

Porównanie kosztów budowy sieci gazowych niskiego i średniego ciśnienia różnymi metodami

Cost comparison of low and medium pressure gas network construction costs executed by various methods

FLORIAN PIECHURSKI, MAGDALENA SPIEREWKA

DOI 10.36119/15.2023.5.1

Przeanalizowano koszty wykonania sieci gazowych dla czterech inwestycji metodą wykopową i bezwykopową. Z analiz tych wynika, iż dla większości metoda przewiertowa jest wyborem bardziej atrakcyjnym pod względem ekonomicznym. Całkowite koszty wykonania sieci gazowych metodą bezwykopową w 3/4 analizowanych przypadków są niższe i stanowią 83% ÷ 90% kosztów wykonania metodą wykopową. W jednym z przypadków koszty wykonania metodą wykopu otwartego są niższe i stanowią 98% kosztów wykonania metodą przewiertową.

Przy analizie prac montażowych, w metodzie bezwykopowej duży udział w kosztach stanowi wykonanie przewierć i przecisków, co niejednokrotnie może przewyższać koszt wykonania wykopów – zwłaszcza przy dużych średnicach sieci.

Aby pod względem ekonomicznym ocenić dany projekt budowy sieci gazowej oraz dobrać odpowiednią metodę wykonania, należy wziąć pod uwagę wiele czynników. Są to między innymi: rodzaj gruntu występujący na danym obszarze, głębokość występowania wód gruntowych, mnogość infrastruktury podziemnej, nawierzchnia występująca na trasie sieci oraz średnica rurociągu wiążąca się z ceną wykonania przewierć. Do każdego projektu należy podchodzić indywidualnie.

Słowa kluczowe: sieci gazowe, budowa wykopowa i bezwykopowa, koszty budowy

Analyses comparing the costs of gas network execution for four investments using the trench and trenchless method were presented. These analyses show that the drilling method is a more attractive choice in economic terms for most cases. The total costs of trenchless execution of gas networks in 3/4 of the analyzed cases are lower and account for 83% ÷ 90% of execution costs using the open excavation method. In one of the cases, the costs of execution using the open excavation method are lower and account for 98% of the costs of execution using the drilling method.

When analyzing assembly works, in the trenchless method, a large share of the costs is the execution of drillings and jacking, which can often exceed the cost of excavations – especially with large diameters of the network.

In order to economically assess a given gas network construction project and select the appropriate method of implementation, many factors must be taken into account. These include the type of soil in the area, the depth of groundwater, the multitude of underground infrastructure, the surface on the route of the network and the diameter of the pipeline related to the price of drilling. Each project should be approached individually.

Keywords: gas network, trenchless and open excavation method, construction cost

Zasady ogólne budowy sieci gazowych

Sieci gazowe niskiego i średniego ciśnienia są instalacjami pozwalającymi dostarczyć gaz ziemny zarówno odbiorcom indywidualnym jak też wszelkiego rodzaju firmom. Zarówno podczas etapu projektowania gazociągu jak i wykonawstwa należy przestrzegać zasad określonych w ustawie Prawo budowlane, tak aby bezpieczna była eksploatacja sieci oraz dostarczenie paliwa gazowego według wymaganego zapotrzebowania. Należy również przestrzegać wymagań Polskiej

Spółki Gazownictwa określonych w „Zasadach projektowania gazociągów, budowy, technologii grzewania i napraw polietylenowych sieci gazowych” [2], która jako eksploatacja sieci ma swoje wymagania dotyczące warunków przyłączenia danego odbiorcy, koncepcji gazyfikacji, planów inwestycyjnych oraz warunków technicznych [1].

Lokalizacja gazociągów

Projektując sieć gazową, pierwszą, najistotniejszą rzeczą jest ustalenie jej lokalizacji w terenie. Trasa gazociągu

musi być zgodna z rozporządzeniem Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie [1], a jej przebieg musi umożliwiać przeprowadzenie prac remontowych, eksploatacyjnych oraz możliwość rozbudowy sieci.

Gazociągi lokalizowane pod ziemią należy umieszczać na odpowiedniej głębokości. Zależy jest to od:

- nawierzchni pod jaką montujemy sieć – może być to obszar w pasie drogowym drogi niepublicznej, w jej poboczu, trawniku, chodniku, obszar poza pasem drogowym czy też grunty orne,

dr inż. Florian Piechurski <https://orcid.org/0000-0001-8065-962X>, mgr inż. Magdalena Spierewka – Politechnika Śląska Gliwice, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Inżynierii Wody Ścieków.
Adres do korespondencji/Corresponding author: Florian.Piechurski@polsl.pl

b) rodzaju budowanej sieci – czy jest to sieć rozdzielcza czy przyłącza gazowe. Głębokości ułożenia sieci dla wyżej wymienionych zależności wahają się pomiędzy 0,6 ÷ 1,0 m licząc od górnej, zewnętrznej ściany rury.

W przypadku przebiegu trasy gazociągu w drodze publicznej lub w pobliżu torów kolejowych głębokości różnią się i wynoszą 0,5 ÷ 1,5 m – uzależnione jest to od wysokości do jakiej się odnosimy. W przypadku torów kolejowych jest to wysokość głowki szyny kolejowej, natomiast przy drogach należy odnieść się do rzędnej rowu odwadniającego znajdującego się przy jezdni [1].

Odległość sieci gazowej od infrastruktury podziemnej

Odległości gazociągów od innych elementów infrastruktury podziemnej należy projektować zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie [1] oraz z indywidualnymi wymogami właścicieli danej infrastruktury podziemnej i obiektów terenowych. Przy skrzyżowaniach infrastruktury podziemnej z siecią gazową odległość pomiędzy zewnętrznymi ścianami (elementami) nie powinna być mniejsza niż 0,2 m, natomiast w pozostałych przypadkach – nie mniej niż 0,4 m.

Rury osłonowe i przepustowe

Rury osłonowe instalowane na gazociągu zabezpieczają sieć przed uszkodzeniami w miejscach bardziej narażonych na zniszczenie, np. pod jezdnią czy przejazdami. Natomiast rury przepustowe umożliwiają budowę sieci gazowej z rury przewodowej pod pasem drogowym lub inną przeszkodą terenową metodą bezwykopową.

Przy budowie sieci gazowych z polietylenu, rury osłonowe i przepustowe można wykonywać z PE, PA lub też ze stali, jednak zaleca się, aby charakterystyka rury osłonowej była taka sama jak rury przewodowej. Wymagany jest pomarańczowy kolor rur osłonowych polietylenowych. Przy projektowaniu przejść pod jezdniami czy torami kolejowymi z rur przepustowych należy uwzględnić odpowiednią mechaniczną wytrzymałość rur, tak aby nie doprowadzić do uszkodzenia obiektów inżynierskich.

Zasady stosowania rur osłonowych w sieciach gazowych:

a) instalowanie w miejscach wymaganych przez właścicieli infrastruktury podziemnej,

- b) brak konieczności przeprowadzania prób ciśnieniowych po montażu w docelowym miejscu,
- c) klasa ciśnieniowa rury osłonowej musi być taka sama jak rury przewodowej, ewentualnie dopuszczalna jest klasa o jeden stopień niższa,
- d) możliwie jak najmniejsza średnica rury osłonowej, jednak taka aby zapewnić jej montaż na rurze przewodowej z ewentualnym wypełnieniem przestrzeni międzyrurowej (gdy zajdzie taka potrzeba),
- e) brak konieczności uszczelniania końców rur osłonowych, ani też montażu instalacji wentylacji,
- f) w przypadku występowania rury, która pełni zarówno funkcję osłonową jak i przepustową, montowanej metodą bezwykopową, konieczne jest zastosowanie rury osłonowej wyposażonej w specjalne wzmocnienia warstwami ochronnymi. Klasa ciśnieniowa takich przewodów musi odpowiadać co najmniej klasie rur przewodowych.

Strefa kontrolowana

Strefa kontrolowana sieci gazowej stanowi obszar wzdłuż gazociągu wraz z przyłączami, którego oś pokrywa się z osią podłużną sieci. Szerokość strefy zależy od maksymalnego ciśnienia roboczego w sieci i wynosi: dla ciśnienia mniejszego lub równego 0,5 MPa – 1,0 m, natomiast dla ciśnienia 0,5 ÷ 1,6 MPa – 2,0 m [1].

Strefa kontrolowana gazociągów powinna zostać uwzględniona w miejscowych planach uzbrojenia podziemnego, jednak gdy tak nie jest, należy to przewidzieć w projekcie.

Przy realizacji trasy gazociągu w terenie leśnym konieczne jest wydzielenie pasu

gruntu o szerokości 2,0 m po każdej stronie projektowanej sieci, pozbawionego drzew i krzewów. Warunek ten dotyczy jedynie budowy metodą wykopu otwartego.

Dobór materiału dla polietylenowych sieci gazowych

a) Rury

Do budowy sieci gazowych wraz z przyłączami o ciśnieniu roboczym do 1,0 MPa należy stosować rury wykonane z polietylenu klasy PE100 lub PE100 RC. Rury te powinny być wzmocnione dodatkową, zewnętrzną powłoką ochronną. Wymagany kolorem dla rur do gazu jest kolor pomarańczowy [4],[5].

Rury klasy PE100 RC występują w trzech typach – z różnym ułożeniem warstw wskaźnikowych lub ochronnych. Przewody te charakteryzują się zwiększoną odpornością na powolną propagację pęknięć, a stosuje się je głównie przy budowie sieci gazowych metodami innymi niż klasyczny montaż w wykopie otwartym. Przy rurach tego typu nie ma konieczności stosowania podsypki i obsypki piaskowej. Stosowanie rur PE100 RC jest niezwykle istotne w przypadku budowy sieci, gdzie występuje ryzyko powstania dodatkowych zagrożeń, mogących zakłócić prawidłową eksploatację sieci, np. na terenie objętym szkodami górnictwami.

Typy rur klasy PE100 RC:

- typu 1 – rury jednowarstwowe klasy PE100 RC, w kolorze pomarańczowym,
- typu 2 – rury dwuwarstwowe klasy PE100 RC, warstwa zewnętrzna wymiarowo zintegrowana w kolorze pomarańczowym, warstwa wewnętrzna czarna,
- typu 3 – rury dwuwarstwowe klasy PE100 RC, z dodatkową, wzmacniającą warstwą zewnętrzną z materiału

Tabela 1. Dobór rur dla gazociągów i przyłączy gazu z materiału PE [2]
Table 1. Selection of pipes for gas pipelines and gas connections made of PE material

Lp.	Usytuowanie gazociągu	Technologia wykonania	Rodzaje rur – ciśnienie MOP w sieci	
			Niskie – do 10 kPa	Średnie – powyżej 10 do 0,5 MPa
1	W wykopie otwartym z podsypką i obsypką piaskową	– ułożenie standardowe	PE100 SDR11 DN < 90 mm PE100 SDR17 DN ≥ 90 mm	PE100 SDR11 DN < 90 mm PE100 SDR17 DN ≥ 90 mm
Dla przyłączy gazowych należy stosować rury PE100 RC SDR11 Typ 2.				
2	W wykopie otwartym, z podsypką i obsypką z gruntu rodzimego (bez gruzu i kamieni) lub bezwykopowo, z wykorzystaniem nieczynnego gazociągu	– ułożenie standardowe, – płuzenie, – przecisk tzw. kretem, – przewiert kierunkowy z płuczką – relining luźny (sliplining)	PE100 RC SDR11 o DN < 90 mm Typ 2 PE100 RC SDR17 (17,6) o DN ≥ 90 mm Typ 2	PE100 RC SDR11 o DN < 90 mm Typ 2 PE100 RC SDR17 (17,6) o DN ≥ 90 mm Typ 2
3	Bezwykopowe, o znacznym prawdopodobieństwie uszkodzenia (zarzysowania) ścianki rury przewodowej	– przewiert kierunkowy bez płuczki, – cracking, – burstlining, – relining pasowany	PE100 RC SDR11 o DN < 90 mm Typ 3 PE100 RC SDR17 (17,6) o DN ≥ 90 mm Typ 3	PE100 RC SDR11 o DN < 90 mm Typ 3 PE100 RC SDR17 (17,6) o DN ≥ 90 mm Typ 3

termoplastycznego np. polipropylenu w kolorze pomarańczowym. Zewnętrzna średnica rur typu 3 jest większa od średnicy normatywnej o podwojoną grubość warstwy z PP.

Zaleca się, aby stosowane materiały miały ujednoliconą klasę, typoszereg oraz zakres średnic. Z tego powodu dla ciśnienia niskiego i średniego w zakresie DN 25 ÷ 63 należy stosować typoszereg SDR11, natomiast dla średnic DN 90 ÷ 500 – typoszereg SDR17. W specjalnych przypadkach np. na terenie Górnego Śląska, gdzie powszechne jest występowanie szkód górniczych, wymagane jest stosowanie typoszeregu SDR11 przy zakresie średnic DN 90 ÷ 500.

Przy projektowaniu przyłączy gazu do typowych budynków jednorodzinnych zaleca się stosować średnice min. 25 mm przy średnim ciśnieniu oraz min. 40 mm przy ciśnieniu niskim.

b) Przyłącza

W praktyce mamy dwa przypadki lokowania kurka głównego:

- kurk główny zlokalizowany jest na ścianie budynku,
- kurk główny znajduje się w wolnostojącej szafce gazowej umiejscowionej w ogrodzeniu posesji.

W pierwszym przypadku odcinek przyłącza gazowego przed kurkiem głównym należy wykonać ze stali, z zamontowaniem przejścia PE/stal w odległości min. 0,5 m od ściany budynku. Dopuszczalne jest również zabudowanie gotowych kolumn. W przypadku drugim zalecane jest wykorzystanie prefabrykowanych kolumn.

c) Armatura

Przy budowie sieci gazowej z polietylenu konieczne jest zastosowanie odpowiedniej armatury zaporowej i upustowej. Są to m.in. kurki sferyczne, zasuwki czy też całe zespoły zaporowo – upustowe. Przy projektowaniu armatury z polietylenu należy stosować się do wymagań normy PN-EN 1555-4 [7] do maksymalnego ciśnienia równego 1,6 MPa możliwe jest stosowanie armatury z żeliwa sferoidalnego lub ciągliwego.

d) Kształtki

Kształtki do budowy sieci gazowych z tworzyw sztucznych powinny spełniać wymagania normy PN-EN 1555-1 [4] oraz PN-EN 1555-3 [6] – wymagana klasa polietylenu to PE100 w kolorze czarnym. Na etapie projektowania należy przewidzieć technologię zgrzewania rur, bo to od niej zależy dobór kształtek. Nale-

ży wyszczególnić łączenie rur za pomocą zgrzewania doczołowego lub elektrooporowego, po części zależnego od średnicy danej sieci. W zależności od metody zgrzewania do zbioru kształtek można zaliczyć: kolana, łuki, trójniki równoprzelotowe, trójniki redukcyjne, mufy, mufy redukcyjne, redukcję, zaślepki, trójniki siodłowe z nawiertką lub bez.

e) Połączenia PE/stal

Połączenia PE/stal do stosowania w gazociągach powinny spełniać wymagania Standardu Technicznego nr ST-IGG 1101: *Połączenia PE/stal dla gazu ziemnego wraz ze stalowymi elementami do włączy oraz elementami do przyłączy.*

Charakterystyka analizowanych inwestycji

Analizie poddano cztery inwestycje związane z budową sieci gazowej niskiego i średniego ciśnienia dwoma metodami: wykopem otwartym oraz bezwykopowo z wykorzystaniem przewiertów sterylnych i przecisków [3]. Wykonano osiem kosztorysów w programie Norma Pro dla każdej inwestycji i metody osobno. Ceny wprowadzone do programu to dane dla II kwartału 2019 r. zgodnie z cennikiem Sekocenbud. Wprowadzono również narzuty w postaci kosztów pośrednich, kosztów zakupu oraz zysku naliczane od każdej kwoty jednostkowo. Są to wartości odpowiednie dla terenu Województwa Śląskiego – średnie dla województwa całego ogółem. Na takiej samej zasadzie dobrano stawkę roboczogodziny pracowników. Przedstawione ceny w kosztorysach to ceny netto, nie uwzględniające podatku VAT.

Charakterystyka analizowanych gazociągów przedstawia się następująco:

Inwestycja A

Pierwszą analizowaną inwestycją jest gazociąg średniego ciśnienia o średnicy Dz160 PE (160x14,6 mm) wykonany z rur polietylenowych PE100 SDR11 RC o długości 1031 mb. Sieć gazowa zlokalizowana jest na terenie mało zurbanizowanym o zabudowie przemysłowej, wzdłuż drogi asfaltowej, na styku dwóch miast X i Y. Długość sieci w mieście X wynosi 517 m, natomiast po stronie Y – 514 m. Wpięcie do istniejącej czynnej sieci gazowej zaprojektowano po stronie miasta X za pomocą istniejącej zasuwki DN100 oraz kolana stalowego 90° DN100 z przyspawanym kołnierzem szyjkowym DN100 PN16. Za kolanem konieczne jest zamocowanie

połączenia PE/stal DN100/Dz110 PE100 SDR11 oraz redukcji Dz110/Dz160 PE. Na gazociąg zaprojektowano również dwustronny zespół zaporowo – upustowy DN150 PN16.

Projektowana sieć gazowa na swojej trasie koliduje z innymi sieciami infrastruktury podziemnej: siecią energetyczną, teletechniczną, wodociągową, kanalizacyjną i gazową. Nawierzchnia projektowanej trasy gazociągu stanowi tereny zielone, chodnik, brukową ścieżkę rowerową oraz nawierzchnię asfaltową.

Inwestycja A zlokalizowana jest na terenie, który można zakwalifikować do prostych warunków gruntowo – wodnych oraz drugiej kategorii geotechnicznej.

Na podstawie wykonanych kosztorysów dla inwestycji A budowy sieci gazowej metodą wykopową oraz bezwykopową wykonano zestawienie elementów scalonej.

Różnica wartości wynosi 91 023,29 zł co stanowi 17 % kosztów inwestycji dla metody bezwykopowej.

Inwestycja B

Drugą inwestycją poddaną analizie jest sieć gazowa średniego ciśnienia o średnicy Dz160 PE (160x14,6 mm) i długości całkowitej 1275 mb wraz z przyłączem gazu o średnicy Dz110 PE (110x10,0 mm) i długości 250 mb, wykonana z rur polietylenowych PE100 SDR11 RC. Lokalizacja gazociągu przebiega przez trzy miasta X, Y i Z – w mieście X wzdłuż drogi asfaltowej o niewielkim natężeniu ruchu (długość 900 mb), w mieście Y w poprzek jednej z najczęściej uczęszczanych dróg szybkiego ruchu w regionie (długość 60 m) oraz wzdłuż drogi dojazdowej, natomiast w mieście Z na terenie zamkniętym, zalesionym z licznymi terenami zielonymi (długość 315 mb oraz przyłącze gazu). Wpięcie do stalowej, źródłowej, czynnej sieci gazowej DN300 zaprojektowano po stronie miasta X poprzez wspawanie króćca kołnierzonego DN150, zamontowanie zasuwki DN150 oraz przewiercenie gazociągu przez zasuwę. Za miejscem włączenia przewidziano montaż zespołu zaporowo – upustowego DN150. Projekt uwzględnia również przepięcie analizowanej sieci do istniejących przyłączy PE DN90, DN63 oraz DN32 za pomocą trójników odgańlenia wraz z zasuwami DN150, DN80 i DN50 na każdym z przyłączy (odpowiednio dla każdej średnicy).

Projektowana sieć gazowa znajduje się w terenie ze słabo rozwiniętą infrastrukturą podziemną. Występują jednak

kolizje z sieciami: energetyczną, telekomunikacyjną, wodociągową, ciepłowniczą, kanalizacją deszczową, kanalizacją teletechniczną oraz siecią gazową średniego ciśnienia. Nawierzchnia projektowanej trasy gazociągu stanowi głównie tereny zielone – pobocza drogi, las oraz ogród.

Inwestycja **B** zlokalizowana jest na terenie, który można zakwalifikować do prostych warunków gruntowo – wodnych oraz pierwszej kategorii geotechnicznej. Zaobserwowano sączenie się wód gruntowych na głębokości 2,5 m p.p.t. jednak jest to poniżej projektowanej trasy sieci.

Na podstawie wykonanych kosztorysów dla inwestycji **B** budowy sieci gazowej metodą wykopu otwartego oraz przewiertową wykonano zestawienia elementów scalonych.

Różnica wartości wynosi 13 300,42 zł co stanowi 2 % kosztów inwestycji dla metody wykopowej.

Inwestycja C

Trzecią analizowaną inwestycją jest gazociąg średniego ciśnienia o średnicy Dz63 PE (63x5,8 mm) i długości 547 mb, Dz50 PE (50x4,6 mm) o długości 224 mb wraz z przyłączem gazu Dz32 PE (32x3,0 mm) o długości 13 mb oraz pięcioma przyłączami Dz25 PE (25x3,0 mm) o łącznej długości 47,5 mb. Sieć zaprojektowano z rur polietylenowych PE100 SDR11 RC. Cała analizowana sieć gazowa zlokalizowana jest w mieście X. Trasa projektowana jest w poboczu głównej drogi krajowej jak i prostopadle do niej przy drodze osiedlowej. Przyłącza gazu zaprojektowano tak, aby podłączyć do sieci gazowej nowych odbiorców domów jednorodzinnych. Wpięcie do istniejącej, czynnej sieci gazowej śr/c Dz110 PE zaprojektowano poprzez zastosowanie zasowy kołnierzonej DN50, dwóch złączy PE/stal Dz63/DN50 po jednym z każdej strony zasowy oraz trójnika elektrooporowego Dz110/Dz63/Dz110 PE100 SDR11. Przyłącza gazowe połączone zostaną z przewodem głównym za pomocą obejm siodłowych nawiercanych pod ciśnieniem. Każde przyłącze zakończone zostanie szafką gazową wraz z kurkiem głównym, reduktorem i gazomierzem w ogrodzeniu danej posesji.

Na trasie sieci występują kolizje z następującą infrastrukturą podziemną: siecią energetyczną, teletechniczną, wodociągową i kanalizacyjną. Nawierzchnię projektowanej trasy gazociągu stanowią tereny zielone (pobocza drogi), chodnik oraz jezdnia z kostki brukowej.

Inwestycja **C** zlokalizowana jest na terenie, który można zakwalifikować do

prostych warunków gruntowo – wodnych oraz pierwszej kategorii geotechnicznej co oznacza maksymalną głębokość wykopów – 1,2 m.

Na podstawie wykonanych kosztorysów, dla inwestycji **C** budowy sieci gazowej metodą wykopową i bezwykopową zestawiono elementy scalone.

Różnica wartości wynosi 27 342,63 zł co stanowi 14 % kosztów inwestycji dla metody bezwykopowej.

Inwestycja D

Czwartą analizowaną inwestycją jest sieć gazowa niskiego ciśnienia o średnicy Dz160 PE (160x14,6 mm) i długości 697 mb wraz z jedenastoma przyłączami gazu o średnicy Dz63 PE (63x5,8 mm) o łącznej długości ok. 20 mb. Gazociąg zaprojektowano z rur polietylenowych PE100 SDR11 RC. Trasa sieci zlokalizowana jest w mieście X na terenie małego zurbanizowanego, przy nowopowstałym osiedlu domów jednorodzinnych. Drogi, wzdłuż których projektowane są przewody gazowe są drogami gruntowymi o utwardzonej nawierzchni. Wpięcie do źródłowej, czynnej sieci gazowej Dz225 PE zaprojektowano poprzez montaż trójnika redukcyjnego Dz225/Dz160 PE100 SDR11 90°. Połączenie zostanie wykonane za pomocą zestawu do hermetycznego wstrzymywania gazu. Przyłącza gazu zakończone zostaną szafką gazową wraz z kurkiem głównym i gazomierzem w granicy każdej z działek. Występujące kolizje projektowanego gazociągu z istniejącą infrastrukturą podziemną to: sieć energetyczna, wodociągowa, kanalizacyjna, gazowa i teletechniczna. Nawierzchnię wzdłuż projektowanej trasy gazociągu stanowi nawierzchnia trawiasta, gruntowa, asfaltowa i z kostki brukowej (w pobliżu drogi głównej).

Inwestycja **D** znajduje się na terenie, który można zakwalifikować do prostych warunków gruntowo – wodnych oraz pierwszej kategorii geotechnicznej – tak

samo jak w przypadku poprzednich inwestycji. Zaprojektowano płytke ułożenie sieci pod powierzchnią terenu, co skutkuje brakiem konieczności wykonywania dodatkowych badań geotechnicznych pod projektowane przewody gazowe.

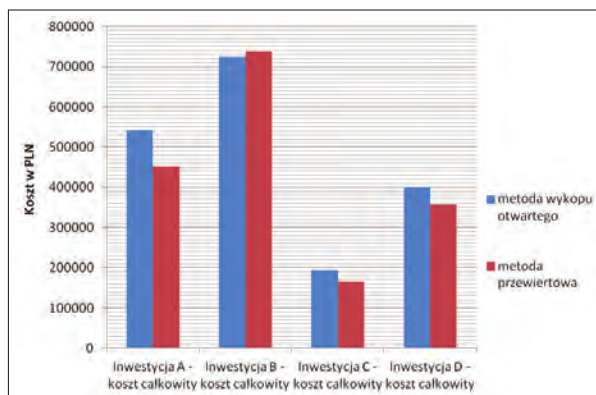
Na podstawie wykonanych kosztorysów dla inwestycji **D** budowy sieci gazowej metodą przewiertową oraz wykopu otwartego wykonano zestawienia elementów scalonych.

Różnica wartości wynosi 41 288,50 zł co stanowi 10 % kosztów inwestycji dla metody bezwykopowej.

Analiza otrzymanych kosztów inwestycji

Na podstawie elementów scalonych w kosztorysach wykonano rys.1, obrazujący całkowite koszty wykonania inwestycji **A**, **B**, **C** i **D** metodą wykopową i bezwykopową. Należy zwrócić uwagę, że różnice procentowe pomiędzy kosztami poszczególnych metod wynoszą 10 ÷ 17 % niezależnie od długości czy średnicy rurociągów. Wyjątkiem jest inwestycja **B**, w której koszty wykonania sieci gazowej metodą przewiertową są wyższe niż metodą wykopową. W pozostałych trzech przypadkach metoda wykopu otwartego okazała się być metodą droższą pod względem wykonawczym. Różnice w kosztach pomiędzy poszczególnymi inwestycjami zależą głównie od ich długości, średnicy, ale też nawierzchni przez jaką prowadzi trasa sieci. Inwestycja **B** jest gazociągiem średniego ciśnienia o największej długości, ale też średnicy Dz160 PE z przewiertem Dz250 PE. Trasa prowadzi przez tereny zielone. Natomiast inwestycja **C** – gazociąg średniego ciśnienia ma najmniejszą średnicę z porównywanych sieci gazowych, długość drugą z najkrótszych, stąd też najniższe koszty wykonania. Pozostałe dwie inwestycje o zbliżonych kosztach (**A** – średniego ciśnienia, **D** – niskiego ciśnienia) mają taką samą średnicę rurociągów, jednak różnią się ich długością oraz rodzajem nawierzchni.

Rys. 1. Porównanie całkowitych kosztów analizowanych inwestycji wykonanych metodą wykopową i bezwykopową (źródło: opracowanie własne)
Fig. 1. Total cost comparison for analyzed investments with trenchless and open excavation method (source: own research)



Po przeanalizowaniu otrzymanych wyników można zauważyć, że zarówno długość, średnica jak i ciśnienie gazu występujące w sieci nie mają wpływu na wyniki porównania metody wykopowej z bezwykopową. Największą rolę w porównaniu opłacalności zastosowania danej metody odgrywa nawierzchnia występująca wzdłuż projektowanej trasy sieci.

Investycja A

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono dokładne koszty wykonania inwestycji A – gazociągu średniego ciśnienia o długości 1031 mb wraz z procentowym udziałem każdego działu kosztorysowego dla metody wykopu otwartego i przewiertowej.

oraz zasyпки, wykonaniem przewiertów, co przy średnicy Dz160 PE stanowi dosyć dużą kwotę. Ze względu na lokalizację trasy sieci wzdłuż drogi asfaltowej, występuje również konieczność zajęcia pasa drogowego na czas prowadzenia robót. Kwota wynikająca z tego tytułu została uwzględniona w kosztach pozostałych. Różnica 55% spowodowana jest koniecznością zajęcia pasa drogowego o znacznie większej powierzchni w przypadku wykopów niż przy komorach przewiertowych.

Podsumowując koszty inwestycji A stwierdzono, że taniej jest wykonać sieć gazową średniego ciśnienia o długości 1031 mb metodą bezwykopową. Ta technika budowy pozwala na szybsze wyko-

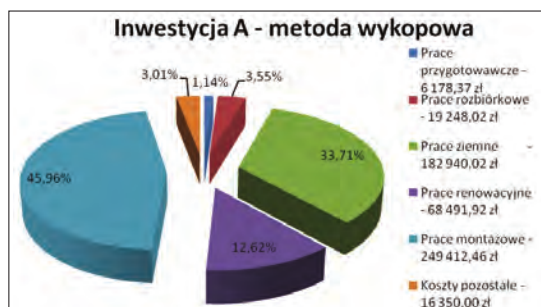
nanie, mniejsze zakłócenia ruchu podczas budowy, jak również brak konieczności rozbiórki znacznej powierzchni chodnika wykonanego z kostki brukowej, którego odtworzenie do stanu pierwotnego niejednokrotnie stanowi problem.

Koszty budowy 1 mb sieci gazowej inwestycji A metodą wykopową wynoszą 526,31 zł, natomiast metodą bezwykopową: 438,02 zł. Różnica kosztów 1 mb sieci pomiędzy dwoma analizowanymi metodami wynosi 88,29 zł. Jest to znaczna różnica, co ponownie świadczy o większej opłacalności metody bezwykopowej.

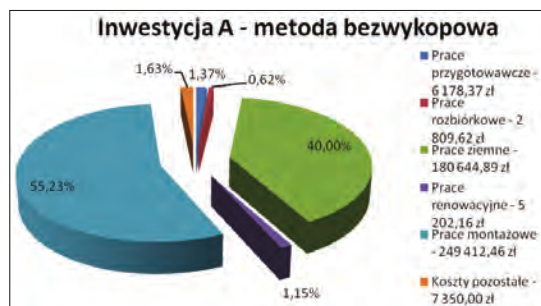
Investycja B

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono dokładne koszty wykonania inwestycji B – gazociągu średniego ciśnienia o długości 1275 mb wraz z przyłączem gazu 250 mb, z procentowym udziałem każdego działu kosztorysowego dla metody wykopu otwartego i przewiertowej.

Różnice w kosztach pomiędzy metodą wykopu otwartego a metodą przewiertową występują w robotach ziemnych – gazociąg Dz160PE, w odtworzeniach nawierzchni, w robotach montażowych, w robotach ziemnych – przyłączy, w odtworzeniach nawierzchni – przyłączy gazu, w robotach montażowych – przyłączy gazu oraz w kosztach pozostałych. Wynoszą one kolejno: 84,0%; 89,6%; 37,9%; 75,6%; 85,2%; 13,0%; 21,0%. Tak duże różnice kosztów w przypadku robót ziemnych (84,0%) i odtworzeń dla gazociągu Dz160PE (89,6%) oraz robót ziemnych (75,6%) i odtworzeń dla przyłącza gazu Dz110PE (85,2%) wynikają z konieczności



Rys. 2. Rozkład poszczególnych kosztów realizacji inwestycji A metodą wykopową (źródło: opracowanie własne)
Fig. 2. Distribution of particular costs of investment A for open excavation method (source: own research)

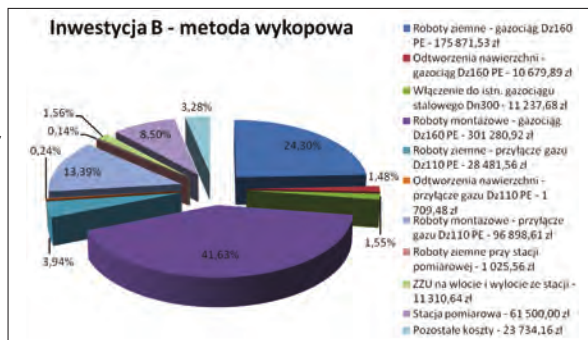


Rys. 3. Rozkład poszczególnych kosztów realizacji inwestycji A metodą bezwykopową (źródło: opracowanie własne)
Fig. 3. Distribution of particular costs of investment A for open trenchless method (source: own research)

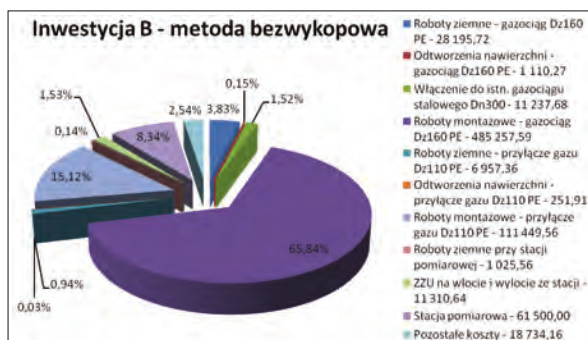
Różnice w kosztach pomiędzy metodą wykopu otwartego a metodą przewiertową występują zarówno w robotach rozbiórkowych, robotach ziemnych, pracach renowacyjnych jak i w kosztach pozostałych. Wynoszą one kolejno: 85,4%; 1,2%; 92,4%; 55,0%. Tak duże różnice kosztów w przypadku prac rozbiórkowych (85,4%) i renowacyjnych (92,4%) wynikają z lokalizacji sieci gazowej w poboczu drogi asfaltowej o nawierzchni w połowie z kostki brukowej, a w połowie gruntowej. W metodzie wykopowej występuje konieczność rozebrania i odtworzenia kostki brukowej wraz z podbudową na całej długości układanego gazociągu, co generuje duże koszty. Natomiast w metodzie bezwykopowej, wykopy występują jedynie w miejscu komór przewiertowych.

Różnica w robotach ziemnych wynosząca 1,2 % na korzyść metody przewiertowej spowodowana jest zastąpieniem wykonania wykopów, podsypki piaskowej

Różnicę w robotach ziemnych wynosząca 1,2 % na korzyść metody przewiertowej spowodowana jest zastąpieniem wykonania wykopów, podsypki piaskowej



Różnicę w robotach ziemnych wynosząca 1,2 % na korzyść metody przewiertowej spowodowana jest zastąpieniem wykonania wykopów, podsypki piaskowej



wykonania wykopów na całej długości trasy gazociągu wraz z przyłączem w metodzie wykopowej. W przypadku przewierć, wykopy i odtworzenia występują jedynie w miejscach komór przewiertowych, włączów do czynnej sieci oraz zabudowy zasuw. Trasa sieci zlokalizowana jest w terenach zielonych, dlatego też w przypadku robót montażowych dla gazociągu i przyłącza występują znaczne różnice kosztów na korzyść metody wykopowej. Niestety koszty wykonania przewierć o średnicy Dz160PE lub też Dz250PE (rura ochronna) na takiej długości sieci i tylu załamaniach są bardzo duże i w ogólnym podsumowaniu przewyższają koszty wykonania metodą wykopową.

Ostatnia różnica występuje w kosztach pozostałych w wysokości 21,0%, która spowodowana jest koniecznością zajęcia pasa drogowego wzdłuż trasy sieci o znacznie większej powierzchni w przypadku wykopów niż przy przewierciach.

Podsumowując inwestycję B stwierdzono, że taniej jest wykonać sieć gazową średniego ciśnienia o długości 1275 mb wraz z przyłączem gazu o długości 250 mb metodą wykopową. Spowodowane jest to nawierzchnią trawiastą/gruntową wzdłuż całej trasy sieci. Koszty wykonania wykopów oraz odtworzenia terenów na trasie są mniejsze niż wykonania przewierć na całej długości sieci.

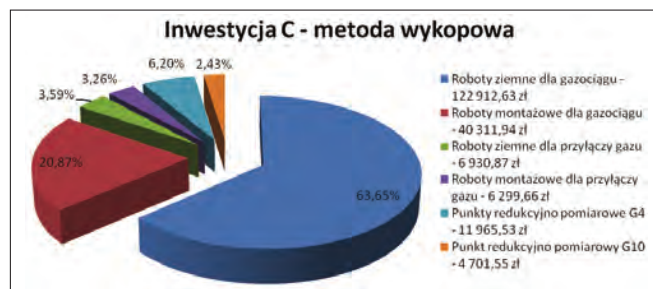
Koszty budowy w przeliczeniu na 1 mb sieci i przyłącza gazu inwestycji B metodą wykopową wynoszą: 401,23 zł – 1 mb sieci; 508,36 zł – 1 mb przyłącza; natomiast metodą bezwykopową: 418,27 zł – 1 mb sieci; 474,64 zł – 1 mb przyłącza. Różnica na 1 mb sieci wynosi 17,04 zł na korzyść metody wykopowej, a na 1 mb przyłącza gazu 33,72 zł na korzyść metody bezwykopowej. Patrząc jednak na długość sieci 5-krotnie większą niż przyłącza, bardziej opłacalne jest wykonanie tej inwestycji metodą wykopową.

Inwestycja C

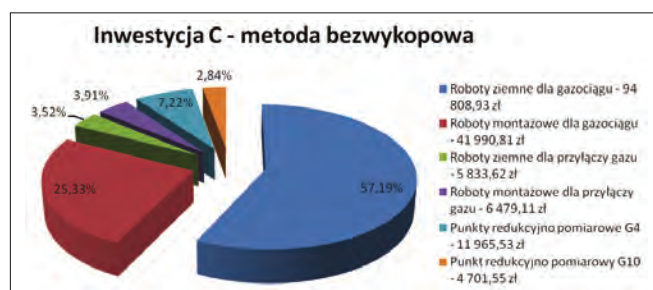
Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono szczegółowe koszty wykonania inwestycji C – sieci gazowej średniego ciśnienia o długości 771 mb wraz z 6 przyłączami gazu o łącznej długości 60,5 mb, z procentowym udziałem każdego działu kosztorysowego dla metody wykopowej i bezwykopowej.

Różnice w kosztach pomiędzy metodą wykopu otwartego a metodą przewiertową występują w robotach ziemnych dla gazociągu, robotach montażowych dla gazociągu, pracach ziemnych dla przyłącza gazu oraz w robotach montażowych dla przyłącza gazu. Wynoszą one kolej-

Rys. 6. Rozkład poszczególnych kosztów realizacji Inwestycji C metodą wykopową (źródło: opracowanie własne) Fig. 6. Distribution of particular costs of investment C for open excavation method (source: own research)



Rys. 7. Rozkład poszczególnych kosztów realizacji Inwestycji C metodą bezwykopową (źródło: opracowanie własne) Fig. 7. Distribution of particular costs of investment C for trenchless method (source: own research)

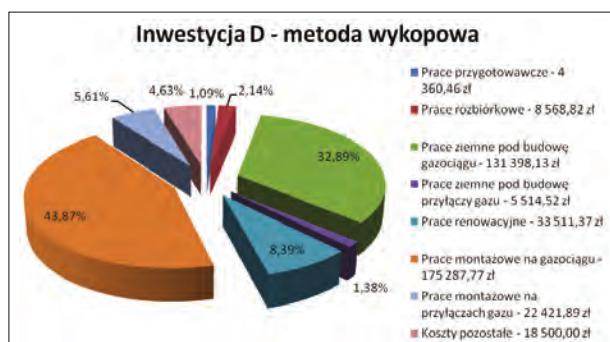


no: 22,9%; 4,0%; 15,8%; 2,8%. Zarówno w przypadku robót ziemnych dla gazociągu oraz robót ziemnych dla przyłączy gazu różnice kosztów nie są wielkie – wynoszą 22,9% oraz 15,8%. Spowodowane jest to koniecznością uwzględnienia w metodzie wykopowej wykopów liniowych na całej długości trasy. W przypadku metody przewiertowej, koszty wykonania wykopów są znacznie mniejsze, ponieważ występują one jedynie w miejscach komór, jednak dochodzą koszty wykonania samych przewierć i przecisków. W tych działach uwzględnione jest również odtworzenie nawierzchni po wykonanych robotach – przy metodzie bezwykopowej powierzchnia odtworzeń jest znacznie mniejsza niż w metodzie wykopowej, co znacznie obniża jej koszty.

Kolejne dwa działy związane z robotami montażowymi na gazociągu i robotami montażowymi na przyłączach różnią się nieznacznie pod względem kosztów, na korzyść metody wykopowej. Związane jest to z zastosowaniem rur ochronnych, których koszty przy metodzie przewiertowej zostały doliczone do ceny samego przewierci.

Podsumowując inwestycję C stwierdzono, że taniej jest wykonać sieć gazową średniego ciśnienia o długości 771 mb

Rys. 8. Rozkład poszczególnych kosztów realizacji Inwestycji D metodą wykopową (źródło: opracowanie własne) Fig. 8. Distribution of particular costs of investment D for open excavation method (source: own research)

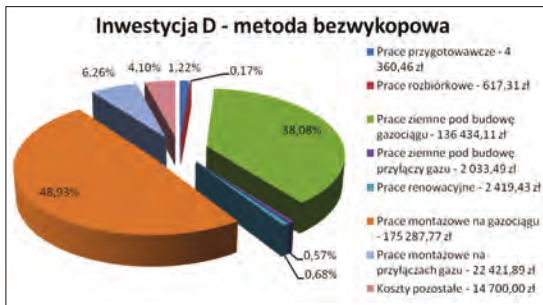


wraz z 6 przyłączami gazu o łącznej długości 60,5 mb metodą bezwykopową. Ta technologia budowy pozwala na szybsze wykonawstwo, mniejsze zakłócenia podczas budowy przy drodze krajowej, a co za tym idzie mniejsze opłaty za zajęcie pasa drogowego, ale też brak konieczności rozbiórki chodnika wykonanego z kostki brukowej na części projektowanej trasy.

Koszty budowy w przeliczeniu na 1 mb sieci i przyłączy gazu inwestycji C metodą wykopową wynoszą: 211,71 zł – 1 mb sieci; 218,68 zł – 1 mb przyłącza; natomiast metodą bezwykopową: 177,43 zł – 1 mb sieci; 203,51 zł – 1 mb przyłącza. Różnica na 1 mb sieci wynosi 34,28 zł, a na 1 mb przyłącza gazu 15,17 zł na korzyść metody bezwykopowej. Na tak niskie koszty wykonania 1 mb sieci metodą bezwykopową ma wpływ mała średnica sieci – Dz63PE i Dz50PE.

Inwestycja D

Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono dokładne koszty wykonania inwestycji D – sieci gazowej niskiego ciśnienia o długości 697 mb wraz z 11 przyłączami gazu o łącznej długości 20 mb, z procentowym udziałem każdego działu kosztorysowego dla metody wykopowej i bezwykopowej.



Rys. 9. Rozkład poszczególnych kosztów realizacji Inwestycji D metodą bezwykopową (źródło: opracowanie własne)

Fig. 9. Distribution of particular costs of investment D for trenchless method (source: own research)

Różnice w kosztach pomiędzy metodą wykopową a metodą bezwykopową występują w pracach rozbiórkowych, robotach ziemnych pod budowę gazociągu, robotach ziemnych pod budowę przyłączy gazu, pracach renowacyjnych oraz pozostałych kosztach. Wynoszą one kolejno: 92,8%; 3,7%; 63,1%; 92,8%; 20,5%. Tak wysoka różnica kosztów w pracach rozbiórkowych i renowacyjnych (92,8%) spowodowana jest bardzo dużą różnicą w powierzchni nawierzchni do rozbiórki i jej odbudowy pomiędzy dwoma analizowanymi metodami. W metodzie bezwykopowej są to jedynie miejsca komór przewiertowych, w wykopowej natomiast cała długość trasy. Cała trasa sieci gazowej umiejscowiona jest w terenach trawiastych, z wyjątkiem miejsca przekroczenia drogi asfaltowej.

Kolejną występującą różnicę w kosztach mamy dla robót ziemnych pod budowę gazociągu w wysokości 3,7% na korzyść metody wykopowej. Taka różnica spowodowana jest zastąpieniem metody wykopów ziemnych wykonaniem przewiertów, gdzie przy średnicy Dz160PE nie jest to niska kwota. Natomiast roboty ziemne pod budowę przyłączy różnią się pomiędzy dwoma analizowanymi metodami o 63,1% na korzyść metody bezwykopowej. Na różnicę ma wpływ tutaj konieczność wykonania podsypki i obsypki piaskowej oraz wywóz nadmiarów gruntów przy metodzie wykopowej.

Ostatnią różnicą kosztów w tej inwestycji są koszty pozostałe w wysokości 20,5%. Powodem takiej różnicy jest uwzględnienie ceny zajęcia pasa drogowego pod budowę sieci. Przy metodzie wykopowej występuje konieczność zajęcia znacznie większej powierzchni terenu na dłuższy czas, co wiąże się z wyższymi opłatami w odpowiednim urzędzie.

Podsumowując inwestycję D stwierdzono, że korzystniej jest wykonać sieć

gazową niskiego ciśnienia o długości 697 mb wraz z 11 przyłączami gazu o łącznej długości 20 mb metodą bezwykopową. Ta technologia budowy pozwala na szybsze wykonawstwo, mniejsze zakłócenia ruchu drogowego, ale również minimalizuje zniszczenia nawierzchni na projektowanej trasie sieci.

Koszty budowy w przeliczeniu na 1 mb sieci i przyłączy gazu inwestycji D metodą wykopu otwartego wynoszą: 529,85 zł – 1 mb sieci; 1512,92 zł – 1 mb przyłączy; natomiast metodą bezwykopową: 478,41 zł – 1 mb sieci; 1512,92 zł – 1 mb przyłączy. Koszty budowy w przeliczeniu na 1 mb sieci wynoszą o 51,44 zł mniej metodą bezwykopową przy założeniu, że koszty wykonania przyłączy są takie same dla obydwu metod przy braku technicznej możliwości wykonania ich przewiertem.

Podsumowanie

Z przedstawionej analizy kosztów wykonania sieci gazowych dla czterech różnych inwestycji metodą wykopową i bezwykopową wynika, iż dla większości z nich metody przewiertu są wyborem bardziej ekonomicznym. Wyjątek stanowią skomplikowaniu trasy oraz zlokalizowanych w terenach o nawierzchni trawiastej.

Całkowite koszty wykonania sieci gazowych metodą bezwykopową w 3/4 analizowanych przypadków są niższe i stanowią od 83% do 90% kosztów wykonania metodą wykopową. Na różnicę w wyniku ma tu wpływ głównie istnienie przyłączy w danej inwestycji oraz rodzaj nawierzchni występującej na trasie sieci – im więcej przyłączy tym mniejsza różnica procentowa. W jednym z przypadków (inwestycja B) koszty wykonania metodą wykopu otwartego są niższe i stanowią 98% kosztów wykonania metodą przewiertową.

Przy metodzie wykopowej, koszty wykonania robót ziemnych są wyższe niż w metodzie bezwykopowej i wzrastają wraz ze wzrostem średnicy rurociągu. Podobnie jest z pracami rozbiórkowymi i renowacyjnymi, natomiast w tym przypadku różnica kosztów zależy od rodzaju nawierzchni. Przy analizie robót montażowych, w metodzie bezwykopowej duże koszty stanowią roboty związane z wykonaniem przewiertów i przecisków, co niejednokrotnie może przewyższać koszty wykonania wykopów – zwłaszcza przy dużych średnicach sieci.

Aby ocenić pod względem ekonomicznym dany projekt budowy sieci gazowej oraz dobrać odpowiednią metodę jej wykonania, należy wziąć pod uwagę wiele czynników mogących znacząco wpłynąć na koszty. Są to m.in. rodzaj gruntu występującego na danym obszarze, głębokość wód gruntowych, duża liczba sieci infrastruktury podziemnej, nawierzchnia występująca na trasie sieci oraz średnica rurociągu wiążąca się z ceną wykonania przewiertów. Czasami metoda bezwykopowa pomimo szybszego tempa realizacji i mniejszej ingerencji w środowisko może okazać się mniej opłacalna od wykopowej.

Do każdego projektu należy więc podchodzić indywidualnie.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie z dnia 26 kwietnia 2013 r. Dz. U. 2013.poz. 640
- [2] PSG Sp. z o.o. – Zasady projektowania gazociągów, budowy, technologii zgrzewania i napraw polietylenowych sieci gazowych z dnia 21 grudnia 2016 r.
- [3] Kramża A. Piechurski F. Analiza budowy sieci gazowej wysokiego ciśnienia metodą wykopową i bezwykopową w aspekcie ekonomicznym Instal 5 (429)/2021.s.26-37.
- [4] PN-EN 1555-1 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych – Polietylen (PE) – Część 1: Wymagania ogólne.
- [5] PN-EN 1555-2 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych – Polietylen (PE) – Część 2: Rury.
- [6] PN-EN 1555-3 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych – Polietylen (PE) – Część 3: Kształtki.
- [7] PN-EN 1555-4 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych – Polietylen (PE) – Część 4: Armatura