

# Renowacja kanałów metodą rękawa Aarsleff w Białymstoku i Lublinie

tekst: PAWEŁ NURZYŃSKI, zdjęcia: PER AARSLEFF POLSKA Sp. z o.o.

Technologia rękawa Aarsleff dzięki stosunkowo niewielkiej grubości ścianki i efektowi przylegania do istniejącego kanału zmniejsza przekrój kanału w sposób nieznaczny, a skutek poprawienia współczynnika szorstkości nie zmniejsza przepustowości kanału. Jedynie technologia rękawa daje możliwość wykonania prac bez redukcji przepustowości kanału.

## Opis technologii rękawa Aarsleff

Prace renowacyjne za pomocą bezwypkowej technologii rękawa Aarsleff zapewniają długoletnią i bezawaryjną pracę kanałów po wykonanej naprawie.

Pierwszym etapem renowacji jest hydrodynamiczne czyszczenie kanału przy zastosowaniu wozu ciśnieniowego o ciśnieniu 200 b, wydatku 300 l/min i różnych typach głowic. W trakcie czyszczenia zapewniona jest ciągła kontrola stanu przewodu kamerą TV. Inspekcja ta pozwala określić stan przewodu oraz dostosować technikę czyszczenia do stopnia jego destrukcji.

Renowację metodą Aarsleff (w przypadku długich odcinków) rozpoczyna się od wprowadzenia do naprawianego przewodu wstęgi z polietylenowego włókna o odpowiedniej średnicy za pomocą sprężonego powietrza.

Kolejnym etapem jest wprowadzenie do przewodu właściwego rękawa Aarsleff. Zapewni on wytrzymałość mechaniczną, dynamiczną i statyczną na obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne. Parametry zastosowanego rękawa w zakresie odporności chemicznej, odporności na ścieranie oraz wszystkich innych wymogów są w pełni spełnione.

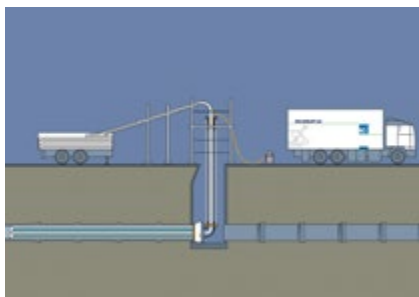
Impregnowany materiał rękawa Aarsleff montuje się wewnątrz istniejącej rury przez studnię. Do wypełnienia odwracalnej rury pionowej stosowana jest woda z pobliskiego hydrantu lub sprężone powietrze. Słup wody lub sprężone powietrze naciskające na rękaw Aarsleff wymusza odwrócenie (inwersję) rury wewnątrz naprawianego przewodu. Po dojeździe czoła rękawa do punktu końcowego podgrzewa się wodę do temperatury ok. 80 °C lub wprowadza się parę wodną do wnętrza rury w celu termicznego utwardzenia żywicy. Po utwardzeniu rękawa i schłodzeniu wody zmniejsza się ciśnienie wody we wnętrzu rury i odcina końcówki rękawa. Efektem wykonanej renowacji jest uzyskanie wytrzymałej, ściśle przylegającej do naprawianego kanału powłoki. Ostatnim etapem prac jest otworzenie przykanalików włączonych na trójnik za pomocą specjalnego robota i pod kontrolą kamery TV.

Po wykonaniu badań kontrolnych – oceny stanu powierzchni wewnętrznej przewodu przy użyciu kamery – przewód jest gotowy do eksploatacji.

W efekcie tak wykonanej renowacji otrzymujemy w pełni wytrzymałą me-

chanicznie, szczelną i odporną na ścieranie rurę wewnątrz skorodowanego przewodu. Rękaw ściśle przylega do ścianek naprawianego przewodu. Renowację rękawem można wykonywać z dobrym efektem w przypadku bardzo wielu rodzajów uszkodzeń przewodów, m.in. pęknięć, otwartych złączy, przesunięć pionowych i poziomych rur, częściowego zgniecenia przewodów, infiltracji wód gruntowych. Rękaw Aarsleff poprawia wytrzymałość mechaniczną przewodu po naprawie także w przypadku napraw odcinków rur bardzo zowalizowanych i spłaszczonych.

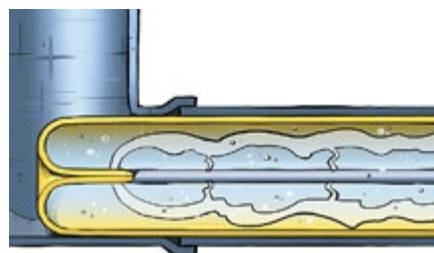
Prace renowacyjne w technologii Aarsleff nie wymagają żadnych wykopów. Do renowacji używany jest specjalnie zaprojektowany zestaw samochodowy, w którym znajdują się wszelkie niezbędne urządzenia do wykonania prac. Niezbędne jest zajęcie ok. 100 m<sup>2</sup> terenu (3 x 30 m) w obrębie studni, z której wprowadzany jest rękaw. W trakcie prac musi być zapewniony dostęp do wszystkich studni naprawianego kanału. Ścieki w czasie prac renowacyjnych są przepompowywane za pomocą zatapialnych pomp oraz elastycznych węży 4".



Schemat instalacji rękawa Aarsleff



Instalacja rękawa



Wygryzewanie rękawa



Prace renowacyjne prowadzone są w systemie ciągłym, 24 godziny na dobę.

Obliczenia grubości rękawa Aarsleff wykonuje się przy założeniu całkowitego zniszczenia rury pierwotnej, tj. gdy nastąpiło uszkodzenie jej konstrukcji (pęknięcie, odkształcenie, korozja, ubytki fragmentów rury). W takim przypadku rękaw Aarsleff projektuje się jako przewód, który musi samodzielnie wytrzymać wszelkie obciążenia: ciśnienie hydrostatyczne, nacisk gruntu, obciążenia zmienne.

Projektowanie rękawa Aarsleff opiera się na analizie elastycznej rury. Grubość ścianki rękawa oblicza się na podstawie zmodyfikowanego równania AWWA (Amerykańskie Stowarzyszenie Przedsiębiorstw Wodociągowych) dla projektowania wybozczeń elastycznych rurociągów umieszczanych w wykopach. Równanie to zostało zmodyfikowane na potrzeby remontów kanałów przez uwzględnienie współczynnika owalizacji oraz wpływu długotrwałego obciążenia. Grubość ścianki sprawdza się również za pomocą wzoru Spanglera. Przydatność i poprawność tych równań dla potrzeb procedury projektowej rękawa została potwierdzona w ramach prowadzonych testów.

Renowacja wykonana w technologii Aarsleff jest zgodna z polską normą PN-EN 11296-1, PN-EN 11296-4.

**Przewidziane do zastosowania materiały wraz z ich charakterystyką techniczną**

Technologia rękawa Aarsleff służy do renowacji przewodów komunalnych, tj. deszczowych, ogólnospławnych, sanitarnych, a także instalacji przemysłowych. Naprawiane przewody mogą być wykonane z dowolnego materiału, np. betonu, kamionki, żeliwa, stali, azbestocementu, tworzyw sztucznych. Zakres średnic możliwych do naprawy wynosi od 75 do 3000 mm.

Parametry pracy po renowacji: temperatura do 60 °C, 100-procentowa szczelność kanału, poprawa parametrów wytrzymałościowych, odporność na przepływające medium w zakresie pH 4–10. Nazwa handlowa: Aarsleff.

Rodzaj żywicy: poliestrowa Ortho\NPG. Grubość ścianek: +10%, -10%. Rodzaj wypełniacza: Al(OH)<sub>3</sub>.

**Zalety technologii**

Eliminacja nieszczelności występujących w starym przewodzie.

Eliminacja infiltracji wód gruntowych do rurociągu oraz wypływu medium na zewnątrz.

Zatrzymanie procesu wypłukiwania gruntu przez wody gruntowe.

Ścisłe dopasowanie rury Aarsleff do wnętrza starego rurociągu poprawia wytrzymałość układu grunt – rurociąg.

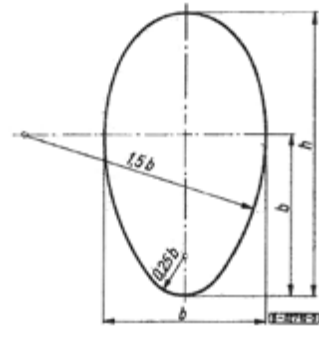
Wygładzenie powierzchni wewnętrznej i zapewnienie łagodnego opływu złączy rur poprawia parametry hydrauliczne przewodu, a tym samym zwiększa jego przepustowość.

Wewnętrzna powierzchnia rękawa Aarsleff zapobiega powstawaniu osadów.

**Białystok – renowacja w technologii termoutwardzalnego rękawa Aarsleff kanału jajowego o średnicy 700 x 1270 mm i długości 178,1 m wraz z renowacją trzech studni**

Białostocki kanał został zbudowany metodą górniczą w dwudziestoleciu międzywojennym. Znajduje się na głębokości 4,58–7,44 m, pod budynkiem dworca głównego PKP oraz 10 torami kolejowymi. W związku z tym dostęp do studni pośrednich nie był praktycznie możliwy, co wymuszało konieczność instalacji jednego rękawa na całej długości.

Zgodnie z normą PN-71 B-02710 *Kanalizacja zewnętrzna. Przekroje poprzeczne zamkniętych kanałów ściekowych*, kolektor, który poddano renowacji, to kanał niestandardowy o przekroju jajowym, podwyższony, charakteryzujący się stosunkiem szerokości do wysokości ok. 1:1,75.



Rys. 3  
b : h = 1 : 1,75  
F = 1,359 b²  
U = 8,397 b  
R = 0,309 b

gdzie,  
b – szerokość kanału jajowego podwyższonego,  
F – pole przekroju kanału,  
h – wysokość kanału jajowego podwyższonego,  
U – obwód kanału,

Tabelaryczne dane kanału jajowego, podwyższonego, JP 700/1225 mm:  
F = 0,666 m², U = 3,078 m, R = 0,216 m

Problemy z istniejącym kanałem:

- pęknięcia poprzeczne i podłużne kanału,
- ubytki na powierzchni wewnętrznej kanału,
- miejscowe zapadliska i zaniżenia odcinków kanału,
- przecieki wody gruntowej,
- twarde narosty.

Stan kolektora na odcinkach objętych inspekcją telewizyjną wskazywał na konieczność jego naprawy na całej długości.



Białystok – renowacja w technologii termoutwardzalnego rękawa Aarsleff

ści. Większość uszkodzeń miała charakter ciągły i zostały one spowodowane uszkodzeniami powstałymi w okresie funkcjonowania kanału. Ogólnie można stwierdzić, że głównym problemem występujących odcinków kolektora sanitarnego przeznaczonego do renowacji była jego nieszczelność, spowodowana różnymi przyczynami (pęknięcia, rozszczelnienia, ubytki fug i cegieł).

Skutkiem nieszczelności kanałów były utrudnienia eksploatacyjne (infiltracja wody gruntowej, twarde narosty) oraz pogorszenie stanu środowiska naturalnego (eksfiltracja ścieków do gruntu). Napływ wód gruntowych powodował znaczne zwiększenie ilości ścieków dopływających do oczyszczalni oraz dodatkowo mógł wywołać infiltrację gruntu do tego kanału, co w konsekwencji prowadziło do powstawania kawern i osiadania terenu. Powyższe zjawisko jest szczególnie niekorzystne i niebezpieczne w przypadku usytuowania kanałów pod ulicami lub torami kolejowymi, gdzie występują dynamiczne obciążenia zwiększające możliwość intensywnego przedostawania się gruntu do kanalizacji. Skuteczne pozbycie się wód infiltracyjnych z kanału zagwarantowało zastosowanie termoutwardzalnego rękawa na całej długości kolektora. Termoutwardzalny rękaw Aarsleff zapewnia 100-procentową szczelność odcinków, gwarantuje jednocześnie odporność na przenoszenie obciążeń oraz bezproblemową pracę systemu odprowadzania ścieków przez wiele lat.

Technologia termoutwardzalnego rękawa Aarsleff umożliwia wykonanie poprawnej renowacji kolektora na całej długości kanału poddanego inspekcji za pomocą jednej instalacji (inne technologie utwardzania nie dają takiej możliwości).

W przypadku renowacji kolektora eliminuje się możliwość występowania awarii i zakłóceń w pracy nie tylko samego kanału, ale też nawierzchni ulic i torów, narażonych na zapadanie i deformację, pod którymi przebiega dany odcinek kolektora.

Rękaw Aarsleff charakteryzuje się takimi właściwościami, jak:

- oddzielenie wewnętrznej powierzchni kanału od transportowanego medium,
- uszczelnienie istniejącego kanału przed przeciekami transportowanego medium przez nieszczelności w istniejącym kanale (na połączeniach rur, w miejscach pęknięcia rur, przez dziury),
- stabilizowanie i wzmacnianie konstrukcji istniejącego rurociągu,

- uzyskanie dostatecznej przepustowości hydraulicznej.

W wyniku renowacji rękawem Aarsleff następuje:

- poprawa stanu technicznego kanału – szczelność kanału na infiltrację i ekfiltrację po wykonaniu renowacji,
- uzyskanie dostatecznej przepustowości hydraulicznej kanału,
- odpowiednia trwałość technologii, tzn. nie mniej niż 50 lat, udokumentowana przeprowadzonymi badaniami,
- odtworzenie właściwej konstrukcji kanału – nośność rękawa bez współpracy z istniejącym rurociągiem, gwarantująca przeniesienie rzeczywistych obciążeń, potwierdzona obliczeniami (według ATV M127-2),
- usprawnienie funkcjonowania systemu kanalizacji.

### Renowacja kanalizacji rękawem Aarsleff utwardzanym w przewodzie (CIPP)

Instalacja rękawa odbyła się przez istniejącą studnię / komorę rewizyjną K6 (studnia startowa) – punkt B, w kierunku studni / komory K1 (studnia końcowa) – punkt A, w jednym etapie instalacji.

Korzyści:

- instalowanie i utwardzanie rękawa nie powoduje uszkodzenia istniejącego kanału;
- renowacja kanału odbywa się na całym odcinku między studniami rewizyjnymi;
- grubość ścianki rękawa (a tym samym wytrzymałość) dobierana jest w zależności od stanu kanału i warunków gruntowych, aby w rezultacie końcowa grubość ścianki kompozytu zapewniała możliwość przenoszenia obciążeń działających na rękaw;
- uzyskanie pełnej szczelności;
- wymiary rękawa są dobrane do średnicy kanału;
- nasączone powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne rękawa pozbawione są wad w postaci niejednorodności i wtrąceń ciał obcych;
- jednakowa barwa oraz powierzchnia wewnętrzna rury kanału pod względem strukturalnym o niskim współczynniku szorstkości;
- odpowiednia trwałość technologii;
- odporność chemiczna na wpływ ścieków w zakresie pH 6–10;
- odporność termiczna nie mniejsza niż 60 °C;
- odporność na ścieranie;

- zgodność z normami PN-EN ISO 11296-1 oraz PN-EN ISO 11296-4.

W trakcie prowadzenia prac ścieki były przepompowywane wzdłuż istniejącego kolektora z wykorzystaniem podwieszenia przepompowania do kładki dla pieszych nad torami PKP.

Wykonanie bajpasu o długości L = ok. 350 m równoległe do odcinka poddawane renowacji, a stanowisko pompowe, niezależnie od wariantu, zlokalizowane przy studni rewizyjnej poprzedzającej K6 (ok. 62 m przed tą studnią, na wysokości pawilonów handlowych). Ścieki były pompowane również ze studni pośrednich na trasie remontowanego kanału w przypadku włączeń przykanalików lub odgałęzień bocznych do studni. W razie włączeń przykanalików bezpośrednio do kanału ścieki pompowano ze studni rewizyjnych na terenie poszczególnych posesji. Zrzut ścieków z pompowania następował do studni zlokalizowanej ok. 109 m za studnią K1, na wysokości warsztatów Madro i posesji nr 8.

Do przetłaczania ścieków wykorzystane zostały rurociągi PE i węże elastyczne, tzw. bajpasy, ułożone na gruncie. Połączeń wymienionych przewodów dokonano przez zgrzewanie doczołowe (dla średnic powyżej DN 110 mm) lub przez złączki rurowe skręcane (dla średnic do 110 mm). Przy przejściach przez ulice zastosowano przejazdy do węży umożliwiające przejazd samochodów.

Pompowanie ścieków odbywało się przez przenośne pompy zatapialne, zasilane energią elektryczną, a przy większym przepływie spalinowe agregaty pompowe, gwarantujące zachowanie ciągłości przepływu ścieków. W rejonie istniejącej zabudowy agregaty miały obudowę dźwiękochłonną.

### Lublin – renowacja kanałów deszczowych DN 1600 o długości 230 m za pomocą rękawa z włókniyny poliestrowej, utwardzanego termicznie

Przed renowacją istniejący kanał w całym zakresie pasa drogowego ul. Wilczej w Lublinie został objęty oględzinami w terenie wraz ze sporządzeniem dokumentacji fotograficznej, na podstawie których stwierdzono konieczność jego naprawy.

Większość uszkodzeń miała charakter ciągły, spowodowany błędami z okresu wykonawstwa oraz uszkodzeniami powstałymi w okresie funkcjonowania przewodu, takimi jak pęknięcia, ubytki,



Białystok – renowacja w technologii termoutwardzalnego rękawa Aarsleff

korozja, otwarte złącza, przesunięte złącza, penetracja korzeni. Ze względu na znaczną liczbę uszkodzeń i ich ciągły charakter nie było ekonomicznego oraz technicznego uzasadnienia do zastosowania renowacji przy użyciu napraw punktowych.

Skuteczne odprowadzanie wód opadowych z kanałów mogło zostać zagwarantowane dzięki zastosowaniu termoutwardzalnego rękawa na całej długości przewodów. Termoutwardzalny rękaw zapewnia 100-procentową szczelność odcinków, a jednocześnie odporność na przenoszenie obciążeń oraz bezproblemową pracę systemu odprowadzania wód opadowych przez wiele lat. Stan kanału umożliwił wykonanie poprawnej renowacji w technologii rękawa na całej długości kanałów poddanych inspekcji. Występujące uszkodzenia to przede wszystkim nieszczelne, otwarte, przesunięte złącza. Rozszczelnione złącza mogą prowadzić do infiltracji wody gruntowej, napływu gruntu rodzimego do kanału, co w dłuższej perspektywie prowadzi do osiadania poszczególnych rur i pogłębiania się problemu infiltracji oraz pęknięcia rur. Nieszczelne złącza są także powodem przerastania kanału korzeniami, czego konsekwencją w przyszłości mogłoby być zmniejszenie jego przepustowości, a z czasem nawet brak drożności oraz dalsze uszkodzanie kanału. Nieszczelności są źródłem napływu wody gruntowej do ścieków oraz powodem zamulania przewodu. W przypadku okresowych niższych poziomów wód gruntowych nieszczelne złącza są przyczyną infiltracji ścieków do otaczającego gruntu. Występowały także ubytki betonu na złączach. Spękania i ubytki rur na ba-

danym odcinku były różnego rodzaju: popękane złącza, ubytki fragmentów rur w obrębie złączy, promieniste i wzdłużne pęknięcia. Były rozłożone w sposób nierównomierny, ich część (ubytki) związana jest zapewne z błędami w trakcie budowy, natomiast część spękań promienistych może wynikać z naprężeń, jakim są poddawane rury w związku z odkształceniami gruntu.

Przedmiotem kontraktu była bezwyjątkowa renowacja kanałów deszczowych DN 1600 o długości 230 m za pomocą rękawa z włókniny poliestrowej, utwardzanego termicznie, zlokalizowanych w ul. Wilczej.

Ze względu na długość oraz średnicę odcinka jedyną możliwą do zastosowania technologią utwardzania była technologia rękawa termoutwardzalnego.

Zdecydowano się zastosować elastyczny rękaw wykonany z poliestrowej włókniny o strukturze filcowej, pokryty elastyczną powłoką poliuretanową lub polipropylenową bądź polietylenową. Włókninę nasączono termoutwardzalnymi żywicami poliestrowymi.

Rękaw wzmacniający spełniał następujące wymagania:

- nasączone żywicami poliestrowymi powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne rękawa powinny być gładkie, pozbawione wad w postaci niejednorodności i wtrąceń ciał obcych, końce rękawa powinny być obcięte równo i prostopadle do osi;
- nasączenie rękawa przy zastosowaniu podciśnienia, w warunkach kontrolowanych, fabrycznych (niedopuszczalne jest nasączenie na placu budowy);
- barwa rękawa przed zainstalowaniem powinna być na całej jego powierzchni jednakowa pod względem odcienia i intensywności;

- moduł sprężystości krótkoterminowy nie mniejszy niż 2100 MPa według PN-EN ISO178;
- sztywność obwodowa krótkoterminowa  $S$  powinna być nie mniejsza niż 2 kN/m<sup>2</sup> oraz liczona na podstawie wzoru zgodnie z normą PN-EN 1228

$$S = \frac{E}{[12 \times (d_m/e)^3]}$$

gdzie:

- $E$  – krótkoterminowy moduł sprężystości [MPa] wg PN-EN ISO 178,
- $e$  – grubość ścianki [m],
- $d_m$  – średnia średnica rękawa [m],
- $d_m = d_w + (d_z - d_w)/2$
- $d_z$  – średnica zewnętrzna rękawa [m],
- $d_w$  – średnica wewnętrzna rękawa [m],

- maksymalne zmniejszenie średnicy przewodu po renowacji 7%,
- odporność chemiczna w zakresie pH 6–10 i temperatury do 60 °C,
- odporność chemiczna na wpływ zalegających osadów,
- odporność na ścieranie, tzn. maksymalne dopuszczalne uszkodzenia powierzchni przy wykonywaniu prób na ścieranie 0.2 mm na 100 000 cykli według normy PN-EN 295-3,
- wymiary rękawa dobrane do średnicy kanału,
- przyleganie rękawa do powierzchni wewnętrznej kanału na całej długości równomiernego utwardzenia rękawa,
- szczelność kanału,
- zdolność rękawa do przenoszenia obciążeń gruntu, obciążeń hydrostatycznych oraz obciążeń eksploatacyjnych przy założeniu całkowitego zniszczenia naprawianego przewodu, udokumentowana obliczeniami,
- wytrzymałość na ciśnienie wewnętrzne do 0,15 MPa, udokumentowana w aprobacie ITB, ze względu na możliwe spiętrzenia w kanalizacji,
- zapewnienie właściwego stanu kanału po renowacji w postaci jednorodnej powierzchni kanału, odkształcenia, nieregularności wykładziny dopuszczalne są w przypadku zmiennej geometrii naprawianego przewodu (fuki, zmiany średnicy naprawianego kanału wynikające z korozji, przesunięć na złączach, pęknięć materiału rodzimego, stosowania rur o zmiennych średnicach itp.).

