

Ocena kosztów sposobów naprawy sieci kanalizacyjnej na przykładzie miasta S

Sewer network repair methods cost assessment based on the example of S city

FLORIAN G. PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2020.5.6

Stan istniejących przewodów kanalizacyjnych, zwłaszcza wykonanych w latach 60-80 ubiegłego wieku z rur betonowych i kamionkowych jest zły, w zasadzie w każdym mieście w naszym kraju. Niezadowalający stan techniczny kanałów odprowadzających ścieki powoduje wiele negatywnych skutków takich, jak zanieczyszczenie środowiska (eksfiltracja ścieków do gruntu), wyższe ceny oczyszczania ścieków (infiltracja wód przypadkowych) oraz duża awaryjność sieci (powstawanie zatorów, miejscowe pęknięcia, przeciwpadki i inne).

Przy porównaniu kosztów naprawy kanałów w analizowanej sieci kanalizacyjnej miasta S korzystniejsze okazały się niektóre metody bezwykopowe ich modernizacji. Metoda ciasno pasowana rękawa utwardzanego na miejscu (CIPP) i luźno pasowanych krótkich modułów rurowych (KMR) okazały się tańsze w zakresie średnic 160- 500 mm. Przebudowa kanalizacji z wykorzystaniem metody burstliningu okazała się droższa od tradycyjnej metody wykopowej w zakresie średnic 200-300 mm, niezależnie od rodzaju nawierzchni.

Słowa kluczowe: sieci kanalizacyjne, ocena awarii, wykopowa i bezwykopowa naprawa kanałów, koszty naprawy

The condition of existing sewer lines, especially those made of concrete and stoneware pipes in the 60-80s of the last century, is bad in every city in our country. An unsatisfactory technical condition of sewage disposal channels causes a lot of negative effects such as environmental pollution (sewage exfiltration to the ground), higher prices of sewage treatment (accidental water infiltration) and high network failure coefficient (formation of blockages, local cracks, counter-falls and others).

When comparing the costs of repairing the canals in the analyzed sewage network of the S city, some trenchless modernization methods proved to be more beneficial. The method of tight-fitting in-hardened sleeve (CIPP) and loosely fitted short modules (KMR) proved to be cheaper in the diameter range of 160-500 mm. Reconstruction of the sewage system using the burstlining method turned out to be more expensive than the excavation method in the diameter range of 200-300 mm regardless of the type of pavement.

Keywords: sewer networks, breakdown assessment, excavation and trenchless repair of channels, repair costs

Przebudowa i renowacja w technologii bezwykopowej

Obecnie istnieje wiele metod renowacji i przebudowy istniejących kanałów. Metody renowacji dzielą się na luźno pasowane oraz ciasno pasowane. Do luźno pasowanych zaliczamy długi relining, czyli wciąganie długiej rury oraz shortlining, czyli wciąganie krótkich modułów. Do ciasno pasowanych zaliczamy metody rękawa (CIPP). Rękawy mogą być wykonane z włókna szklanego bądź filcowego, nasączone żywicami poliestrowymi, poliwinylowymi bądź epoksydowymi, utwardzane gorącą wodą, parą wodną bądź promieniami UV. Innym sposobem jest stosowanie rury wstępnie zdeformowanej, która po wciągnięciu pod wpływem temperatury, powraca do swojego pierwotnego kołowego kształtu. Do metod

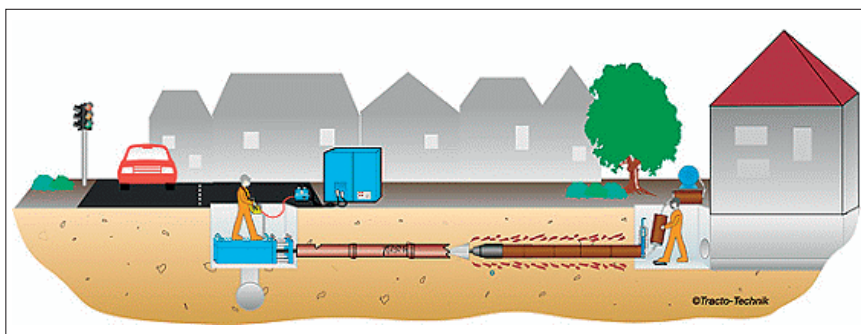
przebudowy kanalizacji wykorzystywana jest metoda burstliningu, czyli kruszenie starego kanału i w jego miejsce równoczesny montaż – wciąganie nowej rury.

W analizie, jako metody bezwykopowej przebudowy sieci kanalizacyjnej, wybrano burstlining statyczny (cracking), natomiast renowacji CIPP (cured-in-place pipe) - rękaw z włókna szklanego, nasączony żywicami poliestrowymi utwardzany promieniami UV oraz renowacji krótkimi modułami KMR (shortlining).

Burstlining - kruszenie starego kanału i montaż nowej rury

Przebudowa przewodów metodą burstliningu polega na wciąganiu głowicy kruszącej w istniejącym przewodzie przy jego jednoczesnym rozpychaniu wraz z gruntem,

w którym się znajduje. Głowica połączona jest ze stalowymi żerdziami. Bezpośrednio za głowicą montowane są moduły rurowe wykonane z PVC, PP bądź kamionki. Możliwe jest również zastosowanie zamiast modułów jednej rury np. z PEHD. Moduły mogą mieć średnicę taką samą jak istniejący kanał (w tym przypadku stosuje się wciągarki linowe) lub większą o jedną bądź dwie średnice (tutaj stosuje się wciągarki żerdziowe). Zwarta zabudowa wciągarek oraz długość modułów pozwala na ich montaż w istniejących studniach kanalizacyjnych bez konieczności rozkopu. Po wymianie przewodów kanał przejmuje zadania starego, jest samonośny, zapewnia całkowitą szczelność. Metodę tę stosuje się, gdy istniejący kanał ma przeciwpadki oraz pęknięcia, które uniemożliwiają wykonanie renowacji. Burstlining sprawdza się nawet przy dużych przemieszczeniach, odkształceniach



Rys. 1.
Burstlining z użyciem krótkich modułów rurowych [4].
Fig. 1. Burstlining with usage of short pipe modules[4].

rur oraz spękaniach. Jedynym warunkiem wykonania przebudowy kanału tą metodą jest jego drożność, tak aby możliwe było przeciągnięcie liny bądź żerdzi.

Shortlining metoda montażu krótkich modułów rurowych

Renowacja KMR jest metodą luźno pasowaną. Polega ona na wprowadzaniu do wnętrza kanału przeznaczanego do odnowienia owego przewodu składanego z krótkich modułów rurowych. Montaż wykonywany tą metodą może się odbywać w istniejących włazowych studniach kanalizacyjnych. Montowane moduły mają średnicę zewnętrzną mniejszą o jedną średnicę w stosunku do istniejącego przewodu. Przykładowo, w kanale o średnicy DN250 montowany jest przewód o średnicy DN225. Kanał odnawiany tą metodą musi mieć taki przekrój, aby w najwęższym jego miejscu nie blokował głowicy prowadzącej.

Głowica w odróżnieniu od używanej w burstliningu nie rozpycha ani nie kruszy istniejących przewodów. Zakładana głowica przed pierwszym modułem ma za zadanie jedynie ułatwienie pokonywania nierówności wewnątrz przewodu. W przypadku zablokowania głowicy możliwy jest demontaż ułożonych modułów poprzez jej wyco-

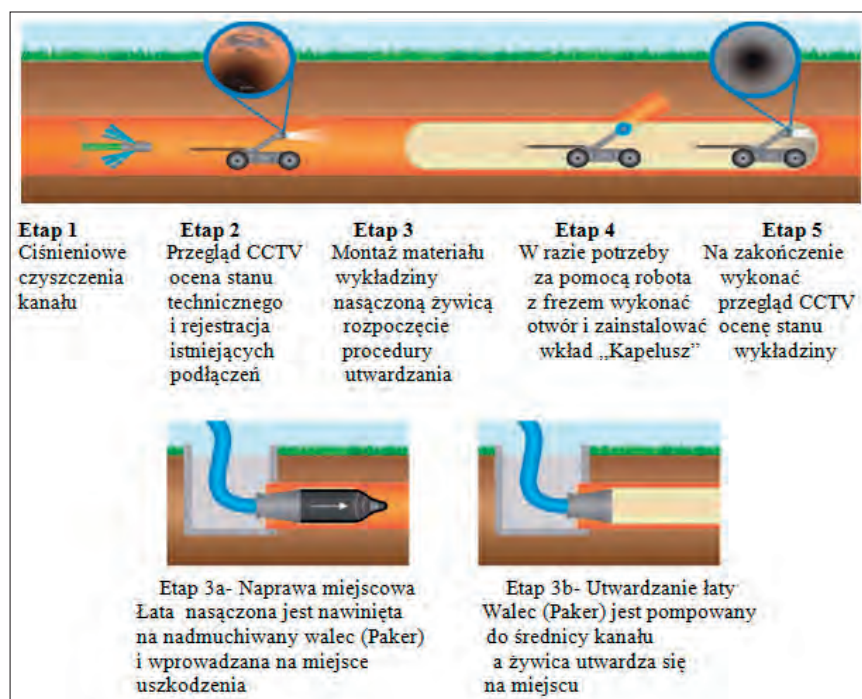
fanie. Montaż odbywa się w kinicie studni kanalizacyjnej poprzez wykorzystanie rynny montażowej. Siłownik hydrauliczny, który jest połączony z rynną montażową zapewnia łączenie nowego modułu

z uprzednio zainstalowanymi, a następnie przesunięcie zamontowanych modułów. Przestrzeń między istniejącym kanałem a ułożonymi modułami powinna być wypełniona betonem lub częścią pianobetonem.

Renowacja tą metodą może być prowadzona w czynnych kanałach sanitarnych, co znacznie upraszcza roboty oraz obniża koszt zadania.

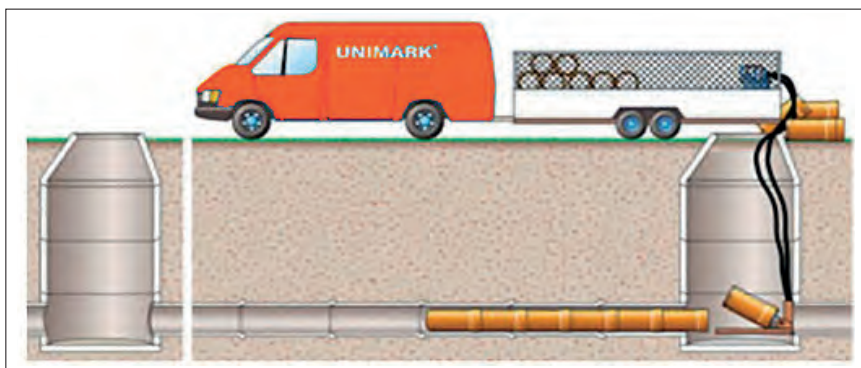
CIPP – metoda rękawa utwardzanego na miejscu

Metoda ciasno pasowana. Rękaw z włókna szklanego nasączony jest podciśnieniowo żywicą poliestrową i zabezpieczony od środka folią PEHD. Nasączanie odbywa się w fabryce a transport na teren budowy odbywa się w izotermicznych skrzyniach bądź lodzie, tak aby w trakcie trans-



Rys. 3.
Renowacja metodą CIPP [6].
Fig. 3. CIPP renovation method [6].

portu nie rozpoczął się proces wiązania. Przed przystąpieniem do montażu linera (rękawa) kanał trzeba wyczyścić z wszelkich zanieczyszczeń (takich jak osady i tłuszcze) oraz usunąć wszelkie przeszkody (np. korzenie drzew) a także zamknąć dopływ ścieków. W przypadku, gdy w podawanym renowacji kanał nie ma możliwości bezpiecznego zatrzymania ścieków, należy je przepompować. Rękaw może być montowany w kanałach, które nie mają zbyt dużych przemieszczeń rur oraz ostrych krawędzi przy pęknięciach. Istnieje możliwość, że kanał mocno wyeksploatowany po procesie czyszczenia hydrodynamicznego ulegnie punktowemu uszkodzeniu. W razie takiej konieczności należy dokonać punktowej naprawy metodą wykopu otwartego



Rys. 2.
Shortlining z użyciem krótkich modułów rurowych [5].
Fig. 2. Shortlining with usage of short pipe modules[5].

bądź tzw. packerem. Rękaw wciągany jest do kanału pomiędzy istniejącymi studniami kanalizacyjnymi wciągarką poprzez bęben inwersyjny, a następnie kalibrowany sprężonym powietrzem. Proces utwardzania odbywa się poprzez wprowadzenie zespołu lamp UV. Przebieg renowacji można sprawdzać na bieżąco kamerą służącą do inspekcji CTV. Po zakończeniu utwardzania wkład należy powoli wychładzać, a następnie przeprowadzić inspekcję powykonawczą kamerą oraz w przypadku braku wad otworzyć dopływ ścieków. Grubość ściany rękawa uzależniona jest od wymagań inwestora odnośnie do wartości sztywności obwodowej (wpływ na grubość wykładziny ma moduł Younga) oraz możliwego zawężenia przekroju kanału. W istniejącym przewodzie są włączone przyłącza po zakończonej renowacji robotem frezującym, wycina się otwory na przyłącza. Taki, tzw. ślepy przykanalik można dodatkowo poddać renowacji metodą kapelusza-specjalnej kształtki. Rękaw po utwardzeniu ściśle przylega do istniejącego kanału oraz jest samonośny.

Przebudowa sieci kanalizacji metodą wykopu otwartego

Przebudowa istniejących przewodów kanalizacyjnych może odbywać się analogicznie do tradycyjnej budowy. Różnica polega na tym, że podczas przebudowy istniejący odcinek sieci jest wyłączany z eksploatacji i pozostawiony w gruncie. Można go dodatkowo poddać zamuleni. Można również go całkowicie usunąć a po jego śladzie ułożyć nową rurę. Etapy przebudowy wykopu otwartego:

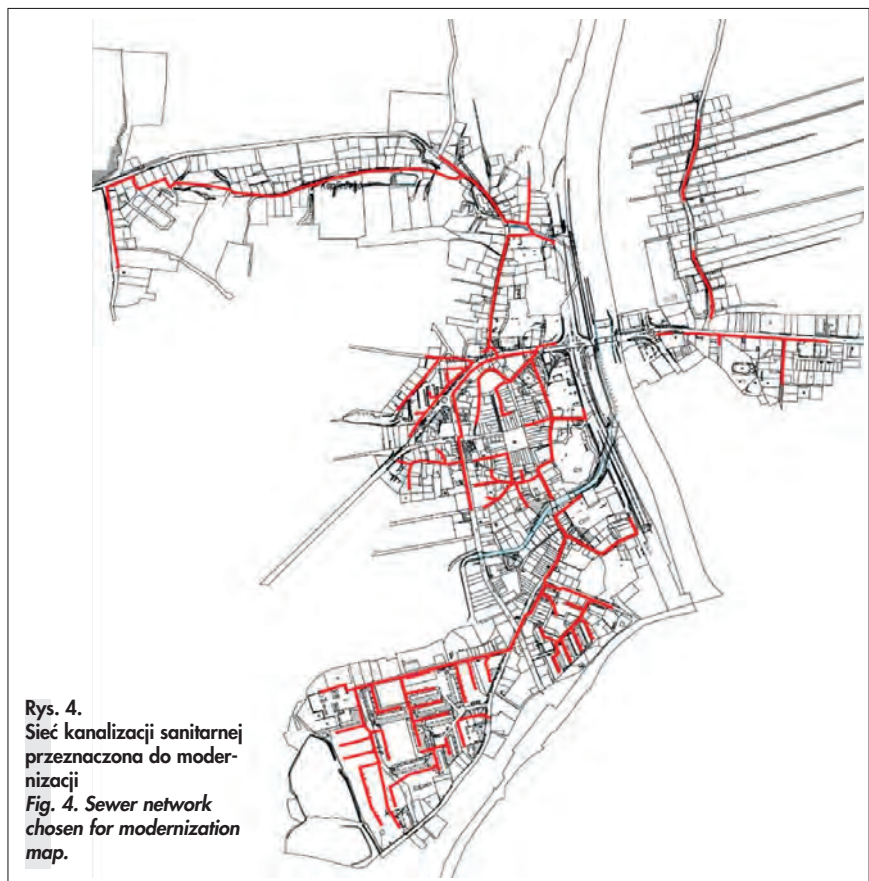
- przygotowanie terenu pod przebudowę,
- roboty rozbiórkowe,
- roboty ziemne – wykonanie wykopów,
- odwodnienie wykopów,
- ułożenie przewodów kanalizacyjnych,
- roboty ziemne – wykonanie zasypów,
- uporządkowanie terenu.

Ocena stanu sieci kanalizacji sanitarnej w analizowanym mieście S

Na rys. 4 przedstawiono odcinki sieci kanalizacji sanitarnej przeznaczonej do modernizacji na podstawie oceny technicznej, przy wykorzystaniu inspekcji kamery CTV.

Zestawienie długości kanałów oraz średnic przeznaczonych do modernizacji

Sieć, która zostanie poddana renowacji wybudowana jest z rur kamionkowych,



Rys. 4.
Sieć kanalizacji sanitarnej przeznaczona do modernizacji
Fig. 4. Sewer network chosen for modernization map.

betonowych oraz żeliwnych. Długość odcinków oraz średnice obrazuje niniejsze zestawienie:

- kanały grawitacyjne \varnothing 160 mm o łącznej długości ok. 71,06 m,
- kanały grawitacyjne \varnothing 200 mm o łącznej długości ok. 8538,41 m,
- kanały grawitacyjne \varnothing 250 mm o łącznej długości ok. 351,86 m,
- kanały grawitacyjne \varnothing 300 mm o łącznej długości ok. 2099,28 m,
- kanały grawitacyjne \varnothing 400 mm o łącznej długości ok. 216,37 m,
- kanały grawitacyjne \varnothing 500 mm o łącznej długości ok. 165,09 m.

Ocena stanu technicznego

Po przeprowadzeniu czyszczenia hydrodynamicznego oraz inspekcji kamerą CTV stwierdzono, iż istniejąca sieć znajduje się w bardzo złym stanie. Zaobserwowano liczne pęknięcia rur (fot. 1), zalegające osady (fot. 2), przeciwnospadki (fot. 3), wrastające korzenie (fot. 3), zalegające tłuszcze (fot. 4), wytlukane warstwy w rurach betonowych (fot. 5), wystające sznury uszczelniające rury kamionkowe (fot. 6) oraz przesunięcia (fot. 7).

Ocena stanu technicznego

Analiza stanu technicznego odcinków

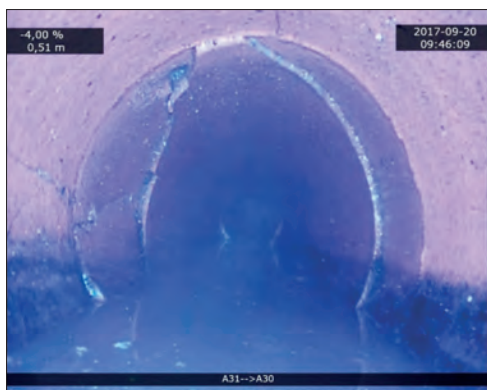
poddanych inspekcji wskazała, iż sieć kanalizacji jest w bardzo złym stanie technicznym i wymaga renowacji. Występujące w nich usterki pogłębiają problem wód infiltracyjnych, z którymi oczyszczalnia ścieków boryka się od samego początku funkcjonowania. Zalegające osady i tłuszcze mogą być źródłem odorów wydostających się ze studni kanalizacyjnych w trakcie zmiany ciśnienia atmosferycznego. Występujące przeciwnospadki, wrastające korzenie oraz inne elementy, które nie powinny się znajdować w kanalizacji są przyczyną występowania zatorów i awarii, które muszą być usuwane przez pracowników pogotowia kanalizacyjnego.

Dobór metod

Odcinki sieci kanalizacji sanitarnej, w której występują przeciwnospadki zostaną poddane przebudowie metodą crackingu statycznego.

Renowacji shorliningiem zostaną poddane kanały, w których występują przeciwnospadki, które uniemożliwią montaż rękawa oraz takie, na których występują uszkodzenia, które mogą spowodować rozerwanie rękawa podczas jego instalacji.

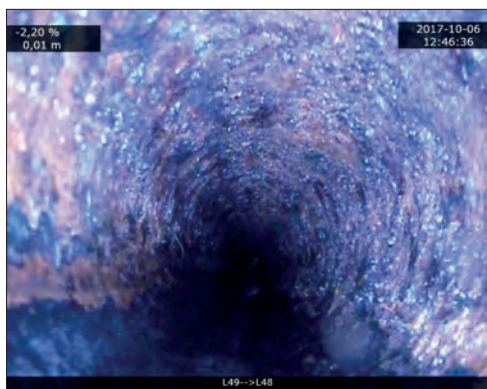
Pozostałe przewody zostaną uszczelnione rękawem szklanym utwardzonym promieniami UV.



Fot. 1. Inspekcja kamerą CTV – pęknięcie rury.
Pic. 1 CCTV inspection – cracked pipe.



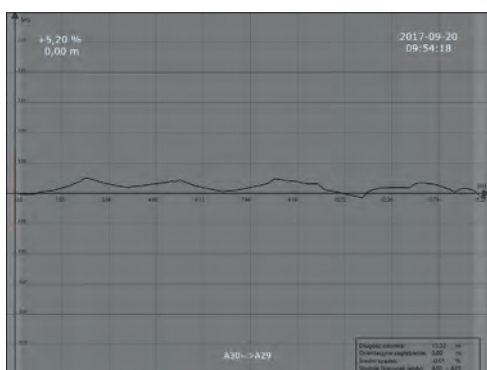
Fot. 5. Inspekcja kamerą CTV – zalegający tłuszcz.
Pic. 5. CCTV inspection – residual fat.



Fot. 2. Inspekcja kamerą CTV – zalegający osad.
Pic. 2. CCTV inspection - residual sediment.



Fot. 6. Inspekcja kamerą CTV – wyłukane warstwy w rurach betonowych.
Pic. 6. CCTV inspection - leaching layers.



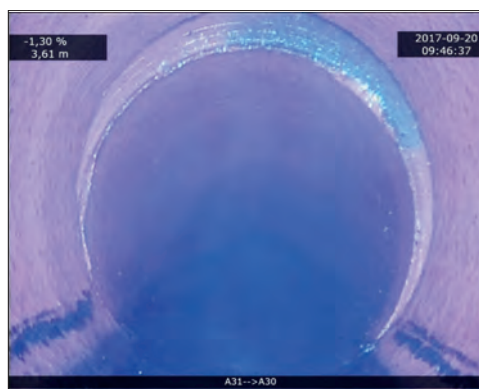
Fot. 3. Inspekcja kamerą CTV – przeciwspadki.
Pic. 3. CCTV inspection – counter slopes.



Fot. 7. Inspekcja kamerą CTV – wystające sznury uszczelniające rury kamionkowe.
Pic. 7. CCTV inspection – protruding cords sealing on stone-ware pipes.



Fot. 4. Inspekcja kamerą CTV – wrastający korzeń.
Pic. 4. CCTV inspection – ingrown root.



Fot. 8. Inspekcja kamerą CTV – przesunięcia.
Pic. 8. CCTV inspection – movements.

Planowany efekt modernizacji

Opracowanie planu rehabilitacji należy rozpocząć od określenia wymagań funkcjonalno-użytkowych. Zazwyczaj są one formułowane z uwzględnieniem kryteriów hydraulicznych, konstrukcyjnych, środowiskowych, higienicznych i zdrowotnych oraz bezpieczeństwa pracowników wykonujących czynności eksploatacyjne na sieci.[2] Tak więc sieć poddana renowacji oraz przebudowie zostanie uszczelniona, co powinno rozwiązać lub znacznie ogr-

niczyć problem wód infiltracyjnych. Przeciwspadki zostaną usunięte poprzez przebudowę, co znacznie zmniejszy ryzyko awarii w sieci spowodowane powstaniem zatoru. Właściwości hydrauliczne sieci zostaną poprawione (moduły PVC oraz linery z włókna szklanego cechują się znacznie mniejszymi współczynnikami szorstkości niż eksploatowane kanały w złym stanie), co sprawi, iż mimo zmniejszenia średnicy przewodu, następuje szybszy przepływ ścieków, co uniemożliwi osadzanie tłuszczów oraz osadów, a w konsekwencji nastąpi brak propagacji odorów [3]. W związku

z poprawą stanu sieci kanalizacji sanitarnej przewiduje się znaczny spadek wskaźnika jej awaryjności.

Porównanie kosztów odnowy sieci kanalizacji sanitarnej

Dane do kosztorysu dla przebudowy metodą wykopową

Koszt wymiany istniejących przewodów kanalizacyjnych determinują w głównej mierze czynniki, takie jak: nawierzchnia terenu, zagłębienie kanału, poziom wód gruntowych oraz kategoria gruntu. Zestawienie nawierzchni wraz ze średnicami przedstawiono w tabeli 1.

Dane do kosztorysu dla renowacji oraz przebudowy metodami bezwykopowymi

Po przeprowadzonej analizie inspekcji kanałów kamerą CTV dokonano doboru metody odnowy każdego odcinka, co zostało zobrazowane na rys.4 oraz zestawione w tabeli 2.

Kosztorysy

Po etapie doboru metod bezwykopowej modernizacji kanałów sanitarnych oraz zestawieniu nawierzchni dla przebudowy metodą wykopową zostały opracowane kosztorysy inwestorskie w programie EDBUD.

W tabelach 3 i 4 przedstawiono podsumowanie kosztów danych inwestycji. Wartość netto kosztorysu, dla renowacji metodami bezwykopowymi, jest niższa od przebudowy metodą wykopową o 745 478,66 zł. Cena netto renowacji bezwykopowej stanowi 88,53% ceny netto przebudowy metodą wykopową.

W tabelach 5 i 6 zamieszczono ceny jednostkowe dla dobranych metod z podziałem na średnice oraz wykopowe z podziałem na średnice oraz rodzaj nawierzchni. Analizując wartości, zauważono, iż nie w każdym przypadku technologii bezwykopowe okazują się tańsze. O ile renowacja metodami CIPP i shortliningu są tańsze, niezależnie od nawierzchni, o tyle bezwykopowa przebudowa metodą burstliningu jest droższa (dla tych samych średnic) nawet, od metody wykopowej, prowadzonej w nawierzchni asfaltowej. Jednakże nie zawsze istnieje możliwość dokonania wykopu (nawet w terenach zielonych) – właściciele nieruchomości często nie chcą wyrazić zgody na rozkop, zwłaszcza na terenie zagospodarowanej działki. W takim przypadku, pomimo wyższej ceny, rozwiązaniem przebudowy istniejącej sieci, w celu

Tabela 1. Zestawienie nawierzchni wraz ze średnicami.
Table 1. List of pavements with diameters.

Nawierzchnia	Średnica [mm]	Długość [m]	Suma [m]
Teren zielony	200	1875,67	2 686,31
	250	91,1	
	300	654,79	
	400	50,94	
	500	13,81	
Chodnik	200	708,25	1 037,92
	250	69,12	
	300	137,79	
	400	122,76	
Kostka brukowa	160	21,15	2 958,39
	200	2646,25	
	250	64,65	
	300	226,34	
Asfalt	160	49,91	4 759,45
	200	3308,24	
	250	126,99	
	300	1080,36	
	400	42,67	
	500	151,28	
SUMA	11 442,07		

Tabela 2. Zestawienie doboru metod wraz ze średnicami.
Table 2. List of methods selection with diameters.

Metoda	Średnica [mm]	Długość [m]	Suma [m]
CIPP	160	52,35	6 383,83
	200	4453,2	
	250	197,45	
	300	1299,37	
	400	216,37	
	500	165,09	
KMR	160	18,71	2 522,48
	200	2144,85	
	250	76,02	
	300	282,9	
Burstlining	200	1940,36	2 535,76
	250	78,39	
	300	517,01	
		SUMA	11 442,07

Tabela 3. Koszt renowacji sieci metodami bezwykopowymi. [7]
Table 3. Cost of renovation with trenchless methods. [7]

renowacja bezwykopowa Podsumowanie				
Nazwa	Razem	R	M	S
Koszty bezpośrednie:	3 268 308,40 zł	0,00 zł	0,00 zł	3 268 308,40 zł
Koszty pośrednie [KP] (60,0% od R; 60,0% od S)	1 960 985,04 zł	0,00 zł	0,00 zł	1 960 985,04 zł
Zysk [Z] (10,0% od R; 10,0% od S; 10,0% od KP)	522 929,34 zł	0,00 zł	0,00 zł	522 929,34 zł
Wartość z narzutami:	5 752 222,78 zł	0,00 zł	0,00 zł	5 752 222,78 zł
Wartość pozycji scalonych:	0,00 zł			
Wydatki inwestora:	0,00 zł			
Dodatkowe koszty:	0,00 zł			
Narzuty kwotowe: [Koszty pośrednie = 0,00 zł] [Zysk = 0,00 zł]	0,00 zł			
Wartość kosztorysu:	5 752 222,78 zł			
Wartość VAT:	1 323 011,24 zł			
Wartość kosztorysu z VAT:	7 075 234,02 zł			

poprawy jej parametrów, jest zastosowanie burstliningu.

Dane z tabeli 5 zamieszczono na wykresie (rys. 7), natomiast z tabeli 6 na wykresie (rys. 6). Dodatkowo na obu wykresach pokazano średnią cenę za mb

dla danego zadania obliczoną w tabeli 7. W przypadku realizacji inwestycji w technologiach bezwykopowych jej realizacja w przypadku burstliningu generuje koszty powyżej średniej ceny. W przypadku metody wykopowej przebudowa

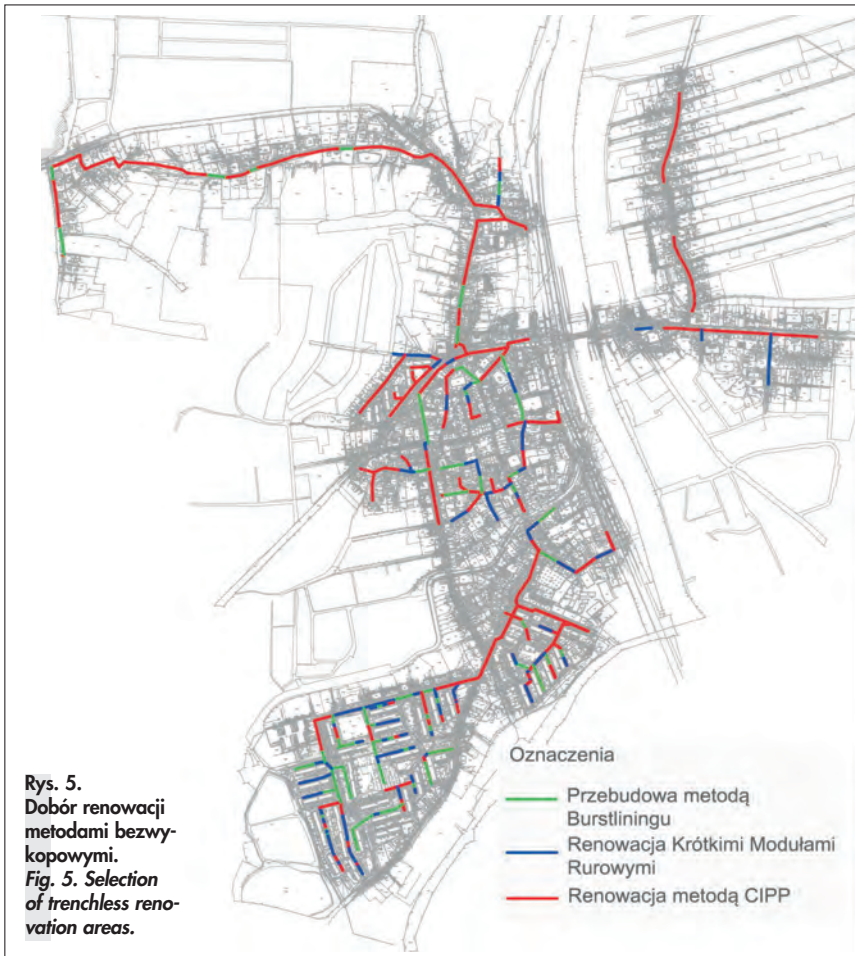
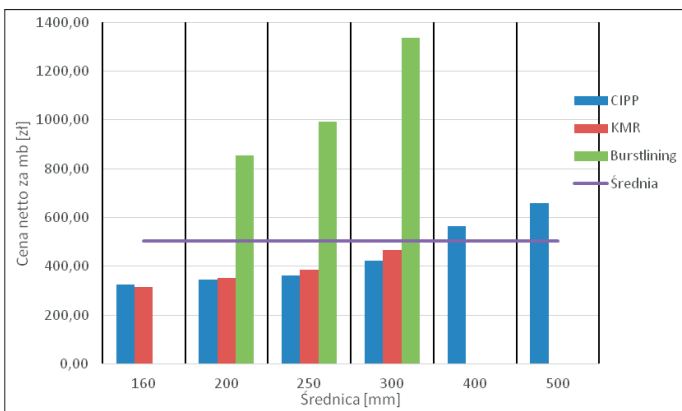


Tabela 4. Koszt przebudowy sieci metodą wykopową. [7]
Table 4. Cost of network modification with trenchless method. [7]

przebudowa				
Podsumowanie				
Nazwa	Razem	R	M	S
Koszty bezpośrednie:	4 773 330,74 zł	996 939,06 zł	2 504 421,93 zł	1 271 969,76 zł
Koszty pośrednie [KP] (60,0% od R; 60,0% od S)	1 361 345,29 zł	598 163,43 zł	0,00 zł	763 181,85 zł
Zysk [Z] (10,0% od R; 10,0% od S; 10,0% od KP)	363 025,41 zł	159 510,25 zł	0,00 zł	203 515,16 zł
Wartość z narzutami:	6 497 701,44 zł	1 754 612,74 zł	2 504 421,93 zł	2 238 666,77 zł
Wartość pozycji scalonych:	0,00 zł			
Wydatki inwestora:	0,00 zł			
Dodatkowe koszty:	0,00 zł			
Narzuty kwotowe: [Koszty pośrednie = 0,00 zł] [Zysk = 0,00 zł]	0,00 zł			
Wartość kosztorysu:	6 497 701,44 zł			
Wartość VAT:	1 494 471,33 zł			
Wartość kosztorysu z VAT:	7 992 172,77 zł			



realizowana w nawierzchni asfaltowej, nawet przy małych średnicach kształtuje się w granicach średniej ceny lub powyżej. Wykonanie przebudowy w pozostałych nawierzchniach do średnicy DN250 wynosi poniżej średniej. Na wykresie (rys. 8) zostały zestawione ceny jednostkowe dla obu technologii z podziałem na średnice wraz ze średnimi cenami. Należy zauważyć, iż najtańszą metodą (poza średnicą DN160) jest renowacja bezwykopowa metodą CIPP. Metoda ta poza niskimi kosztami charakteryzuje się szybkością realizacji. Jednakże ze względu na stan kanatu nie w każdym można ją zastosować.

W tabeli 7 zestawiono wartości netto, VAT, brutto oraz ceny jednostkowej za metr bieżący netto przedmiotowych inwestycji wraz ze wskazaniem różnic między tymi wartościami.

Jedną z opisanych zalet metod bezwykopowych jest krótszy czas przeznaczony na wykonanie zadania, w porównaniu do tradycyjnej budowy. Skutkiem tego ponoszone są mniejsze opłaty za zajęcie pasa drogowego, których stawka na terenie miasta S wynosi:

- jezdni do 20% szerokości (włącznie) - 3,00 zł,
- jezdni od 20% do 50% szerokości - 5,00 zł,
- jezdni powyżej 50% szerokości - 8,00 zł,
- chodników - 3,00 zł,
- pozostałych elementów pasa drogowego - 1,00 zł.

Krótszy czas realizacji zadania w pasie drogowym powoduje mniejsze problemy komunikacyjne, co wpływa na zadowolenie uczestników ruchu drogowego oraz zmniejszenie poziomu spalin.

Pomimo faktu, iż burstling jest metodą droższą niż metoda wykopowa nawet w terenie zielonym, biorąc pod uwagę zakres całego zadania, technologie bezwykopowe są tańszymi metodami.

Podsumowanie

Na podstawie przeglądu kamerą CTV stwierdzono niezadowalający stan techniczny wielu odcinków sieci kanalizacyjnej w mieście S.

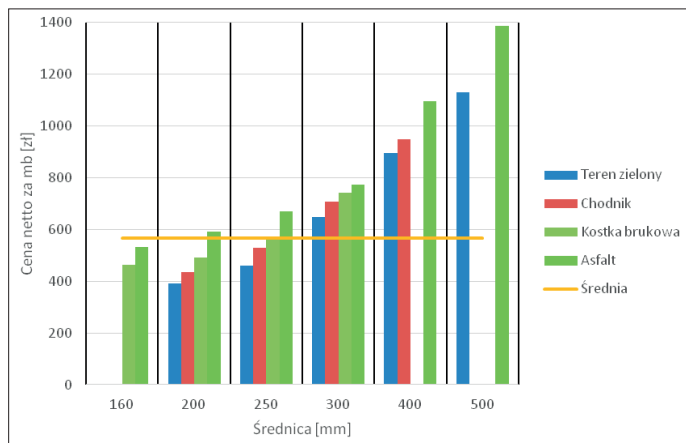
Zostały porównane koszty renowacji i wymiany metodami bezwykopowymi oraz przebudowy metodą tradycyjną, czyli wykopową.

Na podstawie zestawienia kosztów wykonania renowacji przewodów kanalizacyjnych, korzystniejsze okazały się metody renowacji bezwykopowej.

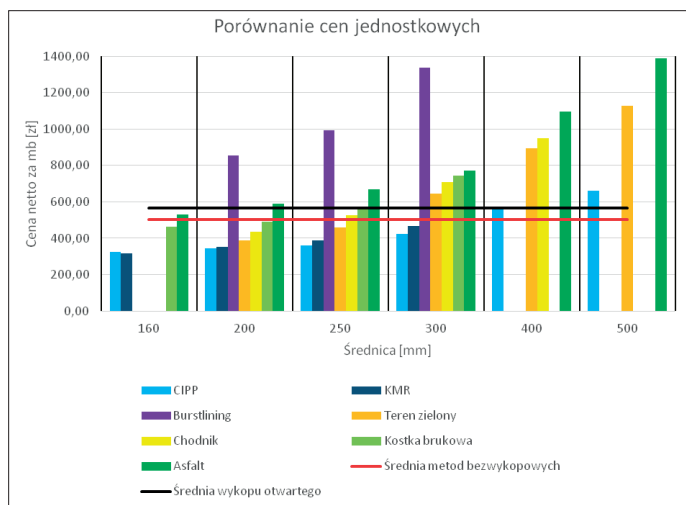
Renowacja metodami utwardzanego rękawa CIPP i krótkimi modułami rurowymi

Tabela 5. Cena jednostkowa zadania w technologii wykopowej z podziałem na nawierzchnię terenu oraz średnice.
Table 5. Unit price of the task in excavation technology with the division into the terrain surface and diameters.

Nawierzchnia	Średnica [mm]	Długość [m]	Cena netto za mb [zł]
Teren zielony	200	1875,67	389,92
	250	91,1	458,93
	300	654,79	647,13
	400	50,94	895,29
	500	13,81	1129,62
Chodnik	200	708,25	436,68
	250	69,12	527,92
	300	137,79	708,33
	400	122,76	949,90
Kostka brukowa	160	21,15	461,96
	200	2646,25	492,51
	250	64,65	564,38
	300	226,34	742,99
Asfalt	160	49,91	531,81
	200	3308,24	591,79
	250	126,99	669,53
	300	1080,36	773,67
	400	42,67	1096,39
	500	151,28	1387,54



Rys. 7. Zestawienie cen za mb dla technologii wykopowej w zależności od nawierzchni z podziałem na średnice.
Fig. 7. Price list per meter per surface type, excavation technology with the division into the terrain surface and diameters



Rys. 8. Wykres zbiorcze porównanie cen jednostkowych wszystkich metod.
Fig. 8. Summary chart comparing the unit prices of all methods.

Tabela 7. Całkowite zestawienie kosztów.
Table 7. Cost comparison.

	Metoda bezwykopowa	Metoda wykopowa	Różnica
Cena netto	5 752 222,78 zł	6 497 701,44 zł	745 478,66 zł
VAT	1 323 011,24 zł	1 494 471,33 zł	171 460,09 zł
Cena brutto	7 075 234,02 zł	7 992 172,77 zł	916 938,75 zł
Cena jednostkowa za mb netto	502,73 zł	567,88 zł	65,15 zł

Tabela 6. Cena jednostkowa wykonania zadania w technologii bezwykopowej z podziałem na metody oraz średnice.
Table 6. The unit price of the task in trenchless technology divided into methods and diameters.

Metoda	Średnica [mm]	Długość [m]	Cena netto za mb [zł]
CIPP	160	52,35	325,60
	200	4453,20	344,96
	250	197,45	360,80
	300	1299,37	422,40
	400	216,37	563,20
KMR	500	165,09	660,00
	160	18,71	316,80
	200	2144,85	352,00
Burstlining	250	76,02	387,20
	300	282,90	466,40
	200	1940,36	853,60
	250	78,39	994,40
	300	517,01	1337,60

shortlingu jest tańsza niezależnie od średnicy i nawierzchni od metody wykopowej.

Przebudowa – rehabilitacja metodą burstlingu okazała się droższa (dla tych samych średnic), nawet od metody wykopowej, prowadzonej przy nawierzchni asfaltowej.

Bezwykopowe metody renowacji i rehabilitacji wraz ze wzrostem ich popularności oraz większą dostępnością będą coraz tańsze, a ich procentowy udział w stosunku do technologii wykopowej będzie wzrastał.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kuliczowska E. Przyczyny zapadania się nawierzchni ulicznych wskutek awarii przewodów kanalizacyjnych. Instal 2/2020 s. 44-48.
- [2] Kolonko A., Kujawski W., Przybyła B., Roszkowski A., Rybarski S., Izba Gospodarcza-Wodociągi Polskie. Podstawy bezwykopowej rehabilitacji technicznej przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych na terenach zurbanizowanych
- [3] Piechurski F, Ola W: Zmiana warunków hydraulicznych przepływu po renowacji sieci wodociągowej. Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej Nowe technologie w sieciach i instancjach wodociągowo kanalizacyjnych. Szczyrk 2008 s.123-138
- [4] <http://thomsen.pl/images/berstlining-02.gif>
- [5] <https://unimark.pl/gfx/text/5-1-a2s.jpg>
- [6] <https://www.lanesfordrains.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/curing-image.jpg>
- [7] Roszkowski A. Kosztowa ocena sposobów renowacji sieci kanalizacyjnej na przykładzie miasta S. Praca dyplomowa magisterska. Gliwice 2019.