

Christoph PIETRYJA

*Preuss Pipe Rehabilitation Polska Sp. z o.o.
Łaziska Górne*

POPRAWA JAKOŚCI WODY DO PICIA POPRAZ STOSOWANIE NOWOCZESNEJ METODY REGENERACJI SIECI WODOCIĄGOWEJ PRZY POMOCY WKLEJANEGO RĘKAWA – PROCESS PHOENIX®

**PROCESS PHOENIX – ADDEND SLEAVE BY
THE MODERN METHOD OF REGENERATION
PIPE NETWORK MAKES BETTER THE QUALITY OF WATER**

Głównym zadaniem systemu dystrybucji wody jest dostawa wody o odpowiedniej ilości i jakości oraz pod odpowiednim ciśnieniem do celów konsumpcyjnych i gospodarczych. Aby sprostać temu zadaniu systematycznie podejmowane są działania mające na celu poprawę jakości wody dostarczanej odbiorcom. Z jednej strony systematycznej modernizacji podlegają stacje uzdatniania, a z drugiej czynione są wysiłki w celu ograniczenia wtórnego pogarszania się jakości wody w zabrudzonej złożami i inkrustacjami sieci wodociągowej.

The „Process Phoenix®” method has been successfully used on the German and international markets as an effective form of refurbishing of buried high-pressure and gravity-feed lines for more than sixteen years, seven years in Poland. In this article, the author discusses operational experience in handling of this textile-hose refurbishing method and, in addition, examines development trends and new opportunities for refurbishing of pipes with modified Inliners

1. Wprowadzenie

Występowanie zmian jakości wody podczas przepływu przez przewody jest sprawą od dawna znaną. Konieczność przeciwdziałania między innymi przez usuwanie zanieczyszczeń rurociągów była zalecana już przez Witruwiusza przed prawie 2000 lat. Przez

długi czas głównym celem tych robót było utrzymanie sprawności hydraulicznej przewodów. Przyczyny powstawania zanieczyszczenia wtórnego w obecnych sytuacjach eksploatacyjnych:

Nieracjonalne rozwiązania lokalizacyjne i projektowe (podatność na korozję, tworzenie się osłony biologicznej, itp.),

- Niewłaściwy dobór materiałów przewodów oraz armatury (np. typów zasuw),
- Ślepe końcówki przewodów,
- Duża amplituda ciśnień w sieci,
- Stare, skorodowane, nieszczelne przewody, połączenia i armatura (spusty, hydranty), możliwość penetracji zanieczyszczeń z grunty i powierzchni do sieci
- Warunki sprzyjające rozwojowi zanieczyszczeń zawieszonych w wodzie (np. mała prędkość, długi czas przepływu, temperatura wody),
- Warunki sprzyjające tworzeniu się osłony biologicznej,
- Korozja i jej produkty,
- Osady w różnej postaci wywołujące wszelkie zaburzenia i stymulacje rozwoju zanieczyszczeń biologicznych, inkrustacje aż do zmniejszenia przepustowości hydraulicznej i unieruchomienia armatury.

Przyjmuje się, że ubytek wolnego chloru jest dowodem niepełnego oczyszczenia wody. Znane są przypadki dużych ubytków chloru już na drodze przepływu liczącej 2 – 3 km a nawet mniej. Szereg zakładów w Polsce dysponuje potrójną „barierą” (UV +2 x chlorowanie). Przy zmiennej, okresowo wysokiej mętności wody produkowanej, jej stężenie w sieci jest zwykle inne jak na końcu procesu uzdatniania. Stagnacja wody może powodować wypadanie i gromadzenie się zawiesiny, o różnym stanie konsystencji. Są one przemieszczane przy większych prędkościach, często do najniższych punktów sieci. Niestabilność chemiczna powodować może wypadanie zawiesiny z płynącej wody lub ubytek korozji.

W określonych warunkach dochodzi do tworzenia się twardych osadów, związanych szczególnie mocno ze ściankami przewodów żeliwnych lub stalowych. Przeciwnym przypadkiem jest korozja np. wżerowa. Jej produkty mogą być unoszone przez płynącą wodę, obok podwyższenia zawartości żelaza pojawia się wyższa mętność.

Najprostszym ale mało efektywnym sposobem usuwania zawiesiny i osadów z rurociągów jest ich płukanie. Należy tutaj uwzględnić następujące problemy jako efekt wtórny:

- Po usunięciu osadów miękkich i twardych problemem jest uzyskanie właściwej bakteriologii,
- Zwiększa się zdecydowanie proces powstawania nowych, większych i grubszych, osadów na wewnętrznej powierzchni rurociągu,
- Powstają duże straty wody uzależnione od czasu płukania przy ciśnieniach min. 1,5 m/s.

Czas płukania jest związany z koniecznością wymiany określonej ilości wody. Po usunięciu zanieczyszczenia zaleca się bardzo intensywną dezynfekcję sieci. Mogą wystąpić czasowe mocne przechlorowania tych odcinków sieci, w których występują często nadmierne zanieczyszczenia bakteriologiczne. Sprawy właściwej rewitalizacji sieci wodociągowych to temat dalszego rozważania w referacie tzn. oczyszczanie hydrodynamiczne sieci wodociągowych (usunięcie złożeń i osadów), zabezpieczenia antykorozyjne i wzmocnienia statyczne eliminujące na wiele lat powstawanie procesu zabrudzenia wtórnego - mamy tutaj do czynienia z techniczną rehabilitacją sieci wodociągowych.

Realizacja Dyrektywy UE oraz wynikających z niej przepisów (Rozporządzenie Ministra Zdrowia) w sprawie jakości wody do spożycia, wymaga kierowania do sieci wody o parametrach jakościowych znacznie lepszych niż wynika to z przepisów tak, aby uwzględnić możliwe obniżenie jakości wody w trakcie gromadzenia i przesyłu.

Rurociągi transportujące wodę zostają w określonym czasie przy optymalnej eksploatacji zaatakowane przez korozję, inkrustację i miejscowe wżery. Skutkami są rosnące koszty eksploatacyjne, ryzyka pęknięcia rurociągu i zmiany wielkości przepływu.

Coraz częściej zamiast wymiany starego i wyeksploatowanego pod względem technicznym rurociągu podziemnego na nowy, metodami tradycyjnymi w wykopach otwartych, inwestorzy decydują się na bezwykopową regenerację takiego rurociągu podziemnego, o ile w wyniku takich działań będzie on spełniał obecne wymagania wytrzymałościowe, a jego wymiary zagwarantują odpowiednią przepustowość.

Bezwykopowe techniki renowacji rurociągów w Polsce stają się zdecydowanie tańsze od metod tradycyjnych, uwzględnić należy jeszcze takie czynniki jak: czas trwania inwestycji, niewielkie koszty zajęcia pasa drogowego przy punktowych wykopach, trwałość zastosowania rozwiązania, koszty usuwania zanieczyszczeń, substancji niebezpiecznych dla środowiska. Dlatego zakres ich stosowania jest coraz większy. Stosuje się je przede wszystkim tam, gdzie jest to ekonomicznie uzasadnione, bądź konieczne z uwagi na różne uwarunkowania np. w centrach miast, gdzie krzyżujące się sieci uzbrojenia podziemnego znajdują się pod kosztownymi nawierzchniami. W tej sytuacji koszty robót ziemnych i odtwarzania konstrukcji jezdni byłyby bardzo duże. Ponadto prowadzenie takich robót powodowałoby znaczne utrudnienia organizacji ruchu, tym większe, że układy komunikacyjne w każdym mieście są niesprawne nawet bez takich zakłóceń. Rynek regeneracyjny sieci uzbrojenia podziemnego jest w Polsce bardzo duży z uwagi na wieloletnie zaniedbania w tej dziedzinie.

Jako jedną z najnowocześniejszych i najlepszych metod regeneracji bezwykopowej takich rurociągów jest metodę Process Phoenix® wklejonego rękawa.

2. Ogólne informacje

2.1. Metoda Process Phoenix® - przegląd

Profesjonalne firmy regeneracyjne oferują od lat partnerom w kraju i za granicą w celu przywrócenia właściwości użytkowych rurociągów gazowych, wody i ścieków bezwykopową regenerację rurociągów metodą Process Phoenix®.

Gwarantuje się spełnienie wszystkich wymagań zlecniodawców, które stawia się rurociagom po regeneracji.

Cel ten został osiągnięty poprzez wynalezioną w Japonii metodę reliningu rękawem, która została sprowadzona do Europy w celu udoskonalenia. Praktyczne zastosowanie w Niemczech znalazła ona od 1988 roku.

Metoda Phoenix® (Process Phoenix®) znalazła zastosowanie w celu ochrony rurociągów w razie trzęsienia ziemi. Po tym jak metoda ta została wprowadzona i udoskonalona w Europie, zostało za jej pomocą zregenerowane w sąsiednich krajach już ponad 100 km rocznie.

Zaletą Metody Phoenix® jest możliwość jej stosowania na wielu obszarach. Tą metodą mogą być regenerowane rurociągi z żeliwa, stali, PCW i azbestocementu. Poprzez dopasowanie do medium rodzaju materiału można stosować ten system w zakresie gazu, wody do picia, ścieków i w przemyśle chemicznym. Jako wykładzina używany jest rękaw tkaninowy z poliestru lub nylonu. W zależności od zakresu zastosowania nakładane jest na jego powierzchni odpowiednie tworzywo sztuczne (np. PE dla wody do picia).

Poprzez ulepszenie techniki tkackiej i materiałowej może być zagwarantowany bardzo wysoki standard jakościowy. Rękaw (liner) wytrzymuje minimalne ciśnienie próbne w wysokości 30 bar bez osłony rurociągu. Przepuszczalność gazu może być stwierdzona poprzez test ciśnieniowy z helem. W zależności od średnicy mogą być w jednym toku pracy regenerowane odcinki rurociągu o długości nawet do 300 m. Zakres średnic nominalnych wynosi obecnie od 100 do 1200 mm.

Na początku prac napełnia się odcinek rękawa odpowiednią ilością żywicy epoksydowej. Potem następuje rozproszanie kleju na całej powierzchni wewnętrznej linera. Odbywa się to poprzez dwa przesuwane w równym odstępnie od siebie walce przy wciąganiu linera do maszyny rewersyjnej. Następnie maszyna rewersyjna jest zamykana i rozpoczyna się proces wywijania za pomocą sprężonego powietrza (1 bar). Rękaw, który jest przytwierdzony do głowicy, odwraca się stroną wewnętrzną na zewnątrz w taki sposób, że pokryta żywicą epoksydową strona rękawa przyciskana jest do ściany rury i z nią sklejana. Poprzez zmianę ciśnienia, która może być regulowana szybkość regeneracji wynosi ogólnie 3-6 m/min. Regenerowane są bez problemu łuki 45°. Przy odpowiednim promieniu możliwe są również zmiany kierunków o 90°. Utwardzanie żywicy następuje przy użyciu pary. Czas utwardzania wynosi w zależności od długości odcinków ok. 2-4 godz.

Z sukcesem przeprowadzone testy i badania, np. w British Gas, Gaz de France i na Uniwersytecie w Lüttich dają użytkownikowi gwarancję na produkt, któremu stawiane są najwyższe wymagania jakościowe.

Oczywiście produkt posiada również zaświadczenia o kontroli KTW (Przepisy dot. tworzyw sztucznych i wody pitnej) oraz pozytywne wyniki kontroli według DVGW (Niemiecki Związek ds. Gazu i Wody) W 270 na używanie go w zakresie wody pitnej.

2.2. Rurociągi ciśnieniowe i wolnosplawne

2.2.1. Zakres i warunki stosowania

Metoda Process Phoenix znajduje zastosowanie w regeneracji

- gazociągów w zakresie niskiego, średniego, podwyższonego i wysokiego ciśnienia do 30 bar
- rurociągów wody pitnej do PN 10 i więcej
- rurociągów ściekowych (rurociągi ciśnieniowe i wolnosplawne)

W zależności od transportowanego przez rurociąg medium następuje zróżnicowanie technologiczne i stosuje się różne rodzaje linerów i kleju. Odpowiednio oczyszczony rurociąg jest podstawowym warunkiem stosowania metody reliningu rękawem Phoenix®.

Przy rurociągach wody i ścieków stosuje się czyszczenie wysokociśnieniowe. W rezultacie rurociąg jest gotowy do regeneracji. Poprzez nagrania video zostaje udokumentowany stan rurociągu po czyszczeniu.

2.3. Techniczny opis skrócony

Liner (rękaw) jest wprowadzany w trakcie tzw. procesu wywijania za pomocą sprężonego powietrza do wnętrza regenerowanego rurociągu.

Liner, który ma wytrzymałość na ciśnienie wewnętrzne do 30 bar bez podpory płaszcza starej rury, napełniany jest na miejscu budowy klejem-żywicą epoksydową, wprowadzany do bębna rewersyjnego, a koniec rękawa jest wywijany na specjalnym kołnierzu zwrotnym. Poprzez wprowadzenie sprężonego powietrza do zbiornika rozpoczyna się proces wywijania. Przez równoczesne prowadzenie linera na pasie naciągającym, można regulować szybkość posuwu linera w regenerowanym rurociągu.

Po zakończeniu procesu wciągania linera wprowadza się do rurociągu gorącą parę (do ok. 98°C) do czasu aż polimeryzacja (utwardzanie) żywicy epoksydowej zostanie zakończona.

Następnie liner (łącznie z rurą płaszczową) jest schładzany przez wprowadzenie zimnego powietrza pod ciśnieniem o temperaturze < 50°. Następuje redukcja ciśnienia a proces regeneracji rurociągu zostaje tym samym zakończony.

2.4. Użyte materiały

Niezwykle mocny, uformowany koliście i bezszwowo utkany rękaw wykładzinowy jest zbudowany z poliestru i nylonu. Podczas gdy nici poliestrowe powinny zapobiegać rozciąganiu wzdłużnemu, nici nylonowe umożliwiają rozciąganie promieniowe.

Obydwie cechy są zaletą, ponieważ przez rozciąganie promieniowe rękaw może się dobrze dopasowywać do nierówności rury i różnych średnic regenerowanego rurociągu. Podczas gdy zapobiega się rozciąganiu wzdłużnemu, wyklucza się tym samym naprężenia rozciągające, jakie mogą występować w innych metodach regeneracji rur.

Dla rurociągów wody do picia i ściekowych stosuje się powłokę polietylenową, dla gazowych powłokę poliestrową (hytrel) z powodu zapobiegania przepuszczalności gazów.

2.4.1. Ogólne informacje

Liner składa się z bezszwowo utkanej z włókien poliestrowych, uformowanej w kształcie rury powłoki, która z jednej strony pokryta jest cienką warstwą polimeru.

Całość ma grubość tylko +/- 1,5 mm. Tkanina zapewnia wytrzymałość mechaniczną, podczas gdy warstwa polimerowa, która znajduje się po rewersji po wewnętrznej stronie rurociągu, szczelność i wytrzymałość chemiczną na transportowane media.

Używa się różnych typów polimerów. Są one wybierane pod względem ich przepuszczalności i chemicznego charakteru względem mediów, które będą później transportowane rurociągiem. Z tego powodu używa się raczej poliestrów dla gazów i polietylenu dla cieczy.

Skuteczność lineru wynika zarówno z cech jego komponentów jak również z procesów produkcyjnych, między innymi tkania powłoki.

2.4.2. Powłoka

Poliester ze względu na swoje właściwości wytrzymałościowe jest stosowany do produkcji lineru. Charakterystyczne fizyczne wartości właściwości użytego poliesteru są zestawione w tabeli. W podanych wartościach chodzi o średnie wartości materiałowe. Nie uwzględniono struktury tkaniny poliestrowej.

Tab. 1 Wartości właściwości poliesteru

Tworzywo: poliester		
Właściwości	Jednostka	Wartość
Gęstość	g/cm ³	1,39
Temperatura topnienia	°C	255
Wytrzymałość na rozciąganie	N/mm ²	60
Rozciągliwość	%	90
Współczynnik sprężystości podłużnej	N/mm ²	2500
Współczynnik rozszerzalności wzdłużnej	K ⁻¹	2,0·10 ⁻⁵
Przewodnictwo ciepła	W/(m.K)	0,25
Specyficzny opór elektryczny właściwy (rezystywność)	Ω.cm	10 ¹⁶
Współczynnik strat dielektrycznych	-	2 · 10 ⁻² do 2 · 10 ⁻³
Przenikalność dielektryczna względna przy 50HZ	-	3,0
przy 1 MHz	-	3,2

Na gotowym utkanym rękawie tkaninowym wytłaczane jest dopasowane do czynnika transportującego tworzywo sztuczne. Dla rurociągów solankowych przeznaczona jest powłoka z polietylenu, która sprawdziła się w przypadku wody pitnej i ścieków. Powłoka polietylenowa sprawia, że rękaw z poliesteru staje się linerem szczelnym cieczerw.

Podczas renowacji rurociągów podziemnych metodą Process Phoenix® można wyróżnić następujące etapy:

- odłączenie rurociągu
- wykonanie i zabezpieczenie wykopów
- oczyszczenie rury
- ocena stanu technicznego rury przy użyciu kamery
- wklejenie powłoki
- łączenie uszczelnionych odcinków
- wykonanie przyłączy
- próba ciśnieniowa
- zasypianie wykopów
- odtworzenie nawierzchni ulicznej

Rura zregenerowana tą metodą ma praktycznie podobne parametry wytrzymałościowe, jak nowa rura PE wprowadzona jedną z technologii relining (np. short relining, long relining, svege lining, roll down). Rura z PE w trakcie jej wprowadzania do starego przewodu jest narażona na mechaniczne uszkodzenie przez zarysowanie powierzchni zewnętrznej, co może przyspieszyć jej zniszczenie wskutek działania efektu karbu. Przekrój nowej rury jest wyraźnie zmniejszony w stosunku do pierwotnego. Ponadto pracochłonność wykonywania przyłączy domowych w przypadku renowacji metodą reliningu rurami z polietylenu sprawia, że ten sposób renowacji można ewentualnie polecać dla sieci przemysłowych a nie rozdzielczych.

Dodatkowym argumentem przemawiającym na korzyść uszczelniania rurociągów metodą Phoenix® jest możliwość uszczelniania przewodów ułożonych w łukach.

Pozostałe zalety uszczelniania rozciągów tą metodą to:

- elastyczność powłoki, umożliwiająca dopasowanie powłoki do wymiaru rury, nawet jeżeli ma ona odchylenie od przyjętej średnicy;
- możliwość jednorazowej renowacji długich odcinków, nawet do 300m w zależności od średnicy;
- absolutna szczelność powłoki, potwierdzona próbą ciśnieniową;
- duża wydajność, samo wprowadzenie rękawa odbywa się z prędkością ok. 2-3m/min (praktycznie o czasie trwania renowacji decydują prace przygotowawcze, głównie czyszczenie);
- duży zakres średnic 200-1200mm;
- zminimalizowana redukcja przekroju poprzecznego regenerowanej rury;
- grubościenna powłoka do samodzielnego przenoszenia obciążeń, nawet po uszkodzeniu rury zewnętrznej;
- łatwość wykonywania przyłączy;
- konkurencyjne koszty w stosunku do tradycyjnej wymiany rury z wykonaniem wykopu i innych metod renowacji;
- duża trwałość zregenerowanych rurociągów;
- możliwość podwyższenia ciśnienia roboczego w sieci do około 5 at.

Dotychczasowe doświadczenia potwierdzają doskonałą przydatność metody Process Phoenix® do renowacji wodociągowej.

Metoda ta wprowadzona na rynek europejski zaledwie przed kilkunastoma laty, została szybko wdrożona i rozpowszechniona na całym świecie. W ciągu tych kilkunastu lat tą metodą uszczelniono już tysiące kilometrów różnych sieci w wielu krajach, również w Polsce.

Przewiduje się, że w wyniku regeneracji trwałość rurociągów można przedłużyć o kilkadziesiąt lat. Fakt ten powinien mieć decydujące znaczenie przy analizie kosztów, gdyż inne metody, niewiele tańsze pozwalają przedłużyć żywotność rurociągów w znaczenie mniejszym stopniu.

Obserwowane tendencje rozwojowe wskazują na zwiększone zainteresowanie uszczelnieniem powłokami zespolonymi tzn., że w procesie jednoetapowym klejony jest filc wzmocniony, już u producenta nasączony żywica epoksydowa.

Takie rozwiązanie ma szereg zalet:

- upraszcza i skraca proces wklejania powłoki do rury;
- zapewnia doskonałe połączenia tkaniny z powłoką PE, które jest przeprowadzone u producenta w sposób w pełni kontrolowany;
- klej nie wymaga stosowania specjalnych komponentów ułatwiających jego przenikanie przez tkaninę, co wiąże się z dodatkowymi kosztami;
- tkanina może być gęściej tkana, co zwiększa wytrzymałość całej powłoki

Wydaje się więc, że wprowadzona już w innych krajach technologia uszczelniania rurociągów podziemnych metodą Process Phoenix® jest przydatna również na terenie Polski do renowacji wodociągów z rur żeliwnych, azbestowych i stalowych .

2.5. Kryteria wyboru metody regeneracji technicznej rurociągów podziemnych

Sama decyzja o wyborze technologii bezodkrywkowej zamiast klasycznej wymiany starego rurociągu na nowy w wykopie otwartym zostaje podjęta w oparciu o kryteria techniczne, ekonomiczne i społeczne. Podejmowanie decyzji o wyborze określonej technologii bezodkrywkowej regeneracji technicznej rurociągu jest zadaniem również złożonym wymagającym uwzględnienia podobnych czynników. W artykule podano jedynie podstawowe kryteria w oparciu o które należy analizować nowe metody, pod warunkiem znajomości kryteriów jakościowych potrzebnych do obiektywnego przeprowadzenia odbioru technicznego. W przeciwnym razie inwestor nie ma możliwości oceny jakości robót prowadzonych przez firmę wykonawczą.

2.5.1. Kryteria techniczne

Do podstawowych kryteriów technicznych można zaliczyć dane projektowe oraz informacje uzyskane podczas inspekcji rurociągu, a więc:

- średnicę rurociągu
- długość
- materiał konstrukcyjny
- rodzaj transportowanego medium
- obciążenia zewnętrzne
- ciśnienie wewnętrzne
- ilość przyłączy
- wiek rurociągu
- stopień wykorzystania hydraulicznego
- rodzaj uszkodzeń
- wielkość uszkodzeń

2.5.2. Kryteria ekonomiczne

Jeżeli chcemy przeprowadzić analizę ekonomiczną bezodkrywkowej regeneracji technicznej rurociągu według różnych technologii, należy wówczas porównać całkowite koszty inwestycji dla poszczególnych wariantów. W analizie tej, oprócz kosztów podstawowych charakterystycznych dla danej technologii, należy uwzględnić również takie czynniki jak:

- czas trwania całej inwestycji (dziennie 200-240 m regeneracji)
- trwałość zastosowanego rozwiązania
- koszty usuwania zanieczyszczeń i substancji niebezpiecznych dla środowiska.

Nieracjonalne byłoby więc wybieranie metody renowacji dla konkretnego zadania kierując się jedynie najniższymi kosztami bezpośrednimi, gdyż często trwałość takiego rozwiązania jest mniejsza w stosunku do trwałości zapewnionej przez zastosowanie innych metod, które mimo że są zwykle droższe pod względem nakładów, dają bardziej ekonomiczne rozwiązania.

2.5.3. Kryteria społeczne i ekologiczne

Kryteria społeczne mogą być rozstrzygające przy podejmowaniu decyzji o wyborze technologii bezodkrywkowej zamiast klasycznej wymiany starego rurociągu na nowy w wykopie otwartym. Niektóre z tych niżej wymienionych kryteriów mogą mieć także znaczenie przy wyborze jednej z technologii bezodkrywkowych:

- czas trwania inwestycji
- znaczenie rurociągu (lokalny, transportowy)
- położenie rurociągu (centrum miasta, dzielnice peryferyjne, ulica, tereny zielone)
- utrudnienia komunikacyjne
- możliwości zorganizowania objazdów
- zwiększenie emisji spalin
- konieczność obniżenia poziomu wody gruntowej
- zagrożenie dla środowiska podczas realizacji inwestycji

Zanieczyszczenia zgromadzone np. podczas czyszczenia gazociągu muszą być traktowane jako odpady specjalne i nie powinny być przyjmowane na wysypiska komunalne. Dla takich celów przeznaczone są odpowiednio zabezpieczone wysypiska odpadów przemysłowych, przy czym, niestety w naszym kraju jest zbyt mało tego typu obiektów. Duże zagrożenie dla środowiska może wystąpić np. podczas czyszczenia gazociągów metodami hydraulicznymi, gdyż wówczas powstaje dużo zanieczyszczonej wody, która może się dostać do gruntu.

Obecnie istnieją nowoczesne technologie wysokociśnieniowego czyszczenia hydraulicznego (ciśnienie robocze ok. 150-200 at.) wykorzystujące wodę w obiegu zamkniętym. Z wody w specjalnych urządzeniach usuwane są zanieczyszczenia stałe, które są odwożone na specjalnych urządzeniach, usuwane na wysypiska specjalne. Inwestor we własnym interesie powinien kontrolować wykonawców, czy nie powodują zanieczyszczenia środowiska, gdyż właśnie oni jako „producenci” tych toksycznych substancji ponoszą odpowiedzialność za powstałe szkody.

Bibliografia

- [1] Jędraska J.: “Oceny oddziaływania na środowisko (OOS)”. Centrum Prawa Ekologicznego Wrocław. Wykład Pt. Oceny Oddziaływania na Środowisko (OOS) www.cezr.org.pl/edu/16_03_01jednostka.php
- [2] Bojanowska I.: „Ocena oddziaływania na środowisko”. Materiały i opracowanie Zakładu Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Gdańskiego. www.chemi.univ.gda.pl
- [3] Gawlik R.” „Rewolucja w zarządzaniu środowiskiem” Przegląd Komunalny nr 2, 2001 Wyd. ABRYŚ SP. z o.o. Poznań 2001
- [4] Fiórkiewicz E.: „Kolejna rewolucja w systemie ocen oddziaływania na środowisko planowanych przedsięwzięć?” Problemy Ocen Środowiskowych” Nr 1 (28) 2005. Wyd. „EKO-KONSULT”. Biuro Projektowo-Doradcze w Gdańsku. Gdańsk 2005.
- [5] Projekt poradnika „Postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko planowanych przedsięwzięć”. Szkic, wersja 4. Ministerstwo Środowiska. Warszawa, listopad 2003.
- [6] Pałasz J.: Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach w procesie inwestycyjnym. „Przegląd Budowlany” nr 3/2007, str. 34-42.
- [7] Richert M.: „Środowisko naturalne w procesie inwestycyjnym i działalności gospodarczej” Wyd. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr SP. z o.o. Gdańsk 2000.