

dr inż. Andrzej Kolonko<sup>1\*)</sup>  
dr inż. Leszek Wysocki<sup>1)</sup>

# Renowacja obiektów gospodarki ściekowej z zastosowaniem wykładzin

## *Renovation of the waste water system facilities with application of linings*

DOI: 10.15199/33.2015.02.11

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono problemy dotyczące korozji żelbetonowych zbiorników w oczyszczalniach ścieków oraz możliwości techniczne ich renowacji z zastosowaniem wykładzin z PEHD oraz płytek bazaltowych.

**Słowa kluczowe:** zbiorniki żelbetowe, renowacja, płytki bazaltowe, wykładzina z PEHD.

**Abstract.** In the paper the problems associated with corrosion of reinforced concrete tanks in the waste water treatment plants as well as the technical possibilities of their renovation with application of PEHD linings and basalt tiles are presented.

**Keywords:** concrete tanks, renovation, basalt tiles, PEHD liner.

Typowe obiekty gospodarki ściekowej to różnego rodzaju zbiorniki, osadniki, piaskowniki, komory fermentacyjne oraz przewody kanalizacji sanitarnej. Zdecydowana większość takich obiektów jest zbudowana z żelbetu. Jednocześnie obiekty gospodarki wodno-ściekowej są narażone na różnorodne wpływy korozyjne, przy czym w przypadku betonu najgroźniejsza jest korozja siarczanowa, mogąca powodować całkowitą, szybką degradację budowli. Narażone są na nią obiekty zamknięte takie, w których nie ma skutecznej wentylacji, co prowadzi do znacznego podwyższenia stężenia siarkowodoru. Do obiektów takich należą komory fermentacyjne, zbiorniki ścieków surowych, komory rozprężne na sieciach kanalizacji ciśnieniowej czy tranzytowe odcinki przewodów kanalizacyjnych. Procesy korozyjne w skrajnych przypadkach mogą doprowadzić do znacznego uszkodzenia konstrukcji zaledwie w ciągu kilkunastu miesięcy. Mała trwałość tych obiektów wynika m.in. z:

- zastosowanego betonu, który nie spełnia wymagań aktualnych norm;
- błędów wykonawczych w trakcie realizacji konstrukcji;
- wykonania nieodpowiednich izolacji antykorozyjnych.

Obiekty gospodarki ściekowej, tak jak wszystkie obiekty budowlane, należy realizować z betonu dostosowanego

do przewidywanych klas ekspozycji. Stosunkowo często na etapie projektu błędnie przyjmuje się klasy ekspozycji i w konsekwencji błędnie dobiera parametry betonu i rodzaj izolacji antykorozyjnych. Ścieki bytowo-gospodarcze nie są agresywne w stosunku do betonu. Ich wskaźnik pH wynosi 6 – 7, a zawartość szkodliwych soli zwykle nie przekracza wartości dopuszczalnych. Takie ścieki mają klasę ekspozycji XA1 wg PN-EN 206 [5]. Duże zagrożenie dla betonu występuje tylko w strefie gazowej (powyżej zwierciadła ścieków) obiektów zamkniętych (z utrudnioną wentylacją) oraz w strefie, gdzie osady przyklejają się do ścian konstrukcji (strefa wahania poziomu ścieków). W tych fragmentach konstrukcja narażona jest na działanie kwasu siarkowego pochodzenia biologicznego i środowiska o wskaźniku pH ok. 1,5. Powszechnie przyjmowanie dla tych fragmentów klasy ekspozycji XA3 jest poważnym błędem, gdyż w przypadku tej klasy wskaźnik pH nie może być mniejszy od 4,0, a zawartość siarczanów nie większa od 6000 mg/l. W środowisku o wskaźniku pH poniżej 4,0 i zawartości siarczanów powyżej 6000 mg/l należy stosować nie tylko ochronę materiałowo-strukturalną, ale także trwałe izolacje całkowicie odcinające dostęp środowiska do konstrukcji.

Naprawy budowli uszkodzonych wskutek korozji są zawsze kosztowne i czasochłonne, a często nieskuteczne, z powodu błędów projektowych lub wykonawczych. W artykule zaprezentowano metody napraw, które sprawdziły się w praktyce.

### Wymagania ogólne i skład mieszanki betonowej do obiektów gospodarki ściekowej

Oczywistym wymaganiem w przypadku żelbetonowych obiektów gospodarki ściekowej jest ich **wodoszczelność i odporność na korozję siarczanową**. W przypadku projektowania składu mieszanki takiego betonu konieczne jest spełnienie wielu warunków:

- należy stosować wyłącznie cementy HSR o niskiej zawartości glinianu trójwapniowego ( $C_3A \leq 3\%$ ); zdecydowanie najkorzystniejszy jest cement CEM IIIA o zawartości żużla nie mniejszej od 55%;
- zawartość cementu nie powinna być mniejsza od 320 kg/m<sup>3</sup>;
- w przypadku środowisk o klasie ekspozycji XA3 lub wyższej należy przyjmować klasę betonu nie niższą od C35/45;
- wskaźnik w/c  $\leq 0,45$ ;
- nasiąkliwość nie wyższa od 5%;
- ograniczenie wymiarów kruszywa do 20 mm,
- stosowanie domieszek poprawiających urabialność;
- stosowanie ewentualnych dodatków poprawiających szczelność i odporność na korozję (pył krzemionkowy, polimery).

Warunkiem uzyskania trwałego, wodoszczelnego betonu, poza właściwą recepturą, jest jego **odpowiednie wbudowanie**. **Najważniejsze czynniki decydujące o trwałości betonu i żelbetu na etapie wykonawstwa to:**

- podawanie betonu z takiej wysokości, aby nie nastąpiło jego rozsegregowanie;

<sup>1)</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:

e-mail: andrzej.kolonko@pwr.edu.pl

■ dokładne, skuteczne zagęszczenie mieszanki betonowej;

■ utrzymanie powierzchni betonu w stałej wysokiej wilgotności zgodnie z wymaganiami PN-EN 13670 [1], gdyż nawet krótkotrwałe przesuszenie betonu powoduje nieodwracalne uszkodzenia (rysy);

■ usuwanie szalunków po uzyskaniu przez beton odpowiedniej wytrzymałości;

■ realizacja prac w temperaturze nie niższej od 5 °C lub stosowanie specjalnych zabiegów uniemożliwiających wystąpienie uszkodzeń spowodowanych obniżeniem temperatury;

■ zastosowanie odpowiednich podkładek dystansowych zapewniających właściwą otulinę zbrojenia.

Ponadto w celu uzyskania trwałych żelbetonowych obiektów gospodarki ściekowej konieczne jest stosowanie właściwie dobranych izolacji antykorozyjnych oraz odpowiedniej grubości. W celu zabezpieczenia konstrukcji narażonej na działanie siarczanów i środowiska o wskaźniku pH nawet ok. 1,5 stosować należy powłoki grubowarstwowe trwale odcinające dostęp agresywnego środowiska do konstrukcji. Niestety ciągle powszechną praktyką jest stosowanie izolacji w postaci powłok malarskich. Doświadczenia praktyczne pokazują, że nawet powłoki wielowarstwowe z materiałów o bardzo wysokiej odporności na korozję, takich jak żywice epoksydowe, okazują się nieskutecznym zabezpieczeniem konstrukcji. Brak skutecznego zabezpieczenia nie wynika zwykle z nietrwałości materiałów izolacyjnych, tylko ze struktury samej powłoki. W powłoce malarskiej o niewystarczającej grubości, nałożonej na chropowatą powierzchnię betonu, często z licznymi nierównościami zawsze będą występowały perforacje, które szybko dadzą początek ogniskom korozji niszczącym beton. Zdecydowanie **pewniejszym sposobem zabezpieczenia konstrukcji przed środowiskiem o silnej agresywności jest wykonanie powłoki w postaci laminatu epoksydowo-szklanego** (żywica epoksydowa + włóknina szklana + co najmniej dwie warstwy żywicy epoksydowej). **Skutecznym zabezpieczeniem konstrukcji, zwłaszcza w przypadku obiektów remontowanych, są okładziny z płyt PEHD lub płytek bazaltowych.**

## Dobór zabezpieczeń antykorozyjnych do obiektów remontowanych

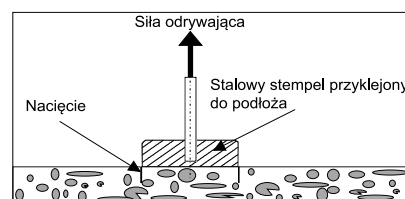
Punktem wyjścia dla prawidłowego doboru zabezpieczeń antykorozyjnych eksploatowanych obiektów gospodarki ściekowej powinna być zawsze szczegółowa ocena stanu technicznego wymagająca wykonania: szczegółowego przeglądu stanu technicznego oraz badania: zawartości chlorków, siarczanów i azotanów; wskaźnika pH betonu; grubości otuliny zbrojenia i wytrzymałości na odrywanie, a w uzasadnionych przypadkach weryfikacji obliczeniowo-wytrzymałościowych.

**Przegląd stanu technicznego** powinien obejmować przede wszystkim lokalizację, zasięg, szerokość rozwarcia i przebieg rys. Ponadto ocenić należy degradację betonu i stan zbrojenia spowodowany korozją, zwłaszcza w strefie gazowej i na granicy wahań poziomu zwierciadła ścieków.

**Badania chemiczne** wykonuje się na pobranych próbkach betonu. Poszczególne próbki betonu należy pobierać w co najmniej kilku miejscach, poniżej zwierciadła ścieków i w strefie gazowej. Badania zawartości siarczanów wykonuje się, przyjmując jako wartość graniczną (dopuszczalną) stężenia jonów  $\text{SO}_4^{2-}$  do 0,5% w odniesieniu do masy betonu. Wartość dopuszczalnego stężenia chlorków powinna być na poziomie 0,5% masy cementu w betonie, a wartość dopuszczalnego stężenia azotanów na poziomie 0,1% masy cementu.

**Badania wskaźnika pH betonu** przy powierzchniowej warstwy można przeprowadzić za pomocą testu fenolftaleinowego lub testu tęczowego (Rainbow Test). Podkreślić należy, że w przypadku obiektów gospodarki ściekowej beton jest zwykle mokry, a w takim betonie karbonatyzacja praktycznie nie występuje. Obniżenie wskaźnika pH betonu (nawet do wartości ok. 3,0) spowodowane jest korozją siarczanową. Wskaźnik pH można wykorzystać jako miarę zasięgu korozji betonu.

**Badania wytrzymałości betonu na odrywanie** prowadzi się metodą „pull off” zgodnie z PN-EN 1542:2000 [3]. Badania „pull off” należy wykonywać po usunięciu warstwy osłabionego betonu. Schemat badania pokazano na rysunku. W przypadku oceny stanu technicznego żelbetonowych obiektów gospodarki ście-



Schemat badania „pull off”

The schematic of „pull off” test

kowej wytrzymałość betonu na odrywanie jest podstawowym parametrem pozwalającym na przewidywanie przyczepności nakładanych powłok ochronnych. Zdecydowana większość wytycznych oraz zaleceń producentów materiałów do izolacji antykorozyjnych zakłada, że wartość wytrzymałości na rozciąganie powinna być nie mniejsza niż 1,5 MPa. Doświadczenia praktyczne pokazują, że takie wymagania są w wielu przypadkach zbyt rygorystyczne. Wytrzymałość na odrywanie powłoki antykorozyjnej nienarażonej na znaczne obciążenia mechaniczne nie powinna być mniejsza od ok. 0,6 MPa. Podkreślić jednak należy, że odpowiednia wytrzymałość podłoża na odrywanie nie jest wystarczającym parametrem do oceny możliwości nakładania powłok antykorozyjnych. Beton o podwyższonej zawartości siarczanów może charakteryzować się dużą wytrzymałością na odrywanie, a po nałożeniu powłoki antykorozyjnej, w wyniku procesów dyfuzyjnych, pod powłoką antykorozyjną nastąpi koncentracja siarczanów, co spowoduje jej szybkie odspojenie.

**Badania grubości otuliny zbrojenia** w nowo zrealizowanych obiektach służą weryfikacji założeń projektowych, a w obiektach już eksploatowanych do oceny stopnia korozji otuliny i przewidywanego okresu eksploatacji. Badania grubości otuliny można obecnie przeprowadzać metodami nieniszczącymi. Po określeniu głębokości uszkodzeń korozyjnych betonu można określić głębokość korozji w przewidywanym okresie eksploatacji konstrukcji wg PN-88/B-01807 [4]:

$$L_p = L_u(t_i/t_o)1/2$$

gdzie:

$L_p$  – głębokość korozji w przewidywanym okresie eksploatacji [cm];

$L_u$  – głębokość uszkodzenia betonu w czasie badania konstrukcji [cm];

$t_i$  – całkowity przewidywany okres eksploatacji [lata];

$t_o$  – okres eksploatacji konstrukcji do chwili badania [lata].

Określenie tempa destrukcji betonu w czasie jest bardzo przydatne do planowania dalszych działań. Jeżeli tem-

po destrukcji wskazuje, że w przewidywanym okresie korozja otuliny nie osiągnie zbrojenia, to prace naprawcze można ograniczyć do prostych i mało kosztownych zabiegów umożliwiających normalną eksploatację. W przeciwnym wypadku konieczne jest wykonanie kompleksowej naprawy, w tym odtworzenie skorodowanej otuliny.

### Metody renowacji żelbetonowych obiektów gospodarki wodno-ściekowej

**Zastosowanie chemii budowlanej.** Z naszych doświadczeń wynika, że niestety zabiegom renowacyjnym poddaje się obiekty o zaawansowanych procesach destrukcyjnych, ze znacznymi ubytkami betonu spowodowanymi korozją siarczanową, a często z lokalnie odstłoniętym i skorodowanym zbrojeniem. Najczęściej w takich sytuacjach zaleca się usunięcie skorodowanego betonu, oczyszczenie i zabezpieczenie antykorozyjne zbrojenia, uzupełnienie ubytków betonu materiałami PCC i wykonanie izolacji antykorozyjnej. Często niestety prace te, mimo zastosowania materiałów dobrej jakości, kończą się niepowodzeniem, ponieważ:

- materiały nakładane są na niewłaściwie przygotowane podłoże i w nieodpowiednich warunkach atmosferycznych;
- niewłaściwa jest technologia nakładania;
- nie wykonano zabiegów pielęgnacyjnych;
- źle dobrano materiały.

#### Do najczęściej spotykanych w praktyce błędów przygotowania podłoża zaliczyć można:

- niedokładne usunięcie skorodowanego betonu, wynikające z niewykonywania bardzo prostych badań potwierdzających usunięcie betonu o zbyt niskim pH;
- brak badań potwierdzających usunięcie betonu zawierającego nadmierne stężenie siarczanów, co skutkuje powstaniem procesów korozyjnych pod nałożonym materiałem naprawczym i jego odspojeniem;
- nieodpowiednią wilgotność podłoża do stosowanych materiałów (zbyt wysoką w przypadku materiałów żywicznych lub za niską dla materiałów mineralnych).

Nakładanie materiałów w odpowiednich warunkach meteorologicznych jest szczególnie istotne w przypadku aplikacji materiałów żywicznych. Powłoka nakładana w zbyt niskiej temperaturze mo-

że bowiem wcale lub bardzo wolno polimeryzować, a jej grubość, przy założeniu nakładania określonej liczby warstw, może okazać się większa od potrzeb. Natomiast w przypadku wysokiej temperatury bardzo szybkie tempo polimeryzacji utrudnia prace, a grubość nałożonej powłoki może okazać się znacznie mniejsza od wymaganej ze względu na znacznie niższą lepkość żywicy.

Kolejnym źródłem niepowodzeń jest niewłaściwa technologia nakładania. Błędy pojawiają się już podczas przygotowywania materiału. Do najważniejszych można zaliczyć nieprzestrzeganie zaleceń dotyczących proporcji mieszania składników oraz stosowanie szybkoobrotowych mieszadeł napowietrzających materiał, co skutkuje wzrostem porowatości i nasiąkliwości, a w efekcie zmniejszeniem wytrzymałości i trwałości materiału. Kolejnym błędem jest sposób aplikacji. Dla uzyskania wysokich parametrów wytrzymałościowych i bardzo dobrej przyczepności do podłoża materiałów PCC (wszędzie tam gdzie jest to niezbędne) najefektywniejszym sposobem ich nakładania jest natrysk. Podkreślić należy, że późniejsze wygładzanie tak nałożonego materiału pacą prowadzi do obniżenia zarówno parametrów wytrzymałościowych, jak i trwałości. Zatem wszędzie tam, gdzie nie jest to niezbędne, **należy unikać wygładzania powierzchni.** W wielu przypadkach nie stosuje się żadnych zabiegów pielęgnacyjnych w odniesieniu do napraw wykonanych materiałami PCC. Uznać to należy za błąd, szczególnie w przypadku realizacji prac w okresie wysokiej temperatury. Zbyt szybkie przesuszenie może skutkować znacznym obniżeniem wytrzymałości i trwałości nałożonego materiału.

#### Do najczęstszych błędów na etapie doboru materiałów naprawczych zaliczyć można:

- zastosowanie do ochrony konstrukcji materiałów mineralnych PCC, które można stosować tylko, gdy wskaźnik pH środowiska, w którym pracuje konstrukcja, jest nie niższy od 4,0;
- zastosowanie materiałów niedyfuzyjnych w warunkach, w których dokładne wysuszenie konstrukcji jest bardzo trudne lub niemożliwe; skutkuje to odspojeniami nałożonych materiałów wywołanymi ciśnieniem pary wodnej uwijzonej w konstrukcji;
- zastosowanie materiałów trudnych w obróbce, aplikacji i wymagających

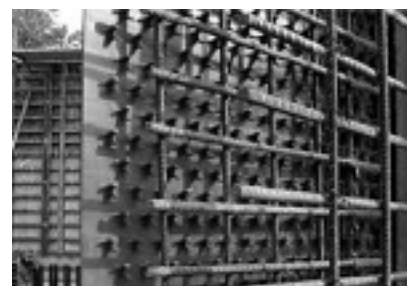
bardzo dokładnego przestrzegania reżimów wykonawczych, co w warunkach niektórych budowli gospodarki ściekowej jest bardzo trudne do wykonania;

- przyjęcie zbyt małej grubości dla powłok izolacyjnych (zbyt małego jednostkowego zużycia materiału), ceny materiałów o porównywalnych właściwościach technicznych są bardzo podobne, tak więc w warunkach konkurencyjnego rynku dostawcy materiałów bardzo często konkurują, obniżając wymagane jednostkowe zużycie materiału, co prowadzi do znacznego obniżenia trwałości wykonanych prac renowacyjnych;

- zastosowanie materiałów o zbyt niskich parametrach wytrzymałościowych lub zbyt niskich parametrach w zakresie trwałości, co prowadzi do przedwczesnych uszkodzeń wyremontowanych obiektów. Szkodliwe jest także przyjmowanie materiałów o zbyt wygórowanych wymaganiach, bo prowadzi to do nieuzasadnionego wzrostu kosztów prac remontowych. Zawsze w tym zakresie uwzględnić należy przewidywany okres eksploatacji konstrukcji.

**Zastosowanie wykładzin z tworzyw termoplastycznych.** Jednym z bardziej znanych jest system okółkowanych płyt z PEHD lub PP grubości 2 ÷ 12 mm. Elementy kotwiące rozmieszczone są w rozstawie kilku centymetrów i po zalaniu świeżym betonem zapewniają dobrą przyczepność wykładziny do betonowego podłoża. Łączenie poszczególnych płyt odbywa się przez spawanie. Pewnym ograniczeniem w szerszym stosowaniu tego systemu są dosyć wysokie koszty. Na fotografiach 1 i 2 [6, 7] przedstawiono zasady montażu płyty wykładzinowej.

Wykładzina z płyt PEHD lub PP zapewnia całkowite i trwałe odcięcie betonu od agresywnego środowiska. Tak wykonane zabezpieczenia charakteryzują się wysoką odpornością na uszkodzenia i gwarantują wysoką skuteczność i nie-



Fot. 1. Montaż wykładziny w szalunku  
Fig. 1. Installation of the lining in the formwork



Fot. 2. Łączenie arkuszy wykładziny

Fig. 2. Joining lining sheets

zawodność. W obiektach remontowanych często płyty takie dodatkowo kotwi się do podłoża mechanicznymi łącznikami odpornymi na korozję, co eliminuje zagrożenia spowodowane niedokładnym przygotowaniem podłoża.

**Wykładziny z płyt bazaltowych.** Proces produkcji tych wyrobów polega na ich odlewaniu z roztopionego bazaltu w formach stalowych lub piaskowych. Surowiec bazaltowy o odpowiedniej jakości topiony jest w specjalnych piecach w temperaturze 1280 °C. Wykładziny na podstawie danych producenta [8] mają następujące właściwości:

- ciężar właściwy 29 ÷ 30 kN/m<sup>3</sup>;
- wytrzymałość na ściskanie 300 ÷ 450 MPa;
- wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu min. 45 MPa;
- współczynnik rozszerzalności termicznej dla zakresu temperatur 0 °C ÷ 100 °C wynosi 8 · 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup>;
- odporność chemiczna dla wskaźnika pH od 1 do 14;
- nasiąkliwość ≈ 0%;
- twardość w skali Mohsa min. 8°;
- odporność na skoki temperatury do 150 °C.

Wykładziny bazaltowe służą zarówno do zabezpieczania nowych obiektów, jak i do renowacji obiektów wyeksploatowanych. Płytki o bardzo różnych wymiarach produkowane są jako płaskie lub profilowane o różnych promieniach, co jest szczególnie istotne przy ich zastosowaniu do układania przewodów kanalizacyjnych lub zbiorników kołowych. Płytki przyklejane są na oczyszczone podłoża specjalnym klejem dostarczanym przez producenta, a spoiny wypełniane zaprawą epoksydową. Wykładziny bazaltowe charakteryzują się bardzo wysoką odpornością chemiczną i wysokimi parametrami wytrzymałościowymi, co stanowi istotną przesłankę do ich zastosowania w tych obiektach gospodarki ściekowej, gdzie zagrożenia korozyjne są naj-

większe. W przypadku podłoży silnie zanieczyszczone, gdy zachodzi ryzyko związane z niedokładnym usunięciem warstwy zawierającej zbyt duże stężenie siarczanów, zaleca się stosowanie dodatkowego mocowania płytek do podłoża łącznikami mechanicznymi.

### Przykłady realizacji

**Zbiornik uśredniający.** W jednej z podwrocławskich miejscowości, po krótkim okresie eksploatacji konieczna była renowacja żelbetowego zbiornika kołowego średnicy  $d = 11,0$  m i wysokości  $h = 5,0$  m. Pełnił on rolę zbiornika uśredniającego na terenie gminnej oczyszczalni ścieków. Stwierdzono niemal całkowite zniszczenie powłok izolacyjnych wykonanych z materiału o wysokiej odporności chemicznej, co doprowadziło do znacznych uszkodzeń korozyjnych betonu (na głębokość do ok. 25 mm).

Zaproponowano naprawę zbiornika z wykorzystaniem okładzin z płyt PEHD lub płytek bazaltowych. Inwestor zdecydował się na wariant z zastosowaniem płytek bazaltowych (fotografia 3). W celu zwiększenia trwałości i niezawodności tego rozwiązania przyjęto, że płytki bazaltowe o wymiarach 200 x 200 x 30 mm będą zamocowane do podłoża kotwami ze stali nierdzewnej. Przed wykonaniem zasadniczych prac powierzchnię betonu dokładnie oczyszczono i uzupełniono ubytki betonu tak, aby otulina zbrojenia miała grubość nie mniejszą od 30 mm.



Fot. 3. Wnętrze zbiornika wyłożonego płytami z bazaltu

Fig. 3. Interior of the tank lined with the basalt tiles

**Zbiornik zlewny.** Na terenie oczyszczalni ścieków w jednym z dolnośląskich miast starą konstrukcję zbiornika zamieniono na zbiornik zlewny (zbiornik do odbioru ścieków dostarczanych beczkowozami).

Modernizację zbiornika wykonano z użyciem betonu klasy C25/30, wodoszczelności W8, a mimo to w krótkim czasie doszło do znacznych uszkodzeń ko-

rozyjnych (głębokość korozji osiągała lokalnie ok. 80 mm, zbrojenie także zostało znacznie uszkodzone). Zalecono wykonanie prac z wykorzystaniem płyt PEHD. Po dokładnym oczyszczeniu powierzchni i zamontowaniu zbrojenia zastępującego skorodowane pręty ustawiono płyty PEHD oraz szalunek i uzupełniono skorodowany beton (zalecono beton SCC C35/45 na cemencie siarczanoodpornym). W górnej części ścian i na stropie odtworzono skorodowany beton, wykonując beton natryskowy na siatce mocowanej do podłoża. Na tak przygotowanym podłożu zamocowano mechanicznie płyty z PEHD. Po usunięciu szalunków płyty zostały zespane ekstruderem.

### Podsumowanie i wnioski

Naprawa obiektów gospodarki ściekowej, szczególnie narażonych na działanie środowiska o wysokiej agresywności chemicznej w stosunku do betonu, wymaga zastosowania odpowiednich technologii i materiałów doskonałej jakości. Wykorzystanie najnowszych osiągnięć chemii budowlanej nie zawsze jednak gwarantuje powodzenie, którego miarą jest możliwość dalszej, wieloletniej bezawaryjnej eksploatacji obiektu. Alternatywą dla chemii budowlanej, zwłaszcza w przypadku obiektów zagrożonych działaniem szczególnie agresywnego środowiska, jest zastosowanie wykładzin z płyt z tworzyw termoplastycznych lub płytek bazaltowych. Nieco wyższe koszty początkowe prac remontowych z wykorzystaniem tych rozwiązań, ze względu na bardzo dużą ich trwałość i niezawodność, liczone dla całego okresu eksploatacji mogą okazać się wyraźnie niższe niż z wykorzystaniem innych standardowych rozwiązań.

### Literatura

- [1] PN-EN 13670 Wykonywanie konstrukcji betonowych. Część 1: Uwagi ogólne.
- [2] PN-EN 13670:2011; Wykonywanie konstrukcji z betonu.
- [3] PN-EN 1542:2000; Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Metody badań.
- [4] PN-88/B-01807; Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Zasady diagnostyki konstrukcji.
- [5] PN-EN 206-1:2003: Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [6] Materiały informacyjne firmy AGRU-FRANK Polska Sp. z o.o.
- [7] Materiały informacyjne firmy AMARGO.
- [8] Materiały informacyjne firmy EUTIT.