


Projekt Wykonawczy

Zadanie inwestycyjne	Bezwykopowa renowacja sieci kanalizacyjnej w ul. Poznańskiej w Nowym Tomyszu		
Rodzaj opracowania	Projekt Wykonawczy		
Projektował	Imię i nazwisko	Data	Podpis
	inż. Krystyna Szczekarewicz	11.2021 r.	
Opracował	Imię i nazwisko	Data	Podpis
	mgr inż. Ewa Misor	11.2021 r.	
	inż. Iwona Wierzejska	11.2021 r.	

Inwestor	 <p>PWiK Spółka z o.o. w Nowym Tomyszu</p>	<p>Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Nowym Tomyszu Spółka z o.o. ul. Targowa 8 64-300 Nowy Tomyśl</p>
-----------------	---	--

Wykonawca projektu	 <p>GSGINDUSTRIA TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE</p>	<p>GSG Industria Sp. z o.o. ul. Granitowa 47 70-750 Szczecin</p>
---------------------------	--	---

Spis treści

1. Podstawa opracowania	2
2. Cel i zakres opracowania	2
3. Literatura i materiały	2
4. Przedmiot inwestycji	3
5. Miejsce położenia inwestycji	3
6. Warunki gruntowo-wodne	3
7. Opis stanu technicznego	4
7.1. Opis stanu technicznego odcinków	4
7.1.1. Wprowadzenie	4
8. Renowacja odcinków kolektora	5
8.1. Opis technologii renowacji	5
8.1.1. Metoda wykładziny utwardzanej na placu budowy CIPP z tkaniny poliestrowej o strukturze filcu nasączonej żywicami poliestrowymi, utwardzana gorącą wodą .	5
8.2. Wymagania techniczno-materiałowe	6
8.2.1. Materiały	6
8.2.2. Składowanie i transport materiałów	6
8.2.3. Sprzęt	6
8.3. Etapy realizacji prac	7
8.3.1. Prace przygotowawcze	7
8.3.1.1. Czyszczenie kanału przed renowacją	7
8.3.1.2. Inspekcja CCTV przed renowacją	7
8.3.2. Prace renowacyjne	7
8.3.2.1. Inwersja wykładziny CIPP	7
8.3.2.2. Utwardzanie gorącą wodą	8
8.3.3. Uszczelnienie czynnych włączy przykanalików kształtkami kapeluszowymi	8
8.3.4. Wykonanie tymczasowego obejścia ścieków (by-pass).....	9
9. Obliczenia	9
9.1. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe	9
9.2. Obliczenia hydrauliczne	12

RYSUNKI

Plan orientacyjny	NT_I_0
Plan sytuacyjny	NT_I_01

ZAŁĄCZNIKI

1. Decyzja o nadaniu uprawnień budowlanych
2. Potwierdzenie wpisu do Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa
3. Oświadczenie projektanta
4. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe
5. Informacja BIOZ
6. Inspekcje CCTV

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Opracowanie zostało wykonane na podstawie materiałów przekazanych przez Inwestora.

INWESTOR:

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Nowym Tomysłu Spółka z o.o.

ul. Targowa 8, 64-300 Nowy Tomysł

BIURO PROJEKTOWE:

GSG Industria Sp. z o.o.

ul. Granitowa 47, 70-750 Szczecin

2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem opracowania jest zaprojektowanie bezwykopowej renowacji odcinka kanału ogólnospławnego wykonanego z rur stalowych i żeliwnych o przekroju DN200 i DN500, o długości około 88 m. Poniższe opracowanie obejmuje renowację kanału od studni S1 do studni S4 zlokalizowanej w ulicy Poznańskiej w Nowym Tomysłu.

Zakres opracowania obejmuje:

- analizę stanu technicznego sieci kanalizacyjnej w oparciu o materiały przekazane przez Zamawiającego,
- opis metody renowacji odcinków sieci kanalizacyjnej,
- wykonanie niezbędnych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych oraz hydraulicznych,
- przedstawienie wymagań techniczno-materiałowych.

3. LITERATURA I MATERIAŁY

Opracowanie sporządzono z wykorzystaniem następujących materiałów:

- plany sytuacyjne;
- inspekcje CCTV.

- [1] Arbeitsblatt DWA-A 143-2 *Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und –kanälen mit Lining- und Montageverfahren*, Hefen, 2015;
- [2] Wytyczna ATV-DVWK A127P *Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych*, Warszawa, 2000;
- [3] PN-EN 13508-2 *Stan zewnętrznych systemów kanalizacyjnych. Cz. 2: System kodowania inspekcji wizualnej*;
- [4] PN-EN ISO178 – *Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości podczas zginania*.
- [5] PN-EN 1228 *Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych – Rury z termoutwardzalnych tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP) – Oznaczanie początkowej właściwej sztywności obwodowej*
- [6] PN-EN 295-3 2012 *Systemy rur kamionkowych w sieci drenażowej i kanalizacyjnej -- Część 3: Metody badań*;
- [7] PN-EN 206+A1:2016-12 *Beton -- Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*;

4. PRZEDMIOT INWESTYCJI

Przedmiotem inwestycji jest zaprojektowanie remontu odcinka istniejąca sieć kanalizacji ogólnospławnej w ul. Poznańskiej w Nowym Tomysłu w technologii bezwykopowej.

Zakres prac obejmuje remont odcinka kanału ogólnospławnego wykonanego z rur stalowych i żeliwnych o przekroju kołowym w zakresie średnic DN200 oraz DN500.

Łączna długość kanału przeznaczonego do bezwykopowej renowacji w ramach przedmiotowego zadania wynosi ok. 88 m.

5. MIEJSCE POŁOŻENIA INWESTYCJI

Inwestycja zlokalizowana jest w województwie wielkopolskim, na terenie miasta Nowy Tomysłu w rejonie ulicy Poznańskiej. Kolektory usytuowane są w otoczeniu zabudowy usługowej, mieszkaniowej domów wielorodzinnych, a także terenów rekreacyjnych.

Przedmiotowa sieć kanalizacyjna zlokalizowana jest na terenie działek geodezyjnych, które zostały wyszczególnione w poniższej tabeli:

Lp.	Obręb	Nr działki	Lokalizacja
1	0001 Nowy Tomysłu	1243/16	ul. Poznańska

6. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE

Obszar przedmiotowej inwestycji według podziału fizyczno-geograficznego położony jest w obrębie Pojezierza Poznańskiego. Zalicza się do regionu Wysoczyzny Poznańskiej z subregionem- Równina Nowotomyska. Charakteryzuje się wstęgowym układem warstw, zbliżonych do poziomu, mało zróżnicowany pod względem wykształcenia litologicznego i miąższości.

Podłoże czwartorzędowe w strefie objętej opracowaniem stanowią w głównej mierze piaski i żwiry oraz gliny zwałowe, miejscami z głazami, żwirem i piaskiem.

W związku z tym, że Projekt Wykonawczy powinien uwzględniać wszystkie rodzaje obciążeń oddziaływujących na kolektor, grubości wykładziny będą dobierane na podstawie standardów obliczeniowych ATV-M127. Do obliczeń grubości wykładziny został przyjęty poziom wód gruntowych $h_w=1,5m$ powyżej dna kolektora.

Uwaga: Powyższe informacje zostały opisane na podstawie danych uzyskanych z arkusza Nowy Tomysłu nr 504 Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski.

7. OPIS STANU TECHNICZNEGO

7.1. OPIS STANU TECHNICZNEGO ODCINKÓW

7.1.1. WPROWADZENIE

Zgodnie z treścią wytycznych [1], pełna klasyfikacja stanu technicznego kanału polega na przyporządkowaniu jego poszczególnych odcinków do jednej z kategorii o następujących charakterystykach:

I stan techniczny – konstrukcja kanału zachowuje zdolność do przenoszenia obciążeń; dopuszczalne jest występowanie drobnych uszkodzeń w postaci nieszczelnych złączy, przesiąków lub rys włosowatych; nie dopuszcza się występowania pęknięć konstrukcji;

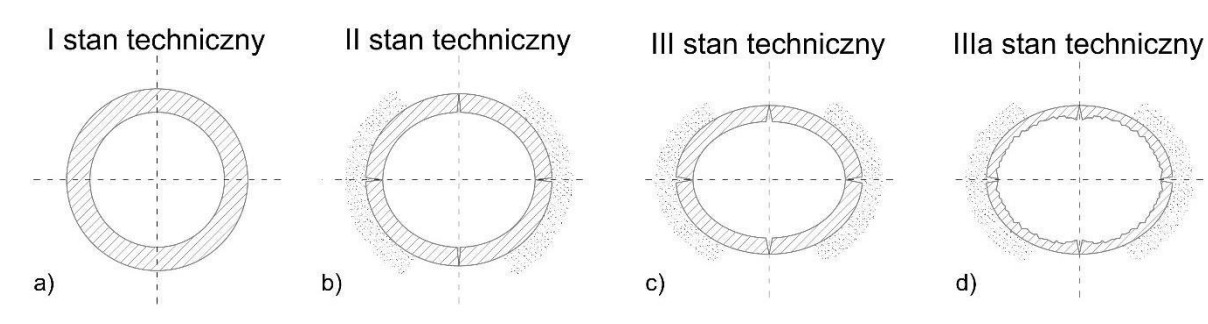
II stan techniczny – konstrukcja kanału współpracuje z gruntem tworząc układ nośny rura – grunt, który zachowuje zdolność do długotrwałego przenoszenia obciążeń; dopuszcza się występowanie podłużnych pęknięć konstrukcyjnych oraz niewielkich deformacji przekroju poprzecznego (do 6%);

III stan techniczny – układ nośny kanał – grunt utracił zdolność do dalszego długotrwałego przenoszenia obciążeń, przejawem czego są otwarte pęknięcia podłużne oraz wyraźna deformacja przekroju poprzecznego (powyżej 6%).

Załącznik K do wyżej powołanego opracowania definiuje dodatkowo czwarty stan techniczny – IIIa, który dotyczy kanałów charakteryzujących się bardzo niską jakością materiału konstrukcyjnego i jego niewystarczającą wytrzymałością w strefie ściskanej (np. klasa betonu < C8/10).

Ogólną charakterystykę wszystkich stanów technicznych przedstawiono na rysunku nr 2 oraz w poniższej tabeli:

Stan techniczny	I	II	III	III a
Wystarczająca ¹ wytrzymałość materiału konstrukcyjnego na zginanie	Tak	Tak	Nie	Nie
Układ nośny stateczny i sztywny	Tak	Tak	Nie	Nie
Wystarczająca ¹ wytrzymałość materiału konstrukcyjnego na ściskanie	Tak	Tak	Tak	Nie
¹ wystarczająca w rozumieniu: patrz tabela 18 i 19 DWA-A 143-2				



Rys. 2. Stany techniczne kanału macierzystego wg DWA-A 143-2

Opis stanu technicznego odcinków kanału został wykonany na podstawie inspekcji CCTV dla odcinka S3-S4. Stan techniczny pozostałych odcinków, założono analogicznie do ww. odcinka.

Fragment sieci kanalizacyjnej od studni S3 do studni S4 o przekroju kołowym, średnicy DN 500 oraz długości ok. 38,52m (według Inspekcji CCTV), wykonany jest z żeliwa. W dnie kanału odłożony jest zbity osad, który zmniejsza przekrój poprzeczny kanału do 20%. Materiał jest skorodowany oraz ma zwiększoną chropowatość. W obrębie złączy zaobserwowano osady oraz promieniste przesunięcia. Lokalnie na ścianach kanału występują pęknięcia i zarysowania.

Wszystkie odcinki objęte zakresem zadania przyporządkowano do III kategorii stanu technicznego. Przed rozpoczęciem prac Wykonawca zobowiązany jest do weryfikacji przyjętych założeń.

Przed rozpoczęciem prac renowacyjnych kanał należy wyczyścić i wykonać inspekcję CCTV w celu weryfikacji poprawności przyjętych metod renowacji. W przypadku wystąpienia istotnych zmian na odcinku, uniemożliwiających przeprowadzenie renowacji w zaprojektowanej technologii, należy zawiadomić Projektanta.

Przed przystąpieniem do prac renowacyjnych Wykonawca zobowiązany jest do weryfikacji ilości i dokładnej lokalizacji przyłączy wpiętych bezpośrednio w odcinki kanału.

8. RENOWACJA ODCINKÓW KOLEKTORA

8.1. OPIS TECHNOLOGII RENOWACJI

8.1.1. METODA WYKŁADZINY UTWARDZANEJ NA PLACU BUDOWY CIPP Z TKANINY POLIESTROWEJ O STRUKTURZE FILCU NASĄCZONEJ ŻYWICAMI POLIESTROWYMI, UTWARDZANA GORĄCĄ WODĄ

Podstawowym elementem renowacji w tej technologii jest rękaw wykonany z tkaniny poliestrowej o strukturze filcu nasączonego w warunkach technicznych żywicą poliestrową i utwardzony gorącą wodą.

8.2. WYMAGANIA TECHNICZNO-MATERIAŁOWE

8.2.1. MATERIAŁY

Wykładzina powinna być pozbawiona wad w postaci niejednorodności i wtrąceń ciał obcych, a jej barwa na całej powierzchni musi być jednakowa (bez przebarwień i zmian intensywności). Nie dopuszcza się, aby powierzchnia wewnętrzna kanału po renowacji posiadała jakiegokolwiek nierówności wynikające z wad technicznych materiału lub nieprawidłowego montażu wykładziny.

Rękaw stosowany do renowacji kanału powinien spełniać następujące wymagania:

- nasączenie rękawa w technologii próżniowej, w warunkach kontrolowanych, w budynku fabrycznym producenta rękawa nieutwardzonego,
- moduł sprężystości krótkoterminowy dla rękawa z włókniny filcowej nie mniejszy niż 2100 MPa [4],
- odporność chemiczna w zakresie min. pH 4-9 i temperatury do 60°C,
- odporność na ścieranie nie wyższa niż 0,05 mm na 100 000 cykli (potwierdzona poprzez tzw. Test Darmstadtski) [6],
- przyleganie rękawa do powierzchni wewnętrznej kanału na całej długości,
- szczelność kanału po renowacji,

8.2.2. SKŁADOWANIE I TRANSPORT MATERIAŁÓW

Wykładziny przechowywać zgodnie z wytycznymi producenta. W trakcie transportu materiały należy zabezpieczyć materiał przed przemieszczaniem i układać zgodnie z warunkami transportu wydanymi przez ich wytwórcę.

Wykonawca zobowiązany jest do stosowania takich środków transportu, które pozwolą uniknąć uszkodzeń i odkształceń przewożonych materiałów. Materiały na budowę powinny być przewożone zgodnie z przepisami ruchu drogowego oraz BHP.

Transport powinien zapewniać:

- stabilność pozycji załadowanych materiałów,
- odpowiednią temperaturę dla wykładzin,
- zabezpieczenia przed uszkodzeniem przewożonego materiału,
- kontrolę załadunku i wyładunku.

Rozładowania materiałów należy dokonywać z zachowaniem środków ostrożności zapobiegających uszkodzeniu materiałów.

8.2.3. SPRZĘT

Do wykonania robót renowacyjnych należy użyć następującego sprzętu:

- kamerę TV z głowicą obrotową,
- specjalistyczne urządzenie do montażu wykładziny umożliwiające instalację oraz utwardzenie żywicy,
- wóz ciśnieniowy,
- urządzenia do pomiaru gazów niebezpiecznych.

Pozostałe urządzenia i maszyny w zależności od potrzeb.

8.3. ETAPY REALIZACJI PRAC

8.3.1. PRACE PRZYGOTOWAWCZE

Przed przystąpieniem do wykonywania prac związanych z bezwykopową renowacją kanalizacji należy wykonać prace przygotowawcze w postaci czyszczenia kolektora oraz inspekcji kontrolnej.

8.3.1.1. CZYSZCZENIE KANAŁU PRZED RENOWACJĄ

Czyszczenie kanału należy przeprowadzić poprzez hydromonitoring, czyli czyszczenie pod wysokim ciśnieniem. Nagromadzone osady oraz inne zanieczyszczenia stałe, należy usunąć mechanicznie, a ostro zakończone elementy kanału należy sfrezować. Czyszczenie hydrodynamiczne należy wykonywać z wykorzystaniem dysz o wysokim ciśnieniu. Zebrany osad należy zagospodarować zgodnie z Ustawą z dnia 14 grudnia 2012 o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21 z późniejszymi zm.). Woda do czyszczenia pobierana będzie z gminnej sieci wodociągowej przy pomocy stojaka hydrantowego z wodomierzem z miejsca wskazanego przez Zamawiającego.

8.3.1.2. INSPEKCJA CCTV PRZED RENOWACJĄ

Należy wykonać inspekcję kontrolną w celu sprawdzenia odpowiedniego przygotowania kanału do renowacji.

8.3.2. PRACE RENOWACYJNE

Prace należy wykonywać w następującej kolejności:

- wykonanie obejścia ścieków (by-pass) kanału głównego na czas prowadzenia prac renowacyjnych,
- zamknięcie doływu ścieków,
- montaż wykładziny we wnętrzu kanału metodą inwersji,
- jednoczesne doprowadzenie wody oraz odpowietrzenie wnętrza wykładziny przy ciągłym utrzymywaniu ciśnienia wewnętrznego,
- utwardzanie za pomocą gorącej wody,
- wykonanie próby szczelności,
- wykonanie inspekcji CCTV,
- otwarcie za pomocą robota frezującego czynnych odgałęzień bocznych,
- uszczelnienie czynnych włączy kształtkami kapeluszowymi,
- otwarcie doływu ścieków,
- demontaż by-passu.

8.3.2.1. INWERSJA WYKŁADZINY CIPP

W celu prawidłowego wprowadzenia wykładziny do kanału należy:

- wprowadzić wykładzinę inwersyjnie do wnętrza kanału za pomocą bębna inwersyjnego, śluzy powietrznej lub rusztowania inwersyjnego,
- zakończyć wykładzinę od strony studni startowej poprzez zrolowanie końcówki i mocne sklejenie specjalną taśmą,

- umocować pętlę liny na wierzchu wykładziny za pomocą taśm metalowych; taśmy mają równocześnie zadanie uszczelnienia końcówki rękawa,
- przymocować na końcu wykładziny przy użyciu karabinka mocowanego śrubą, linkę bezpieczeństwa oraz wąż dogrzewający,
- wprowadzić wykładzinę wraz z wężem dogrzewającym, za pomocą linki bezpieczeństwa, do komina filcowego (słupa) umocowanego na rusztowaniu,

Po zakończeniu procesu wprowadzania rękawa należy przeprowadzić utwardzanie wykładziny.

8.3.2.2. UTWARDZANIE GORĄCĄ WODĄ

Kolejność wykonywania prac przy utwardzaniu rękawa gorącą wodą:

- podłączyć wąż dogrzewający do urządzenia grzewczego,
- podłączyć rury doprowadzające wodę z hydrantem,
- odpowietrzyć system grzewczy, a następnie uruchomić cyrkulację wody,
- wypełnić protokół dotyczący rozmieszczenia punktów pomiarowych,
- uruchomić ogrzewanie, dokonać wpisu godzin do dokumentacji,
- kontynuować rozgrzewanie dopóki temperatura obiegu wstecznego osiągnie temperaturę 80°C,
- utrzymywać temperaturę rzędu 85°C przez ok. 8h,
- od rozpoczęcia fazy rozgrzewania w odstępach czasowych rzędu 25 – 30 minut dokonywać pomiarów temperatury otaczającego powietrza, temperatury cyrkulacji wody podczas rozgrzewania i powrotu, jak również laminatu we wszystkich studzienkach pośrednich,
- schłodzić wykładzinę po zakończeniu utwardzania przy bieżącej cyrkulacji wody aż temperatura laminatu wyniesie 25°C,
- po zakończonym procesie schładzania zaprzestać dokonywania pomiarów temperatury,
- wykonać próbę szczelności kanału.

8.3.3. USZCZELNIENIE CZYNNYCH WŁĄCZEŃ PRZYKANALIKÓW KSZTAŁTKAMI KAPELUSZOWYMI

Do renowacji przyłączy wpiętych bezpośrednio w odcinek kanału poddawany renowacji należy używać kształtek kapeluszowych wykonanych z filcu technicznego nasączonych żywicami chemoutwardzalnymi.

Montaż kształtek:

Po renowacji kanału głównego oraz otwarciu włączy poprzez wyfrezowanie/wycięcie otworu w wykładzinie, za pomocą specjalistycznego robota zamontowana zostanie krótka kształtka kapeluszowa mająca na celu uszczelnienia połączenia czynnego odgałęzienia bocznego z kanałem głównym po renowacji. Należy używać kształtek kapeluszowych typ B (kapelusz o długości do 400 mm, sięgających co najmniej 150 mm poza pierwsze złącze w kierunku przykanalika) – wykonanych z filcu i nasączonych żywicami chemoutwardzalnymi.

8.3.4. WYKONANIE TYMCZASOWEGO OBEJŚCIA ŚCIEKÓW (BY-PASS).

Odcinki sieci poddawane renowacji należy tymczasowo wyłączyć z eksploatacji. W tym celu należy wykonać tymczasowe instalacje by-pass stosując szczelne, giętkie węże i pompy umożliwiające odbiór ścieków dopływających do wyłączonego z eksploatacji odcinka na czas renowacji.

Instalacje by-pass należy poprowadzić w taki sposób, aby niezbędne utrudnienia w ruchu zostały ograniczone do minimum.

Jeżeli pojemność odgałęzień bocznych jest niewystarczająca do retencjonowania ścieków w czasie wykonywanych robót należy wykonać obejścia również dla odgałęzień bocznych.

9. OBLICZENIA

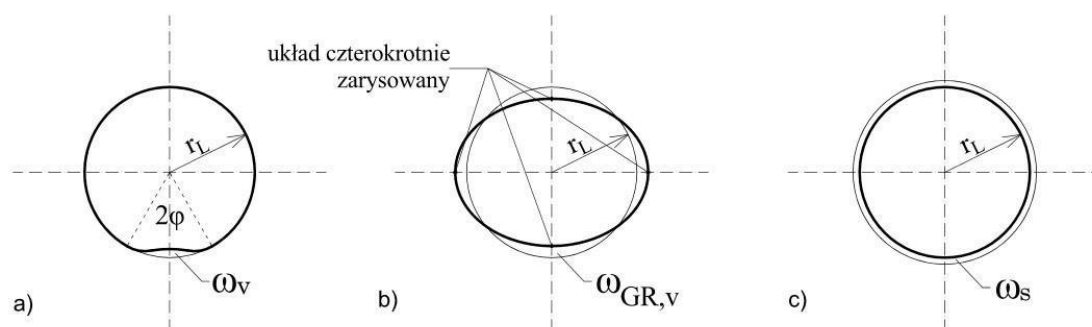
9.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Do wymiarowania linerów wzmacniających uszkodzony kanał służą gotowe algorytmy obliczeniowe zawarte w licznych opracowaniach technicznych, takich jak np. niemieckie DWAA 143-2 (2015), brytyjskie WRc Sewerage Rehabilitation Manual (2001) czy francuskie ASTEE 3R (2014). Ostateczny wybór wykorzystanego opracowania determinuje metodykę rozwiązania głównego zadania obliczeniowego, jakim jest dobór materiału konstrukcyjnego oraz geometrii lineru do renowacji. Wpływa on także na dokładność otrzymanych wyników.

Od ponad 18 lat najczęściej stosowanym w Polsce opracowaniem wykorzystywanym do projektowania linerów są niemieckie wytyczne, których pierwsze wydanie pod nazwą Materiały Pomocnicze ATV-DVWK M127-P (2000), zostało w lipcu 2015 roku zastąpione wydaniem drugim w postaci Zbioru Reguł DWA-A 143-2. Opracowania te zawierają szczegółowe instrukcje postępowania w procesie wymiarowania konstrukcji linerów, jak również liczne wskazówki dotyczące prowadzenia prac renowacyjnych. Z analizy materiałów literaturowych i opracowań technicznych wynika, że niemieckie wytyczne są opracowaniem, którego zastosowanie pozwala obecnie na wymiarowanie linerów w sposób najefektywniejszy. Jest to zarazem najnowsze dostępne powszechnie opracowanie przeznaczone do wymiarowania linerów.

Proces wymiarowania linerów można podzielić na kilka podstawowych etapów:

- Pierwszym z nich jest przyporządkowanie stanu macierzystego rurociągu do jednej z trzech kategorii: I, II lub III stanu technicznego, które opisano już szerzej w punkcie 7.1. niniejszego opracowania. Kategoria stanu technicznego określa jednocześnie zestaw obciążeń, na jaki będzie wymiarowany liner;
- Bazą teoretyczną dla treści wytycznych DWA jest teoria Glocka, która zakłada idealnie kołowy kształt sztywnej rury macierzystej oraz idealnie dopasowany do jej powierzchni wewnętrznej, podatny liner. Modyfikacja modelu obliczeniowego wprowadzająca trzy rodzaje imperfekcji (miejscowej deformacji ω_v , szczeliny pierścieniowej ω_s oraz owalizacji $\omega_{GR,v}$) przybliży wyidealizowany schemat wyjściowy do rzeczywistego modelu uszkodzonego kanału, po wykonaniu renowacji.



Rys. 3. Imperfekcje wg DWA-A 143-2 a) miejscowa deformacja b) owalizacja c) szczelina pierścieniowa

W praktyce wprowadzenie imperfekcji sprowadza się do zastosowania współczynników korekcyjnych zmniejszających krytyczne obliczeniowe wartości obciążeń. Współczynniki te uwzględniają możliwość wystąpienia wszystkich trzech wspomnianych wyżej imperfekcji i są ściśle zależne od wybranej technologii renowacji. Etap drugi obejmuje ustalenie wartości tych imperfekcji;

- trzeci etap obejmuje ustalenie obliczeniowych wartości obciążeń i charakterystyk materiałowych. Zbiór Reguł DWA-A 143-2 przewiduje zastosowanie częściowych współczynników bezpieczeństwa, osobnych dla wartości obciążeń (γ_F) i wartości charakterystyk materiałowych (γ_M). Wartości ww. współczynników zostały dopasowane do zapisów pakietu Eurokod 1 (EN 1991-2,2002) utrzymując zarazem stały poziom bezpieczeństwa konstrukcji ($\gamma = \gamma_F \cdot \gamma_M \approx 2,0$);
- w etapie czwartym wyznacza się wartości sił wewnętrznych w linerze oraz rurze macierzystej (w przypadku I i II stanu technicznego), a także wartości naprężeń i odkształceń w konstrukcji linera;
- właściwe wymiarowanie linera, tj. ostateczny dobór jego geometrii i parametrów wytrzymałościowych odbywa się w etapie szóstym. W tym celu następuje sprawdzenie trzech kluczowych warunków: nośności, odkształceń oraz stateczności. Liner, który zostanie przyjęty do realizacji musi spełniać wszystkie trzy ww. warunki.

Do przeprowadzenia obliczeń statyczno-wytrzymałościowych dla danego odcinka kanału niezbędne jest ustalenie zestawu danych wejściowych, w tym m.in. materiału, średnicy i zagłębienia kanału a także rodzaju obciążeń komunikacyjnych oraz parametrów materiałowych linera. Przypadki obliczeniowe zdefiniowano w taki sposób, że jeden przypadek zawiera w sobie obliczenia dla wszystkich odcinków, dla których dane wejściowe są jednakowe lub można je ujedynolnić.

W toku obliczeń przeanalizowano następujące przypadki obliczeniowe:

Przypadek obliczeniowy	Kanał macierzysty					Liner
	Wymiar [mm]	Materiał	Kat. Stanu tech.	Głębokość przykrycia [m]	Obciążenie komunik.	Własności wytrzymałościowe
P1	200	stal	III	2,8	SLW30	EK = 2100 N/mm ² EL = 1050 N/mm ²
P2	500	stal	III	2,8	SLW30	
P3	200	żeliwo	III	2,8	SLW30	
P4	500	żeliwo	III	2,8	SLW30	

Wszystkie przypadki obliczeniowe przeanalizowano z uwzględnieniem wariantowych kombinacji obciążeń dla kategorii III stanu technicznego. Zestawienie kombinacji przedstawiono w poniższej tabeli.

Kombinacja obciążeń	Charakterystyka			
	Szczelina pierścieniowa ω_s [%]	Ciążar własny linera	Ciśnienie wody gruntowej	Obciążenie gruntem i obc. komunikacyjne
PX_1	0	+	-	+
PX_2	0,5	+	+	+

OBLICZENIA SZTYWNOŚCI OBWODOWEJ

Sztywność obwodową określono zgodnie z normą PN-EN 1228:1999, tj.

$$S = \frac{E \cdot I}{d_m^3} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

gdzie:

E – krótkotrwały moduł sprężystości materiału [N/m²],

I – jednostkowy moment bezwładności w kierunku wzdłużnym = $e^3/12$ [m⁴/m]

e – grubość ścianki [m] d_m – średnia średnica [m]

Dobór grubości ścianki linera przeprowadzono w sposób iteracyjny, wykonując obliczenia ze skokowym zwiększaniem grubości linera o 0,5 mm, do uzyskania spełnienia wszystkich wymaganych warunków: nośności, odkształceń i stateczności. Dalszą optymalizację grubości ścianki linera związaną z kontynuowaniem procesu iteracyjnego dla grubości linera zmniejszanej skokowo o 0,1 mm uznano za bezzasadną ze względów technologicznych.

Ostatecznie grubości linerów zostały dobrane tak, by zapewnić wartość sztywności obwodowej min. 4 kN/m².

Przypadek obliczeniowy	Wymiar [mm]	Kanał macierzysty	Własności wytrzymałościowe	Wyniki obliczeń	
				e [mm]	S [kN/m ²]
P1	200	stal	EK = 2100 N/mm ² EL = 1050 N/mm ²	6,0	5,2
P2	500	stal		14,0	4,2
P3	200	żeliwo		6,0	5,2
P4	500	żeliwo		14,0	4,2

e – grubość wykładziny przyjęta do realizacji,

S – sztywność obwodowa linera obliczona dla e.

9.2. OBLICZENIA HYDRAULICZNE

Obliczenia przepływu sporządzono na podstawie wzoru Manninga:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot F \quad \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

gdzie:

Q - przepływ $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

n - współczynnik szorstkości [-]

R_h - promień hydrauliczny (m)

i - spadek podłużny kanału (‰)

F - powierzchnia przekroju (m²)

Powierzchnię przekroju kanału dla przekroju kołowego wyznaczono ze wzoru:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [m^2]$$

d - średnica (m)

Promień hydrauliczny wyznaczono ze wzoru:

$$R_h = \frac{F}{O_z} \quad [m]$$

O_z - obwód zwilżony [m], wyznaczony ze wzoru: $O_z = \pi \cdot d$ [m]

Obliczenia wykonano przyjmując pełne napełnienie kanału.

Założenia:

- Wartości współczynnika szorstkości:

n	
stal	0,012
żeliwo	0,017
CIPP	0,010

- Średni spadek podłużny:

i	
200	0,0050
500	0,0020

Wyniki obliczeń hydraulicznych zebrano w poniższej tabeli.

Bezwykopowa renowacja sieci kanalizacyjnej w ul. Poznańskiej w Nowym Tomysłu

Przypadek obliczeniowy	Wymiar [mm]	Kanał macierzysty	przed renowacją						po renowacji						Sprawdzenie zwiększenia przepustowości kanału po renowacji	
			D	Rh	i	n	F	Q	e	D	Rh	i	n	F		Q
			[mm]	[m]	[-]	[-]	[m ²]	[m ³ /s]	[mm]	[mm]	[m]	[-]	[-]	[m ²]		[m ³ /s]
P1	200	stal	200	0,050	0,0050	0,012	0,031	0,0251	6,0	188	0,047	0,0050	0,010	0,028	0,0256	102%
P2	500	stal	500	0,125	0,0020	0,012	0,196	0,1829	14,0	472	0,118	0,0020	0,010	0,175	0,1883	103%
P3	200	żeliwo	200	0,050	0,0050	0,017	0,031	0,0177	6,0	188	0,047	0,0050	0,010	0,028	0,0256	144%
P4	500	żeliwo	500	0,125	0,0020	0,017	0,196	0,1291	14,0	472	0,118	0,0020	0,010	0,175	0,1883	146%