

1. Temat, cel i zakres opracowania

Tematem projektu jest remont kanału sanitarnego kamionkowego $D = 0,25\text{m}$ w ul. Parzęczewskiej na odcinku od ul. Piotra Skargi do ul. Wspólnej w Zgierzu.

Niniejsze opracowanie ma na celu określenie sposobu, technologii oraz kosztów remontu kanału na wymienionym powyżej odcinku o długości $L = 172,84\text{m}$.

Doprowadzenie kanału do właściwego stanu technicznego umożliwi jego dalszą eksploatację przez następne 40 - 50 lat.

Zakres opracowania obejmuje :

- Projekt technologiczny wraz z wytycznymi organizacji robót, odtworzeniem nawierzchni oraz częścią terenowo-prawną;
- Projekt organizacji ruchu drogowego na czas remontu kanału;
- Specyfikację techniczną wykonania i odbioru robót oraz specyfikację materiałową
- Część kosztową.

2. Podstawy opracowania i wykorzystane materiały

Podstawę niniejszego opracowania stanowią:

- Umowa Nr 9/2007 zawarta pomiędzy „Wodociągami i Kanalizacją – Zgierz” Sp. z o.o., 95-100 Zgierz, ul.A.Struga 45, a Firmą Projektową "MW PROJEKT" Sp. z o.o. w Łodzi, ul.6-go Sierpnia Nr 5;
- Dokumentacja powykonawcza kanału sanitarnego w ul.Parzęczewskiej objętego zakresem niniejszego opracowania;
- Warunki szczegółowe do opracowania dokumentacji projektowej określone przez „Wodociągi i Kanalizację – Zgierz” Sp. z o.o.
- Wizje lokalne w terenie;
- Mapy sytuacyjno - wysokościowe w skali 1:500 wraz z uzbrojeniem jako odbitki do celów lokalizacyjnych z mapy zasadniczej miasta;
- Mapa ewidencji gruntów w skali 1:1000;
- Wypisy z ewidencji gruntów;
- Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy oraz technologia pracy przy eksploatacji, remontach i konserwacji sieci kanalizacyjnej na terenie Zgierza - opracowane przez „Wodociągi i Kanalizację – Zgierz” Sp.z o.o, 2007r.;
- Instrukcje wykonania remontów kanalizacji metodą „rękawa”.

3. Inwestor i użytkownik

Inwestorem remontu jest użytkownik kanału – „Wodociągi i Kanalizacja – Zgierz” Sp. z o.o., 95-100 Zgierz, ul.A.Struga 45.

4. Stan istniejący

Ogólny stan techniczny kanału na omawianym odcinku oceniono jako zły.

Kanał wymaga remontu kapitalnego na całym skontrolowanym odcinku.

Kanał sanitarny objęty zakresem niniejszego opracowania zlokalizowany jest w pasie drogowym ul. Parzęczewskiej.

Ścieki odprowadzane do remontowanego kanału sanitarnego są typowymi ściekami gospodarczo-bytowymi z budynków mieszkalnych budownictwa jednorodzinnego i punktów usługowych.

Studzienki wybudowane na kanałach są typowymi studniami z kręgów żelbetowych na podmurówce o średnicy Ø1,20/0,80 m.

5. Technologia remontu kanału

Remont kanału ma na celu przedłużenie jego sprawności technicznej na okres co najmniej 40 – 50 lat. Zgodnie ze specyfikacją techniczną „Wodociągów i Kanalizacji – Zgierz” Sp. z o. o. remont kanału wykonany będzie metodą bezodkrywkową. W niniejszym projekcie proponuje się renowację kanału poprzez wprowadzenie rękawa elastycznego nasączonego żywicą w warunkach fabrycznych, utwardzanego po wprowadzeniu go do kanału.

Utwardzona wykładzina pełni rolę zastępczego kanału, ma znaczną wytrzymałość strukturalną i może być stosowana do różnych warunków obciążeniowych. Pokrywa ona pęknięcia, uszczelnia kanał, zapobiega infiltracji wód i eksfiltracji ścieków.

Własności fizykochemiczne utwardzonej rury zależą głównie od rodzaju użytego zestawu żywic. Do remontu kanalizacji sanitarnej w ul. Parzęczewskiej przewiduje się użycie rękawów nasączonych żywicami poliestrowymi. Są to głównie zestawy żywic o wysokich wartościach modułu sprężystości przy zginaniu i o niskim współczynniku wydłużenia przy rozciąganiu. Nadają się one szczególnie do remontów rurociągów grawitacyjnych, ponieważ duża sztywność na zginanie i dobra odporność chemiczna są istotne dla trwałości rur. Żywice poliestrowe są bardzo odporne na działanie zwykłych ścieków komunalnych i kwasu siarkowego, tworzącego się na bazie siarkowodoru, który często występuje wewnątrz kanału.

Odcinek przeznaczony do renowacji poddany zostanie dokładnemu czyszczeniu mechanicznemu (wycinanie i frezowanie) oraz hydrodynamicznemu. Następnie przy pomocy kamery wprowadzonej do oczyszczonego kanału wykonana zostanie inspekcja pozwalająca na dokonanie oceny stopnia oczyszczenia powierzchni kanału, wielości ubytków i pęknięć ścianek. Jednocześnie za pomocą kamery wykonana zostanie inwentaryzacja przykanalików, umożliwiającą precyzyjną lokalizację wlotów.

Instalacja rękawa nasączonego żywicą poprzedzona jest instalacją rękawa z cienkiej folii, który ma za zadanie :

- odcięcie rękawa nasączonego żywicą od napływu wody gruntowej i ścieków z przykanalików aby zapobiec punktowemu wypłukiwaniu żywicy,
- uniemożliwienie wpłynięcia żywicy w przykanalik, gdyż ich usunięcie po utwardzeniu może być czasochłonne i trudne,
- zapewnienie gładkiej powierzchni przy wprowadzaniu rękawa właściwego, co daje możliwość jego miarowego wprowadzenia i zapobiega uszkodzeniom mechanicznym.

Zestaw do renowacji kanałów oraz wieżę inercyjną należy ustawić na podłożu utwardzonym. W tym przypadku wieża zostanie zlokalizowana przy studni nr 2, czyli w drodze asfaltowej.

Przygotowania do remontu kanału należy rozpocząć od budowy wieży inercyjnej z przenośnych rusztowań o wysokości ok. 6,0m, ustawionej nad studzienką. Z tak ustawionej wieży do studzienki opuszczona zostanie elastyczna rura prowadząca. Następnie do rury wprowadza się impregnowany rękaw, przymocowując jego początek, za pomocą obręczy zaciskowej z taśmy stalowej, do pierścienia znajdującego się na szczycie wieży. Po przymocowaniu rękawa, rura zostanie wypełniona wodą z hydrantu. Rękaw pod wpływem ciśnienia doprowadzonej wody o temperaturze otoczenia podlega inwersji czyli wywracaniu się na drugą stronę dotykając stroną nasączoną żywicą do ścianki regenerowanego kanału. Po wykonaniu pełnej inwersji rękawa, woda, która wymuszała ten proces, zostanie podgrzana do temperatury 85°C w celu termicznego utwardzenia żywicy, jaką nasączony został rękaw. Czas wygrzewania rękawa, w którym utrzymywana musi być ta temperatura, wynosi ok. 8 godzin. W czasie prac na bieżąco kontrolowana jest temperatura wody, a dane z kontroli zapisywane są w protokole przekazywanym wykonawcy. Po zakończeniu procesu utwardzania schłodzona woda odprowadzona zostanie do kanalizacji.

Udrożnienia wlotów przykanalików należy wykonać przy pomocy zdalnie sterowanego robota. Po utworzeniu przykanalików należy zainstalować na ich włączeniu kształtki kapeluszowe klasy C, zapewniające całkowitą szczelność układu. Dla remontu kanału sanitarnego objętego zakresem niniejszego opracowania potrzebna jest 1 kształtka kapeluszowa klasy C o średnicy Ø 0,15m.

6. Dobór rękawa do renowacji

Projektowanie rękawa do renowacji kanału oparte jest na przypadku całkowitego zniszczenia rury pierwotnej grawitacyjnej. Z całkowicie zniszczoną rurą pierwotną mamy do czynienia, gdy nastąpiło uszkodzenie konstrukcji rury lub jeśli takie uszkodzenie może nastąpić po zamontowaniu rękawa.

W takim przypadku rękaw projektuje się jak rurociąg, który samodzielnie musi wytrzymać wszelkie obciążenia: zewnętrzne ciśnienie hydrostatyczne, nacisk gruntu, obciążenia zmienne i podciśnienie wewnątrz rurociągu. Dobór rękawa opiera się na stosowanej dla przewodów układanych tradycyjną metodą wykopową analizie standardowej elastycznej rury.

Zgodnie z Warunkami szczegółowymi, dla przyjętej grubości rękawa i jego modułu sprężystości E, po jego utwardzeniu musi być spełniony warunek:

$$S_R = E \times I/D^3$$

gdzie:

S_R - sztywność obwodowa, $S_R \geq 4,0 \text{ kN/m}^2$

E - moduł sprężystości materiału, $E = 1800 \text{ MPa}$

I - moment bezwładności przekroju ścianki rękawa o grubości t, $I = t^3/12$

D - średnica rękawa

Z obliczeń wykonanych powyżej przedstawioną metodą wynika, że dla zachowania warunku sztywności rękawa po utwardzeniu $S_R \geq 4,0 \text{ kN/m}^2$ grubość rękawa powinna wynosić dla:

Ø250mm t = 7,5 mm

Poniżej przedstawiono obliczenia dla rury o średnicy Ø250mm wykonane metodą opartą o wytyczne amerykańskie.

Dla rury o średnicy 250 mm

Dane wyjściowe:

• średnica wewnętrzna rury (D)	250 mm
• minimalna średnica rury	240 mm
• stan techniczny istniejącej rury zniszczona	całkowicie
• zewnętrzny słup wody (H_w) ponad szczytem rury	1,5 m
• miąższość warstwy gruntu (H_s) ponad szczytem rury	min 4,00m max 5,00 m
• rodzaj gruntu	piasek
• moduł reakcji gruntu (E_s')	7 MPa
• moduł sprężystości rękawa (E)	1800 MPa
• wytrzymałość na ściskanie przy zginaniu rękawa (σ)	40 MPa
• moduł sprężystości przy zginaniu rękawa pomniejszony o poprawkę na oddziaływania długotrwałe (E_L)	900 MPa
• obciążenia eksploatacyjne	7200 kG

1. Analiza stateczności na wyboczenie wg równania AWWA

$$t = 0,721 \times D \times \left(\frac{\left(\frac{N \times q_t}{C} \right)^2}{E_L \times R_w \times B' \times E_s'} \right)^{\frac{1}{3}}$$

a) Obliczenie obciążenia

q_t - całkowite ciśnienie zewnętrzne wywierane na rurę [MPa]

$$q_t = 9,81 \times 10^{-3} \times H_w + 9,81 \times 10^{-3} \times w \times H_s \times R_w + W_s$$

R_w - współczynnik wyporu wody

$$R_w = 1 - 0,33 \times \frac{H_w}{H_s} = 1 - 0,33 \times \frac{1,5}{5,0} = 0,90$$

w - gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3]

$$w = 1,76 [\text{g}/\text{cm}^3]$$

W_s - obciążenie eksploatacyjne [MPa]

W_{sc} - obciążenie eksploatacyjne działające na rurę od skupionego obciążenia użytkowego (np. nacisk kół ciężarówki) [MPa]

Na ul. Parzęczewskiej występuje ruch samochodów osobowych, ciężarowych i autobusów o sile nacisku osi kół nie większej niż 70kN, co odpowiada obciążeniu równemu 7142,8 kG. Dlatego w obliczeniach przyjęto wartość $P = 7200\text{kG}$.

$$W_s = W_{sc} = 0,0107 \times C_s \times \frac{P \times F}{D}$$

C_s - współczynnik wpływu obciążenia

$$C_s = 0,019$$

P - skupione obciążenie użytkowe [kG]

F - współczynnik zagęszczenia gruntu

D - wewnętrzna średnica istniejącej rury (lub zewnętrzna średnica rękawa) [mm]

$$W_s = W_{sc} = 0,0107 \times 0,019 \times \frac{7200 \times 1}{250} = 5,9 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$q_t = 9,81 \times 10^{-3} \times 1,5 + 9,81 \times 10^{-3} \times 1,76 \times 5,0 \times 0,9 + 5,9 \times 10^{-3} = 0,09 \text{ MPa}$$

b) Obliczenie współczynnika podparcia sprężystego

$$B' = \frac{1}{1 + 4 e^{-0,213 \times H_s}}$$

e - podstawa logarytmu naturalnego $e = 2,718$

$$B' = \frac{1}{1 + 4 e^{-0,213 \times 5,0}} = 0,40$$

c) Obliczenie współczynnika odstępstwa od przekroju kołowego

$$q = 100 \frac{D - D_{\min}}{D}$$

$$q = 100 \frac{250 - 240}{250} = 4 \%$$

$$C = 0,70$$

d) Wyznaczenie minimalnej grubości ścianki rękawa z warunku na wyboczenie

$$t = 0,721 \times 250 \times \left(\frac{\left(\frac{2 \times 0,09}{0,70} \right)^2}{900 \times 0,90 \times 0,40 \times 7} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\mathbf{t = 5,5 \text{ mm}}$$

e) obliczenie sztywności

$$S_R = E \times I / D^3$$

$$I = \frac{t^3}{12}$$

DR - współczynnik kształtu rury

$$DR = \frac{D}{t}$$

$$DR = \frac{250}{5,5} = 45,45$$

$$S_R = \frac{E}{12 (DR)^3}$$

$$S_R = \frac{1800}{12 \times (45,45)^3} = 1,60 \times 10^{-3} > 0,64 \times 10^{-3}$$

Rękaw spełnia warunek sztywności zgodnie z wartością ustaloną przez Komitet C950 Stowarzyszenia AWWA. Minimalna sztywność powinna być równa co najmniej połowie wartości granicznej wynoszącej $1,28 \times 10^{-3}$ MPa.

2. Ugięcie (według wzoru Spanglera)

$$\frac{Y}{D} = \frac{K \times (L \times W + W_s)}{E} \times 100 \%$$

$$1,5 \times (DR - 1)^3 + 0,061 \times E_s'$$

Y - pionowe ugięcie rury [mm]

$\frac{Y}{D}$ - współczynnik ugięcia wyrażony procentowo

a) Obliczenie obciążenia

$$W = 9,81 \times 10^{-3} \times C \times w \times B_d$$

B_d - szerokość wykopu

$$B_d = 0,75 \text{ m}$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \times k \times u' \times H_s}{B_d}\right)}}{2 \times k \times u'}$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \times k \times u' \times H_s}{B_d}\right)}}{2 \times k \times u'}$$

k - stosunek ciśnienia poziomego do pionowego

u' - współczynnik tarcia pomiędzy materiałem zasypowym z ścianami wykopu

$$k \times u' = 0,165$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \times 0,165 \times 5,0}{0,75}\right)}}{2 \times 0,165} = 2,57$$

w - gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3]

$$w = 1,76 [\text{g}/\text{cm}^3]$$

$$W = 9,81 \times 10^{-3} \times 2,57 \times 1,76 \times 0,75 = 0,033 \text{ MPa}$$

$$W_s = 0,0059 \text{ MPa}$$

b) Obliczenie wyboczenia

$$\frac{Y}{D} = \frac{0,083 \times (1,25 \times 0,033 + 0,0059)}{1800} \times 100 \% = 0,8 \% < 5 \%$$

$$\frac{1,5 \times (45,45 - 1)^3}{1,5 \times (45,45 - 1)^3} + 0,061 \times 7$$

K - stała posadowienia (przyjmowana jako równa 0,083)

L - współczynnik otuliny (przyjmowany jako równy 1,25)

3. Wyboczenie spowodowane przez ciśnienie wody z zewnątrz

a) Obliczenie obciążenia

$$P = 1,5 + \frac{250}{1000} = 1,7 \text{ m słupa wody ponad szczytem rury, czyli } P = 0,0173 \text{ MPa}$$

b) Obliczenia grubości

$$t = \frac{D}{\left[\frac{2 \times K \times E_L \times C}{P \times N \times (1 - \nu^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1}$$

K - współczynnik wpływu usztywnienia (zwykle równy 7)

N - współczynnik bezpieczeństwa

ν - współczynnik Poissona (zwykle równy 0,3)

$$t = \frac{250}{\left[\frac{2 \times 7 \times 900 \times 0,70}{0,0173 \times 2 \times (1 - 0,3^2)} \right]^{\frac{1}{3}} + 1} = 3,1 \text{ mm}$$

4. Ograniczenie ciśnienia w związku z naprężeniami dopuszczalnymi

$$1,5 \times \frac{q}{100} \times \left(1 + \frac{q}{100} \right) \times (DR)^2 - 0,5 \times \left(1 + \frac{q}{100} \right) \times DR = \frac{\sigma}{P \times N}$$

$$1,5 \times \frac{4}{100} \times \left(1 + \frac{4}{100} \right) \times (45,45)^2 - 0,5 \times \left(1 + \frac{4}{100} \right) \times 45,45 = \frac{\sigma}{0,0173 \times 2}$$

$$\sigma = 3,64 \text{ MPa} < 28 \text{ MPa}$$

Dobór minimalnej projektowanej grubości ścianki rękawa wg metody opartej o normy amerykańskie

Dla przyjętych założeń w celu spełnienia wymagań dotyczących obciążeń konstrukcyjnych niezbędna jest grubość ścianki **t = 5,5 mm**.

Z uwagi na możliwości produkcyjne (rękaw jest produkowany w warstwach o grubości 3mm każda) proponowana minimalna grubość rękawa wynosi:

t = 6,0 mm. dla średnicy Ø250mm

7. Wytoczne organizacji robót

Maksymalna długość odcinka kanału remontowanego metodą rękawa wynosi 350÷500 m (w zależności od wykonawcy robót).

Zestaw wykonawcy do wykonania remontu kanału objętego niniejszym opracowaniem zlokalizowany zostanie w jednym punkcie (przy studni nr 2) na trasie projektowanego kanału.

W w/w technologii renowacji mogą być realizowane zmiany kierunku rurociągu. Maksymalny kąt załamania kanału poddanego renowacji może wynosić nawet 90°. Zależy on jednak od promienia gięcia odnawianej rury, który wynosi $R > 15 \times D_z$ dla załamań $\alpha < 22,5^\circ$, $R > 5 \times D_z$ dla załamań $\alpha < 45^\circ$ oraz $R > 8 \times D_z$ dla załamań $\alpha < 90^\circ$ (wartości te zależą od wykonawcy robót).

Z uwagi na niewielkie rozbieżności dotyczące ilości i lokalizacji przykanalików przedstawionych na mapach sytuacyjno-wysokościowych a materiałami archiwalnymi konieczne jest wykonanie za pomocą kamery inwentaryzacji przykanalików, umożliwiającej precyzyjną lokalizację wlotów.

Etapowanie remontu:

• Etap I	- odcinek 2 – 1	Ø 0,25 m kamionka	L = 60,98 m
• Etap II	- odcinek 2 – 5	Ø 0,25 m kamionka	L = 111,86 m
Razem:			L = 172,84 m

Przed rozpoczęciem robót remontowych Wykonawca powinien powiadomić pisemnie:

- Powiatowy Zarząd Dróg i Mostów, Zgierz, ul. Długa 49.
- właścicieli posesji przy ul. Parzęczewskiej na odcinku od ul. P. Skargi do ul. Wspólnej.
- o terminie wykonywania remontu oraz tymczasowym pompowaniu ścieków.

Wszystkie prace prowadzić zgodnie z normą PN-EN 13566-4 i potwierdzić deklaracją zgodności z tą normą.

Po wprowadzeniu rękawa należy uszczelnić wszystkie końcówki zastosowanej wykładziny, które zostały docięte w studniach, tak aby stworzony system był szczelny.

Na czas prowadzenia remontu przewiduje się całkowite odcięcie dopływu ścieków do remontowanego odcinka kolektora. Wzdłuż kanału należy ułożyć rurociągi tłoczne o średnicach ϕ 90mm z PE w celu przepompowywania ścieków. Dokładne dane dotyczące lokalizacji, długości i średnic rurociągów tłocznych zawarto w tabeli nr 1 oraz na planie sytuacyjnym.

Prace zaleca prowadzić się w okresie pogody bezdeszczowej.

Zestawy do renowacji kanałów oraz wieże inercyjne zlokalizowano w pasie drogowym ul. Parzęczewskiej przy studni nr 2.

Organizację robót z podziałem na etapy zamieszczono w tabeli nr 1.

8. Dobór pomp i rurociągów tłocznych

Pompy dla celów pompowania ścieków z posesji dobrane zostały na maksymalny przepływ ścieków bytowych, których ilość około $Q_{\max} = 50 \text{ l/s}$ dla kanału kamionkowego. Zakłada się przepompowywanie ścieków z górnych studni do studzienki położonej poniżej remontowanego odcinka kanału.

Dla przepompowywania ścieków należy użyć pomp o następujących parametrach

1). wydajność $Q = 40 - 80 \text{ l/s}$, wysokość podnoszenia $H = 10 \text{ m}$, np. ABS

FR150/100-32

Podany typ pomp przeznaczony jest do instalacji suchych do tłoczenia ścieków sanitarnych. Pompy mogą być instalowane w pozycji pionowej i poziomej. Niewielki, nie przekraczający 5m zapas antykawitacyjny umożliwia instalację pomp FR ponad studzienką.

Przy mniejszych przepływach przy przepompowywaniu ścieków z kanałów dochodzących

do remontowanego kanału można wykorzystać pompy przenośne np. FLYGT 3300 CS. Są to największe pompy w wykonaniu przenośnym, których gabaryty pozwalają na zainstalowanie w studzienkach.

Do pompowania ścieków mogą być również wykorzystane pompy z rozdrabniaczem np. SEG.40.09.2.50B firmy GRUNDFOS, o maksymalnej wydajności 4,4 dm³/s i maksymalnej wysokości podnoszenia 14,4 m.

Zakłada się zasilanie pomp z agregatów prądotwórczych.

Pompa załączana i wyłączana będzie w zależności od poziomu ścieków w kolektorze. W studni nr t10 nie należy dopuścić do wyższego spiętrzenia ścieków niż 1,5m. Przepływy większe od maksymalnej wydajności pompy, występujące sporadycznie, będą retencjonowane w kanale.

Projektuje się jeden ciąg rurociągów tłocznych o średnicy 90mm biegnący wzdłuż remontowanego kanału.

Rurociągi będą układane bezpośrednio na powierzchni terenu, z ewentualnym zabezpieczeniem przed zamarznięciem (przykryte matami).

Wszędzie tam, gdzie konieczne jest umożliwienie przejazdu, np. przy przejściach poprzecznych przez większe ulice lub wjeździe na posesje rurociągi tłoczne będą zabezpieczane tak aby przejazd pojazdów był możliwy (rys. nr 5).

9. Zaplecze techniczno – socjalne

Firmy wykonawcze zajmujące się remontem kanałów, dla przeprowadzenia renowacji odcinka kanału za pomocą rękawa, potrzebują na zapleczu robocze wolne miejsce w sąsiedztwie studni, od której będzie rozpoczynany proces renowacji oraz dostęp do wszystkich studni na remontowanym kanale.

Wyznaczony plac, aby pomieścić wszystkie potrzebne do remontu urządzenia oraz zaplecze socjalne powinien mieć powierzchnię ok. 90m².

Firmy wykonawcze dysponują własnymi zestawami pomp, rurociągami tłocznymi oraz agregatami prądotwórczymi. W związku z tym do wykonania remontu metodą „rękawa” nie są wymagane dodatkowe warunki energetyczne.

Procesy wprowadzania rękawa do kanału oraz jego utwardzania wymagają wody czerpanej z pobliskiego hydrantu (zlokalizowanego na wodociągu Ø 100 mm w ul. Parzęczewskiej).

10. Organizacja ruchu drogowego

Organizacja ruchu drogowego na czas remontu kanału stanowi odrębne opracowanie.

11. Własności gruntów

Własności gruntów zostały przedstawione w części terenowo-prawnej, która została dołączona do niniejszego projektu.

wrzesień 2007r.