




ul. Lipowa 6/3, 44- 100 Gliwice
tel.: +48 883 205 800 +48 537 466 562
e-mail: biuro.pwninz@gmail.com

Tytuł opracowania:	Renowacja istniejącej kanalizacji sanitarnej przy ulicy Medyków 14 w Katowicach	
Projektant:	PROJEKTANT: INŻ. KRYSTYNA SZCZEKAREWICZ UPR. NR 31/97	
Sprawdzający:	SPRAWDZAJĄCY: MGR INŻ. BARTŁOMIEJ MAOR UPR. NR SLK/2699/PWOS/09	
Kategoria obiektu:	Kategoria obiektu: XXVI	
Numery ewidencyjne działek:	Działki nr: 1/10 Karta mapy: 65 Obręb: Dz. Ligota	Działki nr: 7/29, 12/4 Karta mapy: 90 Obręb: Dz. Ligota
Inwestor:	 UNIWERSYTECKIE CENTRUM KLINICZNE IM. PROF. K. GIBIŃSKIEGO Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach	
Adres inwestycji:	Uniwersyteckie Centrum Kliniczne im. Prof. K. Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach ul. Ceglana 35, 40-514 Katowice ul. Medyków 14, 40-752 Katowice	
Stadium:	PROJEKT WYKONAWCZY	

Gliwice, marzec 2020 roku

Spis treści

1.	MIEJSCE POŁOŻENIA INWESTYCJI.....	3
2.	CEL PRZEPROWADZENIA INWESTYCJI.....	3
3.	PODSTAWA I ZAKRES OPRACOWANIA.....	3
4.	SPRAWY TERENOWO-PRAWNE.....	3
5.	WARUNKI GRUNTOWO-WODNE.....	4
6.	ROBOTY ZIEMNE.....	4
7.	OBEJŚCIE ŚCIEKÓW BY-PASS.....	4
8.	PRZEBUDOWA KOLEKTORA.....	5
8.1.	OKREŚLENIE STANU TECHNICZNEGO KANAŁÓW I PARAMETRÓW OBLICZENIOWYCH.....	5
8.2.	DOBÓR TECHNOLOGII PRZEBUDOWY KANAŁU.....	7
8.2.1.	KRYTERIA DOBORU TECHNOLOGII.....	7
8.2.2.	OPIS TECHNOLOGII.....	7
8.2.2.1.	WYKŁADZINA CIPP UTWARDZANA GORĄCĄ WODĄ.....	7
8.2.2.2.	BURSTLINING STATYCZNY.....	7
8.2.2.3.	WYMIANA W WYKOPIE OTWARTYM.....	7
8.3.	OBLICZENIA.....	7
8.3.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE.....	7
8.3.1.1.	WYKŁADZINA CIPP UTWARDZANA GORĄCĄ WODĄ.....	7
8.3.1.2.	BURSTLINING STATYCZNY.....	27
8.3.2.	OBLICZENIA HYDRAULICZNE.....	28
8.4.	OPIS PRAC.....	32
8.4.1.	WYKŁADZINA CIPP UTWARDZANA GORĄCĄ WODĄ.....	32
8.4.2.	BURSTLINING STATYCZNY.....	33
8.4.3.	WYMIANA W WYKOPIE OTWARTYM.....	34
8.5.	WYMAGANIA TECHNICZNO-MATERIAŁOWE.....	34
8.5.1.	WYKŁADZINA CIPP UTWARDZANA GORĄCĄ WODĄ.....	34
8.5.2.	BURSTLINING STATYCZNY.....	35
8.5.3.	WYMIANA W WYKOPIE OTWARTYM.....	35
8.6.	PROCEDURY ODBIOROWE.....	36
8.6.1.	WYKŁADZINA CIPP UTWARDZANA GORĄCĄ WODĄ.....	36
8.6.2.	BURSTLINING STATYCZNY.....	36
8.6.3.	WYMIANA W WYKOPIE OTWARTYM.....	36
9.	PRZEBUDOWA STUDNI KANALIZACYJNYCH.....	37
9.1.	OKREŚLENIE STANU TECHNICZNEGO I DOBÓR TECHNOLOGII PRZEBUDOWY STUDNI KANALIZACYJNYCH.....	37
9.2.	OPIS TECHNOLOGII.....	38
9.3.	OPIS PRAC.....	38
9.4.	WYMAGANIA TECHNICZNO-MATERIAŁOWE.....	38
9.5.	SPRZĘT.....	39
9.6.	PROCEDURY ODBIOROWE.....	39
10.	WYKONANIE TYMCZASOWYCH DRÓG DOJAZDOWYCH.....	39

Spis rysunków

L.p.	Nazwa rysunku	Numer rysunku
1	Plan zagospodarowania terenu – cz. 1	PZT-01
2	Plan zagospodarowania terenu – cz. 2	PZT-02

1. MIEJSCE POŁOŻENIA INWESTYCJI

Inwestycja zlokalizowana jest w województwie śląskim na terenie miasta Katowice. Sieć kanalizacyjna objęta opracowaniem zlokalizowana jest na terenie Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego im. Prof. K. Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach przy ulicy Medyków 14.

2. CEL PRZEPROWADZENIA INWESTYCJI

Celem inwestycji jest poprawa parametrów użytkowych i technicznych istniejącej sieci kanalizacyjnej poprzez jej bezwykopową modernizację, co zapewni jej prawidłowe funkcjonowanie i możliwość użytkowania obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem.

3. PODSTAWA I ZAKRES OPRACOWANIA

Zakres sieci kanalizacyjnej przewidzianej do bezwykopowej modernizacji w ramach niniejszego zadania:

- kanał Dn150 mm o długości 189,2 m,
- kanał Dn200 mm o długości 74,2 m,
- kanał Dn300 mm o długości 321,5 m,
- studnie kanalizacyjne – 29 szt.

Podstawę dla niniejszego opracowania stanowiły następujące materiały:

- umowa nr DZP/381/92B/2019/1/2 i wytyczne Inwestora,
- wizja lokalna,
- inwentaryzacja studni/komór,
- mapa geodezyjna w skali 1:500.

Zakres projektowanych robót obejmuje:

- czyszczenie i inspekcję CCTV przed montażem wykładziny wewnętrznej,
- bezwykopową przebudowę kanału głównego polegającą na montażu wykładziny CIPP,
- otwarcie odgałęzień kanalizacyjnych,
- uszczelnienie odgałęzień kanalizacyjnych,
- wykonanie burstliningu statycznego (krakingu) wraz z pracami towarzyszącymi,
- naprawy w wykopie otwartym odgałęzień bocznych,
- modernizację bezwykopową studni kanalizacyjnych.

4. SPRAWY TERENOWO-PRAWNE

Przedmiotowa sieć kanalizacyjna zlokalizowana jest na terenie Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego im. Prof. K. Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach przy ulicy Medyków 14 i przebiega przez tereny działek geodezyjnych, które zostały wyszczególnione w poniższej tabeli:

Lp.	Nr działki	Karty mapy
1.	1/10	65
2.	7/29	90
3.	12/4	90

5. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE

Budowę geologiczną tworzą czwartorzędowe grunty: piaski, pyły piaszczyste, gliny piaszczyste. Na terenie inwestycji zanotowano występowanie zwierciadła wód gruntowych, które stabilizuje na głębokości od - 0,6 do - 2,0 m n.p.m. Szczegółowe warunki gruntowo-wodne przedstawiono w załączniku nr 1 *Dokumentacja badań podłoża gruntowego wraz z opinią geotechniczną i projektem geotechnicznym dla projektowanej budowy sieci kanalizacyjnej w rejonie ul. Medyków w Katowicach.*

6. ROBOTY ZIEMNE

Przed przystąpieniem do prac związanych z wymianą odcinków sieci kanalizacyjnej w wykopie otwartym należy wykonać wykopy wąskoprzestrzenne. Ściany wykopów zabezpieczone będą szalunkami systemowymi, obudową berlińską z kształtowników stalowych i opinki drewnianej lub grodzicami stalowymi, w zależności od lokalnych warunków gruntowo-wodnych.

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy wytyczyć roboczo granice wykopu w terenie, w taki sposób, aby nowy rurociąg ułożyć po istniejącym śladzie starej rury, a następnie skontrolować z mapą ułożenie innych sieci podziemnych w okolicach wykopu. Roboty ziemne należy wykonywać ręcznie lub z użyciem koparek, a w okolicach istniejącej infrastruktury podziemnej wyłącznie ręcznie i z należytą ostrożnością, aby nie doprowadzić do jej uszkodzenia. Ewentualne elementy infrastruktury podziemnej, które zostaną odsłonięte w wykopie należy zabezpieczyć, a podczas zasypywania wykopu odtworzyć warunki ich ułożenia. Odsłonięte systemy korzeniowe, a także pnie i korony drzew znajdujące się w bliskim sąsiedztwie wykopów należy zabezpieczyć zgodnie z wytycznymi właściciela nieruchomości.

Po zakończeniu prac wykopy należy zasypywać warstwami o miąższości maksymalnej 0,3 m z kontrolą zagęszczenia (wymagany minimalny wskaźnik zagęszczenia $I_s = 1,0$).

Po zasypaniu wykopów uszkodzone nawierzchnie należy odtworzyć do stanu pierwotnego.

W przypadku wykrycia kolizji z inną infrastrukturą podziemną należy powiadomić o tym gestora danej sieci i usunięcia kolizji lub jej zabezpieczenia dokonywać pod nadzorem przedstawiciela, potwierdzone protokołarnie po wykonaniu prac w tym miejscu.

Wykonawca zobowiązany jest do zwrócenia szczególnej uwagi na istniejące sieci elektryczne, gazowe, wodociągowe i telekomunikacyjne występujące w miejscach planowanych wykopów.

7. OBEJŚCIE ŚCIEKÓW BY-PASS

Podczas prowadzenia prac związanych z przebudową sieci kanalizacyjnej, Wykonawca zapewni stały odbiór ścieków. W tym celu wykonywane będą tymczasowe instalacje by-pass lub ścieki będą odpompowywane i wywożone samochodami asenizacyjnymi. Transport ścieków odbywać się będzie szczelnymi, giętymi przewodami, dostosowanymi do pompowanej ilości ścieków. Instalacje by-pass poprowadzone będą w taki sposób, aby niezbędne utrudnienia w ruchu zostały ograniczone do minimum.

Dodatkowo, na czas wykonywania robót modernizacyjnych, przyłącza w studniach objętych by-passem należy zakorkować i prowadzić stałą kontrolę poziomu ścieków w studni rewizyjnej każdego z przyłączy. Nadmierne ilości ścieków z każdego zablokowanego przyłącza będą odpompowywane i wywożone w wozach asenizacyjnych.

8. PRZEBUDOWA KOLEKTORA

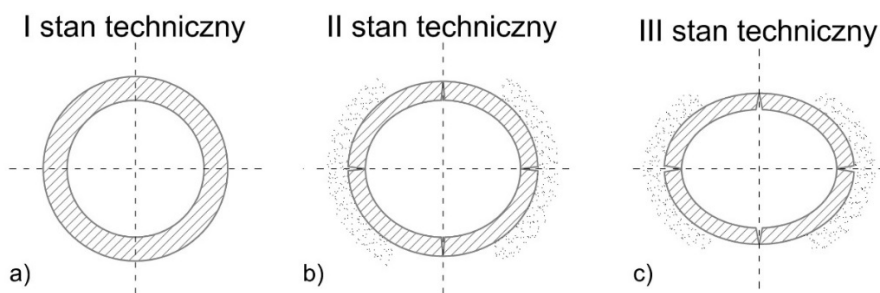
8.1. Określenie stanu technicznego kanałów i parametrów obliczeniowych

Stan techniczny istniejących kanałów jest określany na podstawie inspekcji CCTV oraz wizji lokalnej, w oparciu o wytyczne DWA-A 143-2 Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und –kanälen mit Lining und Montageverfahren, wydanych w lipcu 2015, które definiują trzy podstawowe stany techniczne o następujących charakterystykach:

I stan techniczny – istniejący przewód zachowuje swoją nośność. Dopuszczalne są drobne uszkodzenia np. w postaci nieszczelnych złączy czy powierzchniowej korozji.

II stan techniczny – układ: istniejący przewód – ośrodek gruntowy zachowuje zdolność do przenoszenia obciążeń. Dopuszczalne uszkodzenia to: rysy podłużne przy niewielkich deformacjach przekroju, niewielkie ubytki.

III stan techniczny – układ: istniejący przewód – ośrodek gruntowy utracił zdolność do samodzielnego dalszego przenoszenia obciążeń. Główne uszkodzenia to: szerokie rysy podłużne, wyraźna deformacja przekroju poprzecznego.



Rys. 1. Trzy podstawowe stany techniczne wg DWA-A 143-2

Do przeprowadzenia obliczeń statyczno-wytrzymałościowych oprócz oceny stanu kanału należy również określić:

- rodzaj materiału konstrukcyjnego,
- warunki gruntowo-wodne, wysokość wody gruntowej powyżej dna kanału - h_W, S_o [m],
- B/H ,
- promień zewnętrzny lineru - ra_L [mm],
- grubość ścianki lineru - s_L [mm],
- materiał Linera.

Dla przewodu w I i II stanie technicznym możliwe są następujące przypadki obciążeń:

- zewnętrzne ciśnienie wody działające na liner,
- ciężar własny (dla $DN \geq 800$ mm).

W przypadku przewodów zarysowanych podłużnie i dodatkowego udziału otaczającego gruntu w przenoszeniu obciążeń (III stan techniczny) można wyróżnić następujące oddziaływania:

- obciążenia wywołane ciężarem gruntu i pojazdów,
- ciśnienie wody gruntowej działające na powierzchnię zewnętrzną wykładziny,
- ciężar własny.

W poniższych tabelach przedstawiono zakres odcinków poddawanych renowacji. Ze względu na brak informacji o stanie technicznym kanałów przyjmuje się, że wszystkie odcinki są w III stanie technicznym.

Lp.	Oznaczenie odcinka			Materiał istniejący	Średnica	Długość odcinka [m]	Przewidywana technologia modernizacji
1.	k-429	-	k-427	PVC	DN150	12,8	wykładzina CIPP
2.	k-427	-	k-425	PVC	DN150	19,6	wykładzina CIPP
3.	k-425	-	k-423	kamionka	DN200	17,6	wykładzina CIPP
4.	k-423	-	k-434	kamionka	DN200	32,5	wykładzina CIPP
5.	k-427	-	k-428	PVC	DN150	8,6	wykładzina CIPP
6.	k-428	-	budynek	PVC	DN150	3,1	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
7.	k-425	-	k-426	żeliwo	DN150	10,0	wykładzina CIPP
8.	k-426	-	budynek	żeliwo	DN150	3,0	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
9.	k-423	-	k-424	żeliwo	DN150	9,9	wykładzina CIPP
10.	k-424	-	budynek	żeliwo	DN150	3,6	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
11.	k-434	-	k-435	kamionka	DN300	32,6	wykładzina CIPP
12.	k-435	-	k-405	kamionka	DN300	36,7	wykładzina CIPP
13.	k-405	-	k-404	kamionka	DN300	22,3	wykładzina CIPP
14.	k-404	-	k-403	kamionka	DN200	20,8	wykładzina CIPP
15.	k-403	-	k-421	kamionka	DN200	13,8	wykładzina CIPP
16.	k-421	-	k-420	kamionka	DN150	11,5	wykładzina CIPP
17.	k-420	-	k-419	kamionka	DN150	9,7	wykładzina CIPP
18.	k-419	-	k-418	kamionka	DN150	12,1	wykładzina CIPP
19.	k-418	-	k-396	kamionka	DN150	13,7	wykładzina CIPP
20.	k-396	-	budynek	kamionka	DN150	4,0	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
21.	T1	-	k-417	kamionka	DN150	7,4	wykładzina CIPP
22.	k-417	-	budynek	żeliwo	DN150	4,8	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
23.	k-420	-	k-422	kamionka	DN200	7,5	wykładzina CIPP
24.	k-422	-	budynek	żeliwo	DN150	5,1	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
25.	k-403	-	k-410	kamionka	DN150	5,3	wykładzina CIPP
26.	k-410	-	k-409	kamionka	DN200	6,8	wykładzina CIPP
27.	k-409	-	budynek	żeliwo	DN150	4,9	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
28.	k-410	-	k-411	kamionka	DN300	10,1	wykładzina CIPP
29.	k-411	-	budynek	żeliwo	DN150	5,2	wykładzina CIPP/wymiana w wykopie otwartym
30.	k-405	-	k-245	kamionka	DN300	38,9	wykładzina CIPP
31.	k-245	-	k-246	kamionka	DN300	23,5	burstlining statyczny
32.	k-246	-	k-247	kamionka	DN300	15,4	wymiana w wykopie otwartym
33.	k-247	-	k-260	kamionka	DN300	42,1	wymiana w wykopie otwartym
34.	k-260	-	k-261	kamionka	DN300	60,7	burstlining statyczny
35.	k-261	-	k-262	kamionka	DN300	49,3	burstlining statyczny

Tabela nt 1. Zestawienie długości i technologii modernizacji sieci kanalizacyjnej

8.2. Dobór technologii przebudowy kanału

8.2.1. Kryteria doboru technologii

Optymalna technologia wykonania przebudowy została wybrana w oparciu o następujące kryteria:

- podstawowe informacje o istniejącym kanale - rodzaj kanału, średnica, materiał z którego jest wykonany,
- przebieg kanału w terenie,
- możliwości technologiczne wykonania prac,
- wymagana wytrzymałość na obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne,
- długość poszczególnych odcinków,
- niezawodność technologii.

8.2.2. Opis technologii

8.2.2.1. Wykładzina CIPP utwardzana gorącą wodą

Podstawowym elementem technologii jest wykładzina wykonana z tkaniny poliestrowej o strukturze filcu nasączona żywicą epoksydową utwardzaną na placu budowy za pomocą gorącej wody. Wykładzina instalowana jest w istniejącym kanale metodą inwersji.

8.2.2.2. Burstlining statyczny

Na odcinkach sieci kanalizacyjnej k-245 – k-246, k-260 – k-261 oraz k-261 – k-262 projektuje się przebudowę z wykorzystaniem technologii burstliningu statycznego (krakingu).

Technologia ta polega na wprowadzeniu do wnętrza macierzystego kanału głowicy kruszącej, która podczas przeciągania przez dany odcinek kanału prowadzi do całkowitego zniszczenia jego konstrukcji. W ślad za głowicą kruszącą w miejsce zniszczonego kanału wprowadzane są krótkie moduły rurowe, które łączy się w nową, samonośną rurę.

8.2.2.3. Wymiana w wykopie otwartym

Z informacji uzyskanych od Zamawiającego wynika, iż odcinki k-246– k-247 oraz k-247 – k-260 są w złym stanie technicznym, pozalamywane. Projektuje się wymianę tych odcinków w wykopie otwartym po istniejącym śladzie. Dodatkowo, w miejscach gdzie stan techniczny kanału nie pozwoli na montaż wykładziny CIPP należy wykonać punktowe naprawy kanału lub wymianę całego odcinka sieci w wykopie wąskoprzestrzennym. Do odtworzenia istniejącego rurociągu wykorzystywane będą rury PVC-U SDR34 SN8 lite z wydłużonym kielichem.

8.3. Obliczenia

8.3.1. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

8.3.1.1. Wykładzina CIPP utwardzana gorącą wodą

W związku z brakiem możliwości oceny stanu technicznego przyjmuje się, że wszystkie kanały klasyfikowane są do III stanu technicznego. Przyjęto, że kanał nie spełnia wymagań wytrzymałościowych, a instalowana wykładzina na mieć zdolność do przenoszenia obciążeń gruntu, obciążeń hydrostatycznych oraz obciążeń eksploatacyjnych odpowiednich dla III stanu technicznego.

Do obliczeń przyjęto następujące grubości wykładziny CIPP utwardzanej gorącą wodą:

- 4 mm dla kanałów DN 150,
- 6 mm dla kanałów DN 200,
- 7,5 mm dla kanałów DN 300.

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dla kanałów żeliwnych DN150

*** Dane wejściowe

* Rura stara – profil okrągły

Materiał: żeliwo

Średnica nominalna	DN	=	150	mm
Średnica wewnętrzna	d_i	=	150,00	mm
Grubość ścianki	t	=	10,0	
Względna mimośrodowość przekazywania sił ściskających w ścianie konstrukcji	eG/t	=	0,35	
Moduł sprężystości	ER	=	10000	N/mm ²
Wytrzymałość na ściskanie/rozciąganie	$\beta R/\beta bZ$	=	200,0/200,0	N/mm ²
Stan rury macierzystej	AZ		III	

* Liner – profil okrągły

Materiał: CIPP

Promień (zewnątrzny)	r_{aL}	=	75,0	mm
Grubość ścianki (z wyłączeniem warstw zewn.)	t_L	=	4,00	mm
Moduł Younga – E (wartość długotrwała)	$E_{L,k}$	=	1300	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$E_{L,d}$	=	1300	N/mm ²
Współczynnik Poissona	μ	=	0,35	
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu (wartość długotrwała)	$\sigma_{bZ,k}$	=	18,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{bZ,d}$	=	13,3	N/mm ²
Wytrzymałość na ściskanie (wartość długotrwała)	$\sigma_{D,k}$	=	25,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{D,d}$	=	18,5	N/mm ²
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, niekorzystny	γ_M	=	1,35	
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, korzystny	γ_M	=	1,00	

* Warunki instalowania

Deformacja spowodowana iniektowaniem	$w_{GR,v}$	=	2,00	%
Moduł odkształcenia gruntu	E2	=	8,00	N/mm ²
Współczynnik parcia bocznego gruntu	K2	=	0,20	

* Obciążenia

Obciążenie komunikacyjne	TS	=	600	kN
Przekrycie powyżej szczytu kanału	h	=	4,70	m
Współczynnik koncentracji naprężeń	λ_R	=	0,75	
Ciężar właściwy materiału konstrukcyjnego rury macierzystej	γ_R	=	70,50	kN/m ³
Poziom wód gruntowych powyżej dna	$h_{W,inv}$	=	4,00	m
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych/zmiennych	$\gamma_{F,G} / \gamma_{F,Q}$	=	1,35/1,50	

*** Dane obliczone**

Promień osi ścianki linera	r_L	=	73,0 mm
Szytywność obwodowa linera, wartość krótkotrwała, odniesiona do d_L	SN	=	4,46 kN/m ²
stosunek r/t	r_L/t_L	=	18,3
Owalizacja linera	$w_{GR,v}$	=	2,2 mm
Szytywność gruntu w kierunku poziomym	SBh	=	6,4 N/mm ²
Naprężenia pionowe w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 1-4)	$p_{T,k}$	=	12,2 kN/m ²
Naprężenia poziome w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 5)	$p_{Th,k}$	=	1,1 kN/m ²
Obciążenie pionowe działające na konstrukcję macierzystą ($0,75 \cdot p_{E,d} + p_{T,d}$)	$q_{v,d}$	=	72,8 kN/m ²
Obciążenie poziome działające na konstrukcję macierzystą	$q_{h,d}$	=	17,6 kN/m ²
Szczelina pierścieniowa	ws	=	0,4 mm
Geometria wyjściowa rury macierzystej	B/H	=	154/144 mm

***** Wyniki pośrednie***** Iteracje**(γ-krotne obciążenia dla $\gamma = 1,50$)

maksymalna wielkość przesunięcia [cm]:

it = 3	-0,3801	it = 7	-0,3641
it = 4	-0,3844	it = 8	-0,3641
it = 5	-0,3668	it = 9	-0,3641
it = 6	-0,3649	it = 10	-0,3641

Sily przekrojowe (prawa połowa profilu) zgodnie z teorią nieliniową.

(Wszystkie sily przekrojowe są odniesione do odcinka rury o długości 1 cm)

wierzchołek = punkt 1a, wezglowie = punkt 19a, dno = punkt 36e

punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]	punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]
2	-44,78	-1,17	8,07	3	-44,94	-1,01	7,04
4	-45,10	-0,84	5,94	5	-45,27	-0,66	4,82
6	-45,43	-0,46	3,70	7	-45,59	-0,25	2,61
8	-45,73	-0,03	1,59	9	-45,86	0,20	0,68
10	-45,98	0,44	-0,11	11	-46,07	0,69	-0,74
12	-46,14	0,94	-1,20	13	-46,18	1,19	-1,47
14	-46,20	1,44	-1,55	15	-46,19	1,69	-1,43
16	-46,45	-4,68	-1,12	17	-46,97	-4,39	-4,83
18	-47,42	-4,28	-8,25	19	-47,94	1,60	-11,14
20	-47,84	1,77	-10,38	21	-47,68	2,13	-9,21
22	-47,64	-1,54	-7,59	23	-47,73	-1,19	-8,11
24	-47,75	-0,84	-8,21	25	-47,72	-0,49	-7,88
26	-47,64	-0,14	-7,14	27	-47,51	0,19	-6,01
28	-47,33	0,50	-4,53	29	-47,10	0,79	-2,74
30	-46,85	1,07	-0,71	31	-46,57	1,31	1,50
32	-46,27	1,53	3,82	33	-45,82	3,27	6,17
34	-45,08	5,58	9,47	35	-44,55	5,71	13,99

36	-44,56	3,56	18,22	37	-44,66	1,26	-9,00
punkt	Ne [N]	Qe [N]	Me [Ncm]				
37	-44,66	1,26	-8,07				

*** Relewantne siły przekrojowe (podzielone przez γ)**

	wierzch.	wezgl.	dno	
SN	-44,7	-47,4	-44,6	N/cm
SM	9,0	-11,2	20,8	Ncm/cm

***** Wyniki***** Analiza naprężeń linera**

	wierzch.	wezgl.	dno	
Parametr n_q do obliczenia wartości N	-0,542	-0,576	-0,541	
Parametr m_q do obliczenia wartości M	0,015	-0,019	0,035	
Sily normalne N	-4,466	-4,742	-4,456	N/mm
Momenty zginające, M	9,000	-11,175	20,770	Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$	2,320	-5,453	6,817	N/mm ²
$\sigma_{a,d}$	-4,430	2,929	-8,761	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	0,174	0,220	0,511	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,239	0,294	0,473	

*** Analiza naprężeń konstrukcji macierzystej**

	wierzch.	wezgl.	dno	
Sily normalne N	-4,799	-7,495	-4,812	N/mm
Momenty zginające, M	15,509	-23,205	15,417	Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$	0,000	-2,811	0,000	N/mm ²
$\sigma_{a,d}$	-1,799	0,000	-1,805	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	-	-	-	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,013	0,021	0,014	

*** Nośność gruntu**

Całkowite pionowe naprężenia w gruncie	$q_h + q_h^*$	=	138,5	kN/m ²
Pozioma reakcja gruntu	$> 0,75 \cdot K_{pgh} \cdot q_v$	=	140,8	kN/m ²

*** Analiza odkształceń**

a) Początkowa deformacja miejscowa	w_v	=	1,46	mm
Początkowa owalizacja	$w_{GR,v}$	=	2,19	mm
b) deformacja sprężysta (dodatni do wewnątrz)				
analiza nieliniowa, w szczycie	w_{cr}	=	0,81	mm
w dnie	w_{in}	=	1,80	mm
w odniesieniu do DN	$\delta_{v,el}$	=	1,79	%
dopuszczalna deformacja sprężysta	$adm \delta_{v,el}$	=	6	%
c) deformacja całkowita	w	=	5,53	mm
w odniesieniu do DN	δ_v	=	5,79	%

Wartość zalecana δv zgodnie z (DWA-A 143-2, 7.6.3)adm δv = 10 %*** Analiza stateczności**

Obliczeniowy poziom wód gruntowych powyżej dna kanału

 $p_{a,d}$ = 60,0 kN/m²

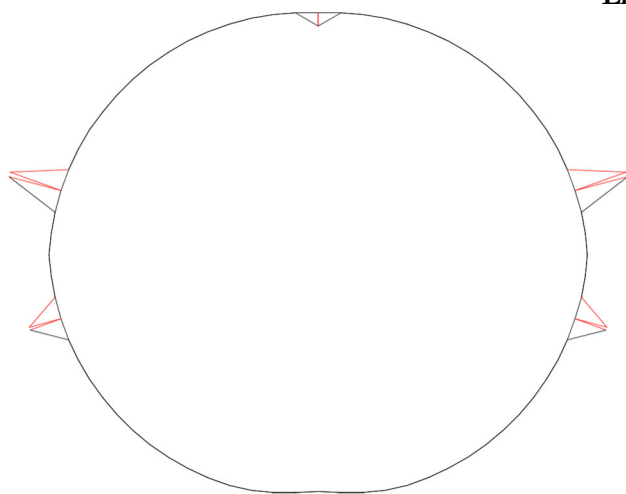
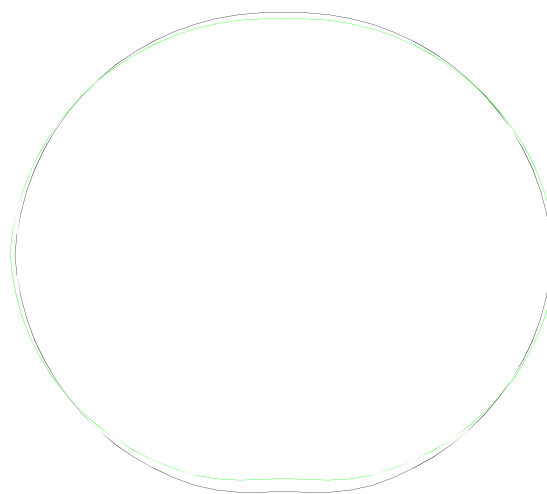
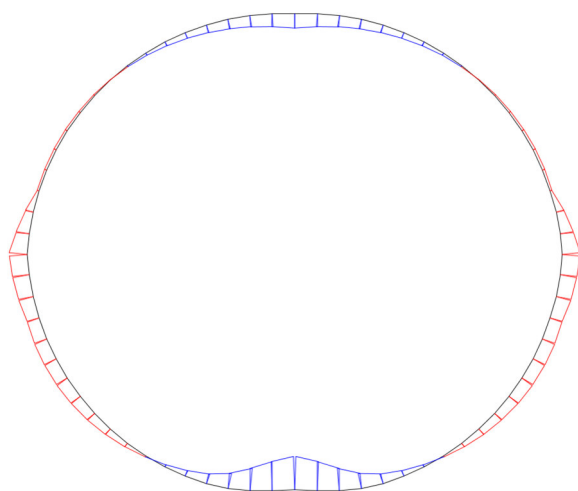
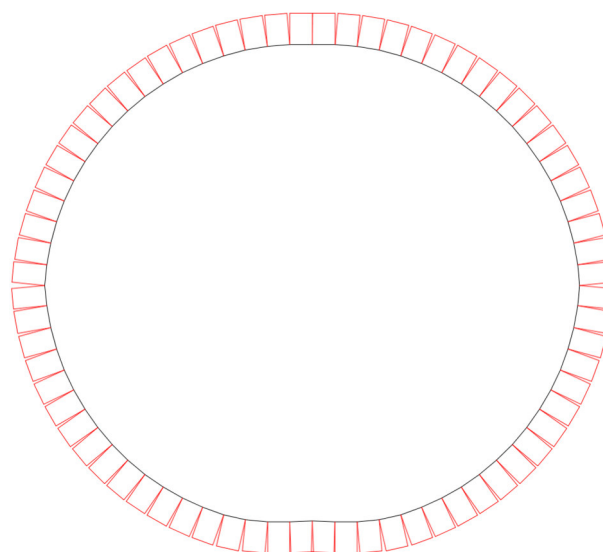
Obliczeniowa krytyczna wartość ciśnienia wód gruntowych

crit $p_{a,d}$ = 307,41 kN/m²

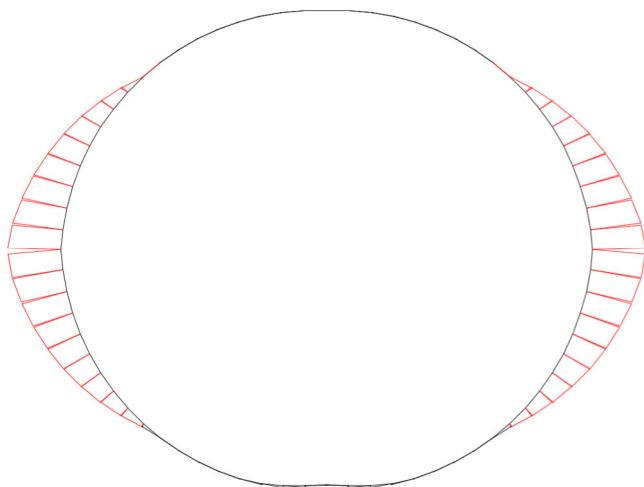
Obliczeniowa krytyczna wartość parcia gruntu

 $q_{v,d}$ = 72,79 kN/m²Wartość krytyczna obciążenia dla układu kanał-grunt (bez lineru),
załącznik Fcrit $q_{v,d}$ = 219,23 kN/m²Sprawdzenie nośności układu kanał-grunt ($q_{v,d} / \text{crit } q_{v,d} \leq 1$)

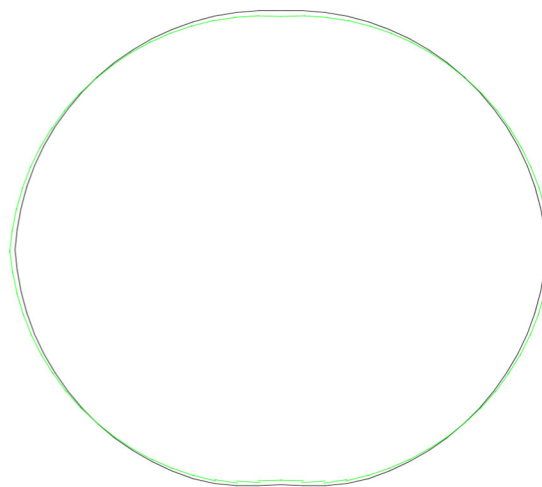
0,33

LinerSiły kontaktowe, maks. $|K| = 6.627 \text{ N/cm}$ Deformacja, maks. $|w| = 0.364 \text{ cm}$ (nie powiększona)Momenty zginające M, maks. $|M| = 20.771 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)Siły normalne N, maks. $|N| = 47.94 \text{ N/cm}$
(z obciążeń obliczeniowych)

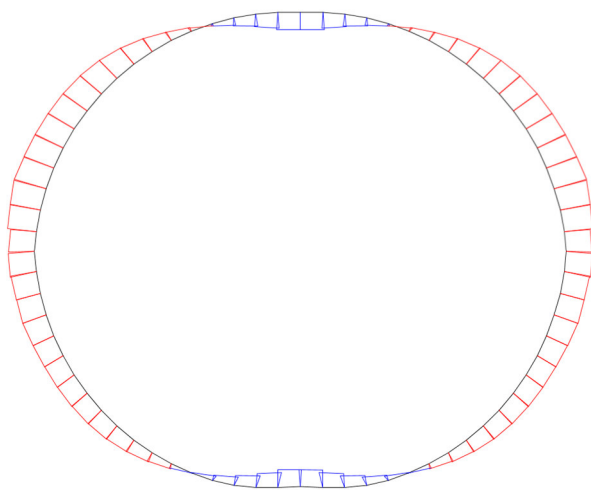
Rura macierzysta



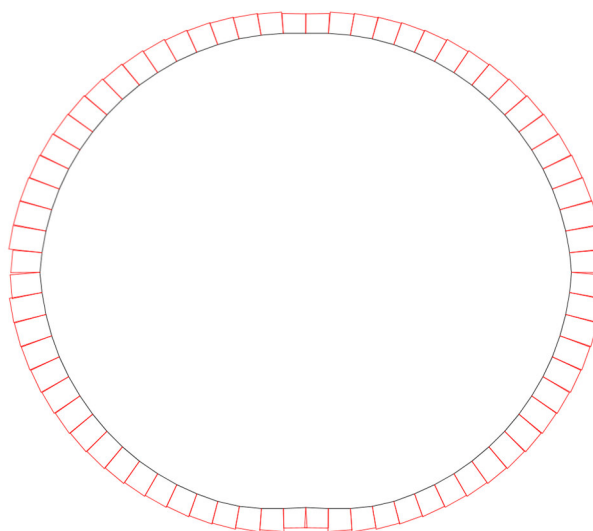
Reakcja podłoża, maks. $|q_h^*| = 7.831 \text{ N/cm}$



Deformacja, maks. $|w| = 0.165 \text{ cm}$ (nie powiększona)



Momenty zginające M, maks. $|M| = 29.737 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)



Siły normalne N, maks. $|N| = 75.05 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dla kanałów kamionkowych DN150

*** Dane wejściowe

* Rura stara – profil okrągły

Materiał: kamionka

Średnica nominalna

DN = 150 mm

Średnica wewnętrzna

$d_i = 150,00 \text{ mm}$

Grubość ścianki

$t = 17,0$

Względna mimośrodowość przekazywania sił ściskających w ścianie konstrukcji

$eG/t = 0,35$

Moduł sprężystości

ER = 10000 N/mm²

Wytrzymałość na ściskanie/rozciąganie

$\beta R/\beta bZ = 50,0/10,0 \text{ N/mm}^2$

Stan rury macierzystej

AZ III

*** Liner – profil okrągły**

Material: CIPP

Promień (zewnątrzny)	r_{aL}	=	75,0	mm
Grubość ścianki (z wyłączeniem warstw zewn.)	t_L	=	4,00	mm
Moduł Younga – E (wartość długotrwała)	$E_{L,k}$	=	1300	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$E_{L,d}$	=	1300	N/mm ²
Współczynnik Poissona	μ	=	0,35	
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu (wartość długotrwała)	$\sigma_{bZ,k}$	=	18,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{bZ,d}$	=	13,3	N/mm ²
Wytrzymałość na ściskanie (wartość długotrwała)	$\sigma_{D,k}$	=	25,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{D,d}$	=	18,5	N/mm ²
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, niekorzystny	γ_M	=	1,35	
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, korzystny	γ_M	=	1,00	

*** Warunki instalowania**

Deformacja spowodowana iniektowaniem	$w_{GR,v}$	=	2,00	%
Moduł odkształcenia gruntu	E_2	=	8,00	N/mm ²
Współczynnik parcia bocznego gruntu	K_2	=	0,20	

*** Obciążenia**

Obciążenie komunikacyjne	TS	=	600	kN
Przekrycie powyżej szczytu kanału	h	=	4,70	m
Współczynnik koncentracji naprężeń	λ_R	=	0,75	
Ciężar właściwy materiału konstrukcyjnego rury macierzystej	γ_R	=	22,00	kN/m ³
Poziom wód gruntowych powyżej dna	$h_{W,inv}$	=	4,00	m
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych/zmiennych	$\gamma_{F,G} / \gamma_{F,Q}$	=	1,35/1,50	

*** Dane obliczone**

Promień osi ścianki lineru	r_L	=	73,0	mm
Sztywność obwodowa lineru, wartość krótkotrwała, odniesiona do d_L	SN	=	4,46	kN/m ²
stosunek r/t	r_L/t_L	=	18,3	
Owalizacja lineru	$w_{GR,v}$	=	2,2	mm
Sztywność gruntu w kierunku poziomym	SB_h	=	6,4	N/mm ²
Naprężenia pionowe w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 1-4)	$p_{T,k}$	=	12,2	kN/m ²
Naprężenia poziome w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 5)	$p_{Th,k}$	=	1,1	kN/m ²
Obciążenie pionowe działające na konstrukcję macierzystą ($0,75 \cdot p_{E,d} + p_{T,d}$)	$q_{v,d}$	=	72,9	kN/m ²
Obciążenie poziome działające na konstrukcję macierzystą	$q_{h,d}$	=	17,7	kN/m ²
Szczelina pierścieniowa	ws	=	0,4	mm
Geometria wyjściowa rury macierzystej	B/H	=	154/144	mm

*** Wyniki pośrednie

* Iteracje

(γ-krotne obciążenia dla $\gamma = 1,50$)

maksymalna wielkość przesunięcia [cm]:

it = 5	-0,3970	it = 9	-0,3669
it = 6	-0,3774	it = 10	-0,3656
it = 7	-0,3654	it = 11	-0,3635
it = 8	-0,3693	it = 12	-0,3635

Siły przekrojowe (prawa połowa profilu) zgodnie z teorią nieliniową.

(Wszystkie siły przekrojowe są odniesione do odcinka rury o długości 1 cm)

wierzchołek = punkt 1a, wezglowie = punkt 19a, dno = punkt 36e

punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]	punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]
2	-44,90	-1,07	7,03	3	-45,04	-0,90	6,09
4	-45,17	-0,72	5,13	5	-45,31	-0,53	4,15
6	-45,44	-0,33	3,20	7	-45,56	-0,12	2,30
8	-45,67	0,09	1,47	9	-45,76	0,32	0,75
10	-45,84	0,55	0,15	11	-45,90	0,78	-0,30
12	45,93	1,02	-0,60	13	-45,95	1,25	-0,74
14	-45,94	1,48	-0,72	15	-45,91	1,71	-0,53
16	-46,15	-4,74	-0,18	17	-46,65	-4,48	-3,92
18	-47,09	-4,45	-7,41	19	-47,56	1,15	-10,35
20	-47,49	1,23	-9,93	21	-47,37	1,56	-9,19
22	-47,34	-1,22	-8,01	23	-47,38	-0,89	-8,40
24	-47,37	-0,57	-8,38	25	-47,31	-0,25	-7,96
26	-47,19	0,05	-7,14	27	-47,03	0,34	-5,95
28	-46,83	0,61	-4,45	29	-46,59	0,86	-2,67
30	-46,32	1,09	-0,68	31	-46,04	1,29	1,47
32	-45,74	1,46	3,69	33	-45,30	3,13	5,93
34	-44,59	5,38	9,08	35	-44,06	5,47	13,42
36	-44,04	3,30	17,47	37	-44,78	1,17	-7,89
punkt	Ne [N]	Qe [N]	Me [Ncm]				
37	-44,78	1,17	-7,03				

* Relewantne siły przekrojowe (podzielone przez γ)

	wierzch.	wezgl.	dno	
SN	-44,8	-47,1	-44,0	N/cm
SM	7,9	-10,4	19,8	Ncm/cm

*** Wyniki

* Analiza naprężeń linera

	wierzch.	wezgl.	dno	
Parametr nq do obliczenia wartości N	-0,544	-0,572	-0,535	
Parametr mq do obliczenia wartości M	0,013	-0,017	0,033	
Siły normalne N	-4,478	-4,709	-4,404	N/mm
Momenty zginające, M	7,889	-10,379	19,835	Nmm/mm
oi,d	1,893	-5,140	6,473	N/mm2

$\sigma_{a,d}$	-4,024	2,644	-8,403	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	0,142	0,198	0,485	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,217	0,278	0,454	

*** Analiza naprężeń konstrukcji macierzystej**

	wierzch.	wezgl.	dno	
Sily normalne N	-4,695	-7,939	-4,706	N/mm
Momenty zginające, M	22,642	-35,470	22,436	Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$	0,000	-1,751	0,000	N/mm ²
$\sigma_{a,d}$	-1,036	0,000	-1,038	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	-	-	-	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,031	0,053	0,031	

*** Nośność gruntu**

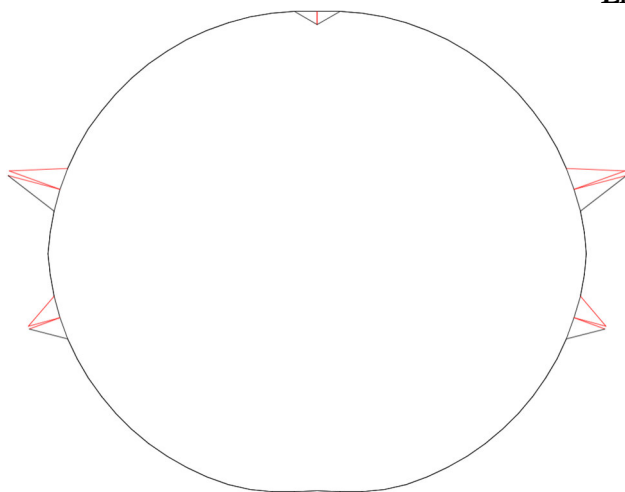
Całkowite pionowe naprężenia w gruncie	$q_h + q_h^*$	=	121,5	kN/m ²
Pozioma reakcja gruntu	$> 0,75 \cdot K_{pgh} \cdot q_v$	=	141,2	kN/m ²

*** Analiza odkształceń**

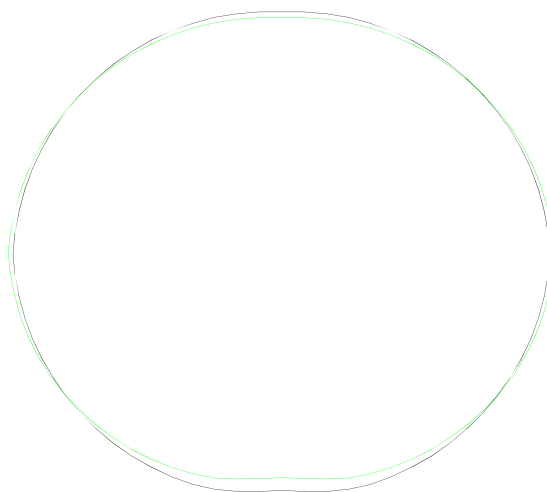
a) Początkowa deformacja miejscowa	w_v	=	1,46	mm
Początkowa owalizacja	$w_{GR,v}$	=	2,19	mm
b) deformacja sprężysta (dodatni do wewnątrz)				
analiza nieliniowa, w szczycie	w_{cr}	=	0,65	mm
w dnie	w_{in}	=	1,79	mm
w odniesieniu do DN	$\delta_{v,el}$	=	1,67	%
dopuszczalna deformacja sprężysta	$adm \delta_{v,el}$	=	6	%
c) deformacja całkowita	w	=	5,36	mm
w odniesieniu do DN	δ_v	=	5,67	%
Wartość zalecana δ_v zgodnie z (DWA-A 143-2, 7.6.3)	$adm \delta_v$	=	10	%

*** Analiza stateczności**

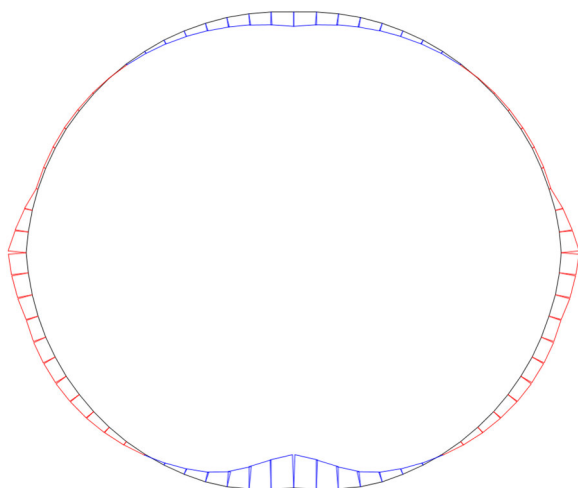
Obliczeniowy poziom wód gruntowych powyżej dna kanału	$p_{a,d}$	=	60,0	kN/m ²
Obliczeniowa krytyczna wartość ciśnienia wód gruntowych	$crit p_{a,d}$	=	307,41	kN/m ²
Obliczeniowa krytyczna wartość parcia gruntu	$q_{v,d}$	=	72,86	kN/m ²
Wartość krytyczna obciążenia dla układu kanał-grunt (bez linera), załącznik F	$crit q_{v,d}$	=	292,44	kN/m ²
Sprawdzenie nośności układu kanał-grunt ($q_{v,d} / crit q_{v,d} \leq 1$)			0,25	

Liner

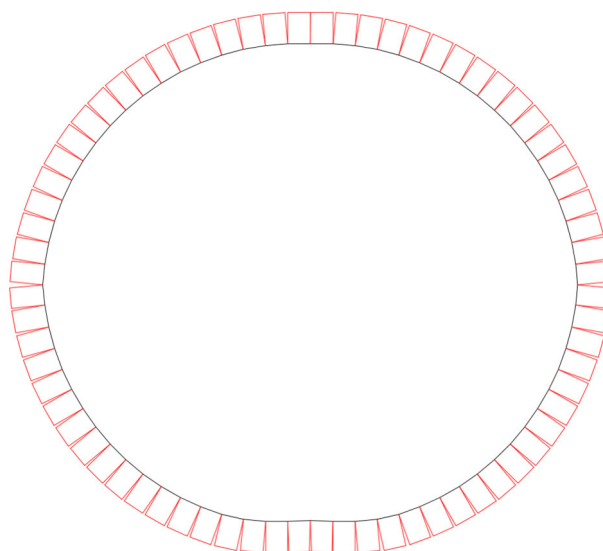
Sily kontaktowe, maks. $|K| = 6.669 \text{ N/cm}$



Deformacja, maks. $|w| = 0.363 \text{ cm}$ (nie powiększona)

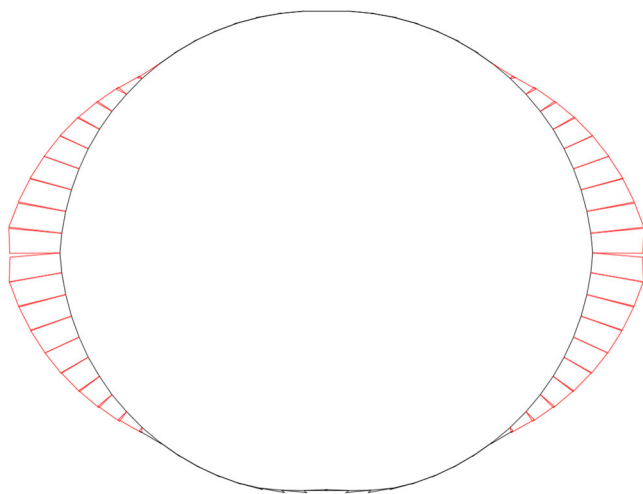


Momenty zginające M , maks. $|M| = 19.835 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

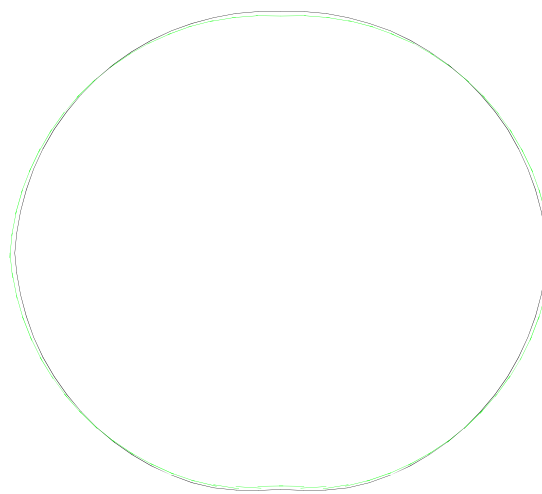


Sily normalne N , maks. $|N| = 47.56 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

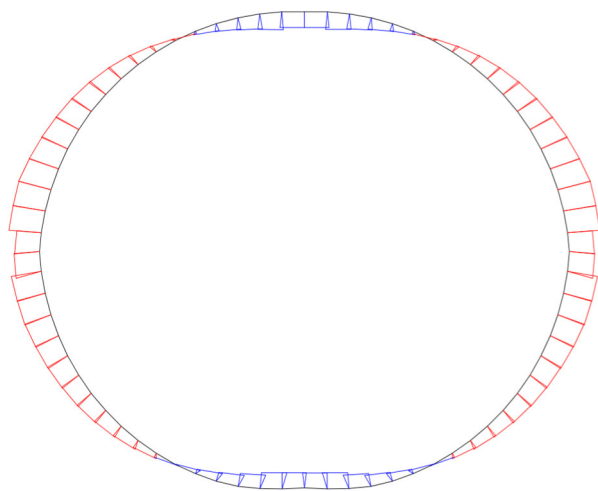
Rura macierzysta



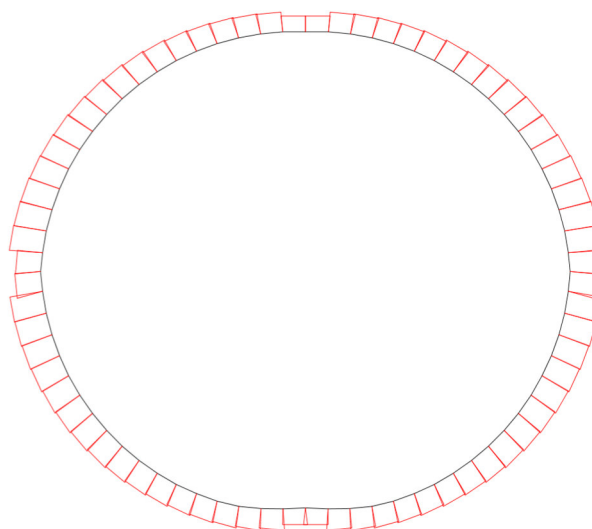
Reakcja podłoża, maks. $|q_h^*| = 6.834 \text{ N/cm}$



Deformacja, maks. $|w| = 0.136 \text{ cm}$ (nie powiększona)



Momenty zginające M , maks. $|M| = 47.45 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)



Sily normalne N , maks. $|N| = 79.33 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dla kanałów kamionkowych DN200

*** Dane wejściowe

* Rura stara – profil okrągły

Materiał: kamionka

Średnica nominalna

DN = 200 mm

Średnica wewnętrzna

$d_i = 200,00 \text{ mm}$

Grubość ścianki

$t = 20,0$

Względna mimośrodowość przekazywania sił ściskających w ścianie konstrukcji

$eG/t = 0,35$

Moduł sprężystości

ER = 10000 N/mm²

Wytrzymałość na ściskanie/rozciąganie

$\beta R/\beta bZ = 50,0/10,0 \text{ N/mm}^2$

Stan rury macierzystej

AZ III

*** Liner – profil okrągły**

Material: CIPP

Promień (zewnątrzny)	r_{aL}	=	100,0	mm
Grubość ścianki (z wyłączeniem warstw zewn.)	t_L	=	6,00	mm
Moduł Younga – E (wartość długotrwała)	$E_{L,k}$	=	1300	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$E_{L,d}$	=	1300	N/mm ²
Współczynnik Poissona	μ	=	0,35	
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu (wartość długotrwała)	$\sigma_{bZ,k}$	=	18,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{bZ,d}$	=	13,3	N/mm ²
Wytrzymałość na ściskanie (wartość długotrwała)	$\sigma_{D,k}$	=	25,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{D,d}$	=	18,5	N/mm ²
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, niekorzystny	γ_M	=	1,35	
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, korzystny	γ_M	=	1,00	

*** Warunki instalowania**

Deformacja spowodowana iniektowaniem	$w_{GR,v}$	=	2,00	%
Moduł odkształcenia gruntu	E_2	=	8,00	N/mm ²
Współczynnik parcia bocznego gruntu	K_2	=	0,20	

*** Obciążenia**

Obciążenie komunikacyjne	TS	=	600	kN
Przekrycie powyżej szczytu kanału	h	=	5,40	m
Współczynnik koncentracji naprężeń	λ_R	=	0,75	
Ciężar właściwy materiału konstrukcyjnego rury macierzystej	γ_R	=	22,00	kN/m ³
Poziom wód gruntowych powyżej dna	$h_{W,inv}$	=	4,00	m
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych/zmiennych	$\gamma_{F,G} / \gamma_{F,Q}$	=	1,35/1,50	

*** Dane obliczone**

Promień osi ścianki lineru	r_L	=	97,0	mm
Sztywność obwodowa lineru, wartość krótkotrwała, odniesiona do d_L	SN	=	6,41	kN/m ²
stosunek r/t	r_L/t_L	=	16,2	
Owalizacja lineru	$w_{GR,v}$	=	2,9	mm
Sztywność gruntu w kierunku poziomym	SB_h	=	6,4	N/mm ²
Naprężenia pionowe w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 1-4)	$p_{T,k}$	=	8,9	kN/m ²
Naprężenia poziome w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 5)	$p_{Th,k}$	=	0,9	kN/m ²
Obciążenie pionowe działające na konstrukcję macierzystą ($0,75 \cdot p_{E,d} + p_{T,d}$)	$q_{v,d}$	=	83,1	kN/m ²
Obciążenie poziome działające na konstrukcję macierzystą	$q_{h,d}$	=	21,7	kN/m ²
Szczelina pierścieniowa	ws	=	0,5	mm
Geometria wyjściowa rury macierzystej	B/H	=	205/192	mm

*** Wyniki pośrednie

* Iteracje

(γ-krotne obciążenia dla $\gamma = 1,50$)

maksymalna wielkość przesunięcia [cm]:

it = 10	-0,4777	it = 14	-0,4608
it = 11	-0,4201	it = 15	-0,4598
it = 12	-0,4268	it = 16	-0,4544
it = 13	-0,4562	it = 17	-0,4546

Siły przekrojowe (prawa połowa profilu) zgodnie z teorią nieliniową.

(Wszystkie siły przekrojowe są odniesione do odcinka rury o długości 1 cm)

wierzchołek = punkt 1a, węzłowie = punkt 19a, dno = punkt 36e

punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]	punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]
2	-57,78	-1,24	16,50	3	-57,94	-1,17	15,09
4	-58,12	-1,08	13,44	5	-58,31	-0,98	11,69
6	-58,51	-0,86	9,83	7	-58,71	-0,73	7,92
8	-58,92	-0,59	5,98	9	-59,11	-0,43	4,07
10	-59,30	-0,25	2,23	11	-59,48	-0,07	0,49
12	-59,64	0,13	-1,11	13	-59,78	0,33	-2,53
14	-59,90	0,54	-3,73	15	-60,00	0,75	-4,71
16	-60,43	-7,36	-5,44	17	-61,18	-7,09	-12,92
18	-61,84	-7,10	-19,98	19	-62,60	0,40	-26,06
20	-62,59	0,46	-26,11	21	-62,52	0,86	-25,70
22	-62,40	0,75	-24,52	23	-62,23	1,12	-23,03
24	-61,99	1,46	-20,84	25	-61,69	1,78	-18,02
26	-61,34	2,07	-14,64	27	-60,94	2,31	-10,79
28	-60,51	2,52	-6,57	29	-60,06	2,68	-2,09
30	-59,99	2,80	2,55	31	-59,11	2,88	7,22
32	-58,65	2,91	11,83	33	-58,00	4,85	16,26
34	-57,00	7,52	22,05	35	-56,29	7,42	29,72
36	-56,26	4,43	36,78	37	-57,65	1,22	-17,71
punkt	Ne [N]	Qe [N]	Me [Ncm]				
37	-57,65	1,22	-16,50				

* Relewantne siły przekrojowe (podzielone przez γ)

	wierzch.	wzgl.	dno	
SN	-57,7	-61,8	-56,3	N/cm
SM	17,7	-26,1	40,9	Ncm/cm

*** Wyniki

* Analiza naprężeń linera

	wierzch.	wzgl.	dno	
Parametr nq do obliczenia wartości N	-0,483	-0,518	-0,471	
Parametr mq do obliczenia wartości M	0,015	-0,023	0,035	
Siły normalne N	-5,765	-6,184	-5,626	N/mm
Momenty zginające, M	17,711	-26,076	40,922	Nmm/mm
oi,d	2,052	-5,466	6,023	N/mm2

$\sigma_{a,d}$	-3,852	3,226	-7,617	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	0,154	0,242	0,452	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,208	0,295	0,411	

*** Analiza naprężeń konstrukcji macierzystej**

	wierzch.	wezgl.	dno	
Sily normalne N	-7,224	-11,858	-7,258	N/mm
Momenty zginające, M	42,697	-64,965	42,329	Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$	0,000	-2,223	0,000	N/mm ²
$\sigma_{a,d}$	-1,355	0,000	-1,361	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	-	-	-	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,041	0,067	0,041	

*** Nośność gruntu**

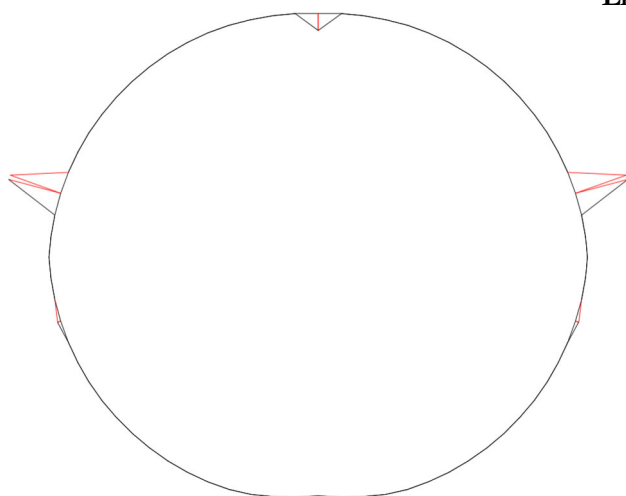
Całkowite pionowe naprężenia w gruncie	$q_h + q_h^*$	=	134,5	kN/m ²
Pozioma reakcja gruntu	$> 0,75 \cdot K_{pgh} \cdot q_v$	=	178,1	kN/m ²

*** Analiza odkształceń**

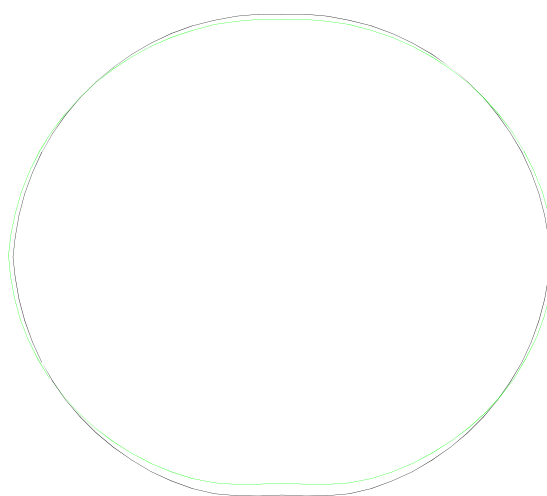
a) Początkowa deformacja miejscowa	w_v	=	1,94	mm
Początkowa owalizacja	$w_{GR,v}$	=	2,91	mm
b) deformacja sprężysta (dodatni do wewnątrz)				
analiza nieliniowa, w szczycie	w_{cr}	=	0,95	mm
w dnie	w_{in}	=	2,25	mm
w odniesieniu do DN	$\delta_{v,el}$	=	1,65	%
dopuszczalna deformacja sprężysta	$adm \delta_{v,el}$	=	6	%
c) deformacja całkowita	w	=	7,08	mm
w odniesieniu do DN	δ_v	=	5,65	%
Wartość zalecana δ_v zgodnie z (DWA-A 143-2, 7.6.3)	$adm \delta_v$	=	10	%

*** Analiza stateczności**

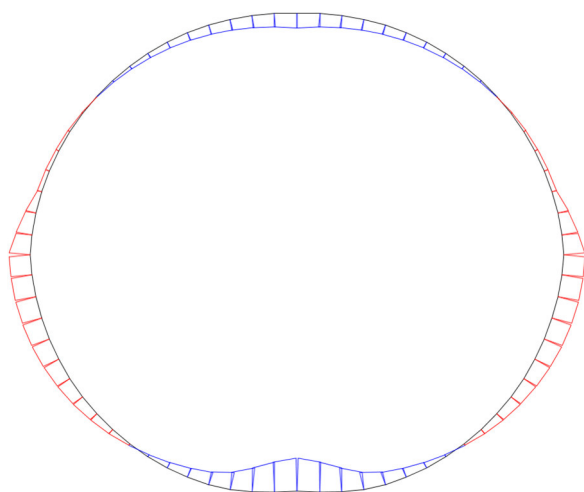
Obliczeniowy poziom wód gruntowych powyżej dna kanału	$p_{a,d}$	=	60,0	kN/m ²
Obliczeniowa krytyczna wartość ciśnienia wód gruntowych	$crit p_{a,d}$	=	415,21	kN/m ²
Obliczeniowa krytyczna wartość parcia gruntu	$q_{v,d}$	=	83,11	kN/m ²
Wartość krytyczna obciążenia dla układu kanał-grunt (bez linera), załącznik F	$crit q_{v,d}$	=	278,14	kN/m ²
Sprawdzenie nośności układu kanał-grunt ($q_{v,d} / crit q_{v,d} \leq 1$)			0,30	

Liner

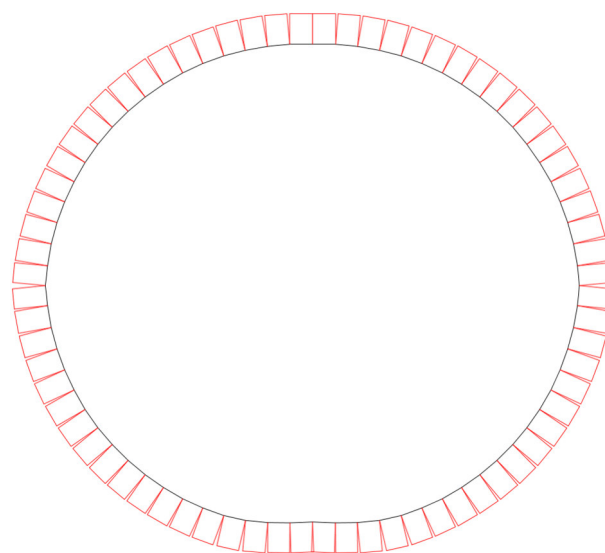
Sily kontaktowe, maks. $|K| = 8.328 \text{ N/cm}$



Deformacja, maks. $|w| = 0.455 \text{ cm}$ (nie powiększona)

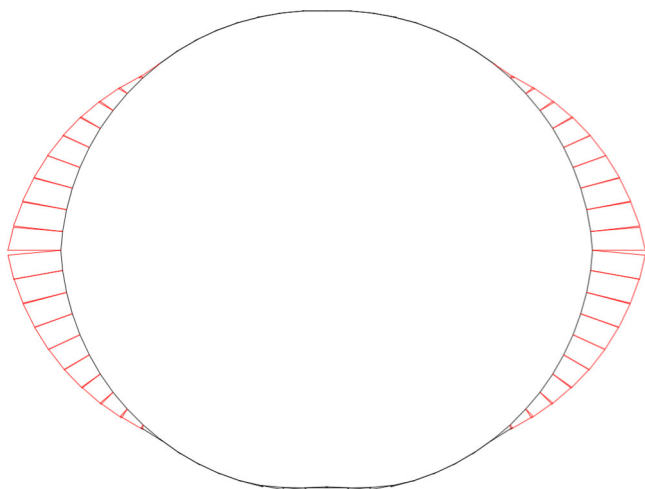


Momenty zginające M, maks. $|M| = 40.92 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

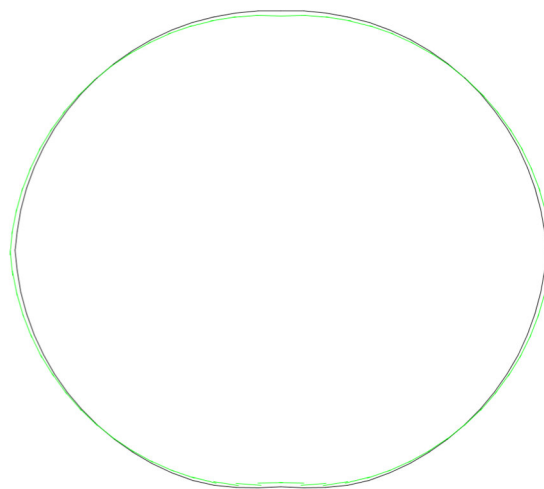


Sily normalne N, maks. $|N| = 62.6 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

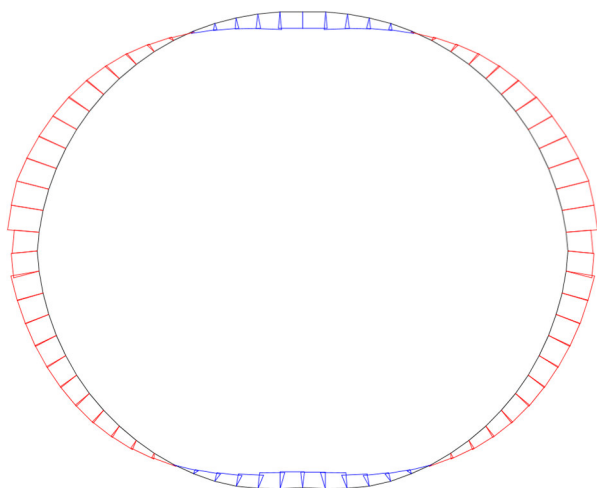
Rura macierzysta



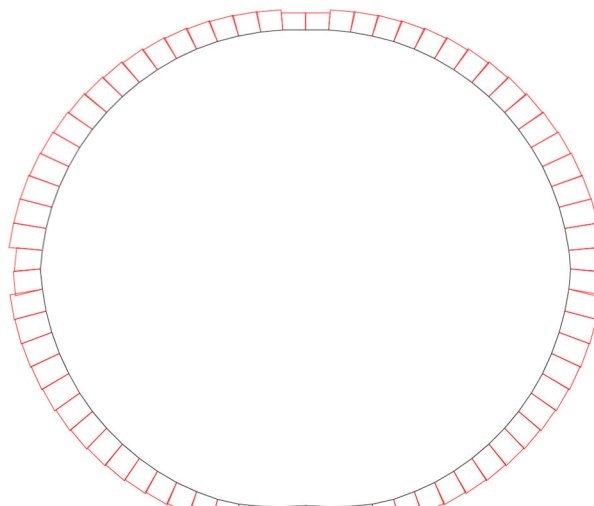
Reakcja podłoża, maks. $|q_h^*| = 10.465 \text{ N/cm}$



Deformacja, maks. $|w| = 0.194 \text{ cm}$ (nie powiększona)



Momenty zginające M, maks. $|M| = 86.34 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)



Sily normalne N, maks. $|N| = 118.64 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dla kanałów kamionkowych DN300

*** Dane wejściowe

* Rura stara – profil okrągły

Materiał: kamionka

Średnica nominalna

DN = 300 mm

Średnica wewnętrzna

$d_i = 300,00 \text{ mm}$

Grubość ścianki

$t = 25,0$

Względna mimośrodowość przekazywania sił ściskających w ścianie konstrukcji

$eG/t = 0,35$

Moduł sprężystości

ER = 10000 N/mm²

Wytrzymałość na ściskanie/rozciąganie

$\beta R/\beta bZ = 50,0/10,0 \text{ N/mm}^2$

Stan rury macierzystej

AZ III

*** Liner – profil okrągły**

Material: CIPP

Promień (zewnątrzny)	r_{aL}	=	150,0	mm
Grubość ścianki (z wyłączeniem warstw zewn.)	t_L	=	8,00	mm
Moduł Younga – E (wartość długotrwała)	$E_{L,k}$	=	1300	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$E_{L,d}$	=	1300	N/mm ²
Współczynnik Poissona	μ	=	0,35	
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu (wartość długotrwała)	$\sigma_{bZ,k}$	=	18,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{bZ,d}$	=	13,3	N/mm ²
Wytrzymałość na ściskanie (wartość długotrwała)	$\sigma_{D,k}$	=	25,0	N/mm ²
Wartość obliczeniowa	$\sigma_{D,d}$	=	18,5	N/mm ²
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, niekorzystny	γ_M	=	1,35	
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla własności materiałowych, korzystny	γ_M	=	1,00	

*** Warunki instalowania**

Deformacja spowodowana iniektowaniem	$w_{GR,v}$	=	2,00	%
Moduł odkształcenia gruntu	E_2	=	8,00	N/mm ²
Współczynnik parcia bocznego gruntu	K_2	=	0,20	

*** Obciążenia**

Obciążenie komunikacyjne	TS	=	600	kN
Przekrycie powyżej szczytu kanału	h	=	6,70	m
Współczynnik koncentracji naprężeń	λ_R	=	0,75	
Ciężar właściwy materiału konstrukcyjnego rury macierzystej	γ_R	=	22,00	kN/m ³
Poziom wód gruntowych powyżej dna	$h_{W,inv}$	=	4,00	m
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych/zmiennych	$\gamma_{F,G} / \gamma_{F,Q}$	=	1,35/1,50	

*** Dane obliczone**

Promień osi ścianki lineru	r_L	=	146,0	mm
Sztywność obwodowa lineru, wartość krótkotrwała, odniesiona do d_L	SN	=	4,46	kN/m ²
stosunek r/t	r_L/t_L	=	18,3	
Owalizacja lineru	$w_{GR,v}$	=	4,4	mm
Sztywność gruntu w kierunku poziomym	SB_h	=	6,4	N/mm ²
Naprężenia pionowe w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 1-4)	$p_{T,k}$	=	5,3	kN/m ²
Naprężenia poziome w gruncie od obciążeń komunikacyjnych (Diagr. 5)	$p_{Th,k}$	=	0,6	kN/m ²
Obciążenie pionowe działające na konstrukcję macierzystą ($0,75 \cdot p_{E,d} + p_{T,d}$)	$q_{v,d}$	=	105,7	kN/m ²
Obciążenie poziome działające na konstrukcję macierzystą	$q_{h,d}$	=	29,5	kN/m ²
Szczelina pierścieniowa	ws	=	0,7	mm
Geometria wyjściowa rury macierzystej	B/H	=	308/288	mm

*** Wyniki pośrednie

* Iteracje

(γ-krotne obciążenia dla $\gamma = 1,50$)

maksymalna wielkość przesunięcia [cm]:

it = 4	-0,8801	it = 8	-0,8730
it = 5	-0,8739	it = 9	-0,8678
it = 6	-0,8761	it = 10	-0,8623
it = 7	-0,8686	it = 11	-0,8625

Siły przekrojowe (prawa połowa profilu) zgodnie z teorią nieliniową.

(Wszystkie siły przekrojowe są odniesione do odcinka rury o długości 1 cm)

wierzchołek = punkt 1a, wezglowie = punkt 19a, dno = punkt 36e

punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]	punkt	Na [N]	Qa [N]	Ma [Ncm]
2	-91,86	-3,99	44,05	3	-92,32	-3,40	37,32
4	-92,77	-2,76	30,46	5	-93,22	-2,09	23,67
6	-93,63	-1,38	17,15	7	-94,01	-0,65	11,10
8	-94,34	0,11	5,69	9	-94,60	0,88	1,09
10	-94,80	1,67	-2,56	11	-94,92	2,46	-5,17
12	-94,97	3,25	-6,65	13	-94,94	4,03	-6,97
14	-94,84	4,79	-6,13	15	-94,99	-1,98	-4,18
16	-95,80	-10,64	-10,72	17	-96,92	-9,79	-28,00
18	-97,84	-9,52	-43,57	19	-98,52	4,38	-56,35
20	-98,19	4,70	-52,13	21	-97,70	5,64	-45,79
22	-97,51	-3,60	-37,13	23	-97,62	-2,73	-39,25
24	-97,59	-1,87	-39,28	25	-97,43	-1,03	-37,24
26	-97,14	-0,22	-33,22	27	-96,73	0,55	-27,35
28	-96,22	1,26	-19,87	29	-95,63	1,92	-11,02
30	-94,97	2,52	-1,11	31	-94,26	3,05	9,53
32	-93,53	3,51	20,56	33	-92,49	7,03	31,63
34	-90,89	11,70	46,32	35	-89,81	11,93	65,71
36	-89,91	7,54	83,72	37	-91,50	4,42	-50,46
punkt	Ne [N]	Qe [N]	Me [Ncm]				
37	-91,50	4,42	-44,05				

* Relewantne siły przekrojowe (podzielone przez γ)

	wierzch.	wezgl.	dno	
SN	-91,5	-97,8	-89,9	N/cm
SM	50,5	-56,4	94,7	Ncm/cm

*** Wyniki

* Analiza naprężeń linera

	wierzch.	wezgl.	dno	
Parametr nq do obliczenia wartości N	-0,430	-0,460	-0,423	
Parametr mq do obliczenia wartości M	0,016	-0,018	0,030	
Siły normalne N	-9,150	-9,784	-8,991	N/mm
Momenty zginające, M	50,455	-56,368	94,668	Nmm/mm
oi,d	3,673	-6,604	7,913	N/mm2

$\sigma_{a,d}$	-5,788	3,965	-9,837	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	0,275	0,297	0,594	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,313	0,357	0,531	

*** Analiza naprężeń konstrukcji macierzystej**

	wierzch.	wezgl.	dno	
Sily normalne N	-13,972	-22,087	-14,093	N/mm
Momenty zginające, M	107,152	-163,043	107,984	Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$	0,000	-3,313	0,000	N/mm ²
$\sigma_{a,d}$	-2,096	0,000	-2,114	N/mm ²
Sprawdzenie warunku naprężeń zginających (≤ 1)	-	-	-	
Sprawdzenie warunku naprężeń ściskających (≤ 1)	0,063	0,099	0,063	

*** Nośność gruntu**

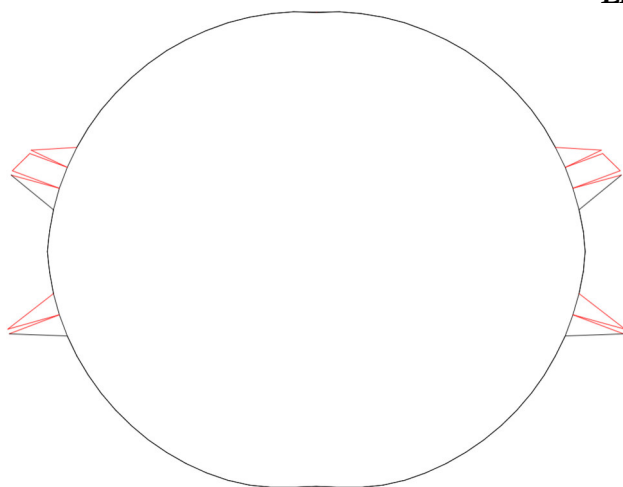
Całkowite pionowe naprężenia w gruncie	$q_h + q_h^*$	=	187,8	kN/m ²
Pozioma reakcja gruntu	$> 0,75 \cdot K_{pgh} \cdot q_v$	=	247,0	kN/m ²

*** Analiza odkształceń**

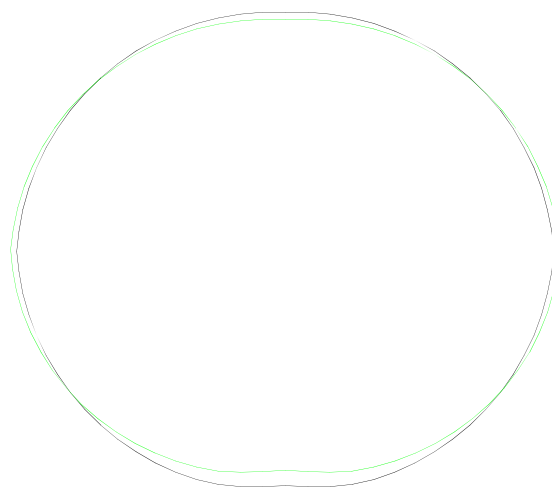
a) Początkowa deformacja miejscowa	w_v	=	2,92	mm
Początkowa owalizacja	$w_{GR,v}$	=	4,38	mm
b) deformacja sprężysta (dodatni do wewnątrz)				
analiza nieliniowa, w szczycie	w_{cr}	=	2,03	mm
w dnie	w_{in}	=	4,26	mm
w odniesieniu do DN	$\delta_{v,el}$	=	2,15	%
dopuszczalna deformacja sprężysta	$adm \delta_{v,el}$	=	6	%
c) deformacja całkowita	w	=	12,13	mm
w odniesieniu do DN	δ_v	=	6,15	%
Wartość zalecana δ_v zgodnie z (DWA-A 143-2, 7.6.3)	$adm \delta_v$	=	10	%

*** Analiza stateczności**

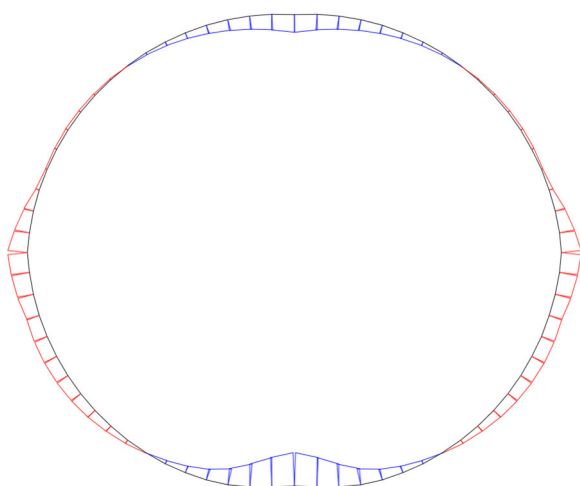
Obliczeniowy poziom wód gruntowych powyżej dna kanału	$p_{a,d}$	=	60,0	kN/m ²
Obliczeniowa krytyczna wartość ciśnienia wód gruntowych	$crit p_{a,d}$	=	307,41	kN/m ²
Obliczeniowa krytyczna wartość parcia gruntu	$q_{v,d}$	=	105,66	kN/m ²
Wartość krytyczna obciążenia dla układu kanał-grunt (bez linera), załącznik F	$crit q_{v,d}$	=	255,38	kN/m ²
Sprawdzenie nośności układu kanał-grunt ($q_{v,d} / crit q_{v,d} \leq 1$)			0,41	

Liner

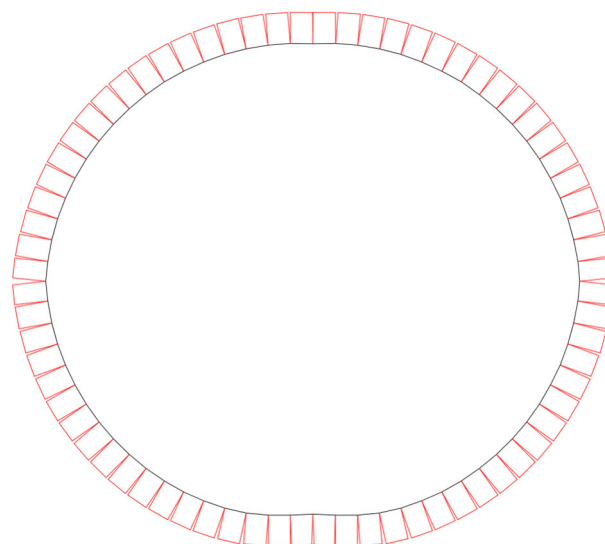
Sily kontaktowe, maks. $|K| = 10.112 \text{ N/cm}$



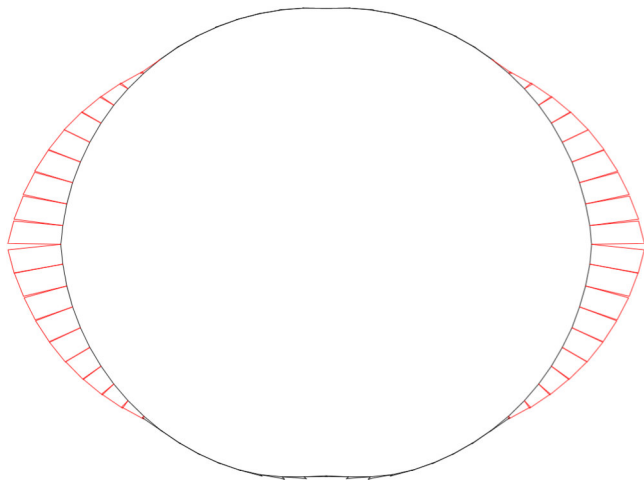
Deformacja, maks. $|w| = 0.862 \text{ cm}$ (nie powiększona)



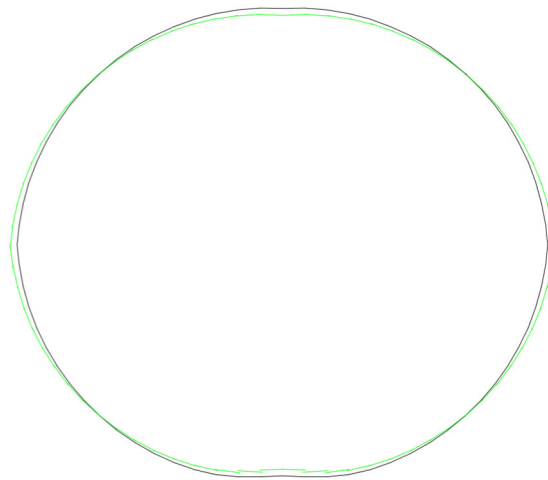
Momenty zginające M , maks. $|M| = 94.67 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)



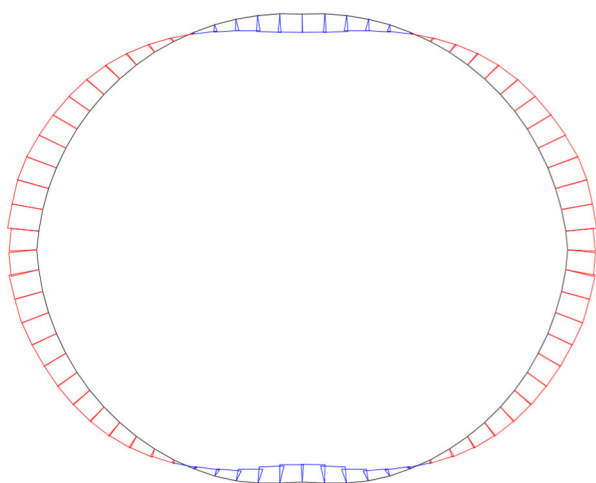
Sily normalne N , maks. $|N| = 98.52 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

Rura macierzysta

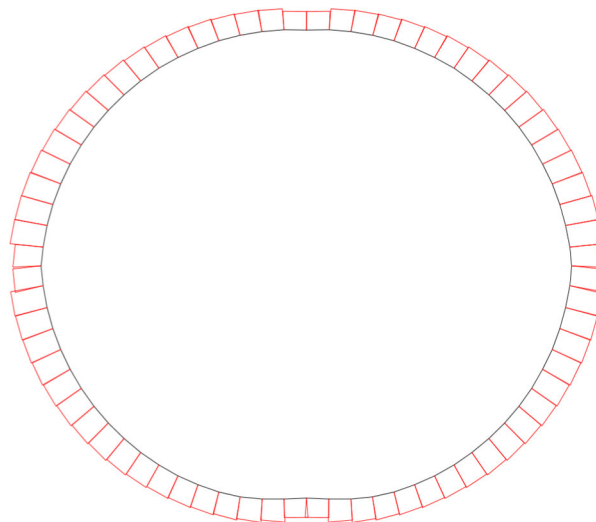
Reakcja podłoża, maks. $|q_h^*| = 21.51 \text{ N/cm}$



Deformacja, maks. $|w| = 0.411 \text{ cm}$ (nie powiększona)



Momenty zginające M , maks. $|M| = 195.09 \text{ Ncm/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)



Sily normalne N , maks. $|N| = 220.59 \text{ N/cm}$ (z obciążeń obliczeniowych)

8.3.1.2. Burstlining statyczny

W celu weryfikacji zasięgu oddziaływania strefy rozpychanego gruntu oraz sprawdzenia na podkładach mapowych ewentualnych kolizji z istniejącą infrastrukturą podziemną wyznacza się strefę oddziaływania prowadzonych prac.

Strefa oddziaływania rozpychanego gruntu wyznaczana jest z zależności empirycznej (wg opracowania: Cezary Madryas, Leszek Wysocki „Optymalizacja doboru metod renowacyjnych przewodów wodociagowych wraz z oszacowaniem kosztów”, Politechnika Wroclawska, 2005):

$$G = 5 * (D_P - D_R)$$

gdzie:

G – maksymalna strefa oddziaływania rozpychanego gruntu (lecz nie mniej niż 0,2m),

D_P – zewnętrzna średnica poszerzacza,

D_R – zewnętrzna średnica wymienianego przewodu,

Warunek konieczny do spełnienia: $G \leq S$

S – minimalna odległość pomiędzy infrastrukturą podziemną a przewodem zakwalifikowanym do przebudowy metodą krakingu.

D_P – zewnętrzna średnica poszerzacza, Dla rury PE Ø355 należy zastosować poszerzacz o średnicy 450mm

D_R – zewnętrzna średnica wymienianego przewodu, rura kamionkowa Ø300 charakteryzuje się średnicą zewnętrzną wynoszącą 355mm

$$G = 5 * (450 - 355) = 95 \text{ mm} = 0,095 \text{ m, do weryfikacji przyjęto } 0,2 \text{ m}$$

8.3.2. Obliczenia hydrauliczne

W celu porównania istniejących warunków hydraulicznych do warunków hydraulicznych po przeprowadzeniu przebudowy przeprowadzono obliczenia przepływu ścieków. Celem obliczeń jest porównanie przepustowości istniejącej oraz projektowanej.

Obliczenia przepływu sporządzono na podstawie wzoru Manninga:

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

gdzie:

n - współczynnik szorstkości

R_h - promień hydrauliczny (m)

i - spadek podłużny kanału (‰)

F - pole przekroju (m²)

D - średnica kanału (mm)

B - szerokość kanału [mm]

H - wysokość kanału [mm]

O - obwód kanału [mm]

Przyjęto współczynnik n dla różnych materiałów lub metod:

kamionka	0,0013
żeliwo	0,0017
wykładzina CIPP	0,0010
PVC	0,0010
PE	0,0010

odcinek	k-429 - k-427						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	PVC	150	0,038	0,0164	0,014	0,018	0,0181
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0164	0,010	0,016	0,0219

odcinek	k-427 - k-425						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	PVC	150	0,038	0,0087	0,014	0,018	0,0132
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0087	0,010	0,016	0,0159

odcinek	k-425 - k-423						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	200	0,050	0,0091	0,013	0,031	0,0313
po renowacji	CIPP	188	0,047	0,0091	0,010	0,028	0,0345

odcinek	k-423 - k-434						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	200	0,050	0,0129	0,013	0,031	0,0373
po renowacji	CIPP	188	0,047	0,0129	0,010	0,028	0,0411

odcinek	k-427 - k-428						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	PVC	150	0,038	0,0070	0,014	0,018	0,0118
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0070	0,010	0,016	0,0143

odcinek	k-425 - k-426						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	żeliwo	150	0,038	0,0310	0,017	0,018	0,0205
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0310	0,010	0,016	0,0301

odcinek	k-423 - k-424						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	żeliwo	150	0,038	0,1101	0,017	0,018	0,0386
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,1101	0,010	0,016	0,0568

odcinek	k-434 - k-435						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0120	0,013	0,071	0,1058
po renowacji	CIPP	284	0,071	0,0120	0,010	0,063	0,1188

odcinek	k-435 - k-405						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0262	0,013	0,071	0,1564
po renowacji	CIPP	284	0,071	0,0262	0,010	0,063	0,1757

odcinek	k-405 - k-404						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0002	0,013	0,071	0,0145
po renowacji	CIPP	284	0,071	0,0002	0,010	0,063	0,0163

odcinek	k-404 - k-403						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	200	0,050	0,0173	0,013	0,031	0,0431
po renowacji	CIPP	188	0,047	0,0173	0,010	0,028	0,0476

odcinek	k-403 - k-421						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	200	0,050	0,0167	0,013	0,031	0,0423
po renowacji	CIPP	188	0,047	0,0167	0,010	0,028	0,0467

odcinek	k-421 - k-420						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0217	0,013	0,018	0,0225
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0217	0,010	0,016	0,0252

odcinek	k-420 - k-419						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0072	0,013	0,018	0,0129
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0072	0,010	0,016	0,0145

odcinek	k-419 - k-418						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0124	0,013	0,018	0,0170
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0124	0,010	0,016	0,0190

odcinek	k-418 - k-396						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0000	0,013	0,018	0,0000
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0000	0,010	0,016	0,0000

odcinek	T1 - k-417						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0081	0,013	0,018	0,0137
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0081	0,010	0,016	0,0154

odcinek	k-420 - k-422						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	200	0,050	0,0227	0,013	0,031	0,0494
po renowacji	CIPP	188	0,047	0,0227	0,010	0,028	0,0544

odcinek	k-403 - k-410						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0604	0,013	0,018	0,0374
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0604	0,010	0,016	0,0420

odcinek	k-410 - k-409						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	200	0,050	0,0397	0,013	0,031	0,0654
po renowacji	CIPP	188	0,047	0,0397	0,010	0,028	0,0720

odcinek	k-410 - k-411						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	150	0,038	0,0347	0,013	0,018	0,0284
po renowacji	CIPP	142	0,036	0,0347	0,010	0,016	0,0319

odcinek	k-405 - k-245						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0090	0,013	0,071	0,0917
po renowacji	CIPP	284	0,071	0,0090	0,010	0,063	0,1030

odcinek	k-245 - k-246						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0149	0,013	0,071	0,1180
po renowacji	PE	315	0,079	0,0149	0,010	0,078	0,1747

odcinek	k-246 - k-247						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0214	0,013	0,071	0,1416
po renowacji	PVC	296,6	0,074	0,0214	0,010	0,069	0,1785

odcinek	k-247 - k-260						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0159	0,013	0,071	0,1220
po renowacji	PVC	296,6	0,074	0,0159	0,010	0,069	0,1538

odcinek	k-260 - k-261						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0069	0,013	0,071	0,0804
po renowacji	PE	315	0,079	0,0069	0,010	0,078	0,1191

odcinek	k-261 - k-262						
nazwa kanału	material/metoda	D	Rh	i	n	F	Q
przed renowacją	kamionka	300	0,075	0,0069	0,013	0,071	0,0803
po renowacji	PE	315	0,079	0,0069	0,010	0,078	0,1189

8.4. Opis prac

8.4.1. Wykładzina CIPP utwardzana gorącą wodą

Przed przystąpieniem do przebudowy kolektora należy przeprowadzić wyszczególnione poniżej prace przygotowawcze.

Czyszczenie kanału

Czyszczenie kanału prowadzone będzie poprzez hydromonitoring, czyli czyszczenie pod wysokim ciśnieniem. Nagromadzone osady oraz inne zanieczyszczenia stale zostaną mechanicznie usunięte, a ostro zakończone elementy kanału zostaną sfrezowane. Czyszczenie hydrodynamiczne wykonywane będzie z wykorzystaniem dysz o wysokim ciśnieniu. Zebrany osad zostanie zagospodarowany zgodnie z Ustawą z dnia 14 grudnia 2012 o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21 z późniejszymi zm.). Woda do czyszczenia pobierana będzie z miejskiej sieci wodociągowej przy pomocy stojaka hydrantowego z wodomierzem z miejsca wskazanego przez Zamawiającego. Koszty wody oraz utylizacji odpadów ponosi Wykonawca.

Inspekcja CCTV

Inspekcja kontrolna zostanie wykonana w celu potwierdzenia odpowiedniego przygotowania kanału do renowacji oraz zlokalizowania ew. odcinków, które nie nadają się do renowacji wykładziną CIPP z powodu złego stanu technicznego.

Wykonanie obejścia ścieków by-pass

Przed rozpoczęciem prac zasadniczych należy wykonać instalację by-pass (zgodnie z pkt. 7 opracowania) oraz zabezpieczyć przyłącza włączone w studniach przed powstaniem podtopień posesji.

Montaż wykładziny powinien być prowadzony przez wyspecjalizowany zespół posiadający odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie. Proces montażu składa się z wymienionych poniżej czynności.

Wykonanie napraw punktowych

Jeżeli w trakcie inspekcji CCTV zostaną zlokalizowane uszkodzenia konstrukcji kanału uniemożliwiające bezpośrednio instalację wykładziny CIPP (np. zapadnięcie konstrukcji kanału) w tych miejscach należy przeprowadzić punktową wymianę rurociągu w wykopie, a następnie na całym odcinku zainstalować wykładzinę CIPP. Prace związane z punktową wymianą rurociągu należy przeprowadzić zgodnie z p.8.4.3. Jeżeli uszkodzenia kanału okażą się mieć charakter liniowy a nie punktowy, wówczas konstrukcję kanału nacalym odcinku należy wymienić na nową w wykopie wąskoprzestrzennym (zgodnie z p.8.4.3), bez instalacji rękawa CIPP po wykonaniu wymiany.

Instalacja wykładziny CIPP

Na proces instalacji składają się:

- montaż prowadnic w studni kanalizacyjnej,
- montaż wykładziny we wnętrzu kanału metodą inwersji z wykorzystaniem sprężonego powietrza,

- doprowadzenie wody z jednoczesnym odpowietrzeniem wnętrza wykładziny przy ciągłym utrzymywaniu ciśnienia wewnętrznego.

Utwardzanie za pomocą gorącej wody

Po zakończeniu procesu inwersji należy:

- podłączyć wąż dogrzewający do urządzenia grzewczego,
- podłączyć rury doprowadzające wodę z hydrantem,
- odpowietrzyć system grzewczy, a następnie uruchomić cyrkulację wody,
- dokonać kontroli słupa wody pod kątem procesu inwersji – czy poziom jest stabilny,
- wypełnić protokół dotyczący rozmieszczenia punktów pomiarowych,
- uruchomić ogrzewanie, dokonać wpisu godzin do dokumentacji,
- kontynuować rozgrzewanie dopóki temperatura obiegu wstecznego osiągnie temperaturę 70-80°C,
- utrzymywać temperaturę rzędu 80°C przez czas zgodny z zaleceniami producenta,
- 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 rękawa wyniesie 25°C,
- po zakończonym procesie schładzania zaprzestać dokonywania pomiarów temperatury.

Otwarcie wykładziny

Po zakończeniu procesu utwardzania w celu otwarcia wykładziny wykonane zostaną następujące prace:

- otwarcie za pomocą robota frezującego czynnych odgałęzień bocznych,
- montaż kształtek kapeluszowych w miejscu włączenia czynnych odgałęzień bocznych,
- wycięcie górnej części wykładziny w studniach pośrednich tak, aby kineta pozostała wykonana z wykładziny.

Uszczelnienie czynnych włączeń przykanalików kształtkami kapeluszowymi

Do uszczelnienia miejsc włączeń czynnych przykanalików podłączonych na trójnik lub tzw. „na ostro” zastosowane zostaną kształtki kapeluszowe wykonane z filcu technicznego nasączone żywicami epoksydowymi lub poliuretanowymi typu „C” o długości min. 200 mm. Rondo kształtki zachodzić będzie na rurę główną nie mniej niż 50 mm. Stosowana kształtka będzie spełniać wymagania normy PN-EN ISO 11296-4. Otwarcie przyłączy po zainstalowaniu wykładziny w kanale głównym odbywa się poprzez wyfrezowanie/wycięcie otworu w świetle wykładziny przyłącza oraz usunięcie ewentualnych przeszkód. Następnie za pomocą specjalistycznego robota zamontowana zostanie kształtka kapeluszowa mająca na celu uszczelnienia połączenia czynnego odgałęzienia bocznego z kanałem głównym po renowacji.

8.4.2. Burstlining statyczny

Przebudowę sieci w technologii burstliningu statycznego (krakingu) projektuje się na odcinkach k-245 – k-246, k-260 – k-261 oraz k-261 – k-262.

Wykonanie obejścia ścieków by-pass

Przed rozpoczęciem prac związanych z przebudową sieci wykonana zostanie instalacja by-pass (zgodnie z pkt. 7 opracowania).

Prace zasadnicze

W ramach prowadzonych prac zostaną wykonane poniższe czynności:

- wprowadzenie do starego przewodu żerdzi w celu doprowadzenia ich do studni startowej, z którego w drodze powrotnej żerdzie wciągną nowy przewód; w celu pokonania ewentualnych przeszkód, załamań, przesunięć należy stosować elastyczną żerdź pilotową,
- zainstalowanie na doprowadzonej do studni startowej elastycznej żerdzi głowicy do krakingu statycznego (głowicy kruszącej); w skład zestawu wchodzi stożek prowadzący, tzw. poszerzacz, oraz końcówka, do której przymocowuje się nową (wciąganą) rurę,
- wciąganie statyczne, uzbrojonym w drugim etapie przewodem żerdziowym, nowej rury z jednoczesnym niszczeniem starych rur; przeciąganie odbywa się wzdłuż osi wymienianego przewodu; w tym czasie w studni końcowej żerdzie są systematycznie odłączane.

8.4.3. Wymiana w wykopie otwartym

Wymiana kanałów w wykopie otwartym wykonana zostanie na odcinku k-246 – k-247, k-247 – k-260 oraz w miejscach gdzie stan techniczny istniejącego kanału nie pozwoli na montaż wykładziny CIPP bez wykonania punktowej wymiany konstrukcji rurociągu. Weryfikacja miejsc, w których konieczne okaże się wykonanie napraw w wykopie otwartym zostanie wykonana na etapie prac przygotowawczych na odcinkach przeznaczonych do renowacji wykładziną CIPP (w trakcie prac budowlanych). Wymianę metodą wykopową należy zrealizować w wykopach wąskoprzestrzennych o ścianach pionowych obustronnie zabezpieczonych obudowami pogrążalnymi, grodzicami lub wypraskami stalowymi. Nowy rurociąg należy wykonać z rur PVC-U SDR34 SN8 z tworzywa litego z wydłużonym kielichem, o gładkich ścianach, o połączeniach kielichowych, łączonych na uszczelkę gumową, zgodnych z normą PN-EN 1401-1:2009. Rury układane w gruncie nie mogą być dłuższe niż 3m.

8.5. Wymagania techniczno-materiałowe

8.5.1. Wykładzina CIPP utwardzana gorącą wodą

Materiały

Wykładzina po utwardzeniu powinna spełniać następujące wymagania:

- materiał: tkanina poliestrowa o strukturze filcu nasączona na placu budowy żywicą epoksydową,
- utwardzanie na placu budowy przy pomocy gorącej wody,
- krótkotrwały moduł sprężystości przy zginaniu zgodnie z PN-EN ISO 178:2011 min. 2 600 N/mm²,
- długotrwały moduł sprężystości przy zginaniu zgodnie z PN-EN ISO 178:2011 min. 1 300 N/mm²,
- odporność chemiczna w zakresie pH 4-9 i temperatury do 60°C (punkt mięknienia powyżej 60°C),
- odporność na ścieranie – wartość zużycia ściernego po wykonaniu 100 000 cykli nie powinna przekraczać 0,15mm (PN-EN 295-3:2012),
- odporność chemiczna na wpływ zalegających osadów (PN-EN ISO 175:2010),
- wymiary rękawa zgodne z pkt. 8.3.1.1. Projektu Wykonawczego,
- grubość nominalna rękawa zgodna z dokumentacją projektową,
- odporność na płukanie eksploatacyjne nie niższe niż 120 bar (DIN 19523).

Składowanie i transport materiałów

Przewożone materiały powinny być zabezpieczone przed ich przemieszczaniem i układane zgodnie z warunkami transportu wydanymi przez ich wytwórcę.

Transport powinien zapewniać:

- stabilność pozycji załadowanych materiałów,

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

Rozładowanie materiałów powinno być dokonywane z zachowaniem odpowiednich środków ostrożności zapobiegających uszkodzeniu materiałów.

Sprzęt

Do wykonania robót stosowany będzie następujący, sprawny technicznie sprzęt:

- zespół urządzeń do montażu rękawa,
- agregat hydrauliczny,
- samochód do przewożenia urządzeń,
- samochód specjalistyczny do czyszczenia kanałów,
- kamerowóz z robotem kanałowym.
- inny sprzęt i narzędzia pomocnicze niezbędne do Wykonania Robót.

8.5.2. Burstlining statyczny

Materiały

Do przebudowy sieci zostaną wykorzystane krótkie moduły rurowe PE ze złączem wyposażonym w zamek i uszczelkę elastomerową.

Parametry techniczno-jakościowe rur będą spełniać poniższe wymagania:

- sztywność obwodowa 8 kN/m²,
- deklaracja zgodności z obowiązującymi normami lub aprobatą techniczną potwierdzającą możliwość zastosowania rur w technikach bezwykopowych (kraking),
- świadectwo odbioru wg PN EN 10204 dla każdej partii rur.

Składowanie i transport materiałów

Materiały niezbędne do przebudowy odcinków sieci kanalizacyjnej w technologii krakingu będą transportowane i składowane zgodnie z wymaganiami producenta.

Sprzęt

Do wykonania robót stosowany będzie następujący, sprawny technicznie sprzęt:

- głowica krusząca do średnicy docelowej,
- stacja hydrauliczna do wyciągania głowicy,
- samochód ciśnieniowo-asenizacyjny z systemem odzysku wody (recyklingu wody),
- kamera CCTV – do inspekcji kanalizacji,
- inny sprzęt i narzędzia pomocnicze niezbędne do wykonania robót.

8.5.3. Wymiana w wykopie otwartym

Materiały

Nowy rurociąg należy wykonać z rur PVC-U SDR34 SN8 z tworzywa litego z wydłużonym kielichem, o gładkich ścianach, o połączeniach kielichowych, łączonych na uszczelkę gumową, zgodnych z normą PN-EN 1401-1:2009. Rury układane w gruncie nie mogą być dłuższe niż 3m.

Składowanie i transport materiałów

Materiały niezbędne do przebudowy odcinków sieci kanalizacyjnej będą transportowane i składowane zgodnie z wymaganiami producenta.

Sprzęt

Do wykonania robót stosowany będzie następujący, sprawny technicznie sprzęt:

- wciągarka ręczna,
- koparka podsiębierna,
- spycharka kołowa,
- sprzęt do zagęszczenia gruntu,
- żuraw budowlany samochodowy,
- zestaw do odwadniania wykopów,
- kamera CCTV – do inspekcji kanalizacji,
- inny sprzęt i narzędzia pomocnicze niezbędne do wykonania robót.

8.6. Procedury odbiorowe

8.6.1. Wykładzina CIPP utwardzana gorącą wodą

Celem dokonania odbiorów prac zostaną wykonane poniższe czynności:

- próba szczelności odcinka przed otwarciem przyłączy – próba powietrzna zgodnie z normą PN-EN 1610. Wynik zostanie przedłożony do Inspektora Nadzoru,
- inspekcja CCTV kanału po renowacji,
- badania krótkookresowego modułu zginającego (E0) wg PN-EN ISO 178:2011 i obliczenie sztywności obwodowej,
- badanie grubości rękawa zgodnie z normą PN EN ISO 11296-4,
- Zamawiającemu zostanie przedłożona deklaracja zgodności z aprobatą techniczną lub normą dla danej partii materiału,
- inwentaryzacja geodezyjna powykonawcza.

8.6.2. Burstlining statyczny

Celem dokonania odbiorów prac zostaną wykonane poniższe czynności:

- próba szczelności odcinka – próba powietrzna lub wodna zgodnie z normą PN-EN 1610. Wynik zostanie przedłożony do Inspektora Nadzoru,
- inspekcja CCTV kanału po renowacji,
- Zamawiającemu zostanie przedłożona deklaracja zgodności z aprobatą techniczną lub normą dla danej partii materiału,
- Zamawiającemu zostanie przedłożony raport z procesu przeciągania rury zawierający informacje odnośnie siły przeciągania, daty instalacji oraz oznaczenia odcinka sieci,
- inwentaryzacja geodezyjna powykonawcza.

8.6.3. Wymiana w wykopie otwartym

Celem dokonania odbiorów prac zostaną wykonane poniższe czynności:

- próba szczelności odcinka – próba powietrzna lub wodna zgodnie z normą PN-EN 1610. Wynik zostanie przedłożony do Inspektora Nadzoru,
- inspekcja CCTV kanału po renowacji,
- Zamawiającemu zostanie przedłożona deklaracja zgodności z aprobatą techniczną lub normą dla danej partii materiału,
- Zamawiającemu zostanie przedstawiony protokół z badań stopnia zagęszczenia gruntu,
- inwentaryzacja geodezyjna powykonawcza.

9. PRZEBUDOWA STUDNI KANALIZACYJNYCH

9.1. Określenie stanu technicznego i dobór technologii przebudowy studni kanalizacyjnych

Doboru technologii i rodzaju przebudowy studni dokonano na podstawie częściowej inwentaryzacji stanu technicznego istniejących studni.

Lp.	Oznaczenie studni	Zagłębienie [m]
1.	k-429	1,6
2.	k-427	1,77
3.	k-425	2
4.	k-423	2,1
5.	k-428	1,8
6.	k-426	1,7
7.	k-424	1,25
8.	k-434	4,35
9.	k-435	4,4
10.	k-405	6,55
11.	k-404	5,65
12.	k-403	5,87
13.	k-421	4,72
14.	k-420	3,15
15.	k-419	2,5
16.	k-418	1,67
17.	k-396	1,73
18.	k-417	2,1
19.	k-420	3,15
20.	k-422	3,91
21.	k-410	5,8
22.	k-409	5,42
23.	k-411	5,6
24.	k-245	6,77
25.	k-246	6,65
26.	k-247	6,4
27.	k-260	5,82
28.	k-261	4,2
29.	k-262	3,68

Tabela nr 2. Zestawienie istniejących studni kanalizacyjnych

W studniach poddanych inwentaryzacji nie zaobserwowano zniszczeń mogących potencjalnie wpłynąć na stan konstrukcyjny studni. Dostrzeżono nieliczne przerosty korzeni w rejoini sklepienia studni. Zauważono zalegające na spocznikach osady biologiczne. Studnie wyposażone są w stopnie żeliwne.

9.2. Opis technologii

W istniejących studniach należy wykonać naprawy polegające na reprofilacji ścian studni, kinet i spoczników po wcześniejszym ich oczyszczeniu. Poniżej przedstawiono zakres prac jakie należy wykonać w ramach renowacji istniejących studni kanalizacyjnych.

9.3. Opis prac

Hydromonitoring ścian studni kanalizacyjnych

Przed przystąpieniem do wykonywania napraw zostanie oczyszczone podłoże z wszelkich luźnych i skorodowanych warstw betonu/cegły. Usunięte zostaną wszelkie naloty i zabrudzenia, tłuszcze także stare powłoki. Do przygotowania ścian według powyższych zasad stosowana będzie woda pod wysokim ciśnieniem. Studnia powinna zostać oczyszczona do zdrowego materiału tzn. tak aby przy badaniu wytrzymałości podłoża na odrywanie średnie wyniki badań pull-off nie były mniejsze od 1MPa, natomiast pojedyncza próba pull-off nie może być mniejsza niż 0,7MPa.

Uszczelnienie ścian studni i włączeń przewodów/odgałęzień

Przecieki wód gruntowych zostaną uszczelnione specjalnymi zaprawami. Duże wycieki należy zamykać stopniowo. W przypadku zawilgoceń ścian studni zastosowana będzie zaprawa cementowa krystalizująca w porach betonu. Porcje zaprawy wciera się w wilgotne podłoże, aż do uzyskania efektu suchości podłoża.

Reprofilacja ścian, spoczników oraz kinet

Reprofilacja ścian, spoczników oraz kinet studni z wykorzystaniem zapraw naprawczych zostanie wykonana specjalistyczną chemią budowlaną. Materiał przygotowany zostanie zgodnie z instrukcją producenta. Ścisłe kontrolowana będzie ilość dodawanej wody zarobowej, ponieważ wzrost w/c znacznie obniża parametry materiału. Przestrzegana będzie zasada, by podłoże pod wykonywaną naprawę było zwilżone, ale nie mokre. Materiał będzie nakładany poprzez naciąganie pacą stalową, najpierw wypełniając fugi i wyszczerbienia betonu. Duże ubytki wypełniane będą partiami.

Warstwa nakładanej zaprawy w każdym miejscu będzie mieć zachowaną grubość co najmniej 10 mm, lub zgodnie z zaleceniami Producenta stosowanego materiału.

9.4. Wymagania techniczno-materiałowe

Zaprawy uszczelniające

Do uszczelnienia wycieków przed nałożeniem chemii budowlanej należy zastosować zaprawę o następujących cechach:

- wytrzymałość na ściskanie zaprawy po 1 godz. $\geq 12\text{MPa}$, po 28 dniach $\geq 45\text{MPa}$,
- wytrzymałość na zginanie zaprawy po 24 godz. $\geq 3\text{MPa}$, po 28 dniach $\geq 5\text{MPa}$,
- przyczepność do podłoża $\geq 1\text{MPa}$,
- wodoszczelność uszczelnionego przecieku przy ciśnieniu $0,05\text{MPa}$ $\geq 1,5$ godz.
- szybkość (wiązan. ok. 2 min) materiały pęczniejące na bazie cementu,
- odporność na działanie wód zsiarczonych o średnim stopniu agresywności wg PN-EN 206-1 (klasa ekspozycji XA2),
- przepuszczalność wody przy ciśnieniu $0,1\text{MPa}$ przez 6h – brak przecieków,
- mrozoodporność po 25 cyklach – brak spadku wytrzymałości.

Zaprawy naprawcze

Do reprofilacji powierzchni studni należy zastosować materiał spełniający poniższe wymagania:

- odporność na działanie wód zsiarczonych o wysokim stopniu agresywności wg PN-EN 206+A1:2016-12 (klasa ekspozycji XA3) ocena wg PN-EN 13529,
- przyczepność do podłoża $\geq 1,5\text{MPa}$,

- wytrzymałość na ściskanie ≥ 45 MPa.

9.5. Sprzęt

Do wykonania robót związanych z przebudową studni kanalizacyjnych stosowany m.in. następujący sprzęt:

- zespół urządzeń do hydromontoringu studni kanalizacyjnych,
- pompy do mieszania i podawania zapraw,
- sprężarki,
- agregat prądotwórczy,
- samochód do przewożenia materiałów i urządzeń,
- elektryczna lub pneumatyczna ręczna mieszarka,
- pędzle, szczotki murarskie, szpachle,
- urządzenia natryskowe.

9.6. Procedury odbiorowe

Przedmiotem odbiorów i badań jest:

- zgodność wykonania z dokumentacją projektową,
- zastosowany materiał,
- wyniki badań pull-off po oczyszczeniu studni,
- dokumentacja fotograficzna studni przed i po wykonaniu renowacji.

10. WYKONANIE TYMCZASOWYCH DRÓG DOJAZDOWYCH

Tymczasowe drogi dojazdowe należy wykonać o szerokości umożliwiającej swobodne poruszanie się niezbędnego sprzętu budowlanego. Drogi tymczasowe należy wykonać z następujących warstw:

- ułożenie materiału geosyntetycznego,
- nasyp z warstwy kruszywa łamanego o wysokości ok. 0,3 m.

Alternatywnie drogę dojazdową można wykonać z płyt betonowych o odpowiedniej wytrzymałości.

Przed przystąpieniem do wykonania dróg dojazdowych należy przyciąć /usunąć istniejące drobne drzewa znajdujące się na trasie przejazdu maszyn budowlanych, które nie wymagają uzyskania decyzji na wycinkę.

Zgodnie z art. 83f ust. 1 ustawy z 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2018 r., poz. 1614) nie wymagana jest decyzja na wycinkę:

- krzewu albo krzewów rosnących w skupisku, o powierzchni do 25 m²;
- drzew, których obwód pnia na wysokości 5 cm nie przekracza:
 - 80 cm – w przypadku topoli, wierzb, klonu jesionolistnego oraz klonu srebrzystego,
 - 65 cm – w przypadku kasztanowca zwyczajnego, robinii akacjowej oraz platanu klonolistnego,
 - 50 cm – w przypadku pozostałych gatunków drzew.

Wyznaczone planowane drogi dojazdowe o długości około 380 mb nie kolidują z drzewami i krzewami wymagającymi uzyskania zezwolenia na wycinkę.

Lokalizację planowanych dróg dojazdowych przedstawiono na rysunkach K-01 i K-02.