

# Możliwości wykorzystania rur z PE w gazownictwie

## Possibilities of application of PE pipes in gas industry

Andrzej Rudzki, Marcin Kroczek<sup>\*)</sup>

**Słowa kluczowe:** *renowacja, budowa, PE, Compact Pipe, gazociągi podwyższonego średniego i wysokiego ciśnienia*

### Streszczenie

Przedstawiono 15 letnie doświadczenia eksploatacyjne możliwości wykorzystania rur z PE w budowie i modernizacji gazociągów średniego podwyższonego i wysokiego ciśnienia.

**Keywords:** *renovation, construction, PE, Compact Pipe, medium high and high pressure gas pipelines*

### Abstract

This article presents 15 years of operational experience with using PE pipes possibility in the construction and modernization of medium high and high pressure gas pipelines.

## 1. Wstęp

Sieć gazowa podwyższonego średniego jak i wysokiego ciśnienia posadowiona na terenach górniczych i pogórnicych (po byłej eksploatacji górniczej) jest jednym z najbardziej wrażliwych elementów infrastruktury, towarzyszącej procesom urbanizacji. Im wyższe ciśnienie gazu transportowanego siecią gazową, tym większe zagrożenie spowodowane ewentualnym wpływem niebezpiecznego medium, którym jest gaz ziemny. Wyższe ciśnienie gazu wymaga budowy gazociągów o wyższym poziomie kontroli inwestycji, i to zarówno materiałów do niej użytych, jak i jakości prac firm wykonujących gazociągi. W większości przypadków przy pracach powtarzalnych, jakimi są prace łączenia rur, błędy są popełniane przez człowieka, a zatem zautomatyzowanie procesów łączenia prowadzi do ich wyeliminowania.

Zgrzewanie rur z tworzyw sztucznych – w gazownictwie rur z PE, jest metodą całkowicie zautomatyzowana. W zależności od możliwości połączenia, stosuje się zgrzewanie doczołowe lub elektrooporowe – kształtkami elektrooporowymi.

Zgrzewanie elektrooporowe stosuje się także w przypadku napraw zniszczonych mechanicznie odcinków rur, przy wykonywaniu wstawek.

Obecnie w gazownictwie nie stosuje się do budowy gazociągów innych tworzyw sztucznych, ze względu na obowiązujące Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 26.04.2013 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie. Poprzednie Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe z 30.07.2001 r. (Dziennik Ustaw nr 97 poz. 1055 w rozdziale 2 punkt 5.2) pozwalało na budowę sieci gazowej z tworzyw sztucznych, nie ograniczając materiału jedynie do polietylenu. Obowiązujące rozporządzenie poszło krok wstecz w stosunku do rozporządzenia z 2001 r.

Postęp techniczny w nowych technologiach materiałowych pozwala na bezpieczną budowę gazociągów z tworzyw sztucznych innych niż PE, a także z materiałów kompozytowych, co będzie miało

prawdopodobnie odzwierciedlenie w przygotowywanej nowelizacji rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe.

## 2. Budowa sieci gazowych podwyższonego średniego ciśnienia z rur PE

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 26.04.2013 r., gazociągi dzieli się według maksymalnego ciśnienia roboczego (MOP). I tak, gazociągi wybudowane w zakresie ciśnienia powyżej 0,5 MPa do 1,6 MPa włącznie są kwalifikowane jako podwyższonego średniego ciśnienia. W Zakładzie Gazowniczym Zabrze jest kilkaset kilometrów takich gazociągów. To historyczna zaszczość, gdyż są to gazociągi po koksownicze, łączące dawne koksownie na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego oraz, w mniejszym stopniu, Rybnickiego Okręgu Węglowego. Sieć ta w przeważającej części była modernizowana w latach 70. i 80. poprzedniego wieku. Są one wykonane ze stali i ich średnice są dość duże, jak na stosowane w dystrybucji (większość gazociągów to DN 500 i DN 400).

Na terenach górniczych gazociągi podlegają oddziaływaniu obciążeń stałych i zmiennych wynikających z:

- ciężaru nawierzchni i gruntu zasypowego,
- ciśnienia transportowanego gazu,
- obciążeń powodowanych odkształceniami gruntu na skutek działalności górniczej.

Obciążenia wywoływane zmianami temperatury otoczenia gazociągów można pominąć, ze względu na w miarę stałą temperaturę otoczenia gazociągu (zagłębienie gazociągów wynosi min. 0,8 m).

Obciążenia powyższe są źródłem naprężeń w ściankach rur. Wpływ poszczególnych obciążeń na rodzaj i wielkość naprężeń w rurach jest różny. W gazociągach wysokiego ciśnienia dominuje ciśnienie gazu, natomiast w gazociągach niskiego i średniego ciśnienia istotne są już obciążenia gruntem.

Szczególne rodzaje obciążeń stanowią dla obiektów liniowych obciążenia powodowane podziemną eksploatacją górniczą złóż.

<sup>\*)</sup> dr inż. Andrzej Rudzki Polska Spółka Gazownictwa Oddział Zakład Gazowniczy Zabrze – kierownik Działu Zarządzania Majątkiem Sieciowym, e-mail: andrud@wp.pl

mgr inż. Marcin Kroczek Polska Spółka Gazownictwa Oddział Zakład Gazowniczy Zabrze – kierownik Gazowni w Gliwicach.

Gazociągi te są zabezpieczone przed jej wpływem za pomocą kompensatorów. Na terenach górniczych odkształcenia poziome gruntu wynoszą, w zależności od kategorii górniczej [3]:

Kategoria	Odkształcenia poziome ( $\epsilon_{gr}$ )[mm/m]
I	1,5
II	3,0
III	6,0
IV	9,0
V	>9,0

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, w związku z problemami z produkcją gazu koksowniczego, podjęto decyzję zmianie rodzaju transportowanego nim gazu: z koksowniczego na gaz ziemny.

Gazociągi te pełnią nadal funkcję gazociągów zasilających pierścieni wokół GOP.

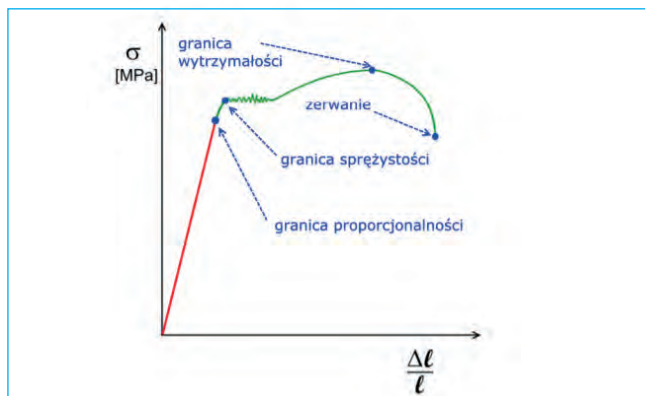
Problemem w eksploatacji gazociągów transportujących gaz ziemny w gazociągach, budowanych dla transportu gazu koksowniczego, jest nieuszczelnienie kompensatorów. Wynika to z faktu, że gaz ziemny jest gazem suchym i w związku z tym powoduje wysuszenie uszczelnienia, tj. sznura nasączonego smarem stosowanym do uszczelnienia w technice transportu gazu koksowniczego.

Konsekwencją tego procesu jest niekontrolowany wypływ gazu na zewnątrz rury. Jest to o tyle niekorzystne, że powoduje straty materialne, a także obciążenie dla środowiska naturalnego. W skrajnym przypadku może spowodować poważną awarię na sieci gazowej.

Gazociągi te wymagają w najbliższych latach wymiany lub modernizacji. Naturalnie nasuwającym się rozwiązaniem jest wykonanie gazociągów z materiału mającego właściwości lepkosprężyste jakimi są tworzywa sztuczne.

Jednym z takich materiałów jest PE, szeroko stosowane w gazownictwie od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Charakteryzuje się on wydłużeniem do granicy plastyczności, wynoszącym 10%.

Dla sieci gazowych, budowanych na terenach górniczych, dopuszczalne jednostkowe wydłużenie, zgodnie z materiałami producentów, wynosi 2% i znacznie przewyższa maksymalne odkształcenia poziome gruntu występujące w kategorii I – IV. Porównując wartości odkształceń poziomych gruntu oraz wydłużenia względnego materiału polietylenu do granicy plastyczności, można stwierdzić, że odkształcenia wzdłużne rur wymuszone przez deformacje gruntu są stosunkowo niewielkie, tym samym upoważniają do stosowania uogólnionego prawa Hooke'a – rys. 1.



Rys. 1 Wykres naprężeń dla PE  
Fig. 1 PE stress diagram

Zgodnie z obecnie przyjętymi uwarunkowaniami prawnymi sieci gazowe mogą być lokalizowane na terenach zaliczanych od I– IV kat. odkształceń powodowanych uszkodzeniami górniczymi. W praktyce jedynie PE jako jedyne tworzywo sztuczne jest dopuszczone do

stosowania dla rur do transportu gazu. Polietylen, z uwagi na swoje właściwości, m. in. takie jak duża plastyczność i pamięć molekularna, ma zastosowanie również na terenach górniczych w sieciach średniego i niskiego ciśnienia. W istotny sposób na trwałość i wytrzymałość konstrukcyjną sieci z polietylenu wpływa odpowiedni dobór rur, kształtek, armatury oraz zachowanie reżimu technologii montażu, a w szczególności metoda zgrzewania.

Także opinie Głównego Instytutu Górniczego, wydawane dla rur polietylenowych wykazują, że rury te mogą być stosowane na terenach szkód górniczych, a w szczególności przy ciśnieniu roboczym równym nominalnemu – do III kategorii szkód górniczych włącznie.

Zgodnie z PN-EN 1555-2:2010 „Systemy przewodów rurowych do przesyłania paliw gazowych Polietylen (PE)” Tab. 4 Właściwości mechaniczne – rura polietylenowa jako gotowy wyrób, musi spełnić wymaganie wydłużenia przy zerwaniu na poziomie 350% (badanie zgodne z EN ISO 6359-1 i ISO 6259-3). Można zatem uznać, że odkształcenia, powstające w wyniku przyrostów wskaźników deformacji terenu, nie stanowią dla rurociągu PE istotnego obciążenia. Ponadto obciążenia te ulegają zjawisku relaksacji, zatem obciążenia wpływające na rurociąg mają charakter raczej krótkotrwały (w perspektywie okresu użytkowania gazociągu) oraz nie kumulują się. Jest to cecha bardzo pożądana dla zastosowania rur PE na terenie oddziaływań szkód górniczych, gdyż eliminuje konieczność zastosowania urządzeń kompensujących.

W Oddziale w Zabrze eksploatujemy doświadczalne odcinki gazociągów średniego podwyższonego ciśnienia z rur PE. Są to dwa gazociągi średniego podwyższonego ciśnienia wykonane z rur PE SDR 7,4:

- odcinek 208 metrów o średnicy DN 200 CN 1,6 MPa – odgałęzienie do SRP Pilchowice w Szczygłowicach – wykonany w 2009 roku
- odcinek 638,4 metra o średnicy DN 400 CN 1,6 MPa – relacji Zabrze-Knurów – wykonany w roku 2010.

Oba gazociągi zostały wybudowane jako instalacje doświadczalne, w ekstremalnie trudnych warunkach III i IV kategorii odkształceń terenów górniczych.

Gazociąg DN 200 (Ø 225 PE 100 SDR 7,4) został wybudowany jako odcinek równoległy do istniejącego gazociągu stalowego – dublując odcinek stalowy. Został on zaprojektowany i wybudowany z obustronną możliwością zamknięcia przez zespoły zaporowo-upustowe.

Przy zmianie kierunku gazociągu zastosowano gięcie rur PE, z promieniem gięcia 50xDN. Gazociąg został połączony metodą zgrzewania. Zastosowano kształtki elektrooporowe o klasie ciśnienia PN 16 z PE 100 i SDR 7,4. Przy zastosowaniu zgrzewania doczołowego zastosowano sprzęt, który gwarantował prawidłowe wykonanie połączeń doczołowych ze względu na nietypowe wymiary tj. grubości ścianki. Próby szczelności przeprowadzono na podstawie normy PN-92/M-34503.

Materiał na gazociąg DN 400 (rura o średnicy zewnętrznej 400 mm, SDR 7,4 – grubość ścianki 54,7 mm, wykonana z PE 100) został dobrany dla współczynnika projektowego  $c = 2$  i dla ciśnienia 1,6 MPa.

Zastosowano wzór na maksymalne ciśnienie:

$$p_{\max} = \frac{2 \text{ MRS}}{c(\text{SDR}-1)}$$

gdzie:

MRS – minimalna żądana wytrzymałość po 50 latach (dla PE 100 – MRS = 10 MPa),

$c$  – współczynnik projektowy bezpieczeństwa (przyjmujemy zgodnie z normą PN-EN 1555-1 na systemy przewodów rurowych z polietylenu do przesyłania gazu Część 1: postanowienia ogólne p. 4.5 „Współczynnik projektowy,  $C$ , dla rur, kształtek i armatury przeznaczonych do przesyłania paliw gazowych – powinien być równy 2 lub większy).

W związku z powyższym otrzymujemy:

$$p_{\max} = \frac{2 \times 10}{2 \times (7,4-1)} = 1,5625 \text{ MPa}$$

wg obliczenia standardowego szeregu, gdyż rury szereguje się wg. stałych szeregów SDR.

W rzeczywistości przy grubości ścianki 54,7 mm, SDR czyli stosunek średnicy do grubości ścianki dla tej rury wynosi 7,31 to  $p_{\max}$  wynosi:

$$p_{\max} = \frac{2 \times 10}{2 \times (7,31-1)} = 1,5841 \text{ MPa}$$

Co prawda wielkość ta jest nieco niższa od ciśnienia wymagane-go 1,6 MPa dla tych rurociągów, jednak MRS przyjęte do obliczeń równe 10 MPa nie wynika z rzeczywistych wartości, które są o wiele wyższe (rys. 2), a z przyjętej klasyfikacji materiałowej. Wartości rzeczywiste wytrzymałości polietylenu PE 100 wyraźnie przekraczają 10 MPa nawet dla okresu 100 lat.

Technologia budowy gazociągów z PE 100 i SDR 7,4 na terenach szkód górniczych i pogórnicych, według doświadczeń z okresu ponad 10 letniej eksploatacji, zdaniem autorów, jest technologią spełniającą wszelkie parametry bezpieczeństwa dla tych gazociągów. Oba doświadczalne odcinki gazociągów pracują bezawaryjnie, bezob-

ślugowo, a co najważniejsze dla operatora, bezpiecznie i bez ryzyka niekontrolowanego wypływu gazu na nieszczelnych kompensatorach.

### 3. Renowacja sieci gazowych wysokiego ciśnienia rurami z PE.

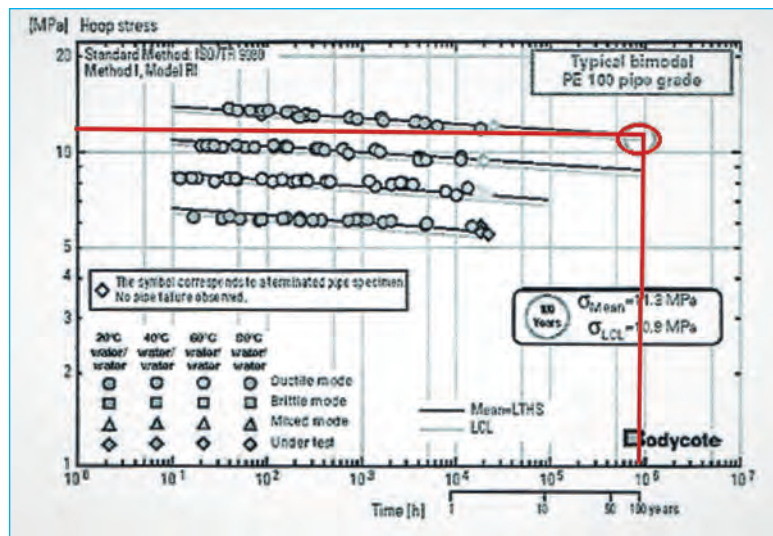
Wiele gazociągów wysokiego ciśnienia wymaga wymiany lub modernizacji, w celu bezpiecznej i nieprzerwanej dostawy nimi gazu. Eksploatacja gazociągów to nie tylko bieżąca obsługa sieci, usuwanie awarii na niej ale także kwalifikowanie sieci do wymiany. W przypadku, gdy nie jest możliwa wymiana rur stalowych na nowe, a dzieje się to coraz częściej z powodu braku pozwoleń właścicieli gruntów na posadowienie rur na ich własności, zostaje nam jedynie renowacja istniejącej rury. Taki przypadek zaistniał na gazociągu DN 400 CN 2,5 MPa w rejonie Tarnowskich Gór. W związku z brakiem zgody na wejście w teren leśny należało w inny sposób zmodernizować gazociąg i taką metodą okazała się metoda Compact Pipe. Była to pierwsza w Europie taka modernizacja gazociągu wysokiego ciśnienia.

W 2007 r. dokonano rehabilitacji odcinka gazociągu o łącznej długości 2,4 km. Wykorzystano rurę PE 100 DN 400 SDR 17,6 produkcji firmy Wavin, a renowacji dokonała firma GZOG z Zabrzeż wykonawca metody autoryzowany przez producenta.

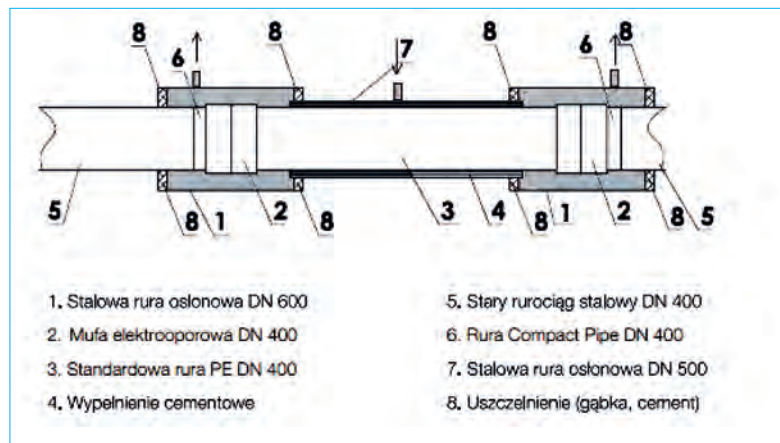
Metoda ta jest metodą ciasnopasowaną i rura PE stanowi interaktywną wykładzinę istniejącej rury stalowej, z którą przenosi obciążenia od ciśnienia. Wykładzina ta zachowuje długotrwałą zdolność do pokrywania wszelkich otworów korozyjnych lub nierówności połączeń występujących w istniejącym gazociągu.

Firma Wavin w związku z tym przedsięwzięciem uzyskała pozytywną opinię Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie oraz potwierdzenie wielkości strefy kontrolowanej dla gazociągu po renowacji. Zgodnie z obowiązującymi wówczas warunkami technicznymi przyjęto szerokość strefy 8 m, czyli po 4 m na każdą stronę. Gazociąg do dnia dzisiejszego pracuje bez jakiegokolwiek awarii.

Metodę powyższą wykorzystano także przy renowacji gazociągu wysokiego ciśnienia DN 500 o długości 13,5 km pod Strzelcami Opolskimi w 2009 r. a następnie dalszego odcinka tego gazociągu o długości ok. 10 km. Okres uzyskania pozwoleń, uzgodnień trwał wiele miesięcy, lecz był i tak krótszy od projektowania i uzyskania pozwoleń na budowę dla remontu gazociągu stalowego. Przesłanką do renowacji było pilne



Rys. 2 Zależność MRS dla rur PE od czasu. ( Materiał Stowarzyszenia PE100+)  
Fig. 2 Relationship of MRS for PE pipes on time. (Material of the PE100 + Association)



Rys.3 Renowacja wykładziną interaktywną na przykładzie rury gazociągu DN 400 ( Materiał firmy Wavin)

Fig. 3 Renovation with an interactive lining of a DN 400 gas pipeline (Wavin's material)



Rys. 4 Renowacja interaktywną wykładziną Compact Pipe ( Materiał firmy Wavin)

Fig. 4 Renovation with an interactive Compact Pipelining (Wavin material)



zasilenie specjalnej strefy ekonomicznej w Ujeździe, gdzie miały być budowane zakłady, których zapotrzebowanie na gaz nie mogło być zaspokojone z istniejących źródeł. Nowym źródłem miał być gazociąg z kierunku Śląska do Ujazdu i w związku z tym zapadła decyzja o wykorzystaniu tego gazociągu. W latach 2009 i 2010 dokonano rewitalizacji gazociągu, dostosowując jego parametry do potrzeb strefy w Ujeździe.

Gazociąg pierwotnie był wykonany na ciśnienie 4,0 MPa i także jego obliczenia w związku z renowacją przyjęto na takie parametry. Problemami były wżery mikrokorozyjne, przy zachowaniu wytrzymałości i dlatego rurę Compact Pipe wykorzystano do uszczelnienia i poprawy hydrauliki gazociągu, jednocześnie zachowując konstrukcyjną wytrzymałość rury stalowej. Gazociąg na dzień dzisiejszy w obrębie renowacji rurą Compact Pipe nie wykazuje żadnych nieszczelności, a także nie sprawia żadnych problemów eksploatacyjnych.

#### 4. Podsumowanie

Wykorzystanie tworzyw sztucznych w gazownictwie jest coraz powszechniejsze.

Gazociągi niskiego i średniego ciśnienia od lat buduje się prawie całkowicie z PE. Najwyższy czas by także zacząć budować gazociągi średniego podwyższonego i wysokiego ciśnienia z tworzyw sztucznych lub kompozytów.

Powyższe przykłady zastosowań PE do budowy i renowacji gazociągów świadczą o możliwości takich rozwiązań. Gazociągi te pracują już ponad 10 lat i nie wykazują żadnych problemów eksploatacyjnych.

Wykorzystanie PE do budowy gazociągów średniego podwyższonego ciśnienia na terenach szkód górniczych, jak i po eksploatacji górniczej, stanowi tańszą alternatywę modernizacji tych gazociągów. W budowie nie trzeba stosować bardzo drogich i zawodnych w eksploatacji elementów sieci, jakimi są kompensatory. Naszym zdaniem, żeby dostosować budowę sieci gazowych z PE, należałoby obniżyć ciśnienie pracy gazociągów średniego podwyższonego ciśnienia do rzeczywistych parametrów ich pracy. Gazociągi te na dzień dzisiejszy pracują na 0,8 MPa, więc nic nie stałoby na przeszkodzie,

by faktyczna granica ciśnienia średniego podwyższonego wynosiła 1,0 MPa a nie 1,6 MPa jak jest obecnie.

Należałoby się także przyjrzeć projektowemu współczynnikowi bezpieczeństwa  $c$ , który zgodnie z normą PN-EN 1555-1 wynosi 2 lub więcej. W Europie współczynnik ten jest zależny od ciśnienia, na które projektuje się gazociąg. Według naszego doświadczenia i w świetle coraz lepszych materiałów z jakich wytwarza się rury PE, jest to współczynnik chyba za wysoki.

Zastosowanie metody ciasnopasowanej, która jest właściwie wykładziną interaktywną, pozwala na poddawanie nią renowacji gazociągów wysokiego ciśnienia.

Metoda ta ma tę zaletę, że nie trzeba na jej zastosowanie pozyskiwać zezwoleń na wejście w teren, zgód właścicieli, bo jest ona metodą renowacyjną. Ma ona wiele zalet jak np. :

- nie redukujemy przepustowości gazociągu, średnica rurociągu niewiele się zmniejsza, za to istotnie zmniejsza się chropowatość rury,
- realizujemy długie odcinki gazociągów wraz z łukami,
- nie niszczymy powierzchni – wykonujemy niewielkie punktowe wykopy,
- powodujemy niewielkie zmiany w środowisku naturalnym,
- gazociąg może pracować minimum 50 lat po renowacji.

Przy zastosowaniu powyższych technologii można by było obniżyć koszty budowy i remontów sieci co powodowało by zwiększenie ilości wyremontowanych gazociągów i przez to obniżenie prawdopodobieństwa zaistnienia awarii.

#### LITERATURA:

- [1] Rudzki Andrzej, Marcin Kroczek „Renowacja gazociągu wysokiego ciśnienia metodą Compact Pipe”, Konferencja „Współczesne problemy energetyki gazowej i gazownictwa” 2010.
- [2] Wróblewska Anna, Andrzej Rudzki „Pięć lat europejskich doświadczeń w bezwykopowej renowacji rurociągów podwyższonego i wysokiego ciśnienia w technologii Compact Pipe”, XIII Krajowa Konferencja GAZ-TERM 2010
- [3] Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr hab. inż. J. Kwiatka – GIG 1998r., Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych.
- [4] Materiały własne