



Pracownia Projektowa
Infrastruktury Drogowej
Marcin Kasalka

15 lat, 2001-2016

63-400 Ostrów Wielkopolski,
ul. Staroprzygodzka 25
Tel. 607 335 657, 505 281 94
ppidkasalka@gmail.com

Inwestor: Miejski Zarząd Dróg i Komunikacji
ul. Żłota 43
62-800 Kalisz

Numer projektu: 438

Dokumentacja techniczna

Renowacja kanałów deszczowych ułożonych w ul. Żwirki i Wigury oraz ul. Hożej Kaliszu

Adres obiektu budowlanego: Kalisz, działki:

- obręb 031 Tyniec – 27
- obręb 050 Tyniec – 1, 13/4, 13/5, 13/6, 12/50, 34

Kategoria obiektu budowlanego - XXVI

Spis zawartości projektu budowlanego:

Część opisowa
Część graficzna

Projektant	mgr inż. Krzysztof Biernacki	BN-10.9/69/82 NB/U/7342/37/98	
------------	------------------------------	----------------------------------	--

Data opracowania: czerwiec 2016 r.

Spis treści

1. Część opisowa

- 1.1. Przedmiot inwestycji
- 1.2. Istniejący stan zagospodarowania terenu
- 1.3. Określenie stanu technicznego kanałów i dobór technologii renowacji
- 1.4. Wykonanie prac związanych z renowacją kanału głównego
- 1.5. technologie renowacji - opis
- 1.6. Obejście ścieków by-pass
- 1.7. Obliczenia sztywności obwodowej
- 1.8. Obliczenia hydrauliczne
- 1.9. Dobór technologii renowacyjnych - podsumowanie

2. Część graficzna

Plan orientacyjny	- skala 1:20 000,	rys. nr 1.0
Plan sytuacyjny	- skala 1:500,	rys. nr 2.0

1. Część opisowa

1.1. Przedmiot inwestycji

Opracowanie obejmuje projekt techniczny renowacji kanałów deszczowych ułożonych w ulicy: Żwirki i Wigury oraz ul. Hożej w Kaliszu.

1.2. Istniejący stan zagospodarowania terenu

Ulica Żwirki i Wigury oraz ul. Hoża znajdują się w północno - wschodniej części Kalisza w okolicach wlotu do miasta od strony Opatówka. Początek opracowanie zlokalizowany jest w obszarze skrzyżowania ul. Żwirki i Wigury z ul. Łódzką. Otoczenie drogi stanowi zabudowania mieszkaniowa jedno i wielorodzinna. W obrębie skrzyżowania ul. Żwirki i Wigury z ul. Braci Niemojowskich znajduje się obiekt użyteczności publicznej – edukacji podstawowej, który generuje okresowy, wzmożony ruch pieszych oraz postój pojazdów na omawianym terenie.

W stanie istniejącym ulice objęte opracowaniem posiadają nawierzchnię bitumiczną oraz nawierzchnię z kamiennej kostki brukowej. Obecnie obie nawierzchnie są w złym stanie technicznym co kwalifikuje je do przebudowy wraz ze wzmocnieniem konstrukcji. Stan chodników określony został jako średni (z wyłączeniem już wyremontowanych fragmentów). Nawierzchnia miejsc postojowych zlokalizowanych przy ul. Żwirki i Wigury naprzeciw obiektu edukacji podstawowej posiadają nawierzchnię szutrową.

W pasie drogowym ponadto znajduje się uzbrojenie terenu w postaci: sieci teletechnicznej, sieci gazowej, sieci wodociągowej, kanalizacji sanitarnej, kanalizacji deszczowej, sieci energetycznej podziemnej wraz z latarniami ulicznymi.

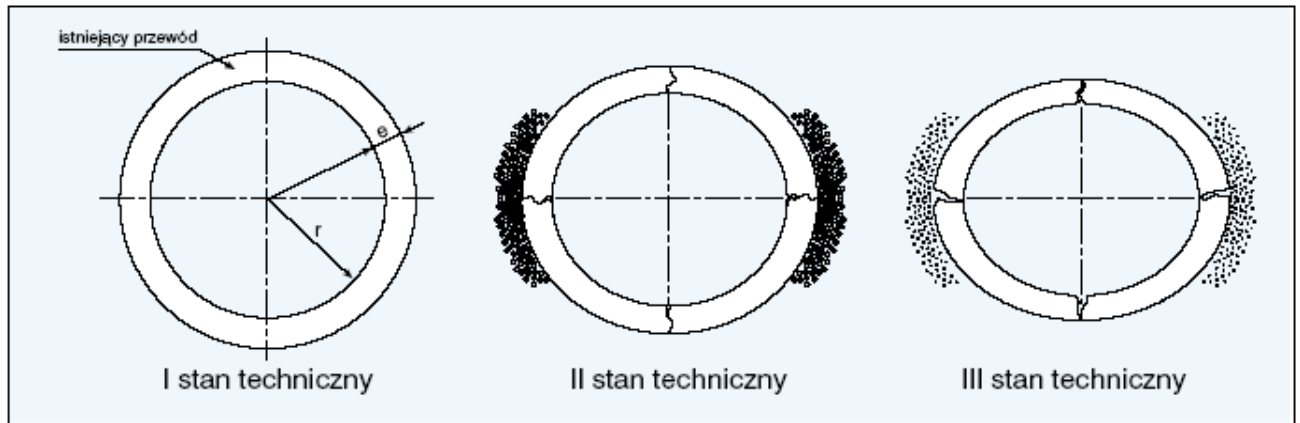
1.3. Określenie stanu technicznego kanałów i dobór technologii renowacji

Stan techniczny istniejących kanałów jest określany na podstawie ATV-DVWK-M127P-część 2.

I stan techniczny – istniejący przewód zachował swoją nośność. Dopuszczalne są drobne uszkodzenia np. w postaci nieszczelnych złączy lub włosowatych rys w ścianie

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

III stan techniczny - układ istniejący przewód – ośrodek gruntowy, utracił zdolność do samodzielnego przenoszenia obciążeń. Główne uszkodzenia to: szerokie rysy pierścieniowe, szerokie rysy podłużne w kluczu, wyszczerbienia i dziury, przesunięcia w złączu itp. W tym przypadku wykładzina bierze udział w przenoszeniu obciążeń.



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

- rodzaj materiału konstrukcyjnego,
- warunki gruntowo-wodne, wysokość wody gruntowej powyżej dna kanału - $h_{w,so}$ [m],
- promień zewnętrzny wykładziny - r_{aL} [mm],
- grubość ścianki wykładziny - s_L [mm],
- materiał wykładziny.

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

- zewnętrzne ciśnienie wody działające na wykładzinę.

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.

Z uwagi na wystąpienie w kanałach:

- Powierzchniowej korozji betonu,
- Liniowe, powierzchniowe ubytki materiału,
- Osady drobnoziarniste
- Widoczne zbrojenie kanału
- Miejscowe zarwanie stropu

Pod względem konstrukcyjnym kanały nie spełniają stawianych mu wymogów.

1.4. Wykonanie prac związanych z renowacją kanału głównego

Wprowadzenie:

We wszystkich odcinkach objętych renowacją, projektuje się renowację kanałów na odcinku od w technologii CIPP rękawem z włókna szklanego nasączonego żywicą poliestrową utwardzaną promieniowaniem UV. Renowację włączy przyłączy należy wykonać technologią renowacji kształtką filcową kapeluszową nasączoną żywicą poliestrową lub krzemianową. Renowację studni kanalizacyjnych zaprojektowano metodą natrysku mechanicznego zaprawy mineralnej.

1.5. Technologie renowacji - opis

Technologia renowacji kanałów – rękaw szklany utwardzany promieniowaniem UV

Renowacja kanału z zastosowaniem wykładziny CIPP utwardzanej promieniami UV rozpoczyna się od wprowadzenia do oczyszczonego kanału rękawa nasączonego w procesie produkcyjnym. Następnie zabezpiecza się końce wykładziny i wprowadza do wnętrza sprężone powietrze i kamerę CCTV kontrolującą kalibrację. W przypadku odnotowania zagięć, załamań lub fałd, poprawia się umiejscowienie wykładziny w kanale i powtórnie kontroluje jakość jej skalibrowania. Prawidłowo przylegająca wykładzina jest utwardzana poprzez fale światła UV pochodzące z wózka przemieszczającego się wewnątrz wykładziny. Proces utwardzania wymaga stosowania zaleceń producenta odnośnie natężenia źródła światła, rozmieszczenia lamp oraz prędkości przemieszczania wózka. Po przeprowadzeniu utwardzenia wykonuje się kontrolną inspekcję CCTV, próbę szczelności oraz otwarcie włączy przyłączy za pomocą samodzielnego robota frezującego. Do poprawnie otwartego włączenia wklejana jest kształtka kapeluszowa. Następnym etapem jest inspekcja CCTV zapisująca film z efektem całego zakresu robót w kanale.

Do wykonania renowacji tą metodą wymagany jest następujący sprzęt:

- Jednostka UV
- Jednostka podnoszenia ciśnienia (sprężarka lub dmuchawa)
- Wciągarka do wciągania rękawa
- Samochód ciśnieniowy
- Roboty frezujące
- Korki kanalizacyjne
- Kamery CCTV kanalizacyjne

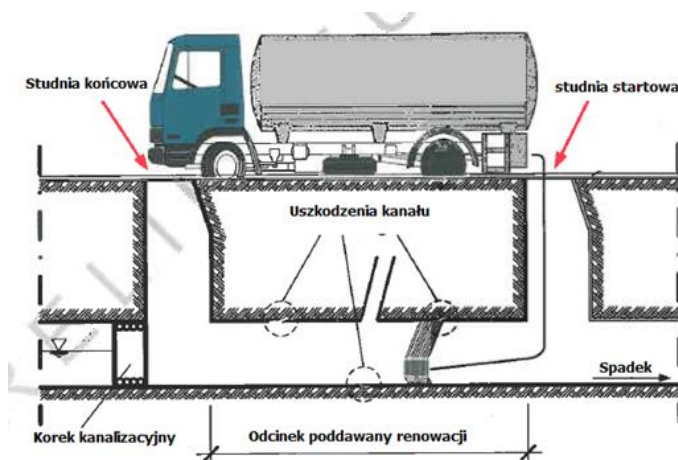
PROCES WYKONANIA INSTALACJI

- Czyszczenie kanału
- Przygotowanie kanału
- Namierzenie przykanalików
- Inspekcja CCTV przed wrzuceniem rękawa
- Wciągnięcie rękawa
- Proces kalibracji rękawa
- Proces wygrzewania rękawa
- Wycięcie przykanalików i studni
- Inspekcja CCTV powykonawcza

• Czyszczenie kanału

Czyszczenie odbywa się za pomocą samochodu ciśnieniowego, zatkany z jednej strony kanał przez korek kanalizacyjny należy wyczyścić **hydrodynamicznie**.

Dysza podczas powrotu powinna kierować się pod spadek aby był możliwy swobodny odpływ grawitacyjny.



• Przygotowanie kanału

Przygotowanie kanału to doprowadzenie stanu wewnątrz rurociągu do akceptowalnego stanu.

Odbywa się za pomocą :

- a) Dyszy łańcuchowej podłączonej do samochodu ciśnieniowego
- b) Robota frezującego

Proces ma za zadanie usunięcie z kanału niepożądanych elementów (korzeni, tłuszczu, nacieków, narostów, wystających na ostro przyłączy itp.) do tego stopni, żeby kanał był gładki i czysty.

Operacja wymaga dużej uwagi z faktu, że ma zapewnić bezpieczeństwo przed przecięciem się rękawa.

Frezowaniu należy poddać:

- Twarde betonowe osady w dnie kanału (wylewki betonowe) zmniejszające jego pole przekroju,
- Przyłącza wpięte w sposób wadliwy „na ostro” które wystają w światło przekroju kanału,
- Istniejące kształtki kapeluszowe.

Dla wyżej wymienionych przypadków należy wykonać frezowanie co zapewni uzyskanie prawidłowego przekroju kanału.

Frezowanie jest wykonywane za pomocą samojedznego robota frezującego wyposażonego w specjalistyczne głowice frezujące.

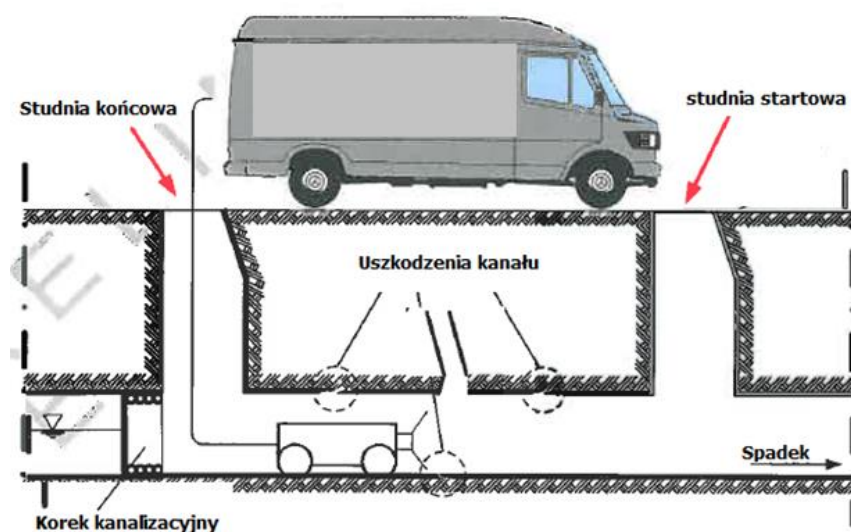
Namierzenie przykanalików

Jest to proces, który ma za zadanie odnotowanie odległości przykanalików **dedykowanych do otwarcia** od studni kanalizacyjnych.

Czynność wykonuje się poprzez podłączenie do robota frezującego taśmy mierniczej (odnawia się odległości przy dojechaniu frezem do przyłącza) lub zaklejeniem taśm na kabel i pomierzeniem odległości na zewnątrz kanału po wyłożeniu sprzętu.

- **Inspekcja CCTV przed wrzuceniem rękawa**

Proces ten jest konieczny, aby upewnić się czy w czasie od namierzenia przykanalików do kanału nie dostał się żaden niepożądany przedmiot lub czy stan kanału gwałtownie się nie zmienił.

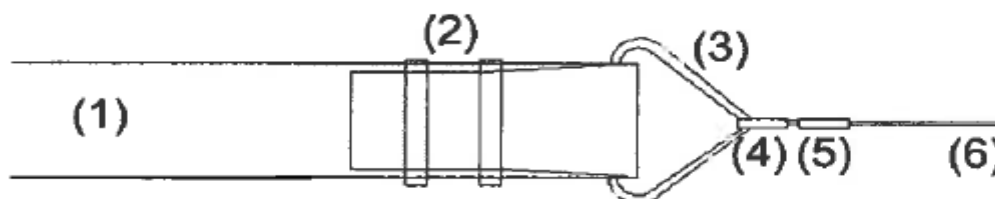


• Wciągnięcie rękawa

Po przeprowadzeniu inspekcji przed wrzuceniem rękawa, następuje proces wciągnięcia przywiezionego na plac budowy rękawa.

W pierwszej kolejności, należy wyjąć rękaw ze skrzyń transportowych w taki sposób żeby folia światłochronna przykrywała rękaw w miarę możliwości podczas całej fazy wciągania.

Na końcu rękawa utworzyć tzw. "cukierek", tzn. poskładać rękaw w kierunku wzdłużnym tak, by móc zamocować linę wciągającą (np. za pomocą taśm mocujących) (jak poniżej).



Wciągać rękaw do poddawanego renowacji przewodu wciągarką linową, ew. poprzez rolki kierujące. Uważać, by nie uszkodzić rękawa. Aby zmniejszyć siły potrzebne do wciągania rękawa, można powlec folię PE wzgl. wzmocnioną tkaniną folię PVC olejem biodegradowalnym. Poza tym podczas wciągania rękawa trzeba uważać, by nie przekroczyć określonych w tabeli 3 w dalszej części tekstu maksymalnych sił wciągających.

Średnica zewnętrzna rękawa w [mm]	Maksymalne siły wciągające w [kN]
DN 150	20
DN 200	40
DN 250	
DN 300 do DN 450	50
Profil owalny 200 x 300	
Profil owalny 250 x 375	
Profil owalny 300 x 400	
Profil owalny 350 x 525	
DN 500 do DN 600	110
Profil owalny 400 x 600	
Profil owalny 500 x 750	

W miarę możliwości rękaw należy wciągać bez zatrzymywania wciągarki. Stosując tzw. krętliki trzeba pilnować podczas wciągania, aby nie skręcać rękawa wokół osi podłużnej.

Siły wciągające dokumentować w sposób ciągły, o ile wciągarka może wygenerować siły większe od maksymalnych dopuszczalnych dla rękawa wg tabeli , albo zapisać siły wciągające ustawione na urządzeniu ograniczającym.

- **Kalibracja rękawa**

Po wciągnięciu końce rękawa zamyka się tzw. zaślepkami. Rękaw ustawia się poddając go ciśnieniu sprężonego powietrza. Ciśnienie należy zwiększać możliwie powoli. Kalibracja jest ważna, ponieważ pozwoli w następnym etapie włożyć wąż z lampami. Należy kategorycznie przestrzegać stopni ciśnienia wg tabeli

- **Utwardzanie rękawa**

Jest to docelowy etap instalacji, który przynosi zakładane efekty – utwardzenie rękawa w kanale.

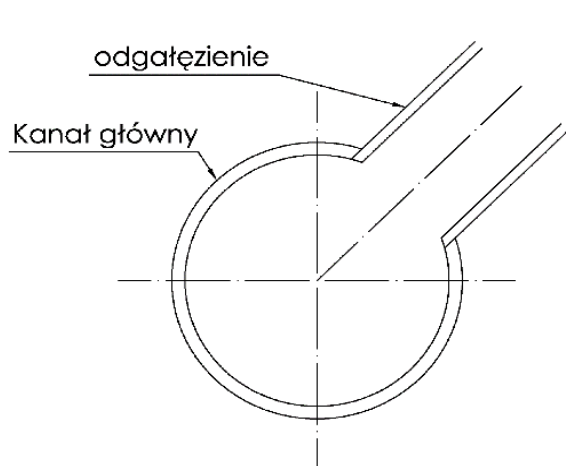
Po kalibracji, w rękawie trzeba adekwatnie ciśnienie i wprowadzić do niego stosowne do średnicy znamionowej źródło światła UV.

Źródło światła UV wprowadza się do studni docelowej. Linę do wprowadzenia źródła światła UV oraz przewód zasilający przeciąga się przez odpowiednie otwory w zaślepkach. Podczas wciągania węża świetlnego do rękawa należy uważać, by nie uszkodzić folii wewnętrznej.

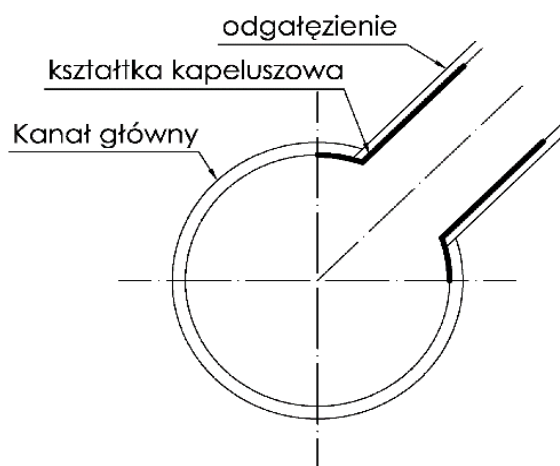
Następnie należy ponownie powoli zwiększać ciśnienie stopniowo co 50 mbarów, aż do uzyskania ciśnienia końcowego.

Naprawa punktowa kanalizacji (wklejenie kształtki kapeluszowej):

Metoda polega na umiejscowieniu w kanale specjalnej filcowej kształtki kapeluszowej, która nasączona żywicą krzemianową lub poliestrową stanowi po utwardzeniu integralną część w kanale tworząc ochronę na wlocie do przyłącza kanalizacyjnego.



Rys. nr1 - włączenie przed uszczelnieniem kształtką kapeluszową



Rys. nr2 - włączenie po uszczelnieniu kształtką kapeluszową

1. We wszystkich przypadkach (włączenia trójnikiem, na ostro) należy zastosować kształtkę kapeluszową typu C.
2. Kształtki muszą być wykonane z materiału filcowego nasączonego żywicą poliestrową lub krzemianową
3. W gestii wykonawcy leży podjęcie decyzji na temat zamkniętych przykanalików (ocena podczas przeprowadzania inspekcji CCTV), nieczynne włączenia należy pominąć i zostawić zamknięte po instalacji rękawa szklanego

Renowacja Studni Kanalizacyjnych

W ramach niniejszego zadania inwestycyjnego należy również dokonać renowacji studni kanalizacyjnych betonowych o średnicy DN 100. W studniach kanalizacyjnych, wraz z wymianą stopni włazowych.

W studniach kanalizacyjnych poddawanych renowacji w pierwszej kolejności należy dokonać wycięcia stopni włazowych. Następnie studnie należy dokładnie oczyścić przy zastosowaniu metody hydrodynamicznej aż do uzyskania wytrzymałości min 1MPa. Po dokładnym umyciu studzienki należy wykonać badanie pull off test w celu sprawdzenia wytrzymałości studni. Renowację studzienek kanalizacyjnych należy rozpocząć od natrysku powłoką cementową. Natrysk wykonuje się do momentu uzyskaniu powłoki 1cm . Po upływie 21 dni należy ponownie wykonać badanie pull-off

Zalecenia ogólne

W studniach sieci sanitarnej lub ogólnospławnej występuje zagrożenie umiarkowaną agresją chemiczną - klasa ekspozycji XA2 lub środowiskiem chemicznym silnie agresywnym – klasa ekspozycji XA3 oraz w efekcie kilkuletniej eksploatacji silne skażenie podłoża siarczanami; a także pH w zakresie 3,5 do 14 skroplin na powierzchni podłoża. Dlatego, w celu zapewnienia trwałości wykonywanej naprawy, należy zgodnie z zapisem normy PN-EN 206-1:2003 tablica F1 w tych warunkach stosować wyłącznie materiały na cementach odpornych na siarczany, w/c < 0,45, klasa > C35/45.

Dla materiałów naprawczych obowiązuje norma zharmonizowane PN-EN 1504 i krajowe deklaracje zgodności z w/w normą. Materiały stanowiące powłokę ochronną powinny legitymizować się Aprobata Techniczną ITB z podanym zakresem stosowania odpowiadającym faktycznemu miejscu aplikacji lub badaniami niezależnych instytucji.

Wodę potrzebną do zarobienia materiałów mineralnych (na bazie cementu) należy pobrać z wodociągu. Nie dopuszcza się wykorzystywania w tym celu płynących ścieków, wód powierzchniowych itp. wód, które nie były uzdatniane.

Przygotowanie podłoża

Przed przystąpieniem do wykonywania napraw należy oczyścić podłoże z wszelkich luźnych i skorodowanych warstw batonu/cegły. Należy usunąć wszelkie naloty i zabrudzenia, tłuszcze także stare powłoki. Czyste nośne podłoże powinno charakteryzować się minimalną wartością przyczepności pojedynczego pomiaru $> 1,0$ MPa badaną metodą „pull-off. Do wykonania przygotowania według powyższych zasada należy stosować wodę pod wysokim ciśnieniem (ciśnienie robocze urządzenia > 600 bar) lub wodę pod wysokim ciśnieniem z użyciem granulatu lub tzw. turbo dyszy (ciśnienie robocze urządzenia > 300 bar). Nie dopuszcza się stosowania urządzeń do czyszczenia wodą nie zapewniających podanych ciśnień roboczych.

Uszczelnienie wycieków w studni

Przecieki wód gruntowych należy uszczelnić. Miejsca wycieków należy rozkuć na głębokość co najmniej 2 cm. Małą porcję zaprawy uszczelniającej na bazie szybkosprawnego cementu należy wymieszać z czystą wodą do żądanej konsystencji. Z tak przygotowanej zaprawy uformować stożek i docisnąć go w miejsce wycieku. Przytrzymać kilka minut aż do utwardzania. Duże wycieki zamykać stopniowo.

Wymogi materiałowe:

- szybkosprawne (wiązanie ok. 2 min) materiały pęczniejące na bazie cementu
- nasiąkliwość $< 9\%$
- odporność na działanie wód zsiarczonych o średnim stopniu agresywności wg PN-EN 206-1 (klasa ekspozycji XA2)
- przyczepność do podłoża $> 2,0$ MPa
- wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach > 45 MPa
- przepuszczalność wody przy ciśnieniu 0,1 MPa przez 6h – brak przecieków
- mrozoodporność po 25 cyklach – brak spadku wytrzymałości

Uszczelnienie zawilgoceń w studni

Zastosować zaprawę cementową krystalizującą w porach betonu. Porcję zaprawy wcierać w wilgotne podłoże aż do uzyskania efektu suchości podłoża. Bezwzględnie stosować środki ochrony osobistej: rękawice gumowe oraz okulary ochronne.

Wymogi materiałowe:

- szybkowiążące zaprawy uszczelniające powierzchniowe przesączenia wody (wiązanie mniej niż 30 sekund)
- krystalizuje pod wpływem wody
- bez zawartości chlorków

Naprawa konstrukcji studni, reprofilacja kinety i dużych ubytków oraz

Zastosować mineralne (cementowe) modyfikowane zaprawy naprawcze przeznaczone do napraw obiektów narażonych na wilgoć i stały kontakt z wodą zbrojone włóknem szklanym. Materiał przygotować zgodnie z instrukcją producenta. Należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń dotyczących ilości dodawanej wody zarobowej ponieważ wzrost w/c znacznie obniża parametry materiału. Nie dopuszczalne jest mieszanie bez kontroli ilości dodanej wody. Podłoże powinno być zwilżone ale nie mokre. Zgodnie z zaleceniami producenta stosować warstwę szepną (gruntującą). Materiał nakładać poprzez naciąganie pacą stalową najpierw wypełniając fugi i wyszczerbienia cegły/betonu. Duże ubytki wypełniać partiami.

Wyprawa stosowana jako powłoka ochronna musi w każdym miejscu mieć zachowaną grubość co najmniej **10 mm**.

W przypadkach silnej operacji słonecznej lub przewiewu należy zapewnić pielęgnację wykonanej naprawy

Wymogi materiałowe:

- zaprawa wysoce odporna na siarczany
- nie zawiera C_3A
- zbrojona włóknem szklanym
- stanowi długotrwałą wyprawę ochronną w obiektach kanalizacyjnych w zakresie od pH 3,5
- spełnia wymagania normy PN EN 206-1 dla klas ekspozycji XA3 w pełnym zakresie
- deklarowana przyczepność do podłoża ceramicznego (cegła) wartość średnia min. 1,8 MPa potwierdzone wynikami badań akredytowanej jednostki badawczej
- przyczepność do podłoża betonowego min. 2,0 MPa (wart. średnia) po działaniu wodnego roztworu jonów siarczanowych $SO_4^{2-} \sim 6000 \text{ mg/L}$ (klasa XA3) potwierdzone wynikami badań akredytowanej jednostki badawczej
- nasiąkliwość po 28 dniach $< 10\%$
- głębokość wnikania wody pod ciśnieniem w oparciu o EN 12390-8 maks. 10 mm potwierdzone wynikami badań akredytowanej jednostki badawczej
- odporność na ścieranie po 100 000 zmiennych obciążeń wg DIN EN 295-3 oraz DIN-EN 598 poniżej 0,60 mm potwierdzone wynikami badań akredytowanej jednostki badawczej
- zmniejszenie przyczepności do podłoża po działaniu substancji chemicznej o mniej niż 20% wg PN-EN 13529:2005 potwierdzone wynikami badań akredytowanej jednostki badawczej
- wytrzymałość na ściskanie klasa R3 ($> 25 \text{ MPa}$) wg PN EN 1504-3

Naprawa konstrukcji studni, reprofilacja dużych ubytków oraz

Powłoka ochronna na środowisko agresywne – obróbka natryskiem

Zastosować mineralne (cementowe) modyfikowane zaprawy naprawcze przeznaczone do napraw obiektów narażonych na wilgoć i stały kontakt z wodą zbrojone włóknem szklanym. Materiał przygotować zgodnie z instrukcją producenta. Należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń dotyczących ilości dodawanej wody zarobowej ponieważ wzrost w/c znacznie obniża parametry materiału. Nie dopuszczalne jest mieszanie bez kontroli ilości dodanej wody. Podłoże powinno być zwilżone ale nie mokre. Przy natrysku nie zaleca się stosowania warstwy szepnej. Materiał nakładać poprzez narzut odśrodkowy lub ręczny maszynowy. Duże ubytki wypełniać partiami.

Wyprawa stosowana jako powłoka ochronna musi w każdym miejscu mieć zachowaną grubość co najmniej **10 mm**.

W przypadkach silnej operacji słonecznej lub przewiewu należy zapewnić pielęgnację wykonanej naprawy

Wymogi materiałowe:

- zaprawa wysoce odporna na siarczany
- nie zawiera C₃A
- zbrojona włóknem szklanym
- spełnia wymagania normy PN-EN 206-1 w klasie ekspozycji XS3, XD3
- przyczepność do podłoża $\geq 1,5$ MPa
- wytrzymałość na ściskanie klasa R3 (> 25 MPa) wg PN EN 1504-3
- porowatość $< 5\%$ po 360 dniach potwierdzone wynikami niezależnej jednostki badawczej
- stanowi długotrwałą wyprawę ochronną w obiektach kanalizacyjnych w zakresie od pH 3,5

1.6. Obejście ścieków by-pass

W czasie prowadzonych prac należy zapewnić ciągłość przepływu ścieków poprzez zastosowanie obejść (by-pass). Pompowanie ścieków z kolektora musi odbywać się tymczasowymi szczelnymi przewodami dostosowanymi do ilości ścieków do przepompowania. Zespoły pomp należy ustawić w sposób najmniej uciążliwy dla otoczenia.

1.7. Obliczenia sztywności obwodowej

Grubość wykładziny dla kanałów kołowych dobrano na podstawie poniższego wzoru.

Minimalna wymagana sztywność obwodowa wykładziny **CIPP to SN = 4 kN/m²**.

$$S = \frac{1000 E}{[12 \times \left(\frac{d_m}{e}\right)^3]} \left[\frac{kN}{m^2}\right]$$

gdzie:

E – krótkoterminowy moduł sprężystości E [MPa] wg PN-EN ISO178

e - grubość ścianki [m]

d_m - średnia średnica wykładziny [m]

$d_m = d_w + (d_z - d_w)/2$

d_z – średnica zewnętrzna wykładziny [m]

d_w – średnica wewnętrzna wykładziny [m]

Obliczenia sztywności dla wykładziny CIPP z włókna szklanego

Moduł Younga krótkotrwały [MPa]	9660
Średnica kanału [mm]	200
Grubość wykładziny [mm]	3,5
SN kN/m ²	4,67

Wniosek: Sztywność obwodowa wykładziny spełni założone wymagania: (**4,67 kN/ m² > 4 kN/m²**)

Moduł Younga krótkotrwały [MPa]	9660
Średnica kanału [mm]	250
Grubość wykładziny [mm]	4,5
SN kN/m ²	4,95

Wniosek: Sztywność obwodowa wykładziny spełni założone wymagania: (**4,95 kN/ m² > 4 kN/m²**)

Moduł Younga krótkotrwały [MPa]	9660
Średnica kanału [mm]	300
Grubość wykładziny [mm]	5,5
SN kN/m ²	5,24

Wniosek: Sztywność obwodowa wykładziny spełni założone wymagania: (**5,24kN/ m² > 4 kN/m²**)

Moduł Younga krótkotrwały [MPa]	9660
Średnica kanału [mm]	400
Grubość wykładziny [mm]	7,0
SN kN/m ²	4,55

Wniosek: Sztywność obwodowa wykładziny spełni założone wymagania: (**4,55 kN/ m² > 4 kN/m²**)

Moduł Younga krótkotrwały [MPa]	9660
Średnica kanału [mm]	600
Grubość wykładziny [mm]	10,5
SN kN/m ²	4,81

Wniosek: Sztywność obwodowa wykładziny spełni założone wymagania: **(4,81 kN/ m² > 4 kN/m²)**

UWAGA. Dopuszcza się stosowanie wykładzin o innych grubościach i o innym krótkotrwałym module Younga pod warunkiem zachowania minimalnych wymaganych sztywności obwodowych.

Podane obliczenia są dla przykładu modułu 9660 (bardzo popularnego wśród producentów rękawa)

1.8. Obliczenia hydrauliczne

Obliczenia przepływu sporządzano na podstawie wzoru Maninga:

$$Q = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \times F \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

gdzie:

n – współczynnik szorstkości

R_h- promień hydrauliczny [m]

i – spadek podłużny kanału [‰]

F – pole przekroju [m²]

D – średnica [mm]

B – szerokość kanału [mm]

H – wysokość kanału [mm]

Przyjęto współczynnik n	Wartość
Wykładzina CIPP	0,0110
beton	0,0160
kamionka	0,0111

Odcinek	DN 600 - przykład						
Nazwa kanału	Materiał/ metoda	D	R _h	i	n	F	Q
Przed renowacją	Beton	400	100	10,91	0,030	0,126	297,93
Po renowacji	CIPP szkło UV, CIPP szkło para	386	96,5	10,91	0,011	0,117	738,89

1.9. Dobór technologii renowacyjnych – podsumowanie

W ramach projektu założono :

1. STUDNIE KANALIZACYJNE – Renowacja za pomocą natrysku odśrodkowego materiałem mineralnym
2. KANAŁ GŁÓWNY – Renowacja rękawem CIPP z włókna szklanego utwardzanego promieniowaniem UV o sztywności równej lub większej $SN= 4kN/m^2$
3. ODEJŚCIA NA PRZYŁĄCZA – Renowacja kształtkami kapeluszowymi typu „C”
4. PRZYŁĄCZA KANALIZACYJNE - Renowacja rękawami filcowymi nasączonymi żywicami epoksydowymi o sztywności obwodowej $SN2$ utwardzane gorącą wodą

Projektant: