia z zamkniętą komorą spalania mogą być wyposażone w przewody powietrzno-spalinowe lub oddzielne powietrzne i spalinowe (rys.7.20, rys 7.21).

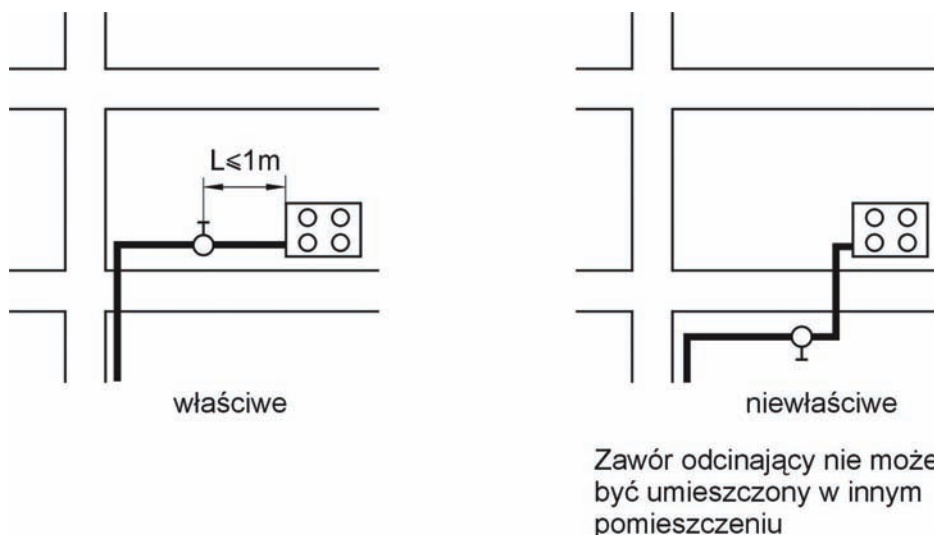


Rys. 7.20. Schemat działania SPS w układzie koncentrycznym



Rys. 7.21. Sposoby podłączenia gazowych urządzeń grzewczych z zamkniętą komorą spalania do przewodów powietrzno – spalinowych

50. Przed każdym urządzeniem gazowym należy zainstalować kurek odcinający zainstalowany w odległości nie przekraczającej 1m od urządzenia, przy czym kurek ten nie może być zainstalowany w sąsiednim pomieszczeniu (rys.7.22).



Rys. 7.22. Przykłady podłączenia urządzeń gazowych do przewodów instalacyjnych

51. Kotłownie opalane paliwem gazowym, w zależności od sumarycznej mocy cieplnej zainstalowanych kotłów, dzieli się na:

- do 30 kW,
- powyżej 30 kW do 60 kW,
- powyżej 60 kW do 2000 kW,
- powyżej 2000 kW.

52. Kotły o mocy do 30 kW, mogą być instalowane w pomieszczeniach nie przeznaczonych na stały pobyt ludzi.

53. Kotły o mocy powyżej 30 kW do 60 kW, instaluje się w pomieszczeniach technicznych lub przewidzianych wyłącznie do tego celu budynkach wolnostojących.

54. Kotły o mocy powyżej 60 kW do 2000 kW, powinny być instalowane w przeznaczonych wyłącznie do tego celu pomieszczeniach technicznych lub w wolno stojących budynkach przeznaczonych na kotłownię.

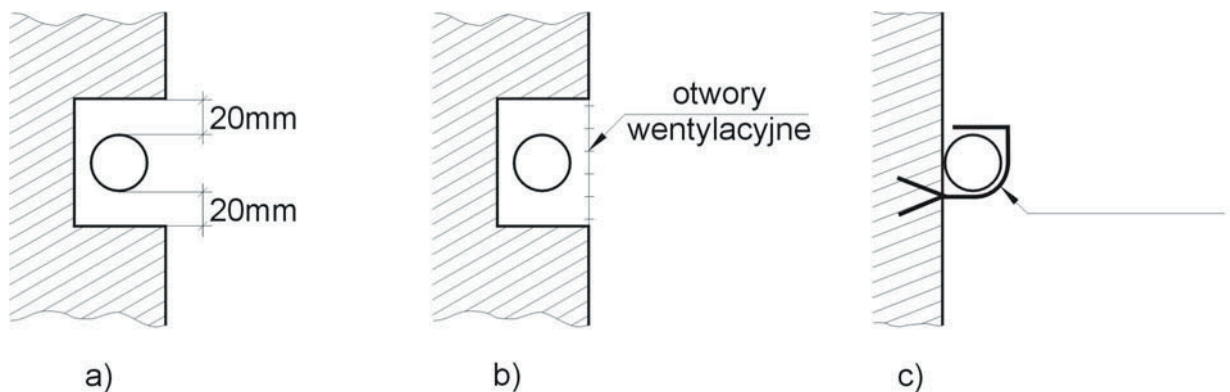
55. Kotły o mocach powyżej 2000 kW, mogą być instalowane tylko w budynkach wolnostojących przeznaczonych na kotłownię.
56. Budynki mogą być zasilane gazem płynnym z sieci gazowych, indywidualnych zbiorników instalowanych dla poszczególnego budynku, baterii butli. Natomiast pojedynczy odbiorca może być także zasilany z indywidualnych butli o zawartości gazu do 11 kg. W jednym mieszkaniu nie może być zainstalowanych więcej niż 2 butle.
57. Butle powinny być instalowane tylko w pozycji pionowej zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.
58. W pomieszczeniach instalowania butli temperatura nie powinna być wyższa niż 35 °C, a odległość od butli do urządzenia promieniującego nie powinna być mniejsza niż 1,5 m.
59. Butle powinny być łączone z urządzeniem gazowym za pomocą elastycznego przewodu o długości nie przekraczającej 3 m i wytrzymałości na ciśnienie co najmniej 300 kPa.
60. Jeżeli zasilane urządzenie gazowe ma moc wyższą niż 10 kW połączenie z butlą powinno być wykonane dodatkowo z zastosowaniem przewodu stalowego o długości nie mniejszej niż 0,5 m.
61. Butle gazowe wykorzystywane do zasilania instalacji gazowych gazem płynnym powinny mieć zawartość gazu płynnego 33 kg. Liczba butli w baterii nie może przekraczać 10 sztuk.

7.2. Zasady budowy i lokalizowania przewodów, rozprowadzających paliwa gazowe i gazy techniczne wykonanych z miedzi w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej

1. Ogólne wymagania dotyczące zasad budowy instalacji na paliwa gazowe podane w rozdziale 7.1, należy stosować także do przewodów instalacji wykonanych z rur miedzianych, z wyłączeniem niektórych zapisów związanych z prowadzeniem przewodów, które są odpowiednie tylko dla przewodów stalowych.
2. Przewody miedziane instalacji gazowych i gazów technicznych, powinny być prowadzone najkrótszą drogą do miejsc doprowadzenia, którymi mogą być: urządzenia gazowe, urządzenia techniczne, pomieszczenia, gdzie wymagane jest doprowadzenie końcówek przewodów gazów technicznych, urządzenia medyczne, ochrony, przeciwpożarowej itp.
3. Średnice przewodów w instalacjach wykonanych w obiektach budowlanych, powinny być dobierane najmniejsze z możliwych przy spełnieniu jednocześnie wymagań technicznych i technologicznych takich jak:
 - nie przekraczania maksymalnej dopuszczalnej prędkości przepływu rozprowadzanego gazu,
 - zachowanie minimalnych dopuszczalnych ciśnień w przewodach w każdym jego odcinku, zgodnie z wymaganiami technologicznymi,
 - zapewnienie doprowadzenia wymaganych objętości gazu do każdego miejsca poboru,
 - dobór średnic przewodów powinien uwzględniać także sposób i miejsce ich montażu tzn. należy uwzględnić prowadzenie i montaż przewodów prowadzonych pionowo na długich odcinkach, w miejscach gdzie brak możliwości montowania podpór i zamocowań, przeciwdziałanie występowaniu nadmiernych naprężeń zginających.

4. Dobrane średnice przewodów w instalacjach przemysłowych powinny posiadać takie wielkości, aby występujące prędkości przepływu nie powodowały występowania erozji materiału, szczególnie w miejscach zmian kierunku przepływu, a także zmienne prędkości przepływu nie powodowały podczas przepływu gazu występowania hałasu i drgań.
5. Dobrane przewody gazowe powinny mieć grubości ścianek uwzględniające wysokość ciśnienia wewnętrznego oraz warunki techniczne ich instalowania.
6. Minimalna grubość ścianki przewodu gazowego wykonanego z miedzi wykorzystywanego do rozprowadzania paliw gazowych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej bez względu na wysokość ciśnienia roboczego i średnicę nie powinna być mniejsza niż 1,0 mm.
7. Przy rozprowadzaniu innych gazów obojętnych grubość ścianki może wynosić 0,9 mm. W tym przypadku należy także uwzględnić wysokość ciśnienia roboczego oraz warunki lokalizacyjne przewodów.
8. Przewody instalacji gazowych wykonanych z miedzi w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej, powinny mieć średnice nie mniejsze niż 10 mm i nie większe niż 108 mm.
9. W przypadku przewodów gazowych rozprowadzających inne rodzaje gazów niż paliwa gazowe oraz wykonane w obiektach przemysłowych, dobór średnic i grubości ścianek rur uzależnione są od wymagań technicznych technologicznych i eksploatacyjnych danych instalacji.
10. Przewody gazowe w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej rozprowadzające paliwa gazowe, powinny być prowadzone w miarę możliwości przez miejsca łatwo dostępne w celu poddawania ich kontroli stanu technicznego i bieżącej konserwacji.
11. Przewody gazowe nie powinny być prowadzone przez:
 - szyby wind,
 - zsypy,
 - transformatornie,
 - przewody i kanały spalinowe,
 - kanały dymowe,
 - kanały wentylacyjne,
 - miejsca i pomieszczenia, gdzie występują duże zmiany temperatur,
 - miejsca gdzie przewody mogą być poddane dużym naprężeniom mechanicznym zagrażającym ich stanowi technicznemu.
12. Zaleca się lokalizowanie przewodów instalacji gazowych rozprowadzających gazy palne lub też gazy stanowiące zagrożenie dla otoczenia w miejscach wentylowanych.
13. W przypadku braku możliwości zapewnienia właściwej wentylacji, przewody gazowe rozprowadzające paliwa gazowe i inne gazy palne stanowiące zagrożenie bezpieczeństwa należy instalować w przewodach osłonowych wykonanych z materiałów i w sposób nie powodujący wystąpienia ognisk korozji, pożaru i nie powodujących zagrożenia dla otoczenia w przypadku wystąpienia przecieków rozprowadzanego gazu.
14. Rura osłonowa dla przewodów rozprowadzających paliwa gazowe lub inne gazy palne nie powinna być wykonana z materiałów palnych.
15. Rura osłonowa zamontowana na przewodzie wykonanym z miedzi nie powinna być wykonana z materiału powodującego wystąpienie ognisk korozji.

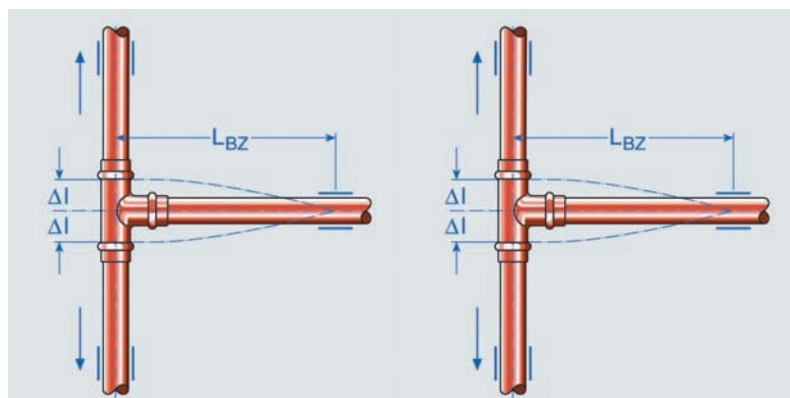
16. Zakończenia przewodów osłonowych powinny być odpowiednio zabezpieczone i wyprowadzone poza miejsce lub pomieszczenie będące osłaniane przed ewentualnymi skutkami wycieku gazu z przewodu.
17. Liczba zainstalowanych elementów wyposażenia na przewodach takich jak kurki, zawory, odwadniacze, odgałęzienia, korki, kolanka, trójniki, węzły redukcyjne itp. powinna odpowiadać aktualnym potrzebom eksploatacyjnym danej instalacji.
18. Wszystkie końcówki, które nie są podłączone do urządzeń powinny być trwale zabezpieczone przed możliwością otwarcia przewodu i spowodowania wycieku gazu.
19. Sposób wykonania połączeń przewodów powinien uwzględniać warunki eksploatacji, miejsce lokalizacji przewodów instalacyjnych oraz rodzaj rozprawianego gazu.
20. Przewody instalacji gazowej wykonanej w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej nie mogą być podłączone do instalacji odgromowej, odprowadzać prądów błędzących oraz pełnić funkcji instalacji uziemiających.
21. Miejsca, w których przewód instalacji miedzianej zastępowany jest przewodem stalowym lub też przewód stalowy zastępowany jest przewodem miedzianym należy zastosować elementy „prześciowe” wykluczające powstawanie lokalnych ognisk korozji oraz przepływu prądów błędzących.
22. Przewody instalacji wykonanych z miedzi nie powinny być prowadzone po zewnętrznej stronie budynków lub przez pomieszczenia technologiczne, w których występują duże zmiany temperatury.
23. Przewody instalacji z miedzi w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej nie powinny być prowadzone pod tynkiem. Dopuszcza się prowadzenie przewodów z rur miedzianych w bruzdach nie wypełnionych żadnym materiałem budowlanym i w bruzdach przykrytych ekranami z otworami wentylacyjnymi (rys.7.23).



Rys 7.23. Przykłady instalowania gazowych przewodów instalacyjnych z miedzi w ścianie budynku

24. W piwnicach i suterenach przewody z rur miedzianych mogą być prowadzone tylko zewnętrznej stronie ścian pomieszczeń.
25. Przewodów z rur miedzianych nie należy prowadzić w podłogach pomieszczeń, nawet w przypadku instalowania ich w bruzdach zabezpieczonych przed uszkodzeniem przewodów.
26. Wewnątrz budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej oraz w budynkach przemysłowych, przewody gazowe rozprawiające paliwa gazowe lub inne gazy palne nie powinny być wykonane w osłonach z materiałów palnych.

27. Dopuszcza się do instalowania przewodów miedzianych w fabrycznie wykonanych osłonach z tworzyw sztucznych, lokalizowanych na zewnątrz budynków lub poniżej poziomu terenu, które nie rozprzewadzają paliw gazowych.
28. Przewody instalacji gazowej rozprzewadzające paliwa gazowe stanowiące element składowy tych instalacji, prowadzone poniżej poziomu terenu, poza budynkiem w odległości większej niż 0,5 m od jego ściany zewnętrznej (§ 163. 1 rozporządzenia MI Dz. U. Nr 75 z 2002 r.), powinny spełniać wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki Dz. U. Nr 97 z 2001 r. zapisane w § 5 punkt 2) tego rozporządzenia, a więc nie mogą być wykonane z rur miedzianych.
29. Przewody gazowe prowadzone poniżej poziomu terenu nie będące elementami składowymi instalacji na paliwa gazowe oraz nie będące elementami składowymi sieci gazowych w myśl zapisów wymienionych rozporządzeń w punkcie 28, tzn. nie podlegające zawartym tam wymaganiom, rozprzewadzające paliwa gazowe lub inne gazy, dopuszcza się wykonać z rur miedzianych.
30. Przewody gazowe wykonane z miedzi nie muszą być pokrywane izolacją antykorozyjną ani też malowane na całej długości, jeżeli przewodami tak wykonanymi rozprzewadzane jest tylko paliwo gazowe.
31. Przewody gazowe wykonane z miedzi rozprzewadzające paliwa gazowe powinny być oznakowane kolorem żółtym. Nie jest wymagane aby oznakowanie to było wykonane na całej długości przewodu.
32. W miejscach gdzie spodziewane jest poddawanie przewodów wykonanych z miedzi dużym zmianom temperatury należy na tych przewodach zainstalować elementy kompensujące wydłużenia cieplne dostosowane do zmiennych warunków eksploatacji (rys.7.24).



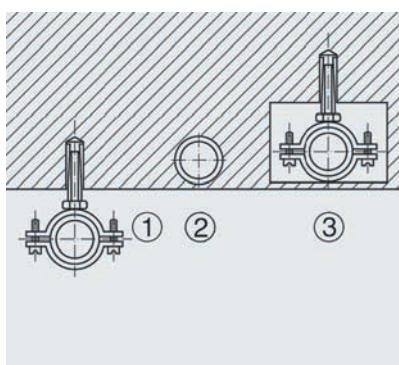
Rys. 7.24. Kompensacje przewodów gazowych

33. Przewody instalacji miedzianych instalowane wzdłuż ścian na podporach lub podwieszane powinny być wykonane w zamocowaniach. Zamocowania powinny być instalowane w odległościach uwzględniających średnicę oraz lokalne warunki eksploatacji (temperaturę otoczenia przewodów) (rys.7.25 i rys.7.26) itp.



Rys . 7.25. Standardowe uchwyty z uszczelka z EPDM

34. Do mocowania rur miedzianych nie należy stosować uchwytyów z gumą utwardzoną związkami chloropochodnymi, ze względu na możliwość występowania powolnej korozji wżerowej miedzi.



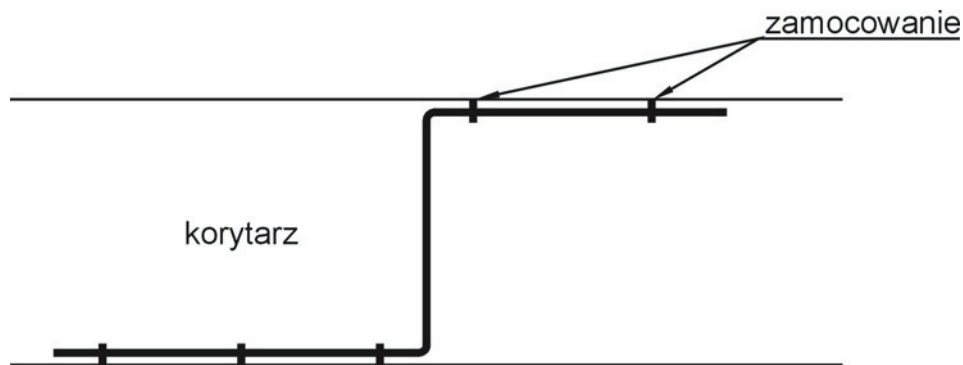
Rys. 7.26. Przykład montażu rur miedzianych

Przy montażu rur miedzianych w instalacjach gazowych wolno stosować tylko dyble i obejmy wykonane z metalu o odpowiedniej odporności termicznej. Dozwolony montaż przedstawiono w pozycji 1 rys. 7.26.

35. Jeżeli na przewodach miedzianych zachodzi konieczność wykonania kompensacji. Zamontowane uchwyty nie mogą być traktowane jako punkty stałe.

36. Do montażu rur miedzianych w instalacjach gazowych dopuszczalne jest stosowanie tylko dybli i obejm wykonanych z materiałów niepalnych np. miedzianych, mosiężnych lub ze stali nierdzewnej (rys.7.27).

Podany na rysunku 7.26 sposób montażu przewodu miedzianego pozycja 2 nie może stosowany przy budowie instalacji rozpraszającej paliwa gazowe lub inne gazy palne a także tlenu.



Rys. 7.27. Przykład prowadzenia przewodów miedzianych pod stropem

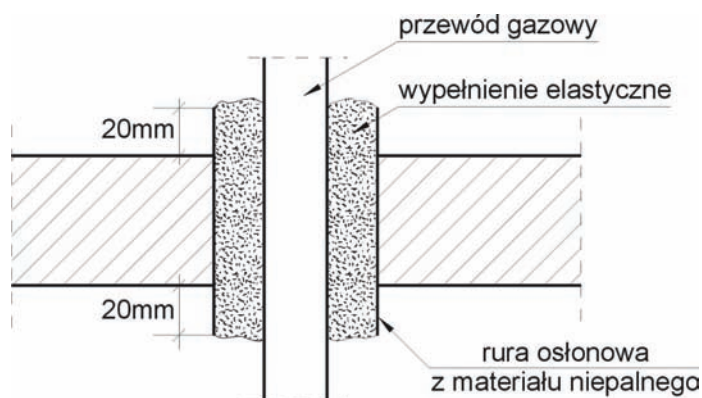
37. Zalecane średnie odległości pomiędzy zamocowaniami instalowanymi na poziomych odcinkach przewodów, nie powinny przekraczać wielkości podanych poniżej niż:

średnica przewodu	10 mm –	1,0 m;
średnice przewodu	12 i 15 mm –	1,25 m;
średnica przewodu	18 mm –	1,5 m;
średnica przewodu	22 mm –	2,0 m;
średnica przewodu	28 mm –	2,25 m;
średnica przewodu	35 mm –	2,75 m;
średnica przewodu	42 mm –	3,0 m;
średnica przewodu	54 mm –	3,5 m;
średnica przewodu	76,1 mm –	4,0m;
średnice przewodu	88,9 mm i więcej –	4,5 m.

38. Przewody gazowe z rur miedzianych w stosunku do przewodów innych instalacji należy lokalizować w sposób zapewniający bezpieczeństwo ich eksploatacji.

39. Odległości pomiędzy przewodami instalacji miedzianych a innymi przewodami wykonanymi w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej czy też w obiektach przemysłowych, powinny być takie, aby wykonywane prace naprawcze na jakimkolwiek przewodzie nie powodowały zagrożenia uszkodzenia tych przewodów.

40. Przewody instalacji gazowych prowadzone przez ściany działowe, nośne i przez stropy powinny być umieszczone w miejscach przejść w tulejach ochronnych wykonanych z materiałów innych niż stalowe. Końcówki wyprowadzeń powinny być uszczelnione (rys. 7.28).



Rys. 7.28. Przykład przejścia przewodem miedzianym przez strop lub ścianę budynku

41. W przypadku prowadzenia przewodów gazowych wykonanych z miedzi rozprawdzających paliwa gazowe w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej należy także wypełnić ogólne wymagania techniczne, zawarte w rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 2002 r.w § 164, i 165.

Do wymagań tych zalicza się:

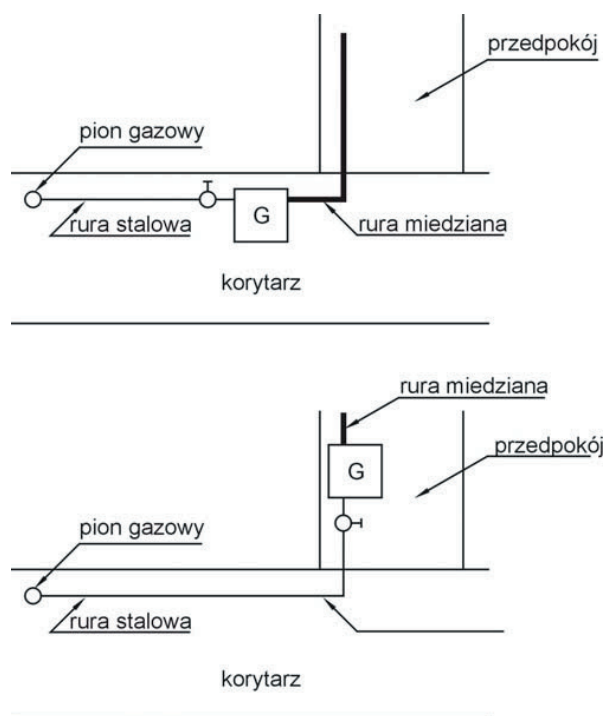
- unikanie prowadzenia przewodów gazowych przez pomieszczenia mieszkalne,
- w przypadku prowadzenia przewodów przez wymienione powyżej pomieszczenia należy stosować ich łączenie przez lutowanie lutem twardym **lub innych sposobów spełniających wymagania Polskich Norm w zakresie szczelności i trwałości**,
- poziome odcinki instalacji powinny być usytuowane w odległości co najmniej 0,1 m powyżej lub poniżej innych przewodów instalacyjnych z uwzględnieniem rodzaju rozprawdzanego paliwa gazowego,
- przewody gazowe mogą się krzyżować z innymi przewodami instalacyjnymi przy zachowaniu odległości pomiędzy ściankami nie mniejszej niż 0,02 m,
- rozwiązania techniczne budowy przewodów instalacyjnych powinny uwzględniać możliwość samokompensacji wydłużeń cieplnych lub zamontowanie kompensatorów spełniających wymagania w zakresie szczelności i trwałości,
- przewody powinny być prowadzone równoległe do ścian lub pod kątem prostym do tych ścian,

uwaga:

zapisy drukiem pogrubionym i pochyłym stanowią nowelizacje dotychczasowego rozporządzenia, które nie jest jeszcze wprowadzone do stosowania.

42. Końcówki przewodów, które nie są połączone z urządzeniami powinny być zabezpieczone. Wymóg ten dotyczy także przewodów, które są wyłączane okresowo z eksploatacji.

43. W przypadku wykonania instalacji gazowych w budownictwie wielorodzinnych przewody gazowe za gazomierzem odbiorcy mogą być wykonane z miedzi bez względu na miejsce lokalizowania gazomierza (rys. 7.29).



Rys. 7.29. Dopuszczalność stosowania przewodów gazowych z miedzi w budownictwie mieszkaniowym

44. Przewody stanowiące element składowy instalacji rozprowadzających gazy płynne, także mogą być wykonane z miedzi zgodnie z ogólnie przyjętymi wymaganiami technicznymi.
45. Połączenia urządzeń gazowych z przewodami wykonanymi z miedzi mogą być wykonane z zastosowaniem połączeń elastycznych posiadających wymagane certyfikaty dopuszczające je do stosowania.

7.3. Zasady budowy i lokalizowania przewodów wykonanych z miedzi rozprowadzających gazy medyczne

1. Przewody wykonane dla potrzeb gazów medycznych mogą być używane wyłącznie do celów związanych z opieką medyczną nad pacjentami.
2. Rurociągi gazów medycznych powinny być lokalizowane w odległości od instalacji elektrycznych co najmniej 50 mm
3. Przewody powinny być uziemione w miejscu najbliższym ich wejścia do budynku.
4. Przewody nie mogą być wykorzystywane do uziemiania urządzeń elektrycznych.
5. W przypadku prowadzenia przewodu w miejscu szczególnie zagrożającym jego stanowi technicznemu powinien on być zabezpieczony za pomocą osłony zapobiegającej przedostaniu się gazu medycznego do pomieszczenia.
6. Przewody rozprowadzające gazy medyczne powinny być lokalizowane w takich warunkach, aby nie były narażone na temperaturę niższą niż 5°C powyżej punktu rosy gazu rozprowadzanego pod ciśnieniem roboczym. Z tego powodu nie wymaga się zapewnienia spadku rurociągów w celu odwodnienia.
7. Rurociągi gazów medycznych powinny być podparte w określonych odstępach. Zalecane maksymalne odstępki podaje tablica 7.1.
8. Podparcia rurociągów powinny być wykonane z materiałów odpornych na korozję lub zabezpieczone przed korozją.
9. Przewody gazów medycznych wykonanych w budynku powinny być podparte w pobliżu rurociągu, z którym występuje skrzyżowanie.

Tablica 7.1.
Zalecane maksymalne odstępki pomiędzy podparciami dla przewodów miedzianych rozprowadzających gazy medyczne

Średnica zewnętrzna [mm]	Maksymalne odstępki [m]
do 15	1,5
od 22 do 28	2,0
od 35 do 54	2,5
powyżej 54	3,0

10. Przewody rurowe gazów medycznych i inne elementy ich wyposażenia powinny wytrzymać ciśnienie większe o 20 % od maksymalnego ciśnienia roboczego. Wysokość maksymalnego ciśnienia roboczego gazów medycznych powinna mieścić się w zakresie:

- sprężone gazy medyczne 400 ⁺¹⁰⁰ kPa (nadciśnienie),
- powietrze i azot do napędu narzędzi chirurgicznych 800 ₁₀₀ ⁺²⁰⁰ kPa (nadciśnienie),
- próżnia < 60 kPa (ciśnienie absolutne).

Dopuszczalne odchylenia od ciśnienia nominalnego podano w tablicy 7.2.

Tablica 7.2.

Dopuszczalne odchylenia od nominalnego ciśnienia rozprowadzania w %

	Maksymalne ciśnienie rozprowadzania	Minimalne ciśnienie rozprowadzania	Przepływ próbny l/min
Gazy medyczne	+10	-10	40
Powietrze i azot do napędu narzędzi	+15	-15	350
Próżnia	0	nie dotyczy	25
Uwagi: Do zmian ciśnienia mogą przyczynić się następujące czynniki: <ul style="list-style-type: none"> - wydajność sieciowych reduktorów ciśnienia - spadek ciśnienia w rurociągach za sieciowymi reduktorami ciśnienia - spadek ciśnienia na punktach poboru 			

11. Elementy systemów zasilających z zespołów butlowych powinny wytrzymać ciśnienie 1,5 razy większe niż w butli przez 15 min.

12. W przypadku gazów medycznych stosowanych do oddychania takich jak tlen, podtlenek azotu, powietrze do oddychania, dwutlenek węgla i mieszanin tlenu z podtlenkiem azotu gaz dostarczany do punktów poboru nie może mieć ciśnienia większego niż 1000 kPa. Instalacje tych gazów powinny być zabezpieczone zaworami nadmiarowymi ciśnienia. Nie należy w tym celu stosować płytek bezpieczeństwa. Dla rurociągów powietrza i azotu do napędu narzędzi analogiczna wartość maksymalna została ustalona na 2000kPa. Również i w tych przypadkach należy zastosować zawory nadmiarowe.

13. Instalacje powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby konserwację reduktorów i automatycznych przełączników przepływu można było przeprowadzać zapewniając w tym czasie ciągłość zasilania gazem. Stosuje się w tym celu obejścia bądź dublowanie elementów.

14. System rurociągowy powinien być zaopatrzony w główny zawór odcinający umiejscowiony w pobliżu źródła zasilania. We wszystkich rurociągach, z wyjątkiem powietrza i azotu do napędu narzędzi chirurgicznych za głównym zaworem odcinającym powinno być zamontowane wlotowe przyłącze awaryjno-konserwacyjne.

15. W systemach gazów rozprężanych muszą być stosowane automatyczne tablice poboru gazów wyprodukowane zgodnie z dyrektywą i posiadające znak bezpieczeństwa CE II dla wyrobów medycznych.

16. Tablice muszą być wyposażone w system redukcji ciśnienia z zastosowaniem reduktorów przeznaczonych do celów medycznych zgodnie z normą PN-EN 738-2, manometr ciśnienia wejściowego,

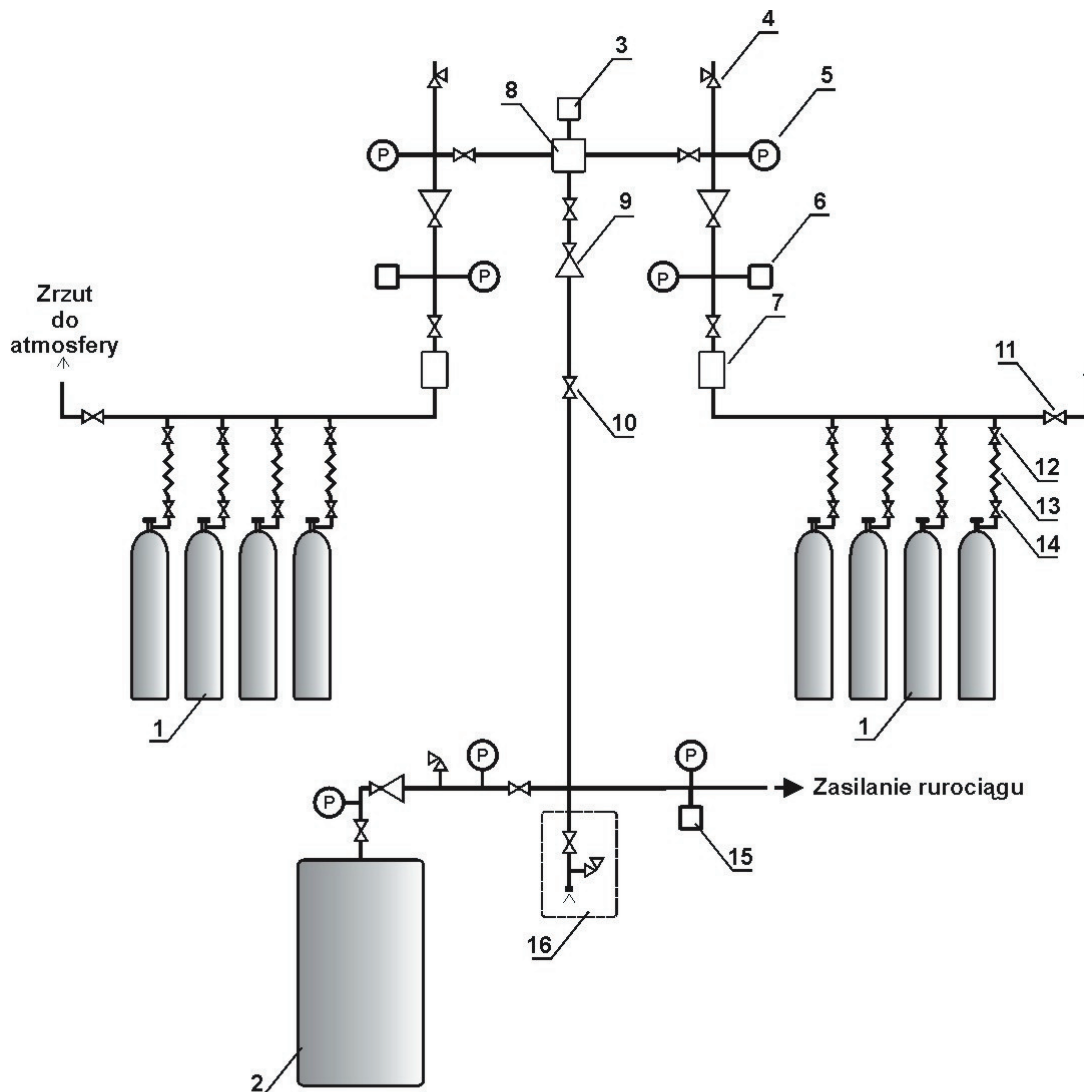
manometr ciśnienia wyjściowego, automatyczny przełącznik zakresu pracy rozprężalni, manometr ciśnienia roboczego instalacji, czujnik ciśnienia wysokiego, czujnik zakresu ciśnień pracy gazów, czujnik pracy automatycznego przerzutnika gazów i system sygnalizacji świetlnej pracy poszczególnych elementów rozprężalni. Tablice te powinny mieć możliwość podłączenia do układu centralnego monitoringu instalacji gazów medycznych.

17. Na rurociągach mogą być zainstalowane zawory z wyraźnie zaznaczonym poziomem otwarcia lub zamknięcia.
18. Na przewodach miedzianych dopuszczalne jest stosowanie przewodów elastycznych jako elementów podłączeniowych urządzenia pobierające odpowiednie rodzaje gazów medycznych lub też w innych przypadkach.
19. Główne zawory zainstalowane na przewodach instalacyjnych nie powinny być dostępne dla osób niepowołanych.
20. Każdy pionowy przewód instalacyjny powinien być wyposażony w zawór odcinający.
21. Zawory odcinające powinny być zainstalowane na przewodach instalacyjnych przed każdą salą operacyjną, oddziałem pooperacyjnym, oddziałem intensywnej opieki medycznej i oddziałem ogólnym. Wymóg ten nie dotyczy instalacji próżniowych.
22. Zawory odcinające powinny być instalowane w miejscach łatwo dostępnych oraz w takich, gdzie ewentualna nieszczelność nie spowoduje zagrożenia użytkowników obiektu.
23. Rurociągi gazów medycznych wykonane z miedzi powinny zachować charakterystyki mechaniczne w temperaturze do 450°C. Wymóg ten dotyczy także elementów połączeniowych (lutów).
24. Do budowy instalacji gazów medycznych należy stosować rury z miedzi gatunku oznaczonego Cu-DHP lub CW024A (wg PN-EN 13348), odłuszczone o zawartości węgla na powierzchni wewnętrznej nie większej niż 0,2 mg/dm².
25. Odcinki przewodów gazów medycznych wykonane z miedzi mogą być łączone metodą lutowania twardego lub spawania, z wyjątkiem połączeń gwintowanych. Lutowanie następuje bez użycia topnika (luty fosforowe). Zastosowanie topnika dopuszcza się jedynie przy łączeniu lutem elementów miedzianych z mosiężnymi. Stosowane luty nie powinny zawierać więcej niż 0,025% kadmu. W przypadku stosowania topnika należy zapobiec jego przedostawaniu się do wnętrza rury.
26. Lutowanie lub spawanie powinny być prowadzone w osłonie gazu obojętnego tak, aby gaz obojętny płukał od wewnątrz łączone elementy rurociągu.
27. Połączenia gwintowane należy uszczelniać za pomocą taśmy teflonowej. Stosowanie w tym celu włókien konopnych i lnianych oraz preparatów zawierających tłuszcze jest w przypadku instalacji tlenowych bezwzględnie niedopuszczalne a w przypadku innych gazów nie zalecane.
28. Dopuszcza się stosowanie połączeń gwintowanych w miejscach instalowania zaworów odcinających, reduktorów ciśnienia i w miejscach połączeń z punktami odbioru.
29. Wszystkie elementy składowe instalacji, które mają kontakt z gazami medycznymi muszą być dostarczone czyste wolne od smarów, tłuszczów i cząstek stałych będących zanieczyszczeniami.
30. System przewodów instalacji danego gazu medycznego powinien być zaopatrzony w główny zawór odcinający, umieszczony w pobliżu źródła zasilania danej instalacji.
31. We wszystkich układach instalacji z wyjątkiem powietrza lub azotu do napędu narzędzi chirurgicznych za głównym zaworem odcinającym powinno być zamontowane wlotowe przyłącze awaryjno-konserwacyjne.

32. Układ przewodów zasilających powietrzem do oddychania powinien być wyposażony w co najmniej 3 źródła zasilania. Jako źródło powietrza może być uznane zespół sprężarkowy, pojedynczy zespół butli lub układ mieszany.
33. Przewody gazowe wykonane z miedzi rozprowadzające gazy medyczne nie powinny być lokalizowane pod tynkiem. Dopuszczalne jest instalowanie ich w murze w wykonanej specjalnie do tego celu bruździe.
34. Przewody miedziane doprowadzane do stanowisk nie powinny być prowadzone na poziomie podłogi. Dopuszczalne jest lokalizowanie ich w wykonanej bruździe zabezpieczonej osłoną przed uszkodzeniem mechanicznym przewodu.
35. Konstrukcja wyposażenia powinna zapewniać niezamienialność pomiędzy systemami do różnych gazów.
36. Instalacje powinny być zaopatrzone w zasilanie rezerwowe, tak by zapewnić nieprzerwane dostarczanie gazu.
37. Rurociągi powinny być odpowiednio oznakowane. Miejsca oznakowań powinny być rozmieszczone w odległościach nie większych niż 10 m.
38. Rurociągi i osprzęt instalacji gazów medycznych powinny posiadać odpowiednie dopuszczenia zgodne z wymaganiami przez przedmiotowe normy.

W budowie instalacji gazów medycznych powinny być przestrzegane wymagania budowlane, a także przeciwpożarowe podane w oddzielnych przepisach. Instalacja gazowa rozprowadzająca gazy medyczne zgodnie z wymaganiami ustawy Prawo budowlane jest także elementem wyposażenia budynku.

Instalacje gazów medycznych rozprowadzające różne rodzaje gazów mogą być zasilane w różny sposób. Typowe przykłady zasilania takich instalacji podano na rysunkach 7.30., 7.31. i 7.32.



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 - zestaw butli | 9 - reduktor ciśnienia |
| 2 - zbiornik kriogeniczny | 10 - zawór odcinający |
| 3 - wyłącznik alarmu | 11 - zawór zrzutowy |
| 4 - zawór nadmiarowy | 12 - zawór zwrotny |
| 5 - manometr | 13 - przewód elastyczny |
| 6 - włącznik alarmu ciśnieniowego | 14 - zawór butlowy |
| 7 - filtr | 15 - wyłącznik alarmu wysokiego/niskiego ciśnienia |
| 8 - przełącznik automatyczny | 16 - wylotowe przyłącze awaryjno-konserwacyjne |

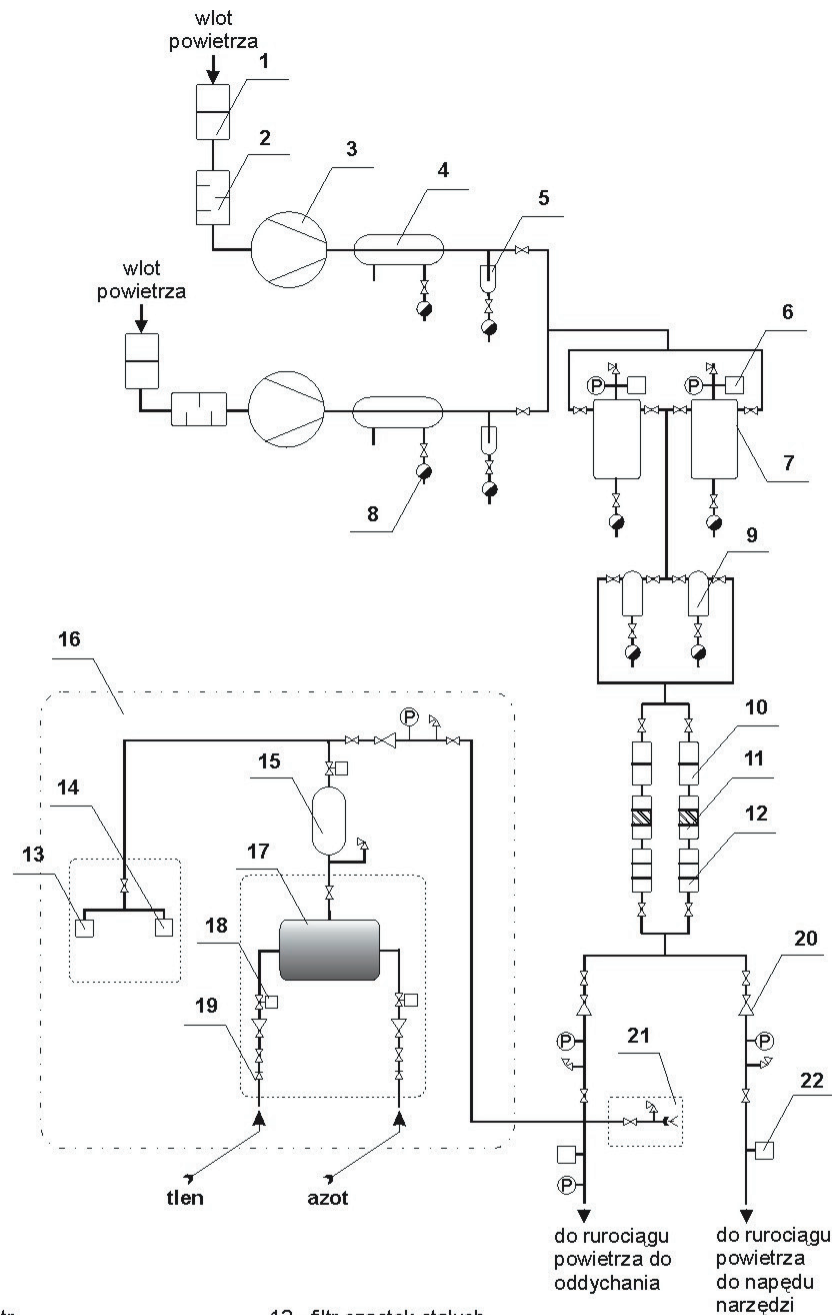
Rys. 7.30. Rampa i zbiornik

7.3.1. Wymagania dotyczące rampy butlowej zasilającej instalację gazów medycznych

Rampa butlowa składa się z dwóch zespołów butli podłączonych naprzemiennie do kolektora zbiorczego wyposażonego w reduktor kolektorowy.

- W momencie, gdy zawartość jednego zespołu zaczyna się kończyć, automatycznie powinien zostać włączony drugi z zespołów, tak aby rurociąg był zasilany nieprzerwanie.
- Zerowanie układu przełączającego może być dokonywane ręcznie podczas wymiany opróżnionego zespołu butli.
- Każda z butli powinna być połączona z kolektorem przez zawór zwrotny zainstalowany na kolektorze. Wymóg ten nie jest obowiązujący w przypadku małych zestawów składających się co najwyżej z dwóch butli.

- Połączenie butli z kolektorem powinno być wykonane za pomocą elastycznego przewodu z dedykowanym przyłączem do króćca butli, tak aby niemożliwe było podłączenie butli z innym gazem. Pożądane jest aby końcówka przewodu elastycznego łącząca się z kolektorem również była dedykowana.
- Kolektor może posiadać zawór zrzutowy, którego wylot musi znajdować się na zewnątrz budynku.
- Pomiędzy zestawem butli a pierwszym z reduktorów (reduktorem kolektorowym) powinien być zamontowany filtr cząstek stałych o średnicy porów nie większej niż 100 mikrometrów.



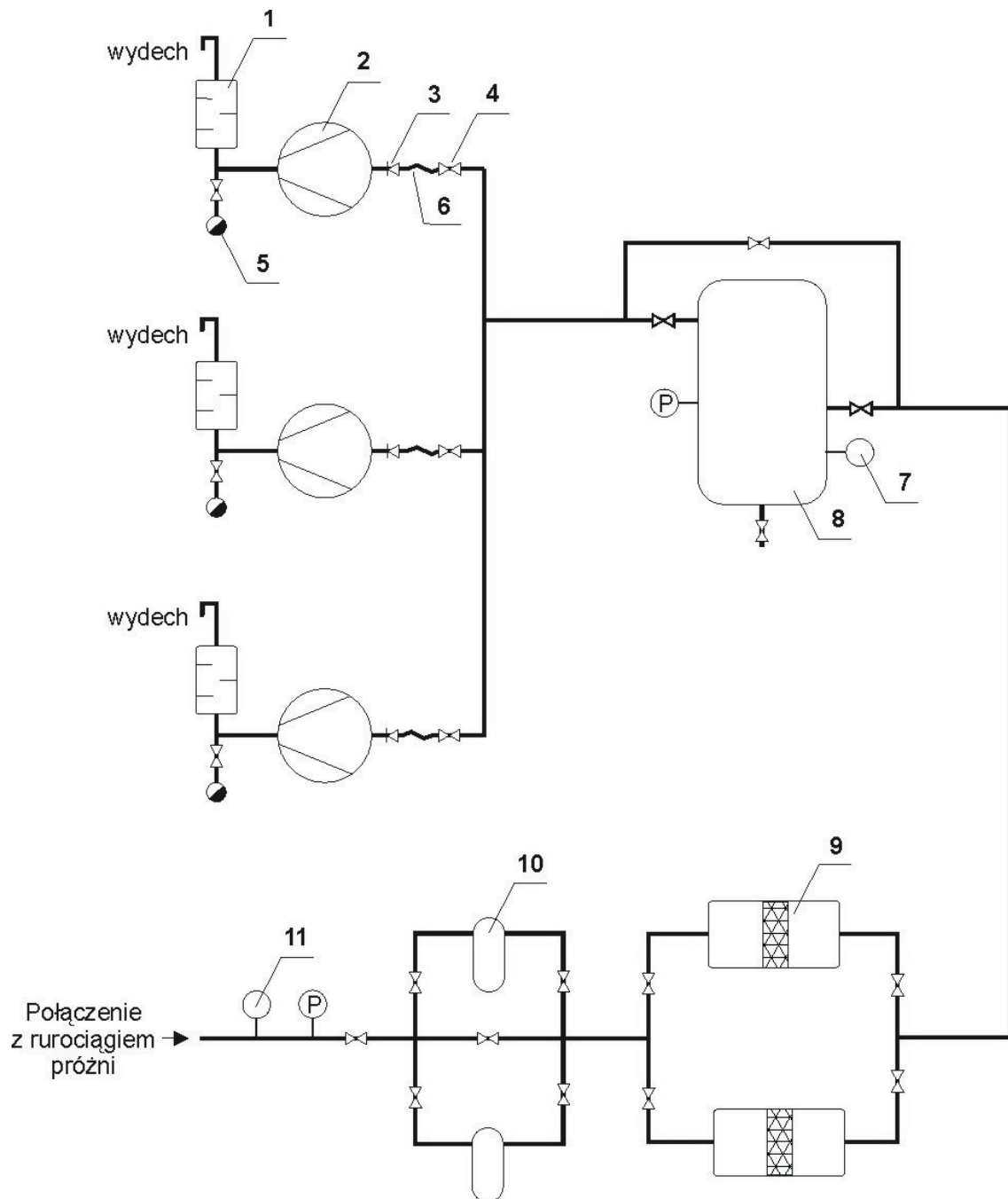
- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 - filtr | 12 - filtr cząstek stałych |
| 2 - tłumik | 13 - czujnik ciśnienia |
| 3 - sprężarka | 14 - analizator |
| 4 - chłodnica | 15 - zbiornik mieszanki |
| 5 - separator | 16 - zasilanie rezerwowe |
| 6 - włącznik kontroli ciśnienia | 17 - mieszalnik |
| 7 - zbiornik | 18 - zawór sterowany brakiem ciśnienia |
| 8 - odwadniacz | 19 - zawór zwrotny |
| 9 - osuszacz | 20 - sieciowy reduktor ciśnienia |
| 10 - filtr wstępny | 21 - przyłącze awaryjno-konserwacyjne |
| 11 - filtr z węgla aktywnego | 22 - włącznik alarmu wysokiego/niskiego ciśnienia |

Rys. 7.31. Sprężarki i mieszalnia

7.3.2. Wymagania dotyczące sprężarki i mieszalni gazów medycznych

- Zespół sprężarkowy składa się z filtra wlotowego, tłumika, sprężarki, chłodnicy sprężonego powietrza z automatycznym odwodnieniem i zaworem odcinającym oraz separatora z automatycznym odwodnieniem i zaworem odcinającym.
- Zespół sprężarkowy powinien być wyposażony w układ regulacji ciśnienia sterujący pracą sprężarek.
- Umieszczenie wlotu powietrza do zespołu sprężarkowego powinno znajdować się w takim miejscu, aby zapobiegać możliwości zasysania zanieczyszczeń takich jak gazy spalinowe, odloty gazów poanestetycznych, wydechów z układu próżniowego i innych.
- Zespół sprężarkowy powinien być łączony z instalacją przewodem elastycznym, tak aby zapobiec przenoszeniu się wibracji.
- Bezpośrednio za zespołem sprężarkowym umieszcza się zbiornik buforowy, a dalej układ oczyszczający, w skład którego powinny wchodzić:
 - osuszacz z zaworem odcinającym i automatycznym odwadniaczem,
 - filtr wstępny,
 - filtr z węgla aktywnego,
 - filtr cząstek stałych,
 - czujnik alarmu przekroczenia punktu rosy.
- System mieszający służy do sporządzania ściśle określonej mieszaniny gazów (np. powietrza syntetycznego z azotu i tlenu) i powinien składać się z następujących elementów:
 - mieszalnika wyposażonego w sterowany ciśnieniem zawór odcinający, reduktora ciśnienia i zaworu zwrotnego dla każdego z gazów wchodzących w skład mieszanki,
 - zbiornika buforowego z zaworem nadmiarowym ciśnienia,
 - analizatora,
 - zaworu odcinającego sterowanego ciśnieniem.

System mieszający powinien działać automatycznie. Skład mieszanki powinien być analizowany w sposób ciągły i rejestrowany. Jeśli skład mieszanki wykracza poza zadany przedział powinien włączyć się alarm, a system mieszający powinien zostać odcięty i pracę powinno podjąć zasilanie awaryjne. System należy tak zaprojektować, aby przywrócenie zasilania rurociągu z układu mieszającego było możliwe dopiero po skorygowaniu składu mieszanki.



- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1 - tłumik | 7 - włącznik kontroli ciśnienia |
| 2 - pompa próżniowa | 8 - zbiornik próżni |
| 3 - zawór zwrotny | 9 - filtr przeciwbakteryjny |
| 4 - zawór odcinający | 10 - syfon odwadniająca |
| 5 - odwadniacz | 11 - włącznik alarmu złej próżni |
| 6 - połączenie elastyczne | |

Rys. 7.32. Układ próżniowy

7.3.3. Wymagania dotyczące agregatu próżniowego

W skład agregatu próżniowego wchodzi trzy rotacyjne pompy próżniowe (główna, rezerwowa, awaryjna) zbiornik próżni, filtry bakteryjne, naczynie obserwacyjne, blok sterowania i armatura połączeniowa.

Agregaty próżniowe powinny być połączone z instalacją przewodem elastycznym.

7.3.4. Wymagania dotyczące punktów poboru i osprzętu ruchomego

Punkty poboru umożliwiają zasilanie urządzeń medycznych w odpowiednie gazy i próżnię z centralnych instalacji zasilających. Budowa punktów poboru gazów medycznych oraz rodzaje współpracujących z nimi wtyków określa norma PN-EN 737-1. Osprzęt do instalacji gazów medycznych musi posiadać znak bezpieczeństwa CE II grupy dla wyrobów medycznych. Różnorodne warianty montażu punktów poboru: natynkowy, podtynkowy, w ściennych i sufitowych jednostkach zasilających pozwalają umiejscowić punkty poboru wszędzie tam, gdzie są one niezbędne tak, by zapewnić zasilanie ergonomicznie rozmieszczonych urządzeń.

Punkty poboru mają specyficzne dla każdego medium profile oraz kodowanie wewnętrzne i zewnętrzne co gwarantuje możliwość podłączenia osprzętu przeznaczonego tylko dla danego rodzaju gazu.

7.3.5. Wymagania dotyczące systemu monitorowania i alarmu

System monitorowania i alarmu ma na celu wykrywanie nieprawidłowości w działaniu instalacji gazów medycznych i sygnalizowanie ich optycznie i dźwiękowo. Wyróżnia się trzy rodzaje alarmów skierowanych do różnego rodzaju personelu:

- Alarm eksploatacyjny ma powiadamiać personel techniczny o niesprawności choćby jednego źródła w systemie zasilania i konieczności podjęcia odpowiednich działań w celu jego naprawy.
- Awaryjny alarm eksploatacyjny wywoływany nienormalnym ciśnieniem w instalacji powiadamia personel techniczny o konieczności natychmiastowego podjęcia działań zapobiegawczych.
- Awaryjny alarm kliniczny powiadamia personel medyczny o nienormalnym ciśnieniu w instalacji i konieczności podjęcia natychmiastowych działań w celu uniknięcia zagrożeń dla pacjentów.

System monitorowania i alarmy powinny spełniać wymagania PN-EN 737-3. Systemy monitorowania i alarmowe powinny być podłączone zarówno do normalnego jak i awaryjnego zasilania elektrycznego. Systemy te w normalnych warunkach powinny być pod napięciem aby w przypadku wystąpienia przerwy w obwodzie pomiędzy czujnikiem a sygnalizatorem alarm się włączał.

Usytuowanie paneli sygnalizacyjnych powinno być określone przez personel medyczny z wykorzystaniem procedury oceny ryzyka zgodnej z normą PN-EN 1441.

8. Zasady odbioru technicznego instalacji wykonanych z miedzi

8.1. Wymagania podstawowe

Każda wykonana instalacja gazowa rozprowadzająca paliwa gazowe lub też inne rodzaje gazów przed jej oddaniem do eksploatacji powinna być poddana odbiorowi technicznemu. Szczegółowe wymagania techniczne dotyczące odbiorów instalacji gazowych opracowane zostały dotychczas tylko dla instalacji na paliwa gazowe wykonane w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, zagrodowych i rekreacji indywidualnej. Wymagania te podane zostały w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych. (Dz. U. Nr 74 poz. 836 z 1999 r.)

W przypadku instalacji rozprowadzających inne rodzaje gazów należy stosować zbliżone zasady ich odbioru i dopuszczania do eksploatacji jeżeli są to instalacje funkcjonujące pod niskim ciśnieniem. Przy czym pewne elementy odbioru z uwagi na różnice wynikające z przeznaczenia tych instalacji i zakresu odpowiedzialności za ich eksploatację miejsce ich lokalizacji zmuszają do stosowania zmienionych procedur.

W przypadku instalacji przemysłowych zlokalizowanych na terenach zakładów pracy rozprowadzających paliwa gazowe i inne gazy techniczne wykonane z rur miedzianych głównym wymogiem, który powinien być spełniony jest odporność przewodów i elementów ich wyposażenia na wysokość ciśnienia roboczego skład gazu, temperaturę rozprowadzanego gazu, temperaturę otoczenia przewodów i ich wpływ otoczenia na procesy korozyjne. Instalacje tego typu cechują się więc dużą różnorodnością rozwiązań technicznych i warunków eksploatacyjnych. Z tych właśnie powodów nie są możliwe do opracowania zunifikowane szczegółowe wymagania techniczne dotyczące zasad odbioru technicznego takich przewodów i całych instalacji. Warunki eksploatacyjne w poszczególnych zakładach pracy związane z procesami technologicznymi są bardzo różne i każdorazowo problemy odbiorowe i tym samym związane z dopuszczeniem instalacji do eksploatacji powinny być rozwiązywane indywidualnie.

Każda instalacja gazowa w obiektach przemysłowych tak jak i inne instalacje gazowe powinna być wykonana zgodnie z opracowanym projektem technicznym, spełniać założone wymagania technologiczne i przed oddaniem do eksploatacji powinna być poddana próbie szczelności. Przy przeprowadzaniu próby szczelności przewodów gazowych rozprowadzających gazy szczególnie pod ciśnieniem wyższym niż średnie należy przestrzegać ogólnych zasad bezpieczeństwa wykonania próby i założonych uprzednio kryteriów wytrzymałości i szczelności wszystkich elementów składowych.

Próbie szczelności powinny być poddawane przewody gazowe o ciśnieniu roboczym do 500 kPa. W przypadku ciśnień roboczych wyższych niż 500 kPa przewody i elementy wyposażenia przewodów powinny być poddawane także próbie wytrzymałości.

Próby ciśnieniowe wytrzymałości w zależności rodzaju instalacji, miejsca jej lokalizacji i rozprowadzanego medium, mogą być przeprowadzone z zastosowaniem powietrza, innego gazu obojętnego lub też wodą.

Próby szczelności powinny być przeprowadzone również przy uwzględnieniu wymienionych powyżej uwarunkowań; powietrzem, gazem obojętnym lub gazem rozprowadzanym daną instalacją.

W przypadku przewodów instalacyjnych wykonanych z miedzi wyklucza się stosowanie do przeprowadzenia próby szczelności parą wodną.

8.2. Odbiór instalacji gazowych w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, zagrodowych i rekreacji indywidualnej

Odbiór instalacji gazowych w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej, zagrodowej i rekreacji indywidualnej polega na:

- Sprawdzeniu zgodności jej wykonania z projektem i wprowadzonymi zmianami w trakcie budowy.
- Zgodności z obowiązującymi wymaganymi technicznymi.
- Kontroli pozwolenia na budowę.
- Sprawdzeniu liczby urządzeń gazowych i wielkości zapotrzebowania na paliwo gazowe odpowiada wydanym warunkom dostawy paliwa gazowego.
- Kontroli jakości wykonania.
- Sprawdzeniu doboru materiałów i wyposażenia oraz certyfikatów zezwalających na zastosowanie odpowiednich elementów wyposażenia.
- Przeprowadzeniu kontroli szczelności przewodów instalacyjnych.

Szczegółowe wymagania techniczne dotyczące odbioru instalacji gazowych na paliwa gazowe w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej określa rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r.

Jeden z głównych elementów odbioru instalacji gazowej na paliwa gazowe stanowi wymóg przeprowadzenia próby szczelności. Sposób przeprowadzenia tej próby oraz kiedy próba ta powinna być wykonana określa wymienione uprzednio rozporządzenie w § 44, gdzie między innymi podano:

§ 44.1 W przypadku: wykonania nowej instalacji gazowej, jej przebudowy lub remontu, wyłączenia jej z użytkowania na okres dłuższy niż 6 miesięcy – należy przed przekazaniem jej do użytkowania przeprowadzić główną próbę szczelności.

Zapis podany w punkcie 3 tego paragrafu stanowi istotne zagrożenie dla użytkowników instalacji. Zgodnie z tym zapisem praktycznie dowolna osoba może bez jakichkolwiek konsekwencji wyłączyć instalacje gazową z eksploatacji i po stosunkowo długim okresie czasu włączyć ją bez wykonania jakichkolwiek czynności sprawdzających jej przydatność do dalszej bezawaryjnej eksploatacji. **Zapis ten powinien stawiać wymóg, aby po wyłączeniu instalacji z eksploatacji, na wskutek trudności eksploatacyjnych dotyczących budynku (nie tylko instalacji gazowej) lub innych przyczyn, w tym także administracyjnych, każdorazowo przeprowadzić główną próbę szczelności przed jej powtórным uruchomieniem. Takie procedury stosuje dostawca paliwa gazowego przy powtórным instalowaniu gazomierza wyłączonej czasowo eksploatacji**

§ 44.2 Główną próbę szczelności przeprowadza się odrębnie dla części instalacji przed gazomierzami oraz odrębnie dla pozostałej części instalacji z pominięciem gazomierzy.

I w tym przypadku występuje pewna nieścisłość. Gazomierze w przypadku nowej instalacji nie są zamontowane, gdyż jednym z warunków ich zainstalowania jest przeprowadzenie odbioru technicznego, w tym także głównej próby szczelności. Przy wykonywaniu głównej próby szczelności oprócz

gazomierzy pomija się także wszystkie urządzenia gazowe, których szczelność badana jest oddzielnie przez producenta oraz dlatego że funkcjonują one w zakresie niskich ciśnień. W przypadku części instalacji od kurka głównego do gazomierzy próba może być także wykonana w dwóch lub większej liczbie części. Jeżeli odcinki instalacji w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, zagrodowych, rekreacji indywidualnej, a także za gazomierzami w budynkach wielorodzinnych i za odgałęzieniami na poszczególnych kondygnacjach innych budynków wykonane są z miedzi i stali nie ma konieczności wykonywania oddzielnych prób szczelności.

Dalsze wymagania dotyczące próby szczelności podają kolejne punkty §44

4. *Manometr użyty do przeprowadzenia głównej próby szczelności powinien spełniać wymagania klasy 0,6 i posiadać świadectwo legalizacji*
6. *Ciśnienie czynnika próbnego w czasie przeprowadzania głównej próby szczelności powinno wynosić 0,05 MPa. Dla instalacji lub jej części znajdującej się w pomieszczeniu mieszkalnym lub zagrożonym wybuchem ciśnienie czynnika próbnego powinno wynosić 0,1 MPa.*
7. *Wynik głównej próby szczelności uznaje się za pozytywny, jeżeli w czasie 30 minut od ustabilizowania się ciśnienia czynnika próbnego nie nastąpi spadek ciśnienia.*
8. *Z przeprowadzonej głównej próby szczelności sporządza się protokół, który powinien być podpisany przez właściciela budynku oraz wykonawcę instalacji gazowej.*

W punkcie 8 § 44 rozporządzenia podany zapis jednoznacznie stwierdza, iż odbiór techniczny instalacji przeprowadzany jest przez wykonawcę i właściciela instalacji z pominięciem dostawcy paliwa gazowego. Podane wymagania dotyczące przeprowadzenia głównej próby szczelności odnoszą się tylko do instalacji niskiego ciśnienia wykonanej wewnątrz budynków.

Jeżeli instalacja gazowa wykonana jest na zewnątrz budynku wysokość ciśnienia może być wyższa i zgodnie z Polską Normą PN - EN 1775 może wynosić także do 500 kPa. Dla takiej wysokości ciśnienia roboczego należy stosować próbę szczelności wykonaną zgodnie z zasadami obowiązującymi przy budowie sieci gazowych, które są podane w § 19 punkt 4 rozporządzenia o treści:

Gazociągi o maksymalnym ciśnieniu roboczym równym lub mniejszym od 0,5 MPa powinien być poddany próbie pneumatycznej szczelności powietrzem lub gazem obojętnym pod ciśnieniem większym o 0,2 MPa od maksymalnego ciśnienia roboczego.

Taki sposób przeprowadzenia próby szczelności jest zgodny z zapisem § 163.1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury.

8.3. Odbiór instalacji rozprowadzających gazy medyczne

Instalacje rozprowadzające gazy medyczne po ich wykonaniu powinny być poddane wymagany procedurom pozwalającym na ich dopuszczenie do eksploatacji w tym celu należy przeprowadzić poniżej podane czynności:

- dokonać kontroli wytrzymałości poszczególnych elementów składowych instalacji,
- przeprowadzić próbę szczelności,
- skontrolować miejsca, w których wykonane są odgałęzienia, zainstalowano zawory odcinające, przewężenia, podłączenia do urządzeń odbioru danego medium itp.

- przeprowadzić kontrolę oznaczeń poszczególnych rurociągów,
- sposób wykonania zamocowań,
- prawidłowość lokalizacji przewodów,
- rozwiązania skrzyżowań z przewodami innych mediów,
- dobór właściwych średnic przewodów,
- zgodności wykonania instalacji z założeniami projektowymi.

Instalacja powinna być przygotowana do odbioru przez jej wykonawcę. Odbioru dokonać powinien wykonawca z przedstawicielem inwestora posiadającym odpowiednie kwalifikacje techniczne gwarantujące prawidłowość przeprowadzenia odbioru technicznego. Wyniki prób szczelności i badań wytrzymałościowych elementów składowych instalacji opracowane w postaci protokołu odbioru powinny być przechowywane przez kierownictwo danej placówki medycznej.

Przed wykonaniem odbiorowej próby szczelności należy przeprowadzić płukanie poszczególnych odcinków przewodów instalacyjnych z użyciem czystego, odolejonego powietrza lub azotu z wyłączeniem przypadków, gdy zalecany jest inny rodzaj gazu.

Wykonanie próby szczelności wymaga przestrzegania poniżej podanych ogólnych wymagań:

1. Do pomiaru ciśnienia podczas próby odbiorowej należy zastosować manometr o zakresie wskazań nie mniejszym niż powyżej 110 % wartości przyjętego ciśnienia próbnego.
2. Wysokość ciśnienia próby szczelności przewodów instalacyjnych powinna być większa co najmniej o 50 % od ciśnienia nominalnego rozprawdzanego gazu.
3. Próbę szczelności w zależności od rodzaju rozprawdzanego gazu powinno się przeprowadzać przez 2 do 24 godzin. Spadek ciśnienia podczas próby nie powinien być mniejszy niż 0,025 % w ciągu 1 godziny wykonywania próby.
4. W przypadku przewodów próżniowych wysokość ciśnienia podczas próby nie powinna być równa 500 kPa.
5. Próbę szczelności instalacji rozprawdających gazy medyczne można wykonywać także odcinkami.
6. Próbę szczelności należy wykonywać przy odłączonych urządzeniach poboru danego gazu.
7. Podczas badania szczelności systemów próżniowych wzrost ciśnienia przy napełnianiu przewodów nie powinien przekraczać 20 kPa w ciągu jednej godziny.
8. Podczas badania szczelności przewodów gazowych należy także przeprowadzić kontrolę szczelności wewnętrznej zamontowanych zaworów odcinających. Kontrola ta powinna być przeprowadzona przy ciśnieniu nominalnym instalacji przed zaworem i 100 kPa za zaworem. W trakcie przeprowadzania takiej próby powinny być odłączone wszystkie punkty poboru gazu. Wzrost ciśnienia za zaworem nie powinien przekroczyć 5 kPa po upływie 15 minut.
9. Wykonując próby szczelności należy także dokonać kontroli przepustowości elementów, w których występują przewężenia. Przewód powinien być podczas takiego badania napełniony gazem pod ciśnieniem nominalnym.
10. Przy badaniu przepustowości instalacji rozprawdającej gazy medyczne maksymalny spadek ciśnienia nie powinien być większy niż 10 % przy wielkości przepływu próbnego 40 l/min. Wielkości te odpowiednio dla powietrza i azotu wykorzystywanego do napędu narzędzi chirurgicznych powinny być odpowiednio nie większe niż 15 % i 350 l/min.

11. W trakcie wykonania kontroli szczelności należy sprawdzić czy w przewodach instalacyjnych nie występują zanieczyszczenia cząstkami stałymi.

Po wykonaniu badań szczelności wszystkich elementów składowych instalacji każdy system rozprawadający odpowiednie medium powinien być napełniony danym rodzajem gazu. Czynność ta powinna być wykonana etapami i powinna polegać na kilkakrotnym przepłukaniu wszystkich elementów składowych odcinków przewodów danym rodzajem gazu aż do uzyskania odpowiedniej czystości gazu w przewodach.

Szczegółowe przykłady procedur badań i rozruchu podane są w Załączniku C normy EN 737-3 i uwzględniają między innymi następujące wymagania:

- Przed zakryciem systemu rurociągowego wszystkie jego elementy powinny być ocenione na zgodność ze specyfikacją projektową.
- Należy stwierdzić prawidłowość średnic zastosowanych rur, usytuowanie punktów poboru, sieciowych reduktorów ciśnienia oraz zaworów odcinających.
- Przed oddaniem do użytku systemu rurociągowego do gazu medycznego powinien on uzyskać pisemne poświadczenie, że spełnia niezbędne wymagania. Typowe formularze zawiera Załącznik J normy EN 737-3.

Wytwórca instalacji powinien dostarczyć klientowi instrukcje użytkowania kompletnego systemu. Szczególną uwagę należy w nich zwrócić na systemy zasilania, systemy monitorujące i alarmowe oraz na niebezpieczeństwo pożaru lub wybuchu w przypadku używania tłuszczów w systemie tlenowym. Wytwórca powinien dostarczyć również harmonogram przeglądów konserwacyjnych wraz z instrukcjami zalecanych działań konserwacyjnych i częstotliwością ich przeprowadzania a także spis zalecanych części zamiennych.

8.4. Odbiór instalacji gazowych w obiektach przemysłowych zasilanych paliwami gazowymi oraz gazami technicznymi

Przewody instalacji gazowych w obiektach przemysłowych nie są objęte żadnymi wymaganiami technicznymi i tym samym brak jest jakichkolwiek zaleceń dotyczących zasad ich odbioru technicznego. Przy odbiorze technicznym takich instalacji wskazane jest przestrzegać przede wszystkim ogólnych wytycznych podanych 8.1. opracowania uwzględniających w pierwszej kolejności warunki funkcjonowania przewodów gazowych. W odróżnieniu od instalacji gazowych rozprawadający paliwa gazowe w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej instalacje przemysłowe nie muszą rozprawadzać tylko paliw gazowych, ani też co bardzo istotne nie muszą funkcjonować w sposób ciągły. Przewody instalacyjne wykonane z rur miedzianych w zakładach przemysłowych, rozprawadające paliwa gazowe w budynkach administracyjnych, w budynkach zaplecza technicznego instalacji technologicznych oraz wykorzystywane do celów technologicznych powinny podlegać wszelkim wymaganiom odbiorowym jak wszystkie instalacje tego typu. Jeżeli instalacje rozprawadają inne rodzaje gazów, a więc wszelkiego rodzaju gazy techniczne, zasady odbioru powinny uwzględniać wymagania właściwe dla rodzaju instalacji technologicznej, której stanowią element składowy. Dotyczy to zasad budowy, oznakowania, zabezpieczenia i kontroli szczelności przed ich początkowym uruchomieniem.

9. Okresowe kontrole stanu technicznego instalacji wykonanych z miedzi w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej

Instalacja gazowa stanowi element wyposażenia budynku więc podlega takim samym wymaganiom jak wszystkie jego elementy składowe. Zgodnie z zapisem zawartym w art. 62 ustawy Prawo budowlane właściciel lub zarządca ma obowiązek przeprowadzania kontroli okresowych instalacji gazowych.

9.1. Podstawowe kryteria obowiązujące przy wykonywaniu okresowych kontroli

Każda instalacja gazowa powinna być poddawana okresowej kontroli stanu technicznego bez względu na rodzaj rozprowadzanego gazu. Zakres kontroli stanu technicznego powinien być podporządkowany wymaganiom bezpieczeństwa użytkowników, eksploatacji, rodzaju rozprowadzanego gazu, uwarunkowaniom technologicznym, a także spełniać w określonych warunkach ustalone kryteria ekonomiczne. W przypadku instalacji na paliwa gazowe gdzie instalacje te stanowią element wyposażenia budynku, a więc są obiektem budowlanym podstawowe wymagania jakim powinna podlegać okresowa kontrola stanu technicznego określa ustawa Prawo budowlane w zapisie artykułu 62.1 o treści:

Obiekty powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę:

1) okresowej kontroli, co najmniej raz w roku, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego:

- a) elementów budynku, budowli i instalacji narażonych na szkodliwe wpływy atmosferyczne i niszczące działania czynników występujących podczas użytkowania obiektu,*
- b) instalacji i urządzeń służących ochronie środowiska,*
- c) instalacji gazowych oraz przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych).*

Podana podstawa prawna wykonywania okresowych kontroli stanu technicznego instalacji gazowych dotyczy tylko instalacji wykonanych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Wymóg prawny jak łatwo stwierdzić narzuca tylko obligatoryjny nakaz wykonywania okresowych kontroli stanu technicznego, nie podając żadnych szczegółów technicznych dotyczących zasad i sposobu przeprowadzenia kontroli oraz kryteriów technicznych kwalifikujących instalacje do dalszej eksploatacji. Wprowadzona Polska Norma dotycząca okresowych kontroli stanu technicznego instalacji nie jest normą obowiązującą i nie jest przywołana do stosowania odpowiednim rozporządzeniem Ministra. Podane dalej szczegółowe zasady przeprowadzania kontroli nie są więc oparte o odpowiedni akt prawny lecz stanowią tylko rozwinięta wersję zasad przeprowadzania kontroli. Podane zasady przeprowadzania okresowych kontroli były uzgadniane przez Departament Budownictwa Ministerstwa Infrastruktury i Główny Urząd Nadzoru Budowlanego, lecz tylko w zakresie dotyczącym instalacji na paliwa gazowe.

W przypadku instalacji w obiektach przemysłowych rozprowadzających paliwa gazowe oraz gazy techniczne brak jest szczegółowych wymagań technicznych, a także podstawy prawnej przeprowadzania takich kontroli. Problem ten dotyczy także instalacji rozprowadzających gazy medyczne. W prak-

tyce opracowany komentarz do rozdziału 7 działu IV rozporządzenia akceptowany przez Ministerstwo Infrastruktury dotyczy tylko instalacji na paliwa gazowe w budynkach mieszkalnych, zagrodowych, rekreacji indywidualnej oraz użyteczności publicznej. Żaden zapis obowiązujących wymagań technicznych w zakresie instalacji gazowych nie rozgranicza z jakiego rodzaju materiału mogą być wykonane przewody instalacji gazowych podlegające okresowej kontroli, dlatego wymagania te dla instalacji miedzianych powinny być takie same jak dla przewodów wykonanych z rur stalowych.

W myśl zapisu podanego w art. 62.1 pkt 1 litera c ustawy Prawo budowlane, instalacje gazowe wykonane w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, budownictwa zagrodowego i letniskowego powinny być poddawane także okresowym kontrolom, lecz właściciele budynków nie są obowiązani do prowadzenia książki obiektu budowlanego, w których to książkach fakt przeprowadzenia kontroli okresowej powinien być odnotowany.

W przypadku stwierdzenia nieodpowiedniego stanu technicznego zagrażającego życiu lub zdrowiu ludzi, bezpieczeństwa mienia, środowiska, itp. (art. 62.3 ustawy Prawo budowlane) kontrola okresowa może być nakazana do wykonania w innym terminie. Kontrole stanu technicznego instalacji gazowych powinny przeprowadzić osoby posiadające kwalifikacje wymagane przy wykonywaniu dozoru nad eksploatacją urządzeń instalacji gazowych (art.62.5).

Kontrolom okresowym instalacji gazowych poddawane powinny być wszystkie elementy składowe instalacji, które wymienione są w § 156 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami).

Zgodnie z Art.70 ustawy Prawo budowlane, właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu budowlanego, na którym spoczywają obowiązki w zakresie napraw, określone w przepisach odrębnych lub umowach, są obowiązani w czasie lub bezpośrednio po przeprowadzonej kontroli stanu technicznego obiektu budowlanego lub jego części, usunąć stwierdzone uszkodzenia oraz uzupełnić braki, które mogłyby spowodować zagrożenie życia lub zdrowia, bezpieczeństwa mienia lub środowiska, a w szczególności katastrofę budowlaną, pożar, wybuch, porażenie prądem elektrycznym albo zatrucie.

9.2. Metodyka przeprowadzania kontroli okresowej.

Podczas dokonywania kontroli instalacji gazowych w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej należy wykonać poniżej podane czynności:

- sprawdzić sposób realizacji zaleceń zawartych w poprzedniej kontroli,
- dokonać kontroli stężenia związków palnych w pomieszczeniach, w których zlokalizowane są elementy składowe instalacji gazowych,
- dokonać kontroli zgodności wykonania instalacji gazowej z obowiązującymi przepisami,
- sprawdzić stan techniczny poszczególnych elementów składowych instalacji gazowych,
- skontrolować szczelność przewodów gazowych oraz elementów ich wyposażenia,
- zlokalizować miejsca występowania nieszczelności w przypadku stwierdzenia, iż takie nieszczelności występują,
- opracować protokoły z kontroli instalacji gazowej z podaniem uwag i zaleceń pokontrolnych.

Szczegółowy zakres okresowej kontroli w zakresie czynności technicznych powinien obejmować przede wszystkim sprawdzenie:

- kurków głównych i miejsc ich lokalizacji,
- sprawdzenie stanu technicznego złączy izolujących montowanych na przyłączach w przypadku wykonania sieci gazowej z rur stalowych,
- prawidłowości wykonania przejść przewodami gazowymi i innymi przez ściany zewnętrzne budynku, jeżeli są one wykonane poniżej poziomu terenu,
- szczelności zewnętrznej gazomierzy i ich połączeń z przewodami gazowymi,
- stanu technicznego odcinków przewodów instalacji gazowych wykonanych na poziomie piwnic,
- pionów gazowych,
- części instalacji od gazomierzy do urządzeń gazowych,
- urządzeń gazowych,
- stanu technicznego przewodów spalinowych i ich połączeń z urządzeniami gazowymi i kanałem spalinowym (szczelność połączenia przewodu ze ścianą),
- skontrolowanie szczelności przewodów instalacji i urządzeń gazowych we wszystkich pomieszczeniach budynku, w których instalacja jest wykonana,
- prawidłowości doboru średnic przewodów instalacji gazowych w zależności od liczby i rodzaju zainstalowanych urządzeń gazowych.

Przeładowi i ocenie stanu technicznego urządzeń gazowych w zakresie ich przydatności do dalszej, bezpiecznej eksploatacji podlegają wszystkie urządzenia gazowe zainstalowane u odbiorców. W trakcie kontroli urządzeń standardowych, jakimi są kuchnie gazowe i grzejniki wody przepływowej szczególną uwagę należy zwrócić na stan techniczny palników gazowych, ich szczelność i sprawność funkcjonalną, gwarantującą bezpieczną obsługę. W przypadku kontroli niestandardowych urządzeń gazowych, takich jak indywidualnie projektowane kuchnie stołówkowo-restauracyjne, nietypowe kotły grzewcze itp., bądź też, gdy mamy do czynienia z niekonwencjonalnym sposobem połączenia urządzeń gazowych lub odprowadzenia spalin, konieczne jest zapoznanie się zespołu kontrolującego z projektem, instrukcją obsługi lub wręcz dokumentacją techniczno-ruchową - jeżeli taka występuje. Zapoznanie się z tymi dokumentami umożliwi sprawne przeprowadzenie kontroli układu zasilania w gaz, stanu technicznego urządzenia oraz zespołu odprowadzenia spalin.

Sposób wykonywania konserwacji i napraw urządzeń gazowych i tym samym przeglądy okresowe powinny być ściśle dostosowane do rodzaju tych urządzeń. Właściwy stan techniczny urządzenia zwiększa bezpieczeństwo użytkowników oraz obniża koszty jego użytkowania, przy czym koszty związane z eksploatacją lub wymianą urządzeń gazowych ponosi ich użytkownik. Ogólny zakres czynności związanych z okresową kontrolą urządzeń gazowych powinien obejmować:

- sprawdzenie stanu zanieczyszczenia osadami wymienników ciepła urządzeń gazowych,
- sprawdzenie sprawności kurków,
- szczelności układów gazowych palników i układów wodnych, jeżeli w takie układy wyposażone jest urządzenie,
- stanu technicznego obudów urządzeń,
- kontroli prawidłowości funkcjonowania urządzeń sterowania i automatyki,
- dostępności zaworów odcinających.

Kontrolując urządzenie gazowe, w protokołach pokontrolnych należy w pierwszej kolejności uwzględnić wymienione wady i nieprawidłowości, które zagrażają bezpieczeństwu odbiorców w budynku i użytkowników danych urządzeń. Jako uwagi należy uwzględnić wady i nieprawidłowości zagrażające bezpieczeństwu również w dłuższym przedziale czasowym.

9.3. Kontrola szczelności eksploatowanych instalacji gazowych

Kontrola szczelności instalacji gazowych niskiego ciśnienia lub poszczególnych jej elementów składowych może być przeprowadzona:

- bez wyłączenia instalacji gazowej,
- z wyłączeniem instalacji na czas wykonania próby z wykorzystaniem paliwa gazowego pod ciśnieniem roboczym tego paliwa,
- z wyłączeniem instalacji na czas wykonania próby z wykorzystaniem do próby sprężonego powietrza lub azotu pod ciśnieniem równym ciśnieniu roboczemu paliwa gazowego lub wyższym, lecz nie przekraczającym ciśnienia maksymalnego dla zakresu ciśnień niskich tzn. do 10 kPa,
- z wyłączeniem instalacji na czas wykonania próby z wykorzystaniem do próby sprężonego powietrza lub azotu pod ciśnieniem próby odbiorowej określonej jako próba główna.

Ocena szczelności eksploatowanej instalacji gazowej powinna być przeprowadzona przy uwzględnieniu poniżej podanych kolejnych czynności:

- dokonania pomiarów stężeń paliwa gazowego w atmosferze pomieszczeń, w których zainstalowane są elementy składowe instalacji gazowej,
- skontrolowanie szczelności zewnętrznej elementów składowych instalacji bez wyłączenia instalacji lub jej części z eksploatacji,
- przeprowadzenie eksploatacyjnej próby szczelności wymagającej okresowego wyłączenia całej instalacji z eksploatacji lub jej części, w przypadku gdy kontrola szczelności zewnętrznej nie jest możliwa do przeprowadzenia, a w pomieszczeniach lokalizacji elementów składowych instalacji występują stężenia związków palnych.

Jeżeli instalacja gazowa jest czynna i wykonana w sposób poprawny technicznie oraz użytkownicy tej instalacji nie zgłaszali usterek i problemów eksploatacyjnych, to można dopuścić sprawdzenie jej szczelności przez poszukiwanie nieszczelności wykorzystując metanomierz lub roztwór np. wody z mydłem lub innych cieczy powierzchniowo czynnych. Przeprowadzając kontrolę szczelności eksploatowanych instalacji gazowych nie można zakładać, iż każda instalacja jest zawsze nieszczelna w takim zakresie że stanowi istotne zagrożenie dla jej użytkowników i samego obiektu budowlanego. Zastosowanie takiego sposobu lokalizacji nieszczelności wymaga w pierwszej kolejności sprawdzenia zawartości związków palnych w atmosferze pomieszczenia, w którym zainstalowane są elementy składowe instalacji gazowych. Jeżeli stwierdzone zostanie występowanie takich związków należy ustalić przyczyny ich występowania. Występuje duże prawdopodobieństwo, iż przyczyną jest właśnie nieszczelność elementów składowych instalacji gazowych. Po zlokalizowaniu nieszczelności i ich usunięciu należy powtórnie przeprowadzić pomiar zawartości związków palnych w danym pomieszczeniu.

Jeżeli w dalszym ciągu stwierdzone zostanie występowanie stężeń związków palnych i nie zostanie stwierdzone inne źródło jego występowania, dany odcinek instalacji powinien być poddany próbie ciśnieniowej gazem palnym lub powietrzem.

Urządzenia do pomiaru punktowego zawartości związków palnych w powietrzu mogą być wykorzystywane do pomiaru szczelności przejść przez ściany budynku przewodem instalacji gazowej, wodociągowej, kanalizacyjnej, elektrycznej itp. Wykonywanie takich pomiarów jest uzasadnione faktem, iż gaz może migrować przez minimalne przejścia z zewnątrz do budynku. Istotnym mankamentem takich sposobów lokalizowania nieszczelności jest jednak uznaniowość ich klasyfikowania. Subiektywność ocen o wielkości nieszczelności i występującym zagrożeniu utrudnia podjęcie właściwej decyzji dotyczącej wyłączenia instalacji z eksploatacji. Opisany sposób kontroli szczelności może spełniać swoją funkcję w przypadku odkrytych elementów instalacji gazowych i łatwo dostępnych. Sposoby te tylko w niewielkim zakresie mogą być wykorzystywane do oceny szczelności urządzeń gazowych.

Wykonując eksploatacyjną próbę szczelności z wykorzystaniem sprężonego powietrza lub azotu z butli należy w pierwszej kolejności zamknąć kurek główny, po uprzednim upewnieniu się czy ten element sieci gazowej wykazuje się szczelnością zewnętrzną, a szczególnie wewnętrzną. Taką samą czynność należy wykonać zamykając zawory przed gazomierzami, jeżeli próba wykonania jest częściami, a więc do gazomierzy odbiorców. Jeżeli próba eksploatacyjna wykonywana jest w części od gazomierzy do urządzeń gazowych należy również zamknąć dopływ gazu do gazomierza i ponadto należy odciąć wpływ gazu ze wszystkich płomieni czuwających zainstalowanych w urządzeniach gazowych np. takich jak gazowe grzejniki wody przepływowej. Przed napełnieniem odcinków przewodów gazowych należy uprzednio usunąć paliwa gazowe, a następnie napełnić sprężonym powietrzem lub azotem. Problem w zależności od wykonania przewodów instalacji gazowych może być wybór miejsca do usunięcia paliwa gazowego i napełnienia sprężonym powietrzem. W przypadku części instalacji od kurka głównego do zaworów przed gazomierzami, miejscem usunięcia może być sąsiedztwo kurka głównego lub miejsce montażu jednego z gazomierzy. Próba ciśnienia całej instalacji gazowej lub jej część może być dokonana pod ciśnieniem powietrza lub azotu równego 5 kPa przez 15 minut. Ze względu na wysokość ciśnienia próby szczelności najwygodniej jest zastosować do pomiaru spadku ciśnienia w instalacji manometr cieczowy U-rurkę wypełniony wodą. Próba powinna być wykonana przy ciśnieniu roboczym instalacji gazowej tzn. ok. 2 kPa, tak w przypadku zastosowania paliwa gazowego jak i również powietrza pod ciśnieniem. Zastosowanie manometru tarczowego jest możliwe, jeżeli spełnia wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Spraw wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz. U. Nr 74 poz.836). Do wykonania eksploatacyjnej próby szczelności mogą być zastosowane również specjalistyczne urządzenia gazowe. Tego rodzaju sposób sprawdzania szczelności czynnej instalacji gazowej stosowany jest najczęściej przy wymianie gazomierzy.

Podane sposoby wykonania eksploatacyjnej próby szczelności wymagające wyłączenia dopływu gazu zaleca się stosować w następujących przypadkach:

- zły stan techniczny kontrolowanej instalacji gazowej,
- uwagi odbiorców gazu o uchodzącym okresowo paliwie gazowym w różnych pomieszczeniach budynku,
- brak możliwości zlokalizowania miejsc uchodzenia gazu,
- przewody instalacji gazowych niedostępne do lokalizacji kontroli na długich odcinkach.

Po wykonaniu odpowiednich czynności podczas przeprowadzania okresowej kontroli stanu technicznego instalacji gazowej należy sporządzić protokoły pokontrolne, które powinny zawierać informacje o zasilanym obiekcie budowlanym, informacje o instalacji gazowej oraz uwagi do poszczególnych elementów składowych instalacji gazowych.

Dokonując kontroli stanu technicznego takich rozwiązań technicznych w budynkach należy w pierwszej kolejności w kilku miejscach pomieszczenia lub pomieszczeń, w których zastosowane są takie rozwiązania należy sprawdzić zawartość związków palnych w atmosferze pomieszczeń. Kontroli należy poddać wszystkie pomieszczenia, do których wprowadza się przyłącza, a więc nie może to być tylko pomieszczenie, do którego wprowadza się podłączenie do instalacji gazowej. Celem pomiaru jest stwierdzenie, czy nie występuje migracja gazu palnego z zewnątrz do pomieszczeń budynku. Sprawdzenie ewentualnej obecności paliwa gazowego w przepuszczeniu instalacji gazowej przez ściany budynku należy wykonać za pomocą wykrywacza metanu od wewnętrznej strony zewnętrznej ściany budynku. W przypadku wykrycia obecności paliwa gazowego w przepuszczeniu należy zapewnić wzmoczoną wentylację, niezwłocznie wezwać pogotowie gazowe oraz powiadomić właściciela lub zarządcę budynku.

9.4. Kryteria dopuszczenia instalacji gazowych do dalszej eksploatacji

Jeżeli przyjmuje się za kryterium zagrożenia użytkowników instalacji gazowych wielkość stężeń gazów palnych w atmosferze pomieszczeń, można sformułować w tym zakresie przybliżone wnioski ułatwiające sposób postępowania, które przedstawiają się następująco:

- przy stężeniu mniejszym od 2% DGW, instalacja nie wymaga przeprowadzenia natychmiastowych działań naprawczych, należy tylko zgłosić o tym fakcie właścicielowi lub zarządzającemu kontrolowanym obiektem budowlanym,
- przy stężeniu wyższym niż 2% DGW i jednocześnie mniejszym od 10%, należy przeprowadzić natychmiastową naprawę i nie wyłączać instalacji lub jej części z eksploatacji,
- stężenie powyżej 10% DGW, należy natychmiast wyłączyć instalację z dalszej eksploatacji.

Kontrolowaną instalacją uznaje się:

- za szczelną (całkowicie sprawną) – jeżeli przepływ gazu jest mniejszy od 1 litra na godzinę,
- z ograniczoną szczelnością (o obniżonej sprawności) – jeżeli przepływ gazu wynosi od 1 do 5 litrów na godzinę, instalacja taka wymaga pilnej naprawy,
- nieszczelną (niesprawną) – jeżeli przepływ gazu jest większy od 5 litrów na godzinę, instalacja taka wymaga natychmiastowej naprawy lub odcięcia dopływu gazu.

Podane kryteria szczelności należy odnosić do części instalacji gazowej wykonanej wewnątrz mieszkania za kurkiem odcinającym instalowanym przed gazomierzem. Jeżeli kontrola szczelności z wykorzystaniem podanego urządzenia poddawana będzie instalacja rozgałęziona od kurka głównego do zaworów przed gazomierzami wyposażona w wielokrotnie więcej połączeń, armatury i przewodów niż w przypadku pojedynczego odbiorcy zaleca się, aby instalację gazową uznać:

- za szczelną, jeżeli przepływ gazu przez urządzenie jest mniejszy od 5 litrów na godzinę, przy uwzględnieniu uwag podanych poniżej,
- z ograniczoną szczelnością, jeżeli przepływ gazu przez urządzenie wynosi od 5 do 30 litrów na godzinę,
- nieszczelną, gdy przepływ przekracza 30 litrów na godzinę.

Omawiając problematykę dotyczącą eksploatacji instalacji gazowych koniecznym jest zwrócenie uwagi na szereg zapisów podanych w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych. Rozporządzenie w § 2 podaje dwie definicje instalacji gazowej gdzie nie zalicza się do instalacji gazowej gazomierzy oraz w przypadku instalacji zasilanej gazem płynnym butli gazowych.

§ 17.2 określa sposób użytkowania instalacji gazowej i obowiązki użytkownika, do których zalicza się:

- *udostępnienie lokalu właścicielowi budynku lub dostawcy gazu dla wykonania ich obowiązków,*
- *przestrzegania zasady bezpieczeństwa jej użytkowania oraz niezwłocznie informować zarządcę budynku w razie stwierdzenia nieprawidłowości w jej funkcjonowaniu,*
- *zapewnić pełną sprawność techniczną i użytkową urządzeń gazowych stanowiących wyposażenie lokalu,*
- *zapewnić ochronę instalacji i urządzeń gazowych przed uszkodzeniem,*
- *utrzymywać znajdujące się w lokalu elementy instalacji gazowej, urządzeń spalinowych i wentylacyjnych oraz urządzenia gazowe w należyтым stanie technicznym i użytkowym,*
- *zapewnić wykonanie niezbędnych czynności konserwacyjnych,*
- *informować właściciela budynku o wszelkich uszkodzeniach instalacji gazowej,*
- *udostępnić lokal w celu przeprowadzenia przez odpowiednie służby kontroli instalacji i urządzeń gazowych, przewodów i kanałów spalinowych, wentylacyjnych, a także innych instalacji i urządzeń.*

Rozdział 13 rozporządzenia „Użytkowanie instalacji i urządzeń gazowych” określa wiele szczegółowych wymagań, które nie zawsze spełniają wymagania bezpieczeństwa i zapisy zawarte w innych uregulowaniach prawnych. Konieczność wykonania tzw. głównej próby szczelności jest wymagane między innymi wtedy, gdy jest ona wyłączona z eksploatacji na okres dłuższy niż 6 miesięcy. Przy takim zapisie okres krótszy nie wymaga przeprowadzenia takiej próby. Do obowiązków właściciela budynku w zakresie utrzymania właściwego stanu technicznego instalacji gazowej należy:

- zapewnić nadzór nad wykonywaniem głównej próby szczelności,
- zapewnić nadzór nad realizacją robót konserwacyjnych, napraw i wymian,
- doprowadzenie do wyłączenia instalacji gazowej w przypadku stwierdzenia złego stanu technicznego,
- występowanie do dostawcy gazu w przypadku konieczności uruchomienia instalacji gazowej,
- zapewnienie realizacji zaleceń pokontrolnych wydawanych przez upoważnione organy.

9.5. Kontrola okresowa stanu technicznego instalacji przemysłowych i medycznych rozprowadzających paliwa gazowe, gazy techniczne i gazy medyczne

Każda instalacja rozprowadzająca różnego rodzaju gazy powinna podlegać okresowym kontrolom stanu technicznego. Sposób przeprowadzenia takiej kontroli musi uwzględniać szereg wymogów, z których najważniejszymi są:

- rodzaj rozprowadzanego gazu,
- stopień zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi,
- stopień zagrożenia wybuchowego w przypadku uchodzenia objętości gazu do wnętrza pomieszczeń w których zlokalizowane są dane instalacje,
- wysokość ciśnienia roboczego gazu w przewodach,
- rola rozprowadzanego przewodami gazu w procesie technicznym lub technologicznym,
- stopień zagrożenia przewodów uszkodzeniem mechanicznym lub korozyjnym,
- częstotliwość użytkowania przewodów (instalacja użytkowana w sposób ciągły lub okresowy),
- charakterystyka technologiczna pracy instalacji lub urządzeń, do których wykorzystywany jest dany rodzaj gazu.

10. Zasady BHP i ppoż

Podczas eksploatacji instalacji gazowych należy stosować się do ogólnych zasad bhp zawartych w Dziale Dziesiątym Kodeksu Pracy.

Dodatkowo przy magazynowaniu, napełnianiu i rozprowadzaniu gazów płynnych należy wziąć pod uwagę wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 6 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy magazynowaniu, napełnianiu i rozprowadzaniu gazów płynnych. (Dz. U. z dnia 17 września 1999 r. z późniejszymi zmianami).

Osoby wykonujące prace montażowe na instalacjach gazowych powinny posiadać odpowiednie kwalifikacje zgodne z wymienionymi w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 roku w sprawie szczegółowych zasad posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci. (Dz. U. z dnia 21 maja 2003 r. z późniejszymi zmianami).

Załączniki

Tablica Z.1.

Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz ziemny zaazotowany

Gęstość gazu w warunkach ruchowych 0,9 kg/m³

Ciśnienie początkowe w przewodzie 102 325 N/m²

d \ Q	10,00	10,40	13,00	13,40	16,00	20,00	26,00	33,00	40,00	51,60	64,30	73,10	84,90	105,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,1	0,17	0,14	0,05	0,04	0,02	0,01								
0,2	0,68	0,55	0,18	0,16	0,06	0,02	0,01							
0,3	1,52	1,25	0,41	0,35	0,14	0,05	0,01							
0,4	2,70	2,22	0,73	0,62	0,26	0,08	0,02	0,01						
0,5	4,22	3,47	1,14	0,98	0,40	0,13	0,04	0,01						
0,6	6,08	4,99	1,64	1,41	0,58	0,19	0,05	0,02	0,01					
0,7	8,27	6,80	2,23	1,91	0,79	0,26	0,07	0,02	0,01					
0,8	10,80	8,88	2,91	2,50	1,03	0,34	0,09	0,03	0,01					
0,9	13,67	11,24	3,68	3,16	1,30	0,43	0,12	0,03	0,01					
1	16,88	13,87	4,55	3,91	1,61	0,53	0,14	0,04	0,02					
1,1	20,42	16,78	5,50	4,73	1,95	0,64	0,17	0,05	0,02	0,01				
1,2	24,30	19,97	6,54	5,62	2,32	0,76	0,20	0,06	0,02	0,01				
1,3	28,52	23,44	7,68	6,60	2,72	0,89	0,24	0,07	0,03	0,01				
1,4	33,08	27,19	8,91	7,66	3,15	1,03	0,28	0,08	0,03	0,01				
1,5	37,98	31,21	10,23	8,79	3,62	1,19	0,32	0,10	0,04	0,01				
1,6	43,21	35,51	11,64	10,00	4,12	1,35	0,36	0,11	0,04	0,01				
1,7	48,78	40,09	13,14	11,29	4,65	1,52	0,41	0,12	0,05	0,01				
1,8	54,69	44,95	14,73	12,66	5,21	1,71	0,46	0,14	0,05	0,01				
1,9	60,94	50,08	16,41	14,10	5,81	1,90	0,51	0,16	0,06	0,02				
2	67,52	55,50	18,18	15,62	6,44	2,11	0,57	0,17	0,07	0,02				
2,2	81,71	67,15	22,00	18,91	7,79	2,55	0,69	0,21	0,08	0,02	0,01			
2,4	97,25	79,92	26,18	22,50	9,27	3,04	0,82	0,25	0,09	0,03	0,01			
2,6		93,80	30,73	26,41	10,88	3,56	0,96	0,29	0,11	0,03	0,01	0,01		
2,8		108,80	35,64	30,63	12,62	4,13	1,11	0,34	0,13	0,04	0,01	0,01		
3			40,91	35,16	14,48	4,75	1,28	0,39	0,15	0,04	0,01	0,01		
3,2			46,55	40,00	16,48	5,40	1,45	0,44	0,17	0,05	0,02	0,01		
3,4			52,55	45,16	18,61	6,10	1,64	0,50	0,19	0,05	0,02	0,01		
3,6			58,92	50,63	20,86	6,83	1,84	0,56	0,21	0,06	0,02	0,01		
3,8			65,65	56,42	23,24	7,62	2,05	0,62	0,24	0,07	0,02	0,01	0,01	
4			72,74	62,51	25,75	8,44	2,27	0,69	0,26	0,07	0,02	0,01	0,01	
4,2			80,20	68,92	28,39	9,30	2,51	0,76	0,29	0,08	0,03	0,01	0,01	
4,4			88,03	75,65	31,16	10,21	2,75	0,83	0,32	0,09	0,03	0,02	0,01	
4,6			96,22	82,68	34,06	11,16	3,01	0,91	0,35	0,10	0,03	0,02	0,01	
4,8			104,77	90,03	37,09	12,15	3,27	0,99	0,38	0,11	0,04	0,02	0,01	
5				97,69	40,24	13,18	3,55	1,08	0,41	0,12	0,04	0,02	0,01	
5,2				105,67	43,53	14,26	3,84	1,17	0,45	0,12	0,04	0,02	0,01	
5,4					46,94	15,38	4,14	1,26	0,48	0,13	0,04	0,02	0,01	
5,6					50,48	16,54	4,45	1,35	0,52	0,14	0,05	0,03	0,01	
5,8					54,15	17,74	4,78	1,45	0,55	0,16	0,05	0,03	0,01	
6					57,95	18,99	5,11	1,55	0,59	0,17	0,06	0,03	0,01	
6,2					61,88	20,27	5,46	1,66	0,63	0,18	0,06	0,03	0,01	0,01
6,4					65,94	21,60	5,82	1,77	0,68	0,19	0,06	0,03	0,02	0,01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6,6					70,13	22,97	6,19	1,88	0,72	0,20	0,07	0,04	0,02	0,01
6,8					74,44	24,39	6,57	1,99	0,76	0,21	0,07	0,04	0,02	0,01
7					78,89	25,84	6,96	2,11	0,81	0,23	0,08	0,04	0,02	0,01
7,2					83,46	27,34	7,36	2,24	0,85	0,24	0,08	0,04	0,02	0,01
7,4					88,16	28,88	7,78	2,36	0,90	0,25	0,08	0,04	0,02	0,01
7,6					93,00	30,46	8,20	2,49	0,95	0,27	0,09	0,05	0,02	0,01
7,8					97,96	32,09	8,64	2,62	1,00	0,28	0,09	0,05	0,02	0,01
8					103,05	33,76	9,09	2,76	1,05	0,30	0,10	0,05	0,02	0,01
8,5						38,11	10,26	3,12	1,19	0,33	0,11	0,06	0,03	0,01
9						42,72	11,50	3,49	1,33	0,37	0,12	0,07	0,03	0,01
9,5						47,60	12,82	3,89	1,49	0,42	0,14	0,07	0,03	0,01
10						52,75	14,20	4,31	1,65	0,46	0,15	0,08	0,04	0,01
10,5						58,16	15,66	4,75	1,82	0,51	0,17	0,09	0,04	0,01
11						63,83	17,19	5,22	1,99	0,56	0,19	0,10	0,05	0,02
11,5						69,76	18,79	5,70	2,18	0,61	0,20	0,11	0,05	0,02
12						75,97	20,45	6,21	2,37	0,66	0,22	0,12	0,06	0,02
12,5						82,43	22,19	6,74	2,57	0,72	0,24	0,13	0,06	0,02
13						89,16	24,01	7,29	2,79	0,78	0,26	0,14	0,06	0,02
13,5						96,15	25,89	7,86	3,00	0,84	0,28	0,15	0,07	0,02
14						103,41	27,84	8,45	3,23	0,90	0,30	0,16	0,07	0,03
14,5							29,87	9,07	3,46	0,97	0,32	0,17	0,08	0,03
15							31,96	9,70	3,71	1,04	0,35	0,18	0,09	0,03
15,5							34,13	10,36	3,96	1,11	0,37	0,19	0,09	0,03
16							36,37	11,04	4,22	1,18	0,39	0,21	0,10	0,03
17							41,05	12,46	4,76	1,33	0,44	0,23	0,11	0,04
18							46,03	13,97	5,34	1,49	0,50	0,26	0,12	0,04
19							51,29	15,57	5,95	1,67	0,55	0,29	0,14	0,05
20							56,83	17,25	6,59	1,85	0,61	0,32	0,15	0,05
21							62,65	19,02	7,27	2,03	0,68	0,36	0,17	0,06
22							68,77	20,87	7,98	2,23	0,74	0,39	0,19	0,06
23							75,16	22,81	8,72	2,44	0,81	0,43	0,20	0,07
24							81,84	24,84	9,49	2,66	0,88	0,47	0,22	0,08
25							88,81	26,95	10,30	2,88	0,96	0,51	0,24	0,08
26							96,06	29,15	11,14	3,12	1,04	0,55	0,26	0,09
27							103,59	31,44	12,01	3,36	1,12	0,59	0,28	0,10
28								33,81	12,92	3,62	1,20	0,63	0,30	0,10
29								36,27	13,86	3,88	1,29	0,68	0,32	0,11
30								38,81	14,83	4,15	1,38	0,73	0,34	0,12
31								41,45	15,84	4,43	1,48	0,78	0,37	0,13
32								44,16	16,88	4,72	1,57	0,83	0,39	0,14
33								46,97	17,95	5,02	1,67	0,88	0,42	0,14
34								49,86	19,05	5,33	1,77	0,93	0,44	0,15
35								52,84	20,19	5,65	1,88	0,99	0,47	0,16
36								55,90	21,36	5,98	1,99	1,05	0,50	0,17
37								59,05	22,56	6,32	2,10	1,11	0,52	0,18
38								62,28	23,80	6,66	2,22	1,17	0,55	0,19
39								65,61	25,07	7,02	2,34	1,23	0,58	0,20
40								69,01	26,37	7,38	2,46	1,29	0,61	0,21
41								72,51	27,71	7,75	2,58	1,36	0,64	0,22
42								76,09	29,07	8,14	2,71	1,43	0,67	0,23
43								79,76	30,48	8,53	2,84	1,49	0,71	0,24
44								83,51	31,91	8,93	2,97	1,57	0,74	0,26
45								87,35	33,38	9,34	3,11	1,64	0,77	0,27
46								91,28	34,88	9,76	3,25	1,71	0,81	0,28
47								95,30	36,41	10,19	3,39	1,79	0,85	0,29
48								99,40	37,98	10,63	3,54	1,86	0,88	0,30
49								103,5	39,57	11,08	3,69	1,94	0,92	0,32
50									41,21	11,53	3,84	2,02	0,96	0,33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
52									44,57	12,47	4,15	2,19	1,03	0,36
54									48,07	13,45	4,48	2,36	1,12	0,39
56									51,69	14,47	4,81	2,54	1,20	0,41
58									55,45	15,52	5,16	2,72	1,29	0,44
60									59,34	16,61	5,53	2,91	1,38	0,48
62									63,37	17,73	5,90	3,11	1,47	0,51
64									67,52	18,90	6,29	3,31	1,57	0,54
66									71,81	20,10	6,69	3,52	1,67	0,58
68									76,23	21,33	7,10	3,74	1,77	0,61
70									80,78	22,61	7,52	3,96	1,87	0,65
72									85,47	23,92	7,96	4,19	1,98	0,69
74									90,28	25,26	8,41	4,43	2,09	0,72
76									95,23	26,65	8,87	4,67	2,21	0,76
78									100,31	28,07	9,34	4,92	2,33	0,80
80										29,53	9,83	5,17	2,45	0,85
82										31,02	10,32	5,44	2,57	0,89
84										32,56	10,83	5,70	2,70	0,93
86										34,12	11,36	5,98	2,83	0,98
88										35,73	11,89	6,26	2,96	1,02
90	-	-								37,37	12,44	6,55	3,10	1,07
95	-	-								41,64	13,86	7,30	3,45	1,19
100	-	-								46,14	15,35	8,08	3,83	1,32

Tablica Z.2.

**Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych
Gaz ziemny wysokometanowy**

Gęstość gazu w warunkach ruchowych 0,75 kg/m³

Ciśnienie początkowe w przewodzie 103 325 N/m²

d \ Q	10,00	10,40	13,00	13,40	16,00	20,00	26,00	33,00	40,00	51,60	64,30	73,10	84,90	105,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,1	0,14	0,12	0,04	0,03	0,01									
0,2	0,56	0,46	0,15	0,13	0,05	0,02								
0,3	1,27	1,04	0,34	0,29	0,12	0,04	0,01							
0,4	2,25	1,85	0,61	0,52	0,21	0,07	0,02	0,01						
0,5	3,52	2,89	0,95	0,81	0,34	0,11	0,03	0,01						
0,6	5,06	4,16	1,36	1,17	0,48	0,16	0,04	0,01						
0,7	6,89	5,66	1,86	1,59	0,66	0,22	0,06	0,02	0,01					
0,8	9,00	7,40	2,42	2,08	0,86	0,28	0,08	0,02	0,01					
0,9	11,39	9,36	3,07	2,64	1,09	0,36	0,10	0,03	0,01					
1	14,06	11,56	3,79	3,25	1,34	0,44	0,12	0,04	0,01					
1,1	17,02	13,99	4,58	3,94	1,62	0,53	0,14	0,04	0,02					
1,2	20,25	16,65	5,45	4,69	1,93	0,63	0,17	0,05	0,02	0,01				
1,3	23,77	19,54	6,40	5,50	2,27	0,74	0,20	0,06	0,02	0,01				
1,4	27,57	22,66	7,42	6,38	2,63	0,86	0,23	0,07	0,03	0,01				
1,5	31,65	26,01	8,52	7,32	3,02	0,99	0,27	0,08	0,03	0,01				
1,6	36,01	29,59	9,70	8,33	3,43	1,13	0,30	0,09	0,04	0,01				
1,7	40,65	33,41	10,95	9,41	3,88	1,27	0,34	0,10	0,04	0,01				
1,8	45,57	37,46	12,27	10,55	4,35	1,42	0,38	0,12	0,04	0,01				
1,9	50,78	41,73	13,67	11,75	4,84	1,59	0,43	0,13	0,05	0,01				
2	56,27	46,24	15,15	13,02	5,36	1,76	0,47	0,14	0,05	0,02	0,01			
2,2	68,08	55,96	18,33	15,75	6,49	2,13	0,57	0,17	0,07	0,02	0,01			
2,4	81,03	66,60	21,82	18,75	7,73	2,53	0,68	0,21	0,08	0,02	0,01			
2,6	95,11	78,16	25,61	22,01	9,07	2,97	0,80	0,24	0,09	0,03	0,01			
2,8	110,31	90,66	29,70	25,52	10,51	3,45	0,93	0,28	0,11	0,03	0,01	0,01		
3		104,08	34,09	29,30	12,07	3,96	1,07	0,32	0,12	0,03	0,01	0,01		
3,2			38,79	33,34	13,73	4,50	1,21	0,37	0,14	0,04	0,01	0,01		
3,4			43,79	37,63	15,50	5,08	1,37	0,42	0,16	0,04	0,01	0,01		
3,6			49,10	42,19	17,38	5,70	1,53	0,47	0,18	0,05	0,02	0,01		
3,8			54,71	47,01	19,37	6,35	1,71	0,52	0,20	0,06	0,02	0,01		
4			60,62	52,09	21,46	7,03	1,89	0,57	0,22	0,06	0,02	0,01	0,01	
4,2			66,83	57,43	23,66	7,75	2,09	0,63	0,24	0,07	0,02	0,01	0,01	
4,4			73,35	63,03	25,97	8,51	2,29	0,70	0,27	0,07	0,02	0,01	0,01	
4,6			80,17	68,90	28,38	9,30	2,50	0,76	0,29	0,08	0,03	0,01	0,01	
4,8			87,30	75,02	30,90	10,13	2,73	0,83	0,32	0,09	0,03	0,02	0,01	
5			94,73	81,40	33,53	10,99	2,96	0,90	0,34	0,10	0,03	0,02	0,01	
5,2			102,46	88,05	36,27	11,88	3,20	0,97	0,37	0,10	0,03	0,02	0,01	
5,4				94,96	39,11	12,82	3,45	1,05	0,40	0,11	0,04	0,02	0,01	
5,6				102,12	42,07	13,78	3,71	1,13	0,43	0,12	0,04	0,02	0,01	
5,8					45,12	14,78	3,98	1,21	0,46	0,13	0,04	0,02	0,01	
6					48,29	15,82	4,26	1,29	0,49	0,14	0,05	0,02	0,01	
6,2					51,56	16,89	4,55	1,38	0,53	0,15	0,05	0,03	0,01	
6,4					54,95	18,00	4,85	1,47	0,56	0,16	0,05	0,03	0,01	
6,6					58,44	19,14	5,16	1,57	0,60	0,17	0,06	0,03	0,01	
6,8					62,03	20,32	5,47	1,66	0,64	0,18	0,06	0,03	0,01	0,01
7					65,74	21,54	5,80	1,76	0,67	0,19	0,06	0,03	0,02	0,01
7,2					69,55	22,78	6,14	1,86	0,71	0,20	0,07	0,03	0,02	0,01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7,4					73,46	24,07	6,48	1,97	0,75	0,21	0,07	0,04	0,02	0,01
7,6					77,49	25,39	6,84	2,08	0,79	0,22	0,07	0,04	0,02	0,01
7,8					81,63	26,74	7,20	2,19	0,84	0,23	0,08	0,04	0,02	0,01
8					85,87	28,13	7,58	2,30	0,88	0,25	0,08	0,04	0,02	0,01
8,5					96,94	31,76	8,55	2,60	0,99	0,28	0,09	0,05	0,02	0,01
9					108,69	35,60	9,59	2,91	1,11	0,31	0,10	0,05	0,03	0,01
9,5						39,67	10,68	3,24	1,24	0,35	0,12	0,06	0,03	0,01
10						43,95	11,84	3,59	1,37	0,38	0,13	0,07	0,03	0,01
10,5						48,46	13,05	3,96	1,51	0,42	0,14	0,07	0,04	0,01
11						53,19	14,32	4,35	1,66	0,47	0,15	0,08	0,04	0,01
11,5						58,13	15,65	4,75	1,82	0,51	0,17	0,09	0,04	0,01
12						63,30	17,04	5,17	1,98	0,55	0,18	0,10	0,05	0,02
12,5						68,69	18,50	5,61	2,15	0,60	0,20	0,11	0,05	0,02
13						74,29	20,00	6,07	2,32	0,65	0,22	0,11	0,05	0,02
13,5						80,12	21,57	6,55	2,50	0,70	0,23	0,12	0,06	0,02
14						86,17	23,20	7,04	2,69	0,75	0,25	0,13	0,06	0,02
14,5						92,44	24,89	7,56	2,89	0,81	0,27	0,14	0,07	0,02
15						98,92	26,63	8,09	3,09	0,86	0,29	0,15	0,07	0,02
15,5						105,63	28,44	8,63	3,30	0,92	0,31	0,16	0,08	0,03
16							30,30	9,20	3,52	0,98	0,33	0,17	0,08	0,03
17							34,21	10,39	3,97	1,11	0,37	0,19	0,09	0,03
18							38,35	11,64	4,45	1,25	0,41	0,22	0,10	0,04
19							42,74	12,97	4,96	1,39	0,46	0,24	0,12	0,04
20							47,35	14,37	5,49	1,54	0,51	0,27	0,13	0,04
21							52,21	15,85	6,06	1,70	0,56	0,30	0,14	0,05
22							57,30	17,39	6,65	1,86	0,62	0,33	0,15	0,05
23							62,63	19,01	7,26	2,03	0,68	0,36	0,17	0,06
24							68,20	20,70	7,91	2,21	0,74	0,39	0,18	0,06
25							74,00	22,46	8,58	2,40	0,80	0,42	0,20	0,07
26							80,04	24,29	9,28	2,60	0,86	0,46	0,22	0,07
27							86,32	26,20	10,01	2,80	0,93	0,49	0,23	0,08
28							92,83	28,18	10,77	3,01	1,00	0,53	0,25	0,09
29							99,59	30,22	11,55	3,23	1,08	0,57	0,27	0,09
30								32,34	12,36	3,46	1,15	0,61	0,29	0,10
31								34,54	13,20	3,69	1,23	0,65	0,31	0,11
32								36,80	14,06	3,94	1,31	0,69	0,33	0,11
33								39,14	14,96	4,19	1,39	0,73	0,35	0,12
34								41,55	15,88	4,44	1,48	0,78	0,37	0,13
35								44,03	16,82	4,71	1,57	0,83	0,39	0,13
36								46,58	17,80	4,98	1,66	0,87	0,41	0,14
37								49,20	18,80	5,26	1,75	0,92	0,44	0,15
38								51,90	19,83	5,55	1,85	0,97	0,46	0,16
39								54,67	20,89	5,85	1,95	1,02	0,48	0,17
40								57,51	21,97	6,15	2,05	1,08	0,51	0,18
41								60,42	23,09	6,46	2,15	1,13	0,54	0,19
42								63,41	24,23	6,78	2,26	1,19	0,56	0,19
43								66,46	25,40	7,11	2,37	1,25	0,59	0,20
44								69,59	26,59	7,44	2,48	1,30	0,62	0,21
45								72,79	27,81	7,78	2,59	1,36	0,65	0,22
46								76,06	29,06	8,13	2,71	1,43	0,67	0,23
47								79,41	30,34	8,49	2,83	1,49	0,70	0,24
48								82,82	31,65	8,86	2,95	1,55	0,73	0,25
49								86,31	32,98	9,23	3,07	1,62	0,77	0,26
50								89,87	34,34	9,61	3,20	1,68	0,80	0,28
52								97,21	37,14	10,40	3,46	1,82	0,86	0,30
54								104,83	40,05	11,21	3,73	1,96	0,93	0,32
56									43,08	12,06	4,01	2,11	1,00	0,35
58									46,21	12,93	4,30	2,27	1,07	0,37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60									49,45	13,84	4,61	2,43	1,15	0,40
62									52,80	14,78	4,92	2,59	1,23	0,42
64									56,27	15,75	5,24	2,76	1,31	0,45
66									59,84	16,75	5,57	2,93	1,39	0,48
68									63,52	17,78	5,92	3,12	1,47	0,51
70									67,31	18,84	6,27	3,30	1,56	0,54
72									71,22	19,93	6,63	3,49	1,65	0,57
74									75,23	21,05	7,01	3,69	1,75	0,60
76									79,35	22,21	7,39	3,89	1,84	0,64
78									83,58	23,39	7,78	4,10	1,94	0,67
80									87,93	24,61	8,19	4,31	2,04	0,71
82									92,38	25,85	8,60	4,53	2,14	0,74
84									96,94	27,13	9,03	4,75	2,25	0,78
86									101,62	28,44	9,46	4,98	2,36	0,81
88										29,77	9,91	5,22	2,47	0,85
90										31,14	10,36	5,46	2,58	0,89
95										34,70	11,55	6,08	2,88	0,99
100										38,45	12,79	6,74	3,19	1,10

Tablica Z.3.

Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz ziemny wysokometanowy

Gęstość gazu w warunkach ruchowych 2,928 kg/m³

Ciśnienie początkowe w przewodzie 395 520 N/m²

d \ Q	10,00	10,40	13,00	13,40	16,00	20,00	26,00	33,00	40,00	51,6	64,3	73,1	84,9	105,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,1	0,55	0,45	0,15	0,13	0,05	0,02								
0,2	2,20	1,80	0,59	0,51	0,21	0,07	0,02	0,01						
0,3	4,94	4,06	1,33	1,14	0,47	0,15	0,04	0,01						
0,4	8,78	7,22	2,37	2,03	0,84	0,27	0,07	0,02	0,01					
0,5	13,73	11,28	3,70	3,18	1,31	0,43	0,12	0,04	0,01					
0,6	19,76	16,24	5,32	4,57	1,88	0,62	0,17	0,05	0,02	0,01				
0,7	26,90	22,11	7,25	6,23	2,57	0,84	0,23	0,07	0,03	0,01				
0,8	35,14	28,88	9,46	8,13	3,35	1,10	0,30	0,09	0,03	0,01				
0,9	44,47	36,55	11,98	10,29	4,24	1,39	0,37	0,11	0,04	0,01				
1	54,90	45,13	14,79	12,71	5,24	1,72	0,46	0,14	0,05	0,02				
1,1	66,43	54,60	17,89	15,38	6,34	2,08	0,56	0,17	0,06	0,02	0,01			
1,2	79,06	64,98	21,29	18,30	7,54	2,47	0,67	0,20	0,08	0,02	0,01			
1,3	92,79	76,27	24,99	21,48	8,85	2,90	0,78	0,24	0,09	0,03	0,01			
1,4	107,62	88,45	28,98	24,91	10,26	3,36	0,91	0,27	0,11	0,03	0,01	0,01		
1,5	123,54	101,54	33,27	28,59	11,78	3,86	1,04	0,32	0,12	0,03	0,01	0,01		
1,6	140,57	115,53	37,85	32,53	13,40	4,39	1,18	0,36	0,14	0,04	0,01	0,01		
1,7	158,69	130,43	42,73	36,73	15,13	4,96	1,34	0,41	0,15	0,04	0,01	0,01		
1,8	177,92	146,23	47,91	41,17	16,96	5,56	1,50	0,45	0,17	0,05	0,02	0,01		
1,9	198,24	162,93	53,38	45,88	18,90	6,19	1,67	0,51	0,19	0,05	0,02	0,01		
2	219,66	180,54	59,15	50,83	20,94	6,86	1,85	0,56	0,21	0,06	0,02	0,01		
2,2	265,81	218,46	71,57	61,51	25,34	8,30	2,24	0,68	0,26	0,07	0,02	0,01	0,01	
2,4	316,35	260,00	85,18	73,20	30,16	9,88	2,66	0,81	0,31	0,09	0,03	0,02	0,01	
2,6	371,30	305,15	99,97	85,91	35,39	11,60	3,12	0,95	0,36	0,10	0,03	0,02	0,01	
2,8	430,65	353,93	115,94	99,64	41,05	13,45	3,62	1,10	0,42	0,12	0,04	0,02	0,01	
3	494,41	406,32	133,10	114,38	47,12	15,44	4,16	1,26	0,48	0,14	0,04	0,02	0,01	
3,2	562,58	462,34	151,44	130,14	53,62	17,57	4,73	1,44	0,55	0,15	0,05	0,03	0,01	
3,4	635,15	521,98	170,97	146,92	60,53	19,83	5,34	1,62	0,62	0,17	0,06	0,03	0,01	
3,6	712,15	585,24	191,68	164,72	67,86	22,24	5,99	1,82	0,69	0,19	0,06	0,03	0,02	0,01
3,8	793,55	652,13	213,57	183,53	75,61	24,77	6,67	2,03	0,77	0,22	0,07	0,04	0,02	0,01
4	879,38	722,64	236,65	203,37	83,78	27,45	7,39	2,24	0,86	0,24	0,08	0,04	0,02	0,01
4,2	969,62	796,79	260,91	224,22	92,37	30,26	8,15	2,47	0,95	0,26	0,09	0,05	0,02	0,01
4,4	1064,30	874,56	286,36	246,09	101,38	33,22	8,95	2,72	1,04	0,29	0,10	0,05	0,02	0,01
4,6		955,97	313,00	268,97	110,80	36,30	9,78	2,97	1,13	0,32	0,11	0,06	0,03	0,01
4,8			340,82	292,88	120,65	39,53	10,65	3,23	1,24	0,35	0,12	0,06	0,03	0,01
5			369,83	317,81	130,91	42,89	11,55	3,51	1,34	0,38	0,12	0,07	0,03	0,01
5,2			400,02	343,75	141,60	46,39	12,49	3,79	1,45	0,41	0,14	0,07	0,03	0,01
5,4			431,40	370,71	152,70	50,03	13,47	4,09	1,56	0,44	0,15	0,08	0,04	0,01
5,6			463,97	398,70	164,22	53,81	14,49	4,40	1,68	0,47	0,16	0,08	0,04	0,01
5,8			497,72	427,70	176,17	57,72	15,54	4,72	1,80	0,50	0,17	0,09	0,04	0,01
6			532,66	457,72	188,53	61,77	16,63	5,05	1,93	0,54	0,18	0,09	0,04	0,02
6,2			568,79	488,77	201,31	65,95	17,76	5,39	2,06	0,58	0,19	0,10	0,05	0,02
6,4			606,11	520,83	214,51	70,28	18,93	5,75	2,20	0,61	0,20	0,11	0,05	0,02
6,6			644,61	553,91	228,13	74,74	20,13	6,11	2,34	0,65	0,22	0,11	0,05	0,02
6,8			684,30	588,02	242,17	79,34	21,37	6,49	2,48	0,69	0,23	0,12	0,06	0,02
7			725,19	623,14	256,63	84,07	22,64	6,87	2,63	0,74	0,24	0,13	0,06	0,02
7,2			767,26	659,29	271,51	88,95	23,95	7,27	2,78	0,78	0,26	0,14	0,06	0,02
7,4			810,52	696,46	286,81	93,96	25,30	7,68	2,94	0,82	0,27	0,14	0,07	0,02
7,6			854,97	734,65	302,53	99,11	26,69	8,10	3,10	0,87	0,29	0,15	0,07	0,02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7,8			900,62	773,86	318,67	104,39	28,11	8,53	3,26	0,91	0,30	0,16	0,08	0,03
8			947,45	814,10	335,23	109,82	29,57	8,98	3,43	0,96	0,32	0,17	0,08	0,03
8,5			1069,75	919,16	378,46	123,97	33,39	10,14	3,87	1,08	0,36	0,19	0,09	0,03
9				1030,62	424,32	138,99	37,43	11,36	4,34	1,22	0,40	0,21	0,10	0,03
9,5					472,80	154,87	41,70	12,66	4,84	1,35	0,45	0,24	0,11	0,04
10					523,91	171,60	46,21	14,03	5,36	1,50	0,50	0,26	0,12	0,04
10,5					577,65	189,19	50,95	15,47	5,91	1,65	0,55	0,29	0,14	0,05
11					634,02	207,65	55,91	16,97	6,49	1,82	0,60	0,32	0,15	0,05
11,5					693,02	226,96	61,11	18,55	7,09	1,98	0,66	0,35	0,16	0,06
12					754,66	247,13	66,54	20,20	7,72	2,16	0,72	0,38	0,18	0,06
12,5					818,92	268,16	72,20	21,92	8,38	2,35	0,78	0,41	0,19	0,07
13					885,82	290,05	78,10	23,71	9,06	2,54	0,84	0,44	0,21	0,07
13,5					955,36	312,80	84,22	25,57	9,77	2,74	0,91	0,48	0,23	0,08
14					1027,5	336,41	90,58	27,50	10,51	2,94	0,98	0,52	0,24	0,08
14,5						360,87	97,16	29,50	11,27	3,16	1,05	0,55	0,26	0,09
15						386,20	103,98	31,56	12,06	3,38	1,12	0,59	0,28	0,10
15,5						412,39	111,03	33,70	12,88	3,61	1,20	0,63	0,30	0,10
16						439,44	118,31	35,91	13,73	3,84	1,28	0,67	0,32	0,11
17						496,13	133,56	40,54	15,49	4,34	1,44	0,76	0,36	0,12
18						556,25	149,74	45,45	17,37	4,86	1,62	0,85	0,40	0,14
19						619,83	166,84	50,65	19,35	5,42	1,80	0,95	0,45	0,16
20						686,85	184,87	56,12	21,45	6,00	2,00	1,05	0,50	0,17
21						757,32	203,82	61,87	23,64	6,62	2,20	1,16	0,55	0,19
22						831,24	223,70	67,90	25,95	7,26	2,42	1,27	0,60	0,21
23						908,61	244,51	74,22	28,36	7,94	2,64	1,39	0,66	0,23
24						989,44	266,24	80,81	30,88	8,64	2,88	1,51	0,72	0,25
25						1073,72	288,90	87,69	33,51	9,38	3,12	1,64	0,78	0,27
26							312,48	94,84	36,24	10,15	3,38	1,78	0,84	0,29
27							336,99	102,2	39,09	10,94	3,64	1,92	0,91	0,31
28							362,43	110,0	42,04	11,77	3,92	2,06	0,98	0,34
29							388,79	117,9	45,09	12,62	4,20	2,21	1,05	0,36
30							416,08	126,2	48,25	13,51	4,50	2,37	1,12	0,39
31							444,30	134,8	51,53	14,42	4,80	2,53	1,20	0,41
32							473,44	143,68	54,90	15,37	5,11	2,69	1,27	0,44
33							503,51	152,80	58,39	16,34	5,44	2,86	1,36	0,47
34							534,51	162,20	61,98	17,35	5,77	3,04	1,44	0,50
35							566,44	171,88	65,68	18,39	6,12	3,22	1,52	0,53
36							599,29	181,85	69,49	19,45	6,47	3,41	1,61	0,56
37							633,08	192,09	73,40	20,55	6,84	3,60	1,70	0,59
38							667,79	202,62	77,43	21,67	7,21	3,80	1,80	0,62
39							703,43	213,43	81,55	22,83	7,60	4,00	1,89	0,65
40							740,00	224,52	85,79	24,01	7,99	4,21	1,99	0,69
41							777,50	235,88	90,13	25,23	8,40	4,42	2,09	0,72
42							815,93	247,54	94,59	26,48	8,81	4,64	2,20	0,76
43							855,29	259,47	99,14	27,75	9,24	4,86	2,30	0,80
44							895,58	271,68	103,81	29,06	9,67	5,09	2,41	0,83
45							936,80	284,17	108,58	30,39	10,11	5,33	2,52	0,87
46							978,95	296,95	113,46	31,76	10,57	5,57	2,63	0,91
47							1022,03	310,00	118,45	33,15	11,03	5,81	2,75	0,95
48								323,34	123,54	34,58	11,51	6,06	2,87	0,99
49								336,96	128,75	36,04	11,99	6,32	2,99	1,03
50								350,86	134,06	37,52	12,49	6,58	3,11	1,08
52								379,51	145,00	40,58	13,51	7,11	3,37	1,16
54								409,27	156,37	43,77	14,57	7,67	3,63	1,25
56								440,17	168,17	47,07	15,66	8,25	3,90	1,35
58								472,19	180,40	50,49	16,80	8,85	4,19	1,45
60								505,34	193,05	54,03	17,98	9,47	4,48	1,55
62								539,61	206,14	57,70	19,20	10,11	4,78	1,65

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
64								575,01	219,66	61,48	20,46	10,77	5,10	1,76
66								611,54	233,61	65,38	21,76	11,46	5,42	1,87
68								649,20	247,99	69,40	23,10	12,16	5,76	1,99
70								687,98	262,79	73,55	24,48	12,89	6,10	2,11
72								727,89	278,03	77,81	25,89	13,64	6,45	2,23
74								768,93	293,70	82,19	27,35	14,40	6,82	2,36
76								811,10	309,79	86,70	28,85	15,19	7,19	2,48
78								854,40	326,32	91,32	30,39	16,00	7,57	2,62
80								898,83	343,27	96,06	31,97	16,83	7,97	2,75
82								944,39	360,66	100,93	33,59	17,69	8,37	2,89
84								991,07	378,48	105,91	35,24	18,56	8,78	3,04
86								1038,89	396,72	111,02	36,94	19,45	9,21	3,18
88									415,40	116,24	38,68	20,37	9,64	3,33
90										121,58	40,46	21,31	10,08	3,48
95										135,47	45,08	23,74	11,23	3,88
100										150,11	49,95	26,30	12,45	4,30

Tablica Z.4.**Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych****Gaz płynny propan - butan**Gęstość gazu w warunkach ruchowych 2,2 kg/m³Ciśnienie początkowe w przewodzie 105 825 N/m²

d \ Q	10,00	10,40	13,00	13,40	16,00	20,00	26,00	33,00	40,00	51,6	64,3	73,1	84,9	105,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,1	0,41	0,34	0,11	0,10	0,04	0,01								
0,2	1,65	1,36	0,44	0,38	0,16	0,05	0,01							
0,3	3,71	3,05	1,00	0,86	0,35	0,12	0,03	0,01						
0,4	6,60	5,42	1,78	1,53	0,63	0,21	0,06	0,02	0,01					
0,5	10,31	8,48	2,78	2,39	0,98	0,32	0,09	0,03	0,01					
0,6	14,85	12,21	4,00	3,44	1,42	0,46	0,12	0,04	0,01					
0,7	20,21	16,61	5,44	4,68	1,93	0,63	0,17	0,05	0,02	0,01				
0,8	26,40	21,70	7,11	6,11	2,52	0,83	0,22	0,07	0,03	0,01				
0,9	33,42	27,47	9,00	7,73	3,19	1,04	0,28	0,09	0,03	0,01				
1	41,26	33,91	11,11	9,55	3,93	1,29	0,35	0,11	0,04	0,01				
1,1	49,92	41,03	13,44	11,55	4,76	1,56	0,42	0,13	0,05	0,01				
1,2	59,42	48,83	16,00	13,75	5,66	1,86	0,50	0,15	0,06	0,02	0,01			
1,3	69,74	57,31	18,78	16,14	6,65	2,18	0,59	0,18	0,07	0,02	0,01			
1,4	80,88	66,47	21,78	18,72	7,71	2,53	0,68	0,21	0,08	0,02	0,01			
1,5	92,85	76,31	25,00	21,48	8,85	2,90	0,78	0,24	0,09	0,03	0,01			
1,6	105,65	86,83	28,44	24,45	10,07	3,30	0,89	0,27	0,10	0,03	0,01	0,01		
1,7		98,03	32,11	27,60	11,37	3,73	1,00	0,30	0,12	0,03	0,01	0,01		
1,8		109,91	36,00	30,94	12,75	4,18	1,12	0,34	0,13	0,04	0,01	0,01		
1,9			40,11	34,47	14,20	4,65	1,25	0,38	0,15	0,04	0,01	0,01		
2			44,45	38,20	15,74	5,16	1,39	0,42	0,16	0,05	0,02	0,01		
2,2			53,79	46,22	19,04	6,24	1,68	0,51	0,19	0,05	0,02	0,01		
2,4			64,01	55,01	22,66	7,43	2,00	0,61	0,23	0,06	0,02	0,01	0,01	
2,6			75,13	64,56	26,60	8,71	2,35	0,71	0,27	0,08	0,03	0,01	0,01	
2,8			87,14	74,88	30,85	10,11	2,72	0,83	0,32	0,09	0,03	0,02	0,01	
3			100,04	85,96	35,41	11,60	3,12	0,95	0,36	0,10	0,03	0,02	0,01	
3,2				97,81	40,29	13,20	3,56	1,08	0,41	0,12	0,04	0,02	0,01	
3,4					45,49	14,90	4,01	1,22	0,47	0,13	0,04	0,02	0,01	
3,6					51,00	16,71	4,50	1,37	0,52	0,15	0,05	0,03	0,01	
3,8					56,82	18,62	5,01	1,52	0,58	0,16	0,05	0,03	0,01	
4					62,96	20,63	5,56	1,69	0,64	0,18	0,06	0,03	0,01	0,01
4,2					69,42	22,74	6,12	1,86	0,71	0,20	0,07	0,03	0,02	0,01
4,4					76,19	24,96	6,72	2,04	0,78	0,22	0,07	0,04	0,02	0,01
4,6					83,27	27,28	7,35	2,23	0,85	0,24	0,08	0,04	0,02	0,01
4,8					90,68	29,70	8,00	2,43	0,93	0,26	0,09	0,05	0,02	0,01
5					98,39	32,23	8,68	2,64	1,01	0,28	0,09	0,05	0,02	0,01
5,2					106,43	34,86	9,39	2,85	1,09	0,30	0,10	0,05	0,03	0,01
5,4						37,60	10,12	3,07	1,17	0,33	0,11	0,06	0,03	0,01
5,6						40,43	10,89	3,31	1,26	0,35	0,12	0,06	0,03	0,01
5,8						43,37	11,68	3,55	1,36	0,38	0,13	0,07	0,03	0,01
6						46,42	12,50	3,79	1,45	0,41	0,14	0,07	0,03	0,01
6,2						49,56	13,35	4,05	1,55	0,43	0,14	0,08	0,04	0,01
6,4						52,81	14,22	4,32	1,65	0,46	0,15	0,08	0,04	0,01
6,6						56,17	15,12	4,59	1,75	0,49	0,16	0,09	0,04	0,01
6,8						59,62	16,05	4,87	1,86	0,52	0,17	0,09	0,04	0,01
7						63,18	17,01	5,16	1,97	0,55	0,18	0,10	0,05	0,02
7,2						66,85	18,00	5,46	2,09	0,58	0,19	0,10	0,05	0,02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7,4						70,61	19,01	5,77	2,21	0,62	0,21	0,11	0,05	0,02
7,6						74,48	20,06	6,09	2,33	0,65	0,22	0,11	0,05	0,02
7,8						78,46	21,12	6,41	2,45	0,69	0,23	0,12	0,06	0,02
8						82,53	22,22	6,75	2,58	0,72	0,24	0,13	0,06	0,02
8,5						93,18	25,09	7,62	2,91	0,81	0,27	0,14	0,07	0,02
9						104,47	28,13	8,54	3,26	0,91	0,30	0,16	0,08	0,03
9,5							31,34	9,51	3,64	1,02	0,34	0,18	0,08	0,03
10							34,72	10,54	4,03	1,13	0,38	0,20	0,09	0,03
10,5							38,28	11,62	4,44	1,24	0,41	0,22	0,10	0,04
11							42,02	12,75	4,87	1,36	0,45	0,24	0,11	0,04
11,5							45,92	13,94	5,33	1,49	0,50	0,26	0,12	0,04
12							50,01	15,18	5,80	1,62	0,54	0,28	0,13	0,05
12,5							54,26	16,47	6,29	1,76	0,59	0,31	0,15	0,05
13							58,69	17,81	6,81	1,91	0,63	0,33	0,16	0,05
13,5							63,29	19,21	7,34	2,06	0,68	0,36	0,17	0,06
14							68,07	20,66	7,90	2,21	0,74	0,39	0,18	0,06
14,5							73,02	22,16	8,47	2,37	0,79	0,42	0,20	0,07
15							78,14	23,72	9,06	2,54	0,84	0,44	0,21	0,07
15,5							83,44	25,33	9,68	2,71	0,90	0,47	0,22	0,08
16							88,92	26,99	10,31	2,89	0,96	0,51	0,24	0,08
17							100,38	30,47	11,64	3,26	1,08	0,57	0,27	0,09
18								34,16	13,05	3,65	1,22	0,64	0,30	0,10
19								38,06	14,54	4,07	1,35	0,71	0,34	0,12
20								42,17	16,11	4,51	1,50	0,79	0,37	0,13
21								46,49	17,77	4,97	1,66	0,87	0,41	0,14
22								51,03	19,50	5,46	1,82	0,96	0,45	0,16
23								55,77	21,31	5,97	1,99	1,05	0,49	0,17
24								60,73	23,21	6,50	2,16	1,14	0,54	0,19
25								65,90	25,18	7,05	2,35	1,24	0,58	0,20
26								71,28	27,23	7,62	2,54	1,34	0,63	0,22
27								76,87	29,37	8,22	2,74	1,44	0,68	0,24
28								82,67	31,59	8,84	2,94	1,55	0,73	0,25
29								88,68	33,88	9,48	3,16	1,66	0,79	0,27
30								94,91	36,26	10,15	3,38	1,78	0,84	0,29
31								101,34	38,72	10,84	3,61	1,90	0,90	0,31
32									41,26	11,55	3,84	2,02	0,96	0,33
33									43,88	12,28	4,09	2,15	1,02	0,35
34									46,58	13,04	4,34	2,28	1,08	0,37
35									49,36	13,81	4,60	2,42	1,15	0,40
36									52,22	14,62	4,86	2,56	1,21	0,42
37									55,16	15,44	5,14	2,71	1,28	0,44
38									58,18	16,28	5,42	2,85	1,35	0,47
39									61,29	17,15	5,71	3,01	1,42	0,49
40									64,47	18,04	6,00	3,16	1,50	0,52
41									67,74	18,96	6,31	3,32	1,57	0,54
42									71,08	19,89	6,62	3,49	1,65	0,57
43									74,51	20,85	6,94	3,65	1,73	0,60
44									78,02	21,83	7,27	3,83	1,81	0,63
45									81,60	22,84	7,60	4,00	1,89	0,65
46									85,27	23,86	7,94	4,18	1,98	0,68
47									89,02	24,91	8,29	4,37	2,07	0,71
48									92,85	25,98	8,65	4,55	2,15	0,74
49									96,76	27,08	9,01	4,75	2,25	0,78
50									100,76	28,20	9,38	4,94	2,34	0,81
52										30,50	10,15	5,34	2,53	0,87
54										32,89	10,94	5,76	2,73	0,94
56										35,37	11,77	6,20	2,93	1,01
58										37,94	12,63	6,65	3,15	1,09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60										40,60	13,51	7,11	3,37	1,16
62										43,36	14,43	7,60	3,59	1,24
64										46,20	15,37	8,09	3,83	1,32
66										49,13	16,35	8,61	4,07	1,41
68										52,16	17,35	9,14	4,32	1,49
70										55,27	18,39	9,68	4,58	1,58
72										58,47	19,46	10,25	4,85	1,68
74										61,77	20,55	10,82	5,12	1,77
76										65,15	21,68	11,42	5,40	1,87
78										68,63	22,84	12,02	5,69	1,97
80										72,19	24,02	12,65	5,99	2,07
82										75,85	25,24	13,29	6,29	2,17
84										79,60	26,48	13,95	6,60	2,28
86										83,43	27,76	14,62	6,92	2,39
88										87,36	29,07	15,31	7,24	2,50
90										91,38	30,40	16,01	7,58	2,62
95										101,82	33,88	17,84	8,44	2,92
100											37,54	19,76	9,35	3,23
105											41,38	21,79	10,31	3,56
110											45,42	23,92	11,32	3,91
115											49,64	26,14	12,37	4,27
120											54,06	28,46	13,47	4,65
125											58,66	30,88	14,61	5,05
130											63,44	33,40	15,81	5,46
135											68,42	36,02	17,04	5,89
140											73,58	38,74	18,33	6,33
145											78,93	41,56	19,66	6,80
150											84,47	44,47	21,04	7,27
155											90,20	47,49	22,47	7,77
160											96,12	50,60	23,94	8,27
165											102,22	53,82	25,46	8,80
170												57,13	27,03	9,34
175												60,54	28,64	9,90
180												64,05	30,30	10,47
185												67,66	32,01	11,06
190												71,37	33,76	11,67
200												79,08	37,41	12,93
210												87,19	41,25	14,25
220												95,69	45,27	15,64
230												104,59	49,48	17,10
240													53,88	18,62
250													58,46	20,20
260													63,24	21,85
270													68,20	23,56
280													73,34	25,34
290													78,68	27,18
300													84,20	29,09

Tablica Z.5.
Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych
Gaz powietrze

Gęstość gazu w warunkach ruchowych $6,16 \text{ kg/m}^3$
 Ciśnienie początkowe w przewodzie $493\,585 \text{ N/m}^2$

d \ Q	10,00	10,40	13,00	13,40	16,00	20,00	26,00	33,00	40,00	51,6	64,3	73,1	84,9	105,0
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,1	1,16	0,95	0,31	0,27	0,11	0,04	0,01							
0,2	4,62	3,80	1,24	1,07	0,44	0,14	0,04	0,01						
0,3	10,40	8,54	2,80	2,41	0,99	0,32	0,09	0,03	0,01					
0,4	18,48	15,19	4,98	4,28	1,76	0,58	0,16	0,05	0,02	0,01				
0,5	28,88	23,73	7,78	6,68	2,75	0,90	0,24	0,07	0,03	0,01				
0,6	41,58	34,18	11,20	9,62	3,97	1,30	0,35	0,11	0,04	0,01				
0,7	56,60	46,52	15,24	13,10	5,40	1,77	0,48	0,14	0,06	0,02	0,01			
0,8	73,93	60,76	19,91	17,11	7,05	2,31	0,62	0,19	0,07	0,02	0,01			
0,9	93,56	76,90	25,20	21,65	8,92	2,92	0,79	0,24	0,09	0,03	0,01			
1	115,51	94,94	31,11	26,73	11,02	3,61	0,97	0,30	0,11	0,03	0,01	0,01		
1,1	139,77	114,88	37,64	32,35	13,33	4,37	1,18	0,36	0,14	0,04	0,01	0,01		
1,2	166,35	136,72	44,80	38,50	15,86	5,20	1,40	0,42	0,16	0,05	0,02	0,01		
1,3	195,23	160,46	52,57	45,18	18,62	6,10	1,64	0,50	0,19	0,05	0,02	0,01		
1,4	226,43	186,10	60,97	52,40	21,59	7,07	1,91	0,58	0,22	0,06	0,02	0,01	0,01	
1,5	259,94	213,64	70,00	60,15	24,78	8,12	2,19	0,66	0,25	0,07	0,02	0,01	0,01	
1,6	295,77	243,09	79,64	68,44	28,20	9,24	2,49	0,76	0,29	0,08	0,03	0,01	0,01	
1,7	333,91	274,43	89,91	77,27	31,83	10,43	2,81	0,85	0,33	0,09	0,03	0,02	0,01	
1,8	374,36	307,68	100,80	86,62	35,69	11,69	3,15	0,96	0,37	0,10	0,03	0,02	0,01	
1,9	417,13	342,83	112,31	96,52	39,77	13,03	3,51	1,07	0,41	0,11	0,04	0,02	0,01	
2	462,22	379,88	124,45	106,95	44,06	14,44	3,89	1,18	0,45	0,13	0,04	0,02	0,01	
2,2	559,34	459,69	150,58	129,41	53,32	17,47	4,71	1,43	0,55	0,15	0,05	0,03	0,01	
2,4	665,73	547,11	179,21	154,01	63,45	20,79	5,60	1,70	0,65	0,18	0,06	0,03	0,02	0,01
2,6	781,40	642,16	210,33	180,75	74,47	24,40	6,57	2,00	0,76	0,21	0,07	0,04	0,02	0,01
2,8	906,35	744,83	243,94	209,64	86,36	28,30	7,62	2,31	0,88	0,25	0,08	0,04	0,02	0,01
3	1040,6	855,13	280,05	240,66	99,14	32,49	8,75	2,66	1,02	0,28	0,09	0,05	0,02	0,01
3,2		973,07	318,64	273,83	112,81	36,96	9,95	3,02	1,16	0,32	0,11	0,06	0,03	0,01
3,4			359,73	309,14	127,35	41,73	11,24	3,41	1,30	0,36	0,12	0,06	0,03	0,01
3,6			403,32	346,59	142,77	46,78	12,60	3,82	1,46	0,41	0,14	0,07	0,03	0,01
3,8			449,40	386,18	159,08	52,12	14,04	4,26	1,63	0,46	0,15	0,08	0,04	0,01
4			497,97	427,92	176,27	57,75	15,55	4,72	1,80	0,51	0,17	0,09	0,04	0,01
4,2			549,04	471,81	194,34	63,67	17,15	5,21	1,99	0,56	0,19	0,10	0,05	0,02
4,4			602,61	517,83	213,30	69,88	18,82	5,71	2,18	0,61	0,20	0,11	0,05	0,02
4,6			658,67	566,01	233,13	76,38	20,57	6,24	2,39	0,67	0,22	0,12	0,06	0,02
4,8			717,24	616,33	253,85	83,17	22,40	6,80	2,60	0,73	0,24	0,13	0,06	0,02
5			778,30	668,79	275,45	90,24	24,30	7,38	2,82	0,79	0,26	0,14	0,07	0,02
5,2			841,86	723,41	297,93	97,61	26,29	7,98	3,05	0,85	0,28	0,15	0,07	0,02
5,4			907,93	780,17	321,30	105,26	28,35	8,61	3,29	0,92	0,31	0,16	0,08	0,03
5,6			976,50	839,08	345,55	113,20	30,49	9,26	3,54	0,99	0,33	0,17	0,08	0,03
5,8			1047,57	900,14	370,68	121,43	32,70	9,93	3,79	1,06	0,35	0,19	0,09	0,03
6				963,35	396,70	129,95	35,00	10,62	4,06	1,14	0,38	0,20	0,09	0,03
6,2				1028,71	423,60	138,76	37,37	11,34	4,34	1,21	0,40	0,21	0,10	0,03
6,4					451,38	147,86	39,82	12,09	4,62	1,29	0,43	0,23	0,11	0,04
6,6					480,04	157,25	42,35	12,86	4,91	1,38	0,46	0,24	0,11	0,04
6,8					509,59	166,93	44,95	13,65	5,22	1,46	0,49	0,26	0,12	0,04
7					540,03	176,89	47,64	14,46	5,53	1,55	0,51	0,27	0,13	0,04
7,2					571,35	187,15	50,40	15,30	5,85	1,64	0,54	0,29	0,14	0,05
7,4					603,55	197,69	53,24	16,16	6,18	1,73	0,58	0,30	0,14	0,05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7,6					636,63	208,52	56,15	17,05	6,51	1,82	0,61	0,32	0,15	0,05
7,8					670,60	219,64	59,15	17,96	6,86	1,92	0,64	0,34	0,16	0,06
8					705,46	231,05	62,22	18,89	7,22	2,02	0,67	0,35	0,17	0,06
8,5					796,47	260,85	70,24	21,32	8,15	2,28	0,76	0,40	0,19	0,07
9					893,02	292,45	78,75	23,91	9,14	2,56	0,85	0,45	0,21	0,07
9,5					995,10	325,85	87,74	26,64	10,18	2,85	0,95	0,50	0,24	0,08
10					1102,73	361,07	97,22	29,51	11,28	3,16	1,05	0,55	0,26	0,09
10,5						398,09	107,19	32,54	12,44	3,48	1,16	0,61	0,29	0,10
11						436,93	117,64	35,71	13,65	3,82	1,27	0,67	0,32	0,11
11,5						477,57	128,58	39,03	14,92	4,18	1,39	0,73	0,35	0,12
12						520,02	140,00	42,50	16,24	4,55	1,51	0,80	0,38	0,13
12,5						564,29	151,92	46,12	17,62	4,93	1,64	0,86	0,41	0,14
13						610,36	164,31	49,88	19,06	5,34	1,78	0,94	0,44	0,15
13,5						658,25	177,20	53,79	20,56	5,75	1,92	1,01	0,48	0,16
14						707,95	190,57	57,85	22,11	6,19	2,06	1,08	0,51	0,18
14,5						759,46	204,43	62,05	23,72	6,64	2,21	1,16	0,55	0,19
15						812,78	218,77	66,41	25,38	7,10	2,36	1,25	0,59	0,20
15,5						867,92	233,60	70,91	27,10	7,59	2,52	1,33	0,63	0,22
16						924,87	248,92	75,56	28,88	8,08	2,69	1,42	0,67	0,23
17						1044,2	281,02	85,30	32,60	9,13	3,04	1,60	0,76	0,26
18							315,06	95,63	36,55	10,23	3,40	1,79	0,85	0,29
19							351,06	106,55	40,72	11,40	3,79	2,00	0,95	0,33
20							389,00	118,07	45,12	12,63	4,20	2,21	1,05	0,36
21							428,89	130,17	49,74	13,92	4,63	2,44	1,15	0,40
22							470,73	142,86	54,59	15,28	5,09	2,68	1,27	0,44
23							514,51	156,15	59,67	16,70	5,56	2,93	1,39	0,48
24							560,25	170,02	64,97	18,19	6,05	3,19	1,51	0,52
25							607,94	184,49	70,50	19,73	6,57	3,46	1,64	0,57
26							657,58	199,55	76,25	21,34	7,10	3,74	1,77	0,61
27							709,18	215,20	82,23	23,02	7,66	4,03	1,91	0,66
28							762,72	231,44	88,44	24,75	8,24	4,34	2,05	0,71
29							818,22	248,27	94,87	26,55	8,84	4,65	2,20	0,76
30							875,68	265,69	101,52	28,42	9,46	4,98	2,36	0,81
31							935,08	283,70	108,41	30,34	10,10	5,32	2,52	0,87
32							996,45	302,30	115,51	32,33	10,76	5,67	2,68	0,93
33							1059,77	321,50	122,85	34,39	11,44	6,03	2,85	0,99
34								341,29	130,41	36,50	12,15	6,40	3,03	1,05
35								361,67	138,19	38,68	12,87	6,78	3,21	1,11
36								382,64	146,20	40,92	13,62	7,17	3,39	1,17
37								404,20	154,44	43,23	14,39	7,58	3,58	1,24
38								426,35	162,90	45,60	15,17	7,99	3,78	1,31
39								449,10	171,59	48,03	15,98	8,42	3,98	1,38
40								472,43	180,50	50,52	16,81	8,85	4,19	1,45
41								496,36	189,64	53,08	17,66	9,30	4,40	1,52
42								520,88	199,01	55,70	18,54	9,76	4,62	1,60
43								546,00	208,60	58,38	19,43	10,23	4,84	1,67
44								571,70	218,42	61,13	20,34	10,71	5,07	1,75
45								598,00	228,46	63,94	21,28	11,21	5,30	1,83
46								624,89	238,73	66,82	22,24	11,71	5,54	1,91
47								652,37	249,22	69,75	23,21	12,22	5,78	2,00
48								680,45	259,94	72,75	24,21	12,75	6,03	2,09
49								709,11	270,89	75,82	25,23	13,29	6,29	2,17
50								738,38	282,06	78,94	26,27	13,83	6,55	2,26
52								798,68	305,09	85,38	28,41	14,96	7,08	2,45
54								861,35	329,01	92,08	30,64	16,14	7,64	2,64
56								926,39	353,85	99,03	32,95	17,35	8,21	2,84
58								993,82	379,58	106,23	35,35	18,61	8,81	3,04
60								1063,6	406,22	113,68	37,83	19,92	9,43	3,26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
62									433,77	121,39	40,40	21,27	10,07	3,48
64									462,22	129,35	43,04	22,67	10,73	3,71
66									491,57	137,56	45,78	24,10	11,41	3,94
68									521,83	146,02	48,59	25,59	12,11	4,18
70									553,00	154,74	51,49	27,11	12,83	4,43
72									585,07	163,71	54,48	28,69	13,57	4,69
74									618,04	172,93	57,55	30,30	14,34	4,96
76									651,92	182,41	60,70	31,96	15,12	5,23
78									686,71	192,14	63,94	33,67	15,93	5,51
80									722,40	202,12	67,26	35,42	16,76	5,79
82									759,00	212,35	70,66	37,21	17,61	6,09
84									796,51	222,84	74,15	39,05	18,48	6,39
86									834,92	233,58	77,72	40,93	19,37	6,69
88									874,24	244,57	81,38	42,85	20,28	7,01
90									914,47	255,82	85,12	44,82	21,21	7,33
95									1019,0	285,04	94,85	49,94	23,63	8,17
100										315,84	105,09	55,34	26,19	9,05
105										348,23	115,87	61,01	28,87	9,98
110										382,20	127,17	66,96	31,68	10,95
115										417,75	138,99	73,19	34,63	11,97
120										454,88	151,34	79,69	37,71	13,03
125										493,59	164,22	86,47	40,91	14,14
130										533,89	177,62	93,52	44,25	15,29
135										575,78	191,55	100,86	47,72	16,49
140										619,24	206,00	108,47	51,32	17,74
145										664,30	220,98	116,35	55,06	19,03
150										710,93	236,49	124,52	58,92	20,36
155										759,16	252,52	132,96	62,91	21,74
160										808,96	269,08	141,68	67,04	23,17
165										860,36	286,17	150,67	71,29	24,64
170										913,34	303,78	159,94	75,68	26,15
175										967,91	321,92	169,49	80,20	27,72
180										1024,07	340,58	179,32	84,84	29,32
185											359,77	189,42	89,62	30,97
190											379,49	199,80	94,53	32,67
200											420,51	221,39	104,75	36,20
210											463,63	244,08	115,49	39,91
220											508,86	267,89	126,75	43,80
230											556,20	292,81	138,54	47,88
240											605,64	318,83	150,85	52,13
250											657,20	345,96	163,68	56,56
260											710,86	374,20	177,04	61,18
270											766,64	403,55	190,92	65,98
280											824,53	434,01	205,33	70,95
290											884,53	465,58	220,26	76,11
300											946,64	498,26	235,72	81,45

Literatura

Akty prawne, normy

1. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych Dz. U. Nr 92 poz. 881 z dnia 30 kwietnia 2004 r.
2. Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r. o wyrobach medycznych Dz. U. Nr 93 poz. 896 z dnia 30 kwietnia 2004 r. z późn. zmianami
3. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o zmianie ustawy Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. Dz. U. Nr 80 poz. 718 z 2003 r.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. Dz. U. Nr 75 poz. 690 z 2002 r.
5. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 15 lipca 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy Prawo energetyczne Dz. U. Nr 54 poz. 348 z 1997, Dz. U. Nr 153 poz. 1504 z 2003 r.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe. Dz. U. Nr 97 poz. 1055 z 2001 r.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 września 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi dalekosiężne do transportu ropy naftowej i produktów i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 98 poz. 1067 z 2000 r.
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 grudnia 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi dalekosiężne do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 1 poz. 8 z 2003 r.
9. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych. Dz. U. Nr 74 poz. 836 z 1999 r.
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 109 poz. 1156 z 2004 r.
11. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia do sieci gazowych, ruchu i eksploatacji tych sieci. Dz. U. Nr 105 poz. 1113 z 2004 r.
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu. Dz. U. Nr 87 poz. 798 z 2002 r..
13. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 28 kwietnia 1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu Dz. U. Nr 55 poz. 355 z 2002 r.
14. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji niektórych urządzeń ciśnieniowych. Dz. U. Nr 135 poz. 1269 z 2003r.

15. Rozporządzenie Rady Ministrów Z dnia 16 lipca 2002 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu. Dz. U. Nr 120 poz. 1021 z 2002 r
16. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 6 września 1999 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy magazynowaniu, napełnianiu i rozprowadzaniu gazów płynnych. Dz. U. z dnia 17 września 1999 r. z późniejszymi zmianami.
17. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 roku w sprawie szczegółowych zasad posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci. Dz. U. z dnia 21 maja 2003 r. z późniejszymi zmianami

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. PN-C-04750:2002 | Paliwa gazowe - Klasyfikacja, oznaczenie i wymagania |
| 2. PN-C-04753:2002 | Gaz ziemny - Jakość gazu dostarczanego odbiorcom z sieci rozdzielczej |
| 3. PN-C-96008:1998 | Przetwory naftowe - Gazy węglowodorowe - Gazy skroplone C3-C4 |
| 4. PN-EN 1057:2006 (U) | Miedź i stopy miedzi - Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania |
| 5. PN-EN 1172:1999 | Miedź i stopy miedzi - Blachy i taśmy dla budownictwa |
| 6. PN-EN 1173:1999 | Miedź i stopy miedzi - Oznaczenia stanów materiału |
| 7. PN-EN 1254-1:2004 | Miedź i stopy miedzi - Łączniki instalacyjne - Część 1: Łączniki do rur miedzianych z końcówkami do kapilarnego lutowania miękkiego lub twardego |
| 8. PN-EN 1254-2:2004 | Miedź i stopy miedzi - Łączniki instalacyjne - Część 2: Łączniki do rur miedzianych z końcówkami zaciskowymi |
| 9. PN-EN 1254-3:2004 | Miedź i stopy miedzi - Łączniki instalacyjne - Część 3: Łączniki do rur z tworzyw sztucznych z końcówkami zaciskowymi |
| 10. PN-EN 1254-4:2004 | Miedź i stopy miedzi - Łączniki instalacyjne - Część 4: Łączniki z końcówkami innymi niż do połączeń kapilarnych lub zaciskowych |
| 11. PN-EN 1254-5:2004 | Miedź i stopy miedzi - Łączniki instalacyjne - Część 5: Łączniki do rur miedzianych z krótkimi końcówkami do kapilarnego lutowania twardego |
| 12. PN-EN 1412:1998 | Miedź i stopy miedzi - Europejski system numeryczny |
| 13. PN-EN 1655:1999 | Miedź i stopy miedzi - Deklaracje zgodności |
| 14. PN-EN 13348:2004 | Miedź i stopy miedzi - Rury miedziane okrągłe bez szwu do gazów medycznych lub próżni |
| 15. PN-EN 13348:2004/A1:2005 (U) | Miedź i stopy miedzi - Rury miedziane okrągłe bez szwu do gazów medycznych lub próżni |
| 16. PN-EN ISO 6251:2001 | Skroplone gazy węglowodorowe - Korodujące działanie na miedź - Badanie na płycie miedzianej |
| 17. PN-EN 29453:2000 | Luty miękkie - Skład chemiczny i postać |
| 18. PN-EN 1044:2002 | Lutowanie twarde - Spoiwa |
| 19. PN-EN 1045:2001 | Lutowanie twarde - Topniki do lutowania twardego - Klasyfikacja i techniczne warunki dostawy |
| 20. PN-EN 12797:2002 | Lutowanie twarde - Badania niszczące złączy lutowanych na twardo |

21. PN-EN 12797:2002/A1:2005 Lutowanie twarde - Badania niszczące złączy lutowanych na twardo
22. PN-EN 12799:2003 Lutowanie twarde - Badania nieniszczące złączy lutowanych na twardo
23. PN-EN 12799:2003/A1:2005 Lutowanie twarde - Badania nieniszczące złączy lutowanych na twardo
24. PN-EN 14324:2005 (U) Lutowanie twarde - Wytyczne dotyczące stosowania złączy lutowanych na twardo
25. PN-EN ISO 3677:2001 Spoiwa do lutowania miękkiego, twardego i lutospawania - Oznaczenie
26. PN-EN 737-3:2006 Systemy rurociągowo dla gazów medycznych - Część 3: Rurociągi dla sprężonych gazów medycznych i próżni
27. PN-EN 297:2002 Kotły centralnego ogrzewania opalane gazem. Kotły typu B11 i B11BS z palnikami atmosferycznymi o nominalnym obciążeniu cieplnym nie przekraczającym 70 kW
28. PN-93/M-35350 Kotły grzewcze niskotemperaturowe i średnotemperaturowe. Wymagania i badania.
29. PN-87/M-40307 Ogrzewacze pomieszczeń gazowe konwekcyjne. Wymagania i badania
30. PN-87/M-40301 Gazowe grzejniki wody przepływowej. Wymagania i badania.
31. PN-B-02431-1:1999 Ogrzewnictwo. Kotłownie wbudowane na paliwa gazowe o gęstości względnej mniejszej niż 1. Wymagania.
32. Materiały informacyjne producentów rur miedzianych oraz osprzętu

Publikacje:

1. Andrzejczak E. – „Miedź w instalacjach gazowych.” PCPM, Wrocław 2006
2. Bąkowski K. – „Gazyfikacja” WNT 1996.
3. Tałach Z, Zając-Wstawska W.: „Współczesne systemy odprowadzania spalin z lokalnych kotłowni centralnego ogrzewania”, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Współczesne kierunki rozwoju sieci rozdzielczych gazów”, Wydawnictwo konferencyjne INiG, 23-28 marzec 2004.
4. Zając-Wstawska W. – „Złączki zaciskowe w instalacjach gazowych - Polska w tyle za innymi.” - Instalator Polski 3/2006
5. Zając-Wstawska W. – „Wymagania prawne i techniczne w zakresie stosowania gazów medycznych.” Seminarium PZITS, Łódź 2006
6. Zajda R. – „ Kontrola okresowa instalacji na paliwa gazowe (cz.1) – Rynek Instalacyjny Nr 1 i 2 2004 r.
7. Zajda R. – „ Kontrola okresowa instalacji na paliwa gazowe (cz. 2) – Rynek Instalacyjny Nr 4 2004 r.
8. Zajda R. – „ Okresowa kontrola stanu technicznego instalacji na paliwa gazowe. Podstawy prawne i zasady przeprowadzania” (cz. 1) – Rynek Instalacyjny Nr 10 2004 r.
9. Zajda R.– „ Okresowa kontrola stanu technicznego instalacji na paliwa gazowe . podstawy prawne i zasady przeprowadzania eksploatacyjnych kontroli szczelności i sporządzanie protokołów pokontrolnych” (cz. 2) – Rynek Instalacyjny Nr 12 2004 r.
10. Zajda R. – Instalacje gazowe na paliwa gazowe” stan prawny czerwiec 2003 r – Wydawnictwo COBO – PROFIL Warszawa 2003 r.
11. Zajda R., Tymiński B. – „ Instalacje i urządzenia gazowe” Wydawnictwo Centrum Szkolenia Gazownictwa PGNiG Warszawa 1999 r.
12. Zajda R. – „Instalacje gazowe – stan prawny”- Instalacje Sanitarne Nr 1 2003 r.
13. Zajda R. – „Regulacje dla kotłowni gazowej” – Instalacje Sanitarne Nr 2 2003 r.
14. Zajda R.– „Budowa i eksploatacja instalacji gazowych w budynkach w aspekcie bezpieczeństwa przeciwpożarowego” Cz. 1 – W akcji Technika Taktyka, Profilaktyka – Nr 5 2003 r. Wydawnictwo ELAMED.
15. Zajda R. – „Budowa i eksploatacja instalacji gazowych w budynkach w aspekcie bezpieczeństwa przeciwpożarowego” Cz.2 – W akcji Technika Taktyka, Profilaktyka – Nr 6 Wydawnictwo ELAMED.
16. Wiktorczyk M., Krause Z. – „O naprawdę dobrej miedzi uwag praktycznych parę.” Magazyn Instalatora, grudzień 2004

Spis rysunków

Rys. 2.1.	Miedź- cuprum aes.....	10
Rys. 2.2.	Choroba wodorowa miedzi – powiększenie 100-krotne skorodowanej kształtki z miedzi.	13
Rys. 6.1.	Rury miedziane do instalacji gazowych wg EN 1057 :2006	27
Rys. 6.2.	Złączka zaprasowywana z systemem kontroli szczelności SC-Contur.....	30
Rys. 6.3.	Narzędzie systemowe z pełną kontrolą zacisku	31
Rys. 6.4.	Złączka samozaciskowa.....	31
Rys. 6.5.	Kształtka zaciskowa z wewnętrznym pierścieniem ściskającym.....	32
Rys. 6.6.	Kształtka do lutowania kapilarnego według PN EN 1254 -1	32
Rys. 6.7.	Kształtki zaprasowywane z kontrolą szczelności wykonanego połączenia SC Contur.....	32
Rys. 6.8.	Przejście PE - miedź typu Geopress z ogranicznikiem wypływu gazu	32
Rys. 6.9.	Zestaw materiałów do lutowania twardego	33
Rys. 6.10.	Profesjonalny zestaw do lutowania lutem twardym	33
Rys. 6.11.	Schemat powstawania połączenia lutowanego	34
Rys. 6.12.	Łuk 5001 z miedzi do lutowania kapilarnego	34
Rys. 6.13.	Kolano 5090 niezalecane do lutowania kapilarnego	34
Rys. 6.14.	Złączki jednostronnie gwintowane przeznaczone do lutowania lutem twardym.....	35
Rys. 6.15.	Złączki (lewa z ogranicznikiem wypływu gazu) o różnych nakrętkach ocynkowanej i z brązu.....	35
Rys. 6.16.	Przykład oznaczenia rury miedzianej produkcji niemieckiej firmy SANCO.....	36
Rys. 7.1.	Sposoby zasilania odbiorników paliwa gazowego.....	37
Rys. 7.2.	Schemat instalacji z sieci elementy składowe.....	38
Rys. 7.3.	Zasady wykonywania instalacji gazowej w budynkach wysokich i wysokościowych	39
Rys. 7.4.	Dopuszczalny przypadek doprowadzenia dwóch rodzajów gazów palnych do budynku mieszkalnego.....	40
Rys. 7.5.	Niedopuszczalne przypadki instalowania urządzeń gazowych zasilanych gazem płynnym	40
Rys. 7.6.	Zasady montażu urządzeń sygnalizacyjno-odcinających.....	41
Rys. 7.7.	Rozwiązania techniczne zasilania budynków, w których w jednym pomieszczeniu zainstalowano urządzenia gazowe o sumarycznej mocy powyżej 60 kW	41
Rys. 7.8.	Przykłady rozwiązań instalacji gazowych na poziomie piwnic przykład a) i b) rozwiązanie dopuszczalne, przykład c) rozwiązanie niedopuszczalne	41
Rys. 7.9.	Zasady lokalizowania kurków głównych przy budynku.....	42
Rys 7.10.	Przykłady lokalizacji kurków głównych przed budynkiem.....	43
Rys. 7.11.	Przykłady instalowania reduktorów, kurków głównych i gazomierzy	43
Rys. 7.12.	Przykłady instalowania reduktorów i gazomierzy w jednej obudowie z kurkiem głównym	44

Rys. 7.13. Rodzaje materiału z jakiego winny być wykonane przewody instalacji gazowych w budynkach i przed budynkami.....	45
Rys. 7.14. Odległość instalowania przewodów gazowych od innych przewodów instalacyjnych.....	46
Rys. 7.15. Sposób usytuowania gazomierzy w obudowie instalowanych przed budynkiem	47
Rys. 7.16. Dopuszczalne odległości gazomierza od urządzenia gazowego.....	48
Rys. 7.17. Wysokość usytuowania gazomierzy	49
Rys. 7.18. Usytuowanie gazomierzy i liczników elektrycznych w poziomie.....	49
Rys. 7.19. Usytuowanie liczników elektrycznych w pionie w stosunku do gazomierzy.....	50
Rys. 7.20. Schemat działania SPS w układzie koncentrycznym.....	51
Rys. 7.21. Sposoby podłączania gazowych urządzeń grzewczych z zamkniętą komorą spalania do przewodów powietrzno – spalinowych	52
Rys. 7.22. Przykłady podłączenia urządzeń gazowych do przewodów instalacyjnych.....	52
Rys. 7.23. Przykłady instalowania gazowych przewodów instalacyjnych z miedzi w ścianie budynku	55
Rys. 7.24. Kompensacje przewodów gazowych	56
Rys. 7.25. Standardowe uchwyty z uszczelką z EPDM	57
Rys. 7.26. Przykład montażu rur miedzianych	57
Rys. 7.27. Przykład prowadzenia przewodów miedzianych pod stropem	58
Rys. 7.28. Przykład przejścia przewodem miedzianym przez strop lub ścianę budynku	58
Rys. 7.29. Dopuszczalność stosowania przewodów gazowych z miedzi w budownictwie mieszkaniowym.....	59
Rys. 7.30. Rampa i zbiornik.....	64
Rys. 7.31. Sprężarki i mieszalnia	65
Rys. 7.32. Układ próżniowy.....	67

Spis tablic

Tablica 1.1. Klasyfikacja gazów wytwarzanych metodami przemysłowymi wg PN-C-04750.....	5
Tablica 1.2. Wymagania dla gazów ziemnych wg PN-C-04753	5
Tablica 1.3. Wymagania dla gazów skroplonych C3-C4 wg PN-C-96008	6
Tablica 1.4. Wymagania dla mieszanin gazów węglowodorowych skroplonych z powietrzem wg PN-C-04750	6
Tablica 1.5. Właściwości fizykochemiczne wybranych gazów palnych.....	7
Tablica 1.6. Temperatura zapłonu oraz prędkość spalania wybranych węglowodorów	7
Tablica 1.7. Własności fizyczne wybranych gazów medycznych.....	9
Tablica 2.1. Właściwości fizykochemiczne i mechaniczne miedzi	11
Tablica 3.1. Współczynnik jednoczesności zużycia gazu dla małych grup odbiorców wykorzystujący gaz do indywidualnego ogrzewania pomieszczeń	15
Tablica 4.1. Długości przewodu prostoliniowego w m równoważące straty ciśnienia występujące na zamontowanych elementach wyposażenia przewodów instalacyjnych.....	19
Tablica 4.2. Wysokości ciśnień przed urządzeniami gazowymi zasilanymi różnymi rodzajami paliw gazowych w Pa.....	21
Tablica 4.3. Dopuszczalne straty ciśnienia w instalacjach gazowych zasilanych różnymi paliwami gazowymi oraz przy zastosowaniu różnych technik dystrybucji podane w Pa.	21

Tablica 6.1.	
Średnice zewnętrzne i grubości ścianek rur miedzianych zgodnych z normą PN – EN 1057	26
Tablica 6.2.	
Tolerancje średnicy zewnętrznej miedzianych rur instalacyjnych w mm	27
Tablica 6.3.	
Właściwości mechaniczne rur miedzianych wg PN-EN 13348	28
Tablica 6.4.	
Nominalne średnice zewnętrzne i grubości ścianki. Wymiary w mm.....	29
Tablica 7.1.	
Zalecane maksymalne odstępy pomiędzy podparciami dla przewodów miedzianych rozpraszających gazy medyczne.....	60
Tablica 7.2.	
Dopuszczalne odchylenia od nominalnego ciśnienia rozpraszania w %.....	61
Tablica Z.1.	
Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz ziemny zaazotowany	82
Tablica Z.2.	
Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz ziemny wysokometanowy	85
Tablica Z.3.	
Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz ziemny wysokometanowy	88
Tablica Z.4.	
Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz płynny propan - butan.....	91
Tablica Z.5.	
Jednostkowe straty ciśnienia w Pa dla rur miedzianych Gaz powietrze	94