

# Ocena ekonomiczna renowacji, wymiany i budowy sieci wodociągowych w wykopie lub wybranymi metodami bezwykopowymi

Economic assessment of renovation, replacement and construction of water supply networks in the excavation or with selected trenchless methods

ALEKSANDER SZYMONIAK, FLORIAN G. PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2021.11.6

Celem pracy była ocena ekonomiczna wykorzystania technologii bezwykopowych oraz wykopowych w budowie, renowacji oraz wymianie sieci wodociągowych.

Do przeprowadzenia oceny wykorzystano trzy faktycznie zrealizowane inwestycje na terenie miasta R. Na podstawie tych inwestycji stworzono kosztorysy dla każdej z metod bezwykopowych. Następnie porównano każdą z metod bezwykopowych z metodą wykopu otwartego. Ostatnim elementem zestawionych danych była ich analiza. Po przeanalizowaniu danych stwierdzono, że wybrane metody bezwykopowe są korzystniejsze pod względem ekonomicznym, a także szybkości wykonania inwestycji w porównaniu do metody wykopu otwartego.

*Słowa kluczowe: sieci wodociągowe, budowa wykopowa, horyzontalny przewiert sterowany HDD, kraking, relining, koszty i czas budowy*

The aim of the work was to evaluate the economic use of trenchless and excavation technologies in construction, renovation and replacement of water supply networks. Three actually implemented investments in the R city were used to carry out the assessment. Based on these investments, cost estimates were prepared for each of the trenchless methods. Then each was compared from trenchless methods with the open excavation method. After analyzing the data, it was found that the selected trenchless methods are more advantageous in terms of economy and speed of investment implementation compared to the open excavation method.

*Keywords: water supply networks, trench construction, horizontal HDD controlled drilling, cracking, relining, construction costs and time*

## Wstęp

Przez długie lata budowa i odnowa sieci wodociągowych odbywała się tradycyjną metodą w wykopach. Metoda ta była wystarczająca dla słabo zurbanizowanych miast, lecz wraz z ich rozwojem i zagęszczeniem sieci ulic, technologia ta stawała się coraz bardziej uciążliwa. W dzisiejszych czasach trudno sobie wyobrazić renowację lub budowę sieci metodą wykopu otwartego przy bardzo dużym natężeniu ruchu, więc dlatego zaczęto stosować technologie bezwykopowe. Technologie te można z sukcesem wykorzystywać do budowy lub renowacji sieci wodociągowych np. pod autostradami lub szlakami kolejowymi, nie powodując wstrzymania ruchu, pod rzekami oraz innymi przeszkodami terenowymi. Zalet technologii bezwykopowych jest wiele, np.:

- roboty ziemne prawie nie występują, za wyjątkiem wykonania komór startowej i końcowej, a czasem pośredniej,
- brak wykonywania zabezpieczeń wykopów – wyjątkiem są wcześniej wspomniane komory,

- brak rozbiórek nawierzchni,
- koszty zajęcia pasa drogowego ograniczone do minimum dla komór oraz dla sprzętu,
- brak wymiany gruntu,
- ochrona zieleni,
- brak uciążliwych objazdów,
- znaczne skrócenie czasu pracy przewidzianego na budowę, wymianę lub renowację sieci.

Wyżej wymienione zalety spowodowały bardzo dynamiczny rozwój technologii bezwykopowych. Niejednokrotnie są one jedyną możliwością, aby wybudować lub odnowić część przewodów sieci wodociągowej.

## Założenia do przeprowadzenia oceny ekonomicznej budowy, renowacji oraz wymiany sieci wodociągowej wybranymi metodami bezwykopowymi porównanymi z technologią wykopu otwartego

Do oceny ekonomicznej przyjęto zre-

alizowane w mieście R na Śląsku trzy inwestycje. Każda została wykonana inną metodą bezwykopową.

Pierwsza z nich była realizowana w ul. B metodą przewiertu horyzontalnego sterowanego. Zakres prac przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Zakres prac dla inwestycji w ul. B

Lp.	Nazwa	Jm	Ilość
1	Rura PE 100 SDR 11 DN160	mb	683,2
2	Rura PE 100 SDR 11 DN 100	mb	4,4
3	Rura PE 100 SDR 11 DN 90	mb	240,7
4	Rura PE 100 SDR 11 DN 50	mb	20,35
5	Rura PE 100 SDR 11 DN 40	mb	0
6	Rura PE 100 SDR 11 DN 32	mb	184,6
7	Hydrant żeliwny DN80 podziemny	szt.	2
8	Hydrant żeliwny DN80 nadziemny	szt.	1
9	Zasuwa klinowa DN150	szt.	6
10	Zasuwa klinowa DN 100	szt.	1
11	Zasuwa klinowa DN 80	szt.	6
12	Zasuwa klinowa DN 50	szt.	23

Kolejne zadanie polegało na wymianie starego rurociągu na nowy metodą krakingu. Inwestycja była przeprowadzona w ul. K w dwóch odcinkach A-B oraz

mgr inż. Aleksander Szymoniak, dr inż. Florian G. Piechurski <https://orcid.org/0000-0001-8065-962X> – Katedra Inżynierii Wody Ścieków Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska, Gliwice; Adres do korespondencji/Corresponding author: [florian.piechurski@polsl.pl](mailto:florian.piechurski@polsl.pl)

**Tabela 2. Zakres prac dla inwestycji w ul. K odcinek A-B**

Lp.	Nazwa	Jm.	Ilość
1	Rura PE RC DN 225	mb	345,75
2	Rura PE RC DN 110	mb	4,8
3	Rura PE RC DN 90	mb	1,2
4	Hydrant żeliwny + zasuwa DN 80	szk.	1
5	Zasuwa klinowa DN 200	szk.	3
6	Zasuwa klinowa DN 100	szk.	1
7	Zasuwa klinowa DN 50	szk.	1

**Tabela 3. Zakres prac dla inwestycji w ul. K, odcinek C-D**

Lp.	Nazwa	Jm	Ilość
1	Rura PE RC DN 225	mb	313,45
2	Rura PE RC DN 110	mb	13,5
3	Rura PE RC DN 90	mb	17,3
4	Hydrant żeliwny + zasuwa DN 80	szk.	1
5	Zasuwa klinowa DN 200	szk.	3
6	Zasuwa klinowa DN 100	szk.	1
7	Zasuwa klinowa DN 80	szk.	2

**Tabela 4. Zakres prac dla inwestycji w ul. G.**

Lp.	Nazwa	Jm	Ilość
1	Rura PE RC DN 225	mb	468,5
2	Rura PE RC DN 110	mb	9,65
3	Rura PE RC DN 90	mb	1,9
4	Rura PE 100 DN 63	mb	28,5
5	Rura PE 100 DN 40	mb	1,45
6	Rura PE 100 DN 32	mb	8,15
7	Hydrant żeliwny DN 80	szk.	2
8	Zasuwa klinowa DN 200	szk.	4
9	Zasuwa klinowa DN 150	szk.	1
10	Zasuwa klinowa DN 100	szk.	4
11	Zasuwa klinowa DN 80	szk.	2
12	Zasuwa klinowa DN 50	szk.	7

C-D. Zakres robót dla odcinka A-B przedstawia tab. 2, natomiast zakres dla odcinka C-D przedstawiono w tab. 3.

Inwestycja w ul. G polegała na renowacji starej sieci wodociągowej poprzez umieszczenie w niej nowego przewodu z rury PE metodą reliningu. Całe przedsięwzięcie przeprowadzone było w mieście R przy ul. G. Zakres opisanej inwestycji przedstawiono w tab. 4.

Dla każdej z wyżej wymienionych inwestycji wykonany został szczegółowy kosztorys zawierający wszystkie koszty wycenione w oparciu o dokumentację techniczną oraz wizję lokalną. W celu dokonania oceny ekonomicznej dla każdej budowy został sporządzony alternatywny kosztorys wykonania tego samego zakresu rzeczowego lecz metodą wykopu otwartego. Zestawienie ze sobą dwóch kosztorysów dla danej inwestycji, gdzie każdy wykonany był dla innej metody, pozwala obiektywnie ocenić koszty budowy, renowacji bądź wymiany sieci wodociągowej.

## Porównanie kosztów budowy sieci wodociągowej metodą przewiertu horyzontalnego sterowanego oraz metodą wykopu otwartego w ul. B

Pierwsza z analizowanych inwestycji była wykonywana w R w ul. B. Zadanie polegało na wykonaniu głównego odcinka sieci wodociągowej o średnicy DN 160 oraz DN 110 z rur polietylenowych. Do wykonawcy należało także wykonanie odgałęzień od sieci głównej w celu "przejęcia" odbiorców do nowego wodociągu. Ze względu na liczbę przyłączy domowych oraz to, iż budowa przewidywała zabudowę uzbrojenia sieci w postaci zasuw oraz hydrantów, niemożliwe było wykonanie całości zadania tylko przewiertem horyzontalnym sterowanym HDD. Komory startowe oraz końcowe zostały tak rozmieszczone, aby pokrywały się z miejscem zabudowy uzbrojenia sieci, jednakże starano się nie wykonywać odcinków zbyt krótkich, gdyż zwiększyłyby to koszty inwestycji ze względu na konieczność odtworzenia nawierzchni.

W dalszej części zestawiono ze sobą koszty wykonania powyższej inwestycji metodą bezwykopową oraz tradycyjną. W tab. 5 przedstawiono zestawienie kosztów budowy metodą przewiertu horyzontalnego sterowanego.

**Tabela 5. Koszty budowy metodą przewiertu horyzontalnego sterowanego dla inwestycji w ul. B.**

Lp.	Nazwa	Wartość
1	Roboty ziemne	24 775,24 zł
2	Roboty montażowe sieć wodociągowa	393 548,49 zł
3	Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	2 396,78 zł
4	Wyceny dodatkowe	10 266,92 zł
Razem		430 987,44 zł

Z przedstawionych danych, dotyczących kosztów wykonania sieci metodą przewiertu horyzontalnego sterowanego, zawartych w tab. 5 wynika, iż największy nakład finansowy pochłaniają roboty montażowe, bo aż 91% (393 548,49 zł) kosztów całej inwestycji wynoszącej 430 987,44 zł, do których zalicza się wykonanie przewiertu, przygotowanie rurociągu poprzez zgrzanie odpowiednio długiego odcinka, montaż armatury na ciągu głównym oraz na odgałęzieniach nowo wybudowanego przewodu sieci wodociągowej. Należy nadmienić, że w kosztach robót montażowych zawarte są ceny materiałów użytych do budowy sieci. Analizując kolejne dane, należy zauważyć, iż koszty robót ziemnych wynoszą 6% (24 775,24 zł), rozbiórkowych oraz odtworzeniowych wynoszą tylko 1% (2396,76 zł) i są bardzo niskie w porównaniu do kosztów całości inwestycji.

Wynika to z faktu, iż przy zastosowaniu metody przewiertów horyzontalnych sterowanych, roboty ziemne sprowadzają się do wykonania komór nadawczych i odbiorczych oraz do wykonania włączeń na nowej sieci w celu podłączenia odbiorców. Co za tym idzie powierzchnia naruszonej jezdni bądź chodnika, którą należy odbudować jest minimalna. Takie prowadzenie robót powoduje, iż opłaty związane z zajęciem pasa drogowego oraz nadzorami branżowymi zawartymi w wycenach dodatkowych, których udział w kosztach całego przedsięwzięcia wynosi 2% (10 266,92 zł), do których zaliczają się także opłaty niezależne od metody jaką jest wykonywana budowa tj. geodezja czy oznakowanie uzbrojenia tabliczkami są znacząco niższe, stosując przewiert horyzontalny sterowany.

Kolejna tabela 6 przedstawia zestawienie kosztów wykonania powyższej budowy metodą tradycyjną, czyli wykopem otwartym.

**Tabela 6. Koszty budowy metodą wykopu otwartego dla inwestycji w ul. B.**

Lp.	Nazwa	Wartość
1	Roboty ziemne	197 602,44 zł
2	Roboty montażowe sieć wodociągowa	132 252,28 zł
3	Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	119 286,32 zł
4	Wyceny dodatkowe	55 567,27 zł
Razem		504 708,33 zł

Z zestawienia kosztów dotyczącego wykonania sieci wodociągowej w ul. B metodą wykopu otwartego, wynika iż koszty całej inwestycji wynoszą 504 708,33 zł. Na roboty ziemne przypada 39% (197 602,44 zł) całości kosztów. Kolejna pozycja przedstawia koszty robót montażowych wynoszących 26% (132 252,28 zł), w których zawarte są ceny materiałów potrzebnych do wykonania zadania. Następną wartością są koszty rozbiórki oraz odtworzenia naruszonej podczas prac ziemnych nawierzchni, których wartość wynosi 119 286,32 zł co stanowi 24% ogólnej kwoty budowy. Ostatnia wartość znajdująca się w zestawieniu to wyceny dodatkowe, które stanowią 11% (55 567,27 zł) ogółu nakładów pieniężnych budowy i obejmują koszty zajęcia pasa, zlecenia nadzorów branżowych dla sieci obcych znajdujących się na trasie budowanego wodociągu, obsługi geodezyjnej, zabezpieczenie miejsc kolizji z infrastrukturą obcą oraz utylizację ziemi z wykopów stanowiące znaczny koszt tej pozycji.

W kolejnym etapie pracy porównano ze sobą dwie powyższe metody budowy sieci wodociągowej dzieląc je na poszczególne elementy robót. Tab. 7 zawiera dane porównawcze dla robót ziemnych. Roboty ziemne zostały rozdzielone na trzy istotne pozycje tj. robocizna, sprzęt oraz materiały.

Pierwsze co można zauważyć to, że sumaryczna wartość robót ziemnych dla wykopu otwartego jest znacząco większa niż koszt robót ziemnych dla przewiertu horyzontalnego sterowanego. Różnica ta wynosi 172 827,20 zł, co oznacza, że wartość robót ziemnych dla wykopu otwartego jest o 87% większa od metody bezwykopowej.

Należy także zwrócić uwagę na poszczególne nakłady robocizny, sprzętu oraz materiałów. Wykop otwarty jest metodą budowy, w której największe nakłady stanowi praca ludzi czyli robocizna oraz praca sprzętu. Dlatego są one większe w porównaniu do przewiertu o ponad 87%. Materiały także są nakładem, którego wartość jest większa dla wykopu otwartego, gdyż do budowy sieci wodociągowej wykonano podsypkę i obsypkę przewodu ułożonego na dnie wykopu, co nie jest potrzebne w przypadku przewiertu horyzontalnego sterowanego. Zużyto także materiały na zabezpieczenie wykopów otwartych co znacznie podnosi ogólny koszt robót ziemnych dla tej metody. Znacząco niższe koszty robót ziemnych dla metody przewiertu wynikają z faktu, iż liczba wykopów została ograniczona do niezbędnego minimum, tzn. wykonano tylko komory początkowe i końcowe oraz wykopy pod przyłączenie odbiorców, przez co nie trzeba było wykonywać dużej ilości umocnień, a także zużyć dużej ilości pospółki do obsypki przewodu. Należy nadmienić, iż w elemencie robót ziemnych do metody przewiertu horyzontalnego sterowanego nie wliczono kosztów samego wykonania przewiertu, gdyż nie zalicza się on do robót ziemnych a do montażu sieci, który będzie kolejnym omawianym elementem.

W następnej kolejności porównano obie metody pod względem kosztów montażu sieci wodociągowej. Jak w poprzednim elemencie koszty podzielone zostały na poszczególne nakłady, które obrazują źródło sumy kosztów poszczególnego elementu dla każdej z metod budowy sieci wodociągowej. Dane przedstawiono w tab. 8.

Z zestawienia pozycji kosztowych montażu sieci wodociągowej wynika, iż znacząco większe koszty przypadają na przewiert horyzontalny sterowany, gdzie kwota całości pozycji wynosi 393548,49

**Tabela 7. Koszty robót ziemnych dla inwestycji w ul. B dla przewiertu horyzontalnego sterowanego oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Przewiert horyzontalny sterowany	13 253,63 zł	7 346,13 zł	4 175,48 zł	24 775,24 zł
Wykop otwarty	100 738,49 zł	65 403,47 zł	31 460,48 zł	197 602,44 zł

**Tabela 8. Koszty robót montażowych dla inwestycji w ul. B dla przewiertu horyzontalnego sterowanego oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Przewiert horyzontalny sterowany	92 849,84 zł	177 422,98 zł	123 275,67 zł	393 548,49 zł
Wykop otwarty	20 509,93 zł	28 065,17 zł	83 677,18 zł	132 252,28 zł

**Tabela 9. Koszty rozbiórki i odtworzenia nawierzchni dla inwestycji w ul. B dla przewiertu horyzontalnego sterowanego oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Przewiert horyzontalny sterowany	983,76 zł	843,05 zł	569,97 zł	2 396,78 zł
Wykop otwarty	49 005,28 zł	20 902,78 zł	49 378,26 zł	119 286,32 zł

zł i jest większa w porównaniu do kwoty wykopu otwartego wynoszącego 132252,28 zł o 78%, co daje różnicę w wysokości 261 296,21 zł.

Aby zrozumieć skąd taka różnica należy przeanalizować poszczególne nakłady. W przypadku materiałów różnica jest nieznaczna, gdyż przewiert jest droższy od wykopu otwartego o 32% ze względu, iż w większości koszty materiałów użytych dla obu technologii są jednakowe, czyli armatury wodociągowej, kształtek oraz rur. Różnica wynika z użycia w technologii przewiertu sterowanego płuczki bentonitowej, której ilości są znaczące z uwagi na długość przewiertu. Natomiast duże różnice widać w kosztach robocizny oraz sprzętu, gdzie obie wartości są większe o około 80% od wykonania metodą wykopu otwartego. Takie różnice w kwotach wynikają z faktu, że te dwa nakłady zawierają całość kosztów wykonania przewiertu. W przypadku sprzętu jest to transport oraz praca specjalistycznej maszyny wiertniczej, gdzie koszt wykonania przewiertu dla rury DN160 wraz z materiałem wynosi 370,40 zł/mb, a dla rury DN 110 – 318,98 zł/mb. Natomiast w przypadku wykopu otwartego koszty są znacząco niższe, gdyż w tym elemencie zawarte są koszty montażu sieci w uprzednio wykonanym wykopie, które są znacząco niższe od kosztów pracy specjalistycznego sprzętu. Reasumując koszty użycia technologii bezwykopowej w przypadku elementu – montaż sieci wodociągowej znacznie przewyższają koszty dla metody wykopu otwartego ze względu na to, iż całość robót przewiertowych została ujęta w tym elemencie.

Kolejny element wyceny obrazuje różnice w kosztach rozbiórki i odtwarzania nawierzchni naruszonych podczas prac ziem-

nych. Stosując metodę wykopu otwartego nieuniknione jest naruszenie nawierzchni na całej trasie budowy sieci wodociągowej, co skutkuje tym, iż tą nawierzchnię należy przywrócić do stanu pierwotnego po zakończonych robotach budowlanych. Tab. 9 porównuje nakłady pieniężne na rozbiórkę i odtworzenie naruszonych nawierzchni dla porównywanych ze sobą metod budowy sieci wodociągowej.

Powyższy element jest już kolejnym, którego koszty wykonania dla wykopu otwartego są większe od zastosowanej technologii bezwykopowej, a wynosi on 119 286,32 zł i jest on droższy o 99% od przewiertu horyzontalnego sterowanego.

Z uwagi na charakter robót bezwykopowych, powierzchnia naruszonej nawierzchni jest bardzo mała co doskonale obrazuje kwota przedstawiona w tabeli 9. Z uwagi na fakt, iż prace w ul. B były prowadzone w znacznym stopniu w nawierzchniach utwardzonych tj. chodnikach z kostki betonowej, które należało zebrać ręcznie, a następnie odtworzyć do stanu pierwotnego. Z tego powodu koszty robocizny oraz sprzętu są większe o 98% od kosztów wykonania elementu metodą przewiertu horyzontalnego sterowanego, dając różnicę w wysokości 48 021,52 zł. Należy także zwrócić uwagę na znaczny koszt materiałów w metodzie wykopu. Takie koszty generuje wykonanie nowej podbudowy pod chodniki z kostki oraz sama kostka betonowa. W zestawionej inwestycji przyjęto, że 80% kostki betonowej z rozbiórki chodników zostanie odzyskana i ponownie wykorzystana przy odtworzeniu. Pozostałe 20% przeznaczone jest na straty w wyniku uszkodzenia podczas prac rozbiórkowych i należy je uzupełnić nowymi co powoduje znaczący wzrost kosztów inwestycji.

**Tabela 10. Koszty wycen dodatkowych dla inwestycji w ul. B dla przewiertu horyzontalnego sterowanego oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Przewiert horyzontalny sterowany	3 644,52 zł	0,00 zł	6 622,40 zł	10 266,92 zł
Wykop otwarty	16 775,03 zł	354,48 zł	38 437,76 zł	55 567,27 zł

Ostatni element porównania kosztów budowy sieci wodociągowej w ul. B dotyczy wycen robót dodatkowych, w których ujęto koszty obsługi geodezyjnej, nadzórów branżowych, koszty zajęcia pasa drogowego, zabezpieczenie miejsc kolizji rurami ochronnymi, likwidację starej armatury wodociągowej, utylizację nadmiaru gruntu z robót ziemnych oraz odpadu z rozbiórki nawierzchni. Tabela 10 zawiera porównanie w/w kosztów dla dwóch zestawionych ze sobą metod budowy sieci wodociągowej w ul. B.

Wartość wycen robót dodatkowych dla wykopu otwartego, wynosząca 55 567,27 zł, znacznie przewyższa koszty przy zastosowaniu metody przewiertu horyzontalnego sterowanego.

Jest tak dlatego, iż stosując wykop otwarty należałoby zabezpieczyć rurami ochronnymi wszystkie odkryte sieci obce kolidujące z projektowanym wodociągiem. Kolejnym czynnikiem wpływającym na zwiększenie kosztów przy zastosowaniu wykopu jest utylizacja odpadów z rozbiórki nawierzchni tj. asfaltu, uszkodzonej kostki betonowej, krawężników oraz rozbranej podbudowy. Zutyliżować należałoby także nadmiar gruntu z wykopów. Z uwagi na ochronę środowiska wszystkie powyższe materiały przeznaczone do likwidacji należy zutyliżować zlecając to przedsiębiorstwom specjalizującym się w tej dziedzinie, uzyskując kartę odpadu. Jak już wcześniej wspomniano, trasa projektowanej sieci wodociągowej przebiegała w chodnikach, co przy zastosowaniu wykopu wiązałoby się z tymczasowym zajęciem pasa drogowego. Prowadzenie prac w pasie drogowym jest odpłatne a stawka jest liczona w zł za m<sup>2</sup>/dobę co w przypadku wykopu otwartego generuje znaczne koszty pozycji – wyceny dodatkowe. Kolejną sprawą związaną z zajęciem pasa drogowego jest sporządzenie projektu organizacji ruchu i wdrożenie go poprzez odpowiednie oznakowanie budowy. Wszystkie wymienione czynniki znacząco podwyższyły wycenę opisywanego elementu – wyceny dodatkowe, w przeciwieństwie do zastosowanej metody przewiertu.

Ostatnim czynnikiem wpływającym na ocenę ekonomiczną, jest czas wykonania inwestycji każdą z porównywanych metod. Tabela 11 przedstawia skumulowany czas

**Tabela 11. Szacowany czas realizacji inwestycji w ul. B dla przewiertu horyzontalnego sterowanego oraz wykopu otwartego**

Nazwa etapu	Nazwa metody	
	Przewiert horyzontalny sterowany	Wykop otwarty
Roboty ziemne	5 dni	30 dni
Roboty montażowe sieć wodociągowa	15 dni	17 dni
Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	5 dni	22 dni
Wyceny dodatkowe	7 dni	20 dni
Razem	32 dni	89 dni

wykonania budowy z podziałem na poszczególne elementy.

Ogólny czas realizacji inwestycji polegającej na budowie sieci wodociągowej w ul. B dla metody wykopu otwartego wynosi 89 dni, natomiast dla przewiertu horyzontalnego sterowanego nieco ponad miesiąc. Różnica prawie dwóch miesięcy wynika z faktu, iż w ciągu dnia przewiertem horyzontalnym sterowanym można było w ciągu dnia wykonać bez większych problemów około 100 mb sieci. Natomiast stosując metodę wykopu otwartego, można by było wykonać od 12 mb, przy dużej ilości uzbrojenia i umiarkowanych warunkach gruntowych, do maksymalnie 36 mb sieci wodociągowej przy sprzyjających warunkach gruntowych. W powyższym zestawieniu nie uwzględniono ważnego czynnika jakim jest pogoda. Ma ona znaczący wpływ na tempo robót, jednakże należy nadmienić, iż w przypadku przewiertu sterowanego nie powoduje ona takich opóźnień jak w przypadku stosowania wykopu otwartego.

Z dwóch opisanych i przeanalizowanych metod budowy sieci wodociągowej w ul. B to technologia przewiertu sterowanego jest mniej kosztowna.

Na przykładzie opisywanej budowy, można stwierdzić, iż pomimo dużych kosztów wykonania samego przewiertu horyzontalnego sterowanego, ogólny koszt całej inwestycji jest mniejszy o 73 720,91 zł w stosunku do wykonania tej budowy tradycyjną metodą, której nakłady na realizację wynosiłyby 504 708,27. Za technologią bezwykopową przemawia także czas wykonania inwestycji, a co za tym idzie krótsze niezadowolone mieszkańców spowodowane pracami budowlanymi.

## Porównanie kosztów budowy sieci wodociągowej metodą krakingu z metodą wykopu otwartego ul. K w R

Kolejna inwestycja, która stanowi przykład do porównania innej metody bezwykopowej z metodą wykopu otwartego to budowa sieci wodociągowej w ul. K w mieście R. Budowa została zrealizowana metodą bezwykopową wymiany przewodu tj. krakingiem. Przedmiotem zamówienia była wymiana dwóch odcinków sieci wodociągowej w ul. K. Pierwszy odcinek o długości 358 mb od punktu A do pkt. B, którego trasa była prowadzona w chodniku asfaltowym, natomiast długość drugiego odcinka od pkt. C do pkt. D wynosiła 319 mb i prowadzona była w chodniku z kostki betonowej. Łącznie długość obydwu odcinków wynosiła 677 mb.

Na wybór metody krakingu do wymiany starej sieci wodociągowej miało wpływ kilka czynników. Pierwszym z nich był brak miejsca na wybudowanie nowego wodociągu wzdłuż starego ze względu na duże zagęszczenie infrastruktury podziemnej. Zamawiający zamierzał przeprowadzić remont metodą relinigu, jednakże aby utrzymać parametry pracy sieci trzeba by było wykonać relining rurą DN 225.

Czynnikiem decydującym o wyborze innej metody bezwykopowej była średnica starego wodociągu - DN250. Z uwagi na fakt, iż przestrzeń między starą rurą a nową rurą przewodową byłaby zbyt mała do przeprowadzenia remontu metodą relinigu to zamawiający zdecydował się na wymianę na nowy przewód metodą krakingu rurą DN 225 z polietylenu. Tabela 12 przedstawia koszty budowy metodą krakingu.

**Tabela 12. Koszty budowy metodą krakingu dla inwestycji w ul. K**

Lp.	Nazwa	Wartość
1	Roboty ziemne	19 101,04 zł
2	Roboty montażowe sieć wodociągowa	341 008,82 zł
3	Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	9 748,15 zł
4	Wyceny dodatkowe	12 380,36 zł
	Razem	382 238,37 zł

Ogólny koszt wynosi 382 238,37 zł. 89% kosztów tej inwestycji w kwocie 341 008,82 zł przypada na roboty montażowe sieci wodociągowej, w których zawarte są koszty materiału użytego do wykonania inwestycji, przygotowanie oraz montaż nowego przewodu metodą krakingu. Kolejnym elementem pod względem wysokości udziału procentowego są roboty

ziemne wynoszące 19 101,04 zł tj. 5% kosztów całościowych inwestycji, czyli wykonanie wykopów pod maszyny do krakingu oraz pod przełącznicę odbiorców. Trzecim elementem wymiany sieci jest rozbiórka i odtworzenie nawierzchni, których koszty opiewają na kwotę 9 748,15 zł, co stanowi 3% kosztów całościowych. W tym przypadku mały udział procentowy jest wynikiem tego, że podczas prac ziemnych nie naruszono dużych powierzchni nawierzchni przez co i powierzchnia do odtworzenia także była nieznaczna. Ostatnim omawianym elementem są wyceny robót dodatkowych wynoszące 12 380,36 zł., czyli w zaokrągleniu 3% kosztów inwestycji.

Do oceny ekonomicznej sporządzono alternatywny kosztorys zawierający koszty wykonania powyższej budowy metodą wykopu otwartego. Dane finansowe tego kosztorysu przedstawiono w tabeli 13.

Ogólny koszt budowy metodą tradycyjną wynosi 582 419,23 zł. Na ogólny koszt składają się roboty ziemne w kwocie 129 382,86 zł stanowiące 22% ogółu kosztów. Kwota następnej pozycji wynosząca 124 261,07 zł jest bardzo zbliżona do kosztów robót ziemnych a dotyczy ona robót montażowych na sieci wodociągowej 244 654,66 zł, stanowiąc 42% kosztów całościowych to udział przypadający na roboty związane z rozbiórką i odtworzeniem nawierzchni. Ostatnia pozycja zamykająca się w kwocie 84 120,64 zł dotyczy wycen dodatkowych, które wynoszą 15% kosztów ogólnych.

W dalszej części pracy przedstawiono koszty każdego z elementów dla wymiany sieci wodociągowej w ul. K metodą krakingu oraz metodą wykopu otwartego, a następnie zestawiono je ze sobą w celu dokonania oceny ekonomicznej.

Ogólny koszt elementu dla metody krakingu w kwocie 19 101,04 zł jest znacząco mniejszy od kosztów robót ziemnych wykonanych w tradycyjny sposób czyli metodą wykopu otwartego, której wartość wynosi aż 129 382,86 zł.

Jak można zauważyć największy udział w kosztach robót ziemnych dla obydwu przypadków przypada na samą robociznę, co w przypadku metody wykopu otwartego jest zrozumiałe, gdyż większość wykonania zadania polega na pracach ziemnych. Kolejnym czynnikiem zwiększającym wartość opisywanego elementu budowy jest sprzęt użyty do wykonania wykopów zarówno dla metody krakingu, jak też metody wykopu otwartego. Zwiększona wartość pozycji sprzętu dla metody tradycyjnej spowodowana jest tym, iż czas pracy maszyn jest dużo dłuższy

w porównaniu do krakingu, gdzie należało tylko wykonać komory startowe i końcowe. Ostatnia pozycja kosztowa w tym zestawieniu dotyczy materiałów, która ponownie jest dużo większa dla metody wykopu z tego względu, że ujęto koszty materiału na podsypkę i obsypkę nowo budowanego przewodu sieci wodociągowej, gdzie przy technologii bezwykopowej nie jest on wymagany. Podsypkę i obsypkę w metodzie krakingu stosuje się jedynie w miejscach komór startowych oraz końcowych, gdzie łączone są ze sobą dwa wymienione przewody wodociągowe. Dlatego w przypadku wykopu otwartego na piasek przeznaczono prawie 80% kosztów materiałów z całego elementu.

Kolejny element oceny ekonomicznej porównującej kraking z wykopem otwartym dotyczy robót montażowych sieci wodociągowej w ul. K. Koszty robót montażowych zostały ujęte w tabeli 15.

Wartość robót montażowych dla krakingu wynosi 341 008,82 zł, natomiast dla wykopu otwartego prawie trzy razy mniej, zamykając się w kwocie 124 261,07.

Cechą charakterystyczną przy wycenie inwestycji wykonanej metodą bezwykopową jest to, że znacząca część kosztów zawarta jest w robotach montażowych, co ma miejsce i w tym przypadku. Jak można zauważyć, najmniejsza różnica w kosztach występuje w materiałach, gdzie do wykonania inwestycji wykorzystano w większości ten sam materiał. Różnica w kosztach materiałów wynosząca 70 32,51 zł, wynika z tego, iż właściwości rury wykorzystywanej do wymiany sieci wodociągowej metodą krakingu muszą być dużo lepsze niż dla standardowej rury wykorzystywanej w metodzie wykopu otwartego. Z tego

**Tabela 13. Koszty budowy metodą wykopu otwartego dla inwestycji w ul. K**

Lp	Nazwa	Wartość
1	Roboty ziemne	129 382,86 zł
2	Roboty montażowe sieć wodociągowa	124 261,07 zł
3	Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	244 654,66 zł
4	Wyceny dodatkowe	84 120,64 zł
Razem		582 419,23 zł

**Tabela 14. Koszty robót ziemnych dla inwestycji w ul. K dla krakingu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Krakingu	16 070,58 zł	2 305,64 zł	724,82 zł	19 101,04 zł
Wykop otwarty	102 347,70 zł	10 311,16 zł	16 724,00 zł	129 382,86 zł

**Tabela 15. Koszty robót montażowych dla inwestycji w ul. K dla krakingu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Krakingu	90 727,81 zł	85 658,54 zł	164 622,47 zł	341 008,82 zł
Wykop otwarty	16 561,38 zł	13 069,73 zł	94 629,96 zł	124 261,07 zł

względu cena za mb rury wzmocnionej jest dużo większa od standardowej, co podwyższa koszty inwestycji.

Kolejną ważną rzeczą wymagającą omówienia są koszty robocizny oraz sprzętu. Dla metody wykopu otwartego, etap montażu polegałby na zamontowaniu armatury, łączeniu rur, a następnie wkładaniu ich do gotowego wykopu za pomocą koparki lub pracowników. Natomiast przy metodzie krakingu zakres prac jest dużo większy, gdyż poza tym, że monterzy musieli przygotować rury do wymiany, czyli wykonywali te same czynności co przy metodzie wykopu otwartego, to na dodatek ich zadaniem było wycięcie wszystkich zlokalizowanych przeszkód na starej sieci, które uniemożliwiłyby przeprowadzenie wymiany sieci wodociągowej tą metodą. Kolejną czynnością było przygotowanie komór nadawczych, odbiorczych oraz montaż maszyny do technologii krakingu. Cały ten nakład pracy ludzi oraz specjalistycznej maszyny do krakingu powoduje znaczące koszty tej technologii montażu sieci wodociągowej.

Trzeci element wykorzystany do oceny ekonomicznej porównania metody krakingu z metodą wykopu otwartego oparty o inwestycje w ul. K przedstawiony w tabeli 16 dotyczy robót związanych z rozbiórką i odbudową nawierzchni po pracach ziemnych.

Dane z tab. 16 prezentują wartości kosztów rozbiórki i odtworzenia nawierzchni z podziałem na robociznę, sprzęt oraz materiały, gdzie koszty ogólne wykonania elementu metodą krakingu wynoszą 9 748,15 zł, natomiast dla wykopu otwartego kształtują się na poziomie 244 654,66 zł.

Wartość robót związanych z realizacją opisywanego elementu jest znacząco wyższa przy wykorzystaniu metody wykopu otwartego. Wynika to ze specyfiki prowadzenia prac, która wymusza naruszenie nawierzchni na całej długości projektowanego przewodu. W przypadku inwestycji w ul. K prace prowadzono w dwóch odcinkach. Dla pierwszego z nich trasa projektowanej sieci prowadzona była w chodniku z kostki betono-

wej, co spowodowało, że jej rozbiórka na tak długim odcinku wygenerowała duże koszty związane z jej późniejszym odtworzeniem. To samo dotyczy drugiego odcinka, który również prowadzony był w chodniku, lecz w tym przypadku nie była to kostka betonowa a chodnik asfaltowy, którego technologia odbudowy wymaga większego nakładu sprzętu niż przy odtworzeniu chodnika z kostki betonowej. Należy nadmienić, że odtworzenie nawierzchni polegało także na wykonaniu podbudowy pod właściwą nawierzchnię. Na dodatek, odtwarzając elementy chodnika należy brać pod uwagę wymagania zarządcy dróg, który określa warunki odtworzenia nawierzchni, co w przypadku kostki betonowej nie powoduje większych problemów, natomiast dla nawierzchni asfaltowych już tak.

Tak szeroki zakres prac rozbiórkowo – odtworzeniowych sprawia, iż koszty tego elementu bardzo rosną, a co za tym idzie, całej inwestycji. Stosując metodę krakingu inwestor znacząco obniżył koszty tego elementu, ponieważ podczas prac ziemnych tylko niezbędna powierzchnia nawierzchni została rozebrana, a następnie odtworzona.

Ostatni etap oceny ekonomicznej inwestycji w ul. K wykonanej metodą krakingu oraz metodą tradycyjną dotyczy wycen dodatkowych. Dla tego etapu sporządzono tabelę 17 zawierającą koszty z podziałem na robociznę, sprzęt oraz materiały.

Wartości ogólne wycen dodatkowych dla poszczególnych metod wykorzystanych do realizacji inwestycji w ul. K, podane w tabeli 18 wynoszą odpowiednio dla krakingu 12 380,36 zł, a dla wykopu otwartego 84 120,64 zł., co powoduje, że metoda tradycyjna jest o 85% droższa od technologii bezwykopowej wymiany sieci.

Przedstawiona w tabeli 17 różnica pomiędzy technologią wykopu otwartego a technologią krakingu wynika z faktu, że ze względu na charakter prowadzenia robót w technologii wykopu otwartego, inwestor musiałby zająć znaczą część pasa drogo-

wego na długi okres, co spowodowałoby wzrost kosztów wynikający z opłat za zajęcie pasa ruchu.

Kolejnym czynnikiem kształtującym wysoki poziom cen dla wykopu otwartego jest wykonanie i realizacja projektu organizacji ruchu.

Pozycje jakie nie występują w metodzie krakingu dla tej konkretnej inwestycji przeprowadzonej w ul. K to koszty organizacji ruchu oraz nadzory branżowe, które musiałby zostać zlecone ze względu na obecność innej infrastruktury podziemnej.

Istotnym czynnikiem wpływającym na ocenę ekonomiczną inwestycji jest jej czas wykonania, ponieważ im jest dłuższy czas realizacji zadania tym większe koszty ponosi wykonawca, związane z np. opłatami za zajęcie pasa ruchu. W tabeli 18 przedstawiono szacowany czas wykonania sieci wodociągowej w ul. K.

Jak można zauważyć czas wykonania wymiany sieci wodociągowej w ul. K metodą krakingu zajęł wykonawcy około 39 dni. Gdyby zastosowano alternatywną metodę wykonania tej samej budowy, czyli wykop otwarty, to czas potrzebny na realizację zadania wynosiłby około 96 dni. Do oceny czasu realizacji zadania nie przyjęto, tak ważnych w robotach zewnętrznych, warunków atmosferycznych, jak: deszcz, śnieg czy niska bądź wysoka temperatura, które skutecznie mogą utrudnić planowane ukończenie robót. Jednakże, pomijając fakt wpływu pogody, której prognozowanie jest trudne, zauważyć można, że zastosowanie technologii bezwykopowej znacznie skróciło czas realizacji zadania. Praktycznie

**Tabela 18. Szacowany czas realizacji inwestycji w ul. K dla krakingu oraz wykopu otwartego**

Nazwa etapu	Nazwa metody	
	Kraking	Wykop otwarty
Roboty ziemne	5 dni	25 dni
Roboty montażowe sieć wodociągowa	24 dni	28 dni
Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	6 dni	24 dni
Wyceny dodatkowe	4 dni	19 dni
Razem	39 dni	96 dni

**Tabela 16. Koszty rozbiórki i odtworzenia nawierzchni dla inwestycji w ul. K dla krakingu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Krakingu	3 676,47 zł	1 211,75 zł	4 859,93 zł	9 748,15 zł
Wykop otwarty	86 462,20 zł	107 070,57 zł	51 121,89 zł	244 654,66 zł

**Tabela 17. Koszty wycen dodatkowych dla inwestycji w ul. K dla krakingu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Kraking	11 342,11 zł	0,00 zł	1 038,25 zł	12 380,36 zł
Wykop otwarty	79 095,14 zł	0,00 zł	5 025,50 zł	84 120,64 zł

każdy z elementów poddanych analizie został wykonany szybciej metodą krakingu niż gdyby wykonywać go metodą tradycyjną. Jedyne element, którego czas wykonania jest dłuższy dla metody krakingu to roboty montażowe sieci wodociągowej. Wynika to z tego, iż w pozycji montażu zawarte są prace przygotowawcze dla technologii krakingu oraz samo wykonanie wymiany sieci wodociągowej.

Reasumując, czas wykonania całej inwestycji jest krótszy o 57 dni, co daje prawie 2 miesiące różnicy na korzyść metody bezwykopowej wymiany sieci jaką jest kraking.

Podsumowując porównanie metody krakingu z metodą wykopu otwartego na przykładzie inwestycji wymiany sieci wodociągowej w ul. K w R, można stwierdzić, że koszty poniesione przy zastosowaniu technologii bezwykopowej są dużo niższe aniżeli przy zastosowaniu metody alternatywnej, wykopu otwartego. Różnica pomiędzy kosztami tych dwóch metod wynosi 200 180,86 zł, na korzyść metody krakingu, co nie jest małą kwotą.

Kolejnym czynnikiem decydującym o wyborze metody bezwykopowej do realizacji powyższej inwestycji jest czas jej wykonania. Tutaj znów metoda krakingu okazała się dużo lepszym wyborem niż wykop otwarty, gdyż skróciła czas robót o prawie 2 miesiące, co miało pozytywny wpływ na mieszkańców, dla których każde roboty wiążą się z uciążliwym hałasem, a dzięki zastosowaniu metody krakingu, niekorzystne warunki życia trwały znacznie krócej.

## Porównanie kosztów budowy sieci wodociągowej metodą relingu z metodą wykopu otwartego ul. G w R

Ostatnim przykładem wykorzystanym do oceny ekonomicznej jest porównanie bezwykopowej renowacji sieci technologią relingu z technologią tradycyjną czyli wykopem otwartym. Ocena ta została wykonana na podstawie faktycznie zrealizowanej budowy metodą relingu w ul. G w mieście R.

Inwestycja została wykonana w 2014 r. i była podzielona na dwa etapy, lecz ze względu na podobne zakresy etapu pierwszego i drugiego do oceny ekonomicznej przyjęto tylko etap pierwszy dla ul. G. Pierwszy etap polegał na renowacji istniejącej sieci wodociągowej stalowej o średnicy DN 300 poprzez wciągnięcie do niej nowej rury PE100 SDR11 RC DN 225 metodą relingu. Zakres etapu pierwszego obejmował:

- wykonanie komór startowych oraz końcowych pod technologię reliningu,
- czyszczenie starego stalowego rurociągu DN 300,
- usunięcie wszystkich przeszkód w starym rurociągu, tj kompensatorów, zasuw, redukcji,
- wciągnięcie 513,00 mb nowej rury DN 225,
- zabudowę zasuw liniowych oraz hydrantów,
- przywrócenie terenu do stanu pierwotnego.

Wybór tej metody przez inwestora był podyktowany faktem, iż nie było możliwości wybudowania nowego rurociągu ze względu na brak miejsca wynikający z nagromadzonej pod powierzchnią terenu innej infrastruktury.

Dane przedstawiające koszty wykonania inwestycji metodą reliningu przedstawiono w tabeli 19.

Z przedstawionych danych wynika, że całkowity koszt wykonania etapu pierwszego w ul. G metodą reliningu wyniósł 209 761,88 zł z tego aż 77% kosztów zostało przeznaczonych na roboty montażowe związane z reliningiem. Co warto zauważyć tylko 11% całej kwoty wydano na roboty ziemne. Dlatego też ich mała ilość spowodowała, iż koszty rozbiórki oraz renowacji nie przekroczyły 6% kosztów ogólnych, zamykając się w kwocie 12 450,25 zł.

Do przeprowadzenia oceny ekonomicznej wykonano wycenę powyższej budowy realizowanej metodą tradycyjną czyli wykopem otwartym. Należy nadmienić, iż wycena ta jest wyceną hipotetyczną, gdzie przyjęto, że istnieją warunki do wykonania inwestycji metodą tradycyjną, która polegałaby nie na renowacji, lecz na odkryciu starego przewodu, zlikwidowaniu go, a następnie umieszczeniu na jego miejscu nowego rurociągu. Projektowana sieć dla wykopu otwartego posiadałaby taką samą średnicę jak przy metodzie reliningu, czyli DN 225, lecz wytrzymałość rury byłaby mniejsza ze względu na wystąpienie czynników zewnętrznych mogących uszkodzić rurę podczas montażu w wykopie, tzn. brak tarcia rury o ścianki starego przewodu, jak to ma miejsce w przypadku metody reliningu. W tabeli 20 przedstawiono koszty, jakie zostałby poniesione przy wykonaniu inwestycji w ul. G metodą wykopu otwartego.

Wartość całej inwestycji w ul. G wykonanej metodą wykopu otwartego wyniosłaby 303 477,15 zł. Z czego największe nakłady finansowe pochłaniają roboty montażowe, stanowiące 41% ogółu kosztów inwestycji, a następnie roboty ziemne

**Tabela 19. Koszty budowy metodą reliningu dla inwestycji w ul. G.**

Lp.	Nazwa	Wartość
1	Roboty ziemne	23 668,27 zł
2	Roboty montażowe sieć wodociągowa	160 836,58 zł
3	Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	12 450,25 zł
4	Wyceny dodatkowe	12 806,78 zł
Razem		209 761,88 zł

**Tabela 21. Koszty robót ziemnych dla inwestycji w ul. G dla reliningu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Relining	19 057,21 zł	3 365,62 zł	1 245,44 zł	23 668,27 zł
Wykop otwarty	47 494,20 zł	38 157,12 zł	12 695,75 zł	98 347,07 zł

**Tabela 22. Koszty robót montażowych dla inwestycji w ul. G dla reliningu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Relining	20 352,87 zł	33 459,52 zł	107 024,19 zł	160 836,58 zł
Wykop otwarty	14 754,97 zł	14 561,93 zł	95 608,35 zł	124 925,25 zł

zamykające się w kwocie 98 347,07 zł, co daje 32% kosztów całej inwestycji. Pozostałe koszty to roboty związane z rozbiórką i odtworzeniem nawierzchni, stanowiące 15% całości kosztów inwestycji oraz wyceny dodatkowe w kwocie 34 880,98 zł stanowiące 12% udziału w wszystkich kosztach.

Jak to pokazano w poprzednich porównaniach wykopu otwartego z metodami bezwykopowymi, najważniejszym elementem są roboty ziemne. Tabela 21 przedstawia porównanie kosztów robót ziemnych dla reliningu oraz dla wykopu otwartego.

Jak można zauważyć, koszt robót ziemnych dla wykopu otwartego przewyższa koszty dla metody reliningu o 76% zamykając się w kwocie 98 347,07 zł.

Wysokość ogólnych kosztów robót ziemnych dla wykopu otwartego związana jest z tym, że zawarto w nich wykonanie całości wykopów liniowych na długości 513 mb, gdzie 80% wykonywane było mechanicznie za pomocą koparek, a 20% to praca ludzi. Kolejnym elementem przy pracach ziemnych byłoby wykonanie zabezpieczenia wcześniej wykonanych wykopów, co również realizowane jest ręcznie przez pracowników. Dlatego koszt robocizny oraz sprzętu jest dużo większy dla wykopu otwartego, gdyż przy metodzie reliningu, jedyne prace ziemne, jakie należy wykonać to komory, poprzez które będzie wciągany nowy przewód. Nie należy też zapominać o kosztach materiałów, które są większe dla metody wykopu otwartego z uwagi na fakt użycia w robotach ziemnych piasku do podsypki i obсыпки nowo wybudowanego rurociągu.

Kolejne zestawienie przedstawione

**Tabela 20. Koszty budowy metodą wykopu otwartego dla inwestycji w ul. G**

Lp.	Nazwa	Wartość
1	Roboty ziemne	98 347,07 zł
2	Roboty montażowe sieć wodociągowa	124 925,25 zł
3	Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	45 323,85 zł
4	Wyceny dodatkowe	34 880,98 zł
Razem		303 477,15 zł

w tabeli 22, które poddano ocenie ekonomicznej, dotyczy kosztów robót montażowych sieci wodociągowej dla reliningu oraz wykopu otwartego w ul. G.

Jak można zauważyć koszty robót montażowych w metodzie reliningu, które wynoszą 160 836,58 zł są większe o 22% od kosztów dla wykopu otwartego o wartości wykonania 124 925,25. Taka różnica wynika przede wszystkim z zastosowanych materiałów oraz z użytego sprzętu. Różnicowanie w cenie materiału związane jest z użyciem innego rodzaju rur dla metody reliningu, gdyż podczas wciągania nowej rury do starego przewodu, może ona zostać uszkodzona, w wyniku siły tarcia, co zmusza do użycia rur wzmocnionych dodatkową powłoką ochronną. Takie rury w porównaniu do standardowych rur wykorzystywanych do metody wykopu otwartego są dużo droższe, co podwyższa koszty inwestycji. Sama zamiana rur na wzmocnione, w przypadku omawianej inwestycji w ul. G, podwyższyła kwotę o 11 415,84 zł.

Kolejnym czynnikiem zwiększającym wartość robót montażowych jest użycie specjalistycznego sprzętu wykorzystywanego do reliningu w postaci wciągarek liniowych, a także prac przygotowawczych polegających na oczyszczeniu starego przewodu metodą wysokociśnieniową, wykonanie inspekcji kamerą, w celu sprawdzenia skuteczności czyszczenia oraz zlokalizowania wszystkich zatorów oraz przeszkód w postaci starych zasuw, kompensatorów czy redukcji, które następnie są likwidowane.

Po przeprowadzonych pracach montażowych, kolejnym elementem są roboty związane z rozbiórką i odtworzeniem

**Tabela 23. Koszty rozbiórki i odtworzenia nawierzchni dla inwestycji w ul. G dla reliningu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Relining	2 955,00 zł	1 024,29 zł	8 470,96 zł	12 450,25 zł
Wykop otwarty	13 594,83 zł	5 090,91 zł	26 638,11 zł	45 323,85 zł

**Tabela 24. Koszty wycen dodatkowych dla inwestycji w ul. G dla reliningu oraz wykopu otwartego**

Nazwa metody	Robocizna	Sprzęt	Materiały	Wartość
Relining	12 746,09 zł	0,00 zł	60,69 zł	12 806,78 zł
Wykop otwarty	34 820,29 zł	0,00 zł	60,69 zł	34 880,98 zł

nawierzchni. Trasa starego wodociągu była prowadzona w zróżnicowanym terenie. Zaczynając od chodników oraz parkingów z kostki betonowej poprzez place i przejścia przez drogi asfaltowe, a kończąc na terenach nieutwardzonych, zielonych. Koszty jakie były potrzebne do wykonania tego elementu robót zawarte zostały w tabeli 23.

W oparciu o zestawienie z tabeli 23 stwierdzić można, że w wyniku szeroko prowadzonych pracy ziemnych dla wykopu otwartego, powierzchnia nawierzchni naruszonej, a co za tym idzie w późniejszym czasie odtworzonej jest znacznie większa co widać w kwocie za całość wykonania tego elementu. W przypadku wykopu otwartego wartość kosztorysowa wynosi 45 323,85 zł natomiast dla reliningu jest to kwota niższa prawie 4 krotnie, czyli 12 450,25 zł.

Z powyższego zestawienia wynika, iż największe nakłady finansowe zostały przeznaczone na materiały w jednej jak i w drugiej metodzie budowy. Jest to wynikiem tego, iż do odtworzenia nawierzchni wykorzystano materiały pod podbudowę oraz materiały do odbudowy samej nawierzchni, takie jak: kostka betonowa, asfalt, tłuczeń bądź humus na trawniki. Jednakże dla wykopu otwartego w związku z tym, iż powierzchnia nawierzchni naruszonej jest znacząco większa niż w porównywanej metodzie reliningu, powoduje wzrost kosztów przeznaczonych na materiały. Kolejną znacznie większą pozycją

**Tabela 25. Szacowany czas realizacji inwestycji w ul. G dla reliningu oraz wykopu otwartego**

Nazwa etapu	Nazwa metody	
	Relining	Wykop otwarty
Roboty ziemne	5 dni	18 dni
Roboty montażowe sieć wodociągowa	19 dni	16 dni
Nawierzchnie – rozbiórka i odtworzenie	5 dni	12 dni
Wyceny dodatkowe	5 dni	9 dni
Razem	34 dni	55 dni

w metodzie wykopu otwartego jest robocizna, ponieważ prace związane z odtworzeniem nawierzchni w większości, wykonywane są przez odpowiednio wykwalifikowanych pracowników, co ma wpływ na koszty robocizny.

Ostatnim etapem oceny ekonomicznej metody reliningu z wykopem otwartym jest zestawienie kosztów wycen dodatkowych zawierających koszty obsługi geodezyjnej czy koszty zajętości pasa ruchu, które zostały zestawione w tabeli 24.

Całkowite koszty wycen dodatkowych dla metody relingu wynoszące 12 806,78 zł są prawie trzy razy mniejsze w stosunku do porównywanej metody wykopu otwartego, którego wartość wycen dodatkowych zamyka się w kwocie 34 550,98 zł.

Analizując poszczególne części tego elementu należy tak naprawdę zwrócić uwagę tylko na robociznę, gdyż reszta pozycji jest nieistotna ze względu na brak, lub bardzo małe kwoty dla zestawionych ze sobą metod. Zróżnicowanie kwot robocizny pomiędzy omawianymi metodami wykonawczymi, wynika z większych kosztów zajętości pasa ruchu dla metody wykopu otwartego ze względu na liczbę prac ziemnych prowadzonych na terenach należących do miasta R. W metodzie reliningu również poniesiono koszty zajętości pasa ruchu lecz w dużo mniejszej kwocie wynikającej z małej powierzchni zajmowanego terenu podczas prac remontowych.

Ostatnim lecz nie mniej ważnym od pozostałych czynnikiem wpływającym na ocenę ekonomiczną jest czas wykonania prezentowanej budowy zarówno dla wykopu otwartego jak i dla reliningu. Tabela 25 przedstawia czas wykonania poszczególnych elementów dla budowy w ul. G wykonanych reliningiem oraz wykopem otwartym.

Czas wykonania inwestycji w ul. G metodą reliningu wyniósł około 34 dni, natomiast dla wykopu otwartego to nie całe dwa miesiące. Na krótszy czas wykonania metodą reliningu składała się mniej-

sza liczba wykopów, które wykonano w okresie 5 dni, a także bardzo mały zakres robót związanych z wykonaniem podsypki oraz obsypki. Kolejnym czynnikiem wpływającym na skrócenie czasu były mniejsze ilości nawierzchni do rozebrania i odtworzenia, co przy tego rodzaju pracach zajmuje znaczną ilość czasu.

Z powyższej analizy jasno wynika, iż to metoda bezwykopowej wymiany sieci jest bardziej korzystna pod względem ekonomicznym niż zestawiona z nią metoda wykopu otwartego. Różnica w kwotach za całość wykonania inwestycji pomiędzy obiema metodami to 93 715,27 zł.

Kolejnym czynnikiem przemawiającym za metodą reliningu jest czas wykonania inwestycji, który był krótszy od wykopu otwartego o około trzy tygodnie, co jest wynikiem bardzo dobrym, biorąc pod uwagę uciążliwość robót budowlanych na terenach zurbanizowanych.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy kosztów wykonania przykładowych inwestycji metodami przewiertu horyzontalnego sterowanego, krakingu oraz reliningu zestawionych z metodą wykopu otwartego, ustalono następujące wnioski:

1. Każda analizowana budowa pod względem wysokości poniesionych kosztów ogółem była bardziej korzystna, gdy wykonano ją metodą bezwykopową.
2. Czas wykonania budowy metodą tradycyjną, przeważnie jest dwa razy dłuższy niż stosując metody bezwykopowe.
3. W wszystkich analizowanych przypadkach koszty robót montażowych były wyższe gdy wykonywano je metodą bezwykopową aniżeli tradycyjną.
4. W przypadku zastosowania metody wykopu otwartego, największe koszty stanowią roboty ziemne.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Kuliczkowski A. (praca zbiorowa), Technologie bezwykopowe w Inżynierii Środowiska. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., 2019
- [2] Richard w. Bonds. Horizontal directional drilling with ductile iron pipe”, Ductile iron pipe research association, 2010
- [3] Onkar K. Chothe 1, V.S. Kadam. Comparative Study of traditional method and innovative method for Trenchless Technology. A Review 2016