

Izabela Małecka, Jerzy Wira, Zdzisław Jan Małecki

PODATNOŚĆ WYBRANYCH RUR POLIMEROWYCH SIECI I INSTALACJI WODOCIĄGOWYCH NA OBROSTY MIKROBIOLOGICZNE CZ. I

Streszczenie

Rurociągi przesyłające wodę sieciami i instalacjami wodociągowymi wykonane z tworzyw sztucznych (polimerów) charakteryzują się stosunkowo małą chropowatością powierzchni wewnętrznych, co może wpływać na zmniejszenie powstawania obrostów mikrobiologicznych. Wszelkiego rodzaju stosowane kompozyty (utwardzacze, utrwalacze czy stabilizatory) w procesie technologicznym produkcji polimerów, mogą być z czasem wypłukiwane i stanowią wówczas potencjalne źródło substancji odżywczych dla drobnoustrojów stymulujące ich przyrost. Występujące zjawisko korozji mikrobiologicznej w rurociągach przesyłających wodę, jest ściśle powiązane z obecnością błony biologicznej, pod którą łatwiej dochodzi do intensyfikacji procesów korozji a tym samym do technicznych uszkodzeń materiałów, z których wykonano rurociąg. Aktywność mikrobiologiczna drobnoustrojów znajdujących się w biofilmie powoduje zjawisko korozji mikrobiologicznej, która wpływa na zmianę tekstury powierzchni w następstwie przylegającej błony biologicznej co skutkuje ubytkami w polimerach spowodowanymi działalnością drobnoustrojów znajdujących się w obrostach.

Słowa kluczowe: rurociąg, polimery, obrosty mikrobiologiczne, drobnoustroje, korozja mikrobiologiczna, tekstura powierzchni, jakość wody

WPROWADZENIE

Istotnym problemem eksploatacyjnym sieci i instalacji wodociągowych w ostatnich latach jest zapewnienie wymaganej jakości wody dostarczanej odbiorcom. Pogarszające się warunki hydrauliczne w systemach dystrybucji wody w przedziale czasowym, spowodowane nierównomiernym poborem, przewymiarowaniem sieci i instalacji wodociągowej oraz stanem techniczno-eksploatacyjnym z dużym prawdopodobieństwem wpływają niekorzystnie na pogorszenie jakości przesyłanej wody co skutkuje zjawiskiem tzw. „wtórnego zanieczyszczenia” [Świdarska-Bróz, Wolska M, 2003]. W sieci wodociągowej zachodzą różne procesy fizyczne, chemiczne i biochemiczne mające wpływ na jakość przesyłanej wody. Jednym z istotnych zjawisk jest powstawanie błon biologicznych na wewnętrznych powierzchniach rurociągów [Świdarska-Bróz, Wolska M, 2005]

dr inż. Izabela MAŁECKA – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
prof. nadzw. dr hab. inż. Jerzy WIRA – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
prof. nadzw. dr hab. inż. Zdzisław Jan MAŁECKI – Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Łądowej i Wodnej „Euroexbud” w Kaliszu

Stagnacja wody w sieci i instalacji wodociągowej, przyczynia się do występowania procesów korozyjnych niszczących strukturę rurociągów, będących sprzyjającym podłożem do tworzenia się błon biologicznych. W ostatnich latach do budowy sieci i instalacji wodociągowych przesyłających wodę do picia oraz na cele gospodarcze stosowane są materiały syntetyczne takie jak: polichlorek winylu, polietylen, polibutylen oraz polipropylen.

Rurociągi wykonane z tworzyw sztucznych charakteryzują się stosunkowo małą chropowatością powierzchni wewnętrznych, co może wpływać na zmniejszenie powstawania obrostów mikrobiologicznych. Jednak wszelkiego rodzaju stosowane kompozyty (utwardzacze, utrwalcze czy stabilizatory) w procesach technologicznych produkcji polimerów mogą być z czasem wypłukiwane i stanowią wówczas potencjalne źródło substancji odżywczych dla drobnoustrojów stymulujących ich przyrost [Zyska B., Żakowska Z., 2005]. W czasie eksploatacji rurociągów, występuje zmiana natężenia przepływów mediów (pulsacyjny przepływ powodujący odrywanie się błony i przemieszczanie jej na dalsze odcinki rurociągu). Przy eksploatacji sieci i instalacji wodociągowych nie można pomijać zagrożeń epidemiologicznego (bakteria *Legionella*, grzyby mikroskopowe).

Mikrobiologia wody dotyczy przede wszystkim ekologii i oddziaływania metabolicznego drobnoustrojów. Rozpoznanie szerokich uzdolnień enzymatycznych bakterii i procesów mikrobiologicznych rozkładu materii organicznej jest bardzo istotne przy usuwaniu z wody różnego rodzaju zanieczyszczeń. Obowiązująca ocena sanitarna wody oparta jest na pośrednim wnioskowaniu o obecności form patogennych i tzw. bakterii wskaźnikowych, które żyją stale jako saprofity w przewodzie pokarmowym człowieka i zwierząt wyższych.

W systematach dystrybucji wody (innych mediów), występuje zjawisko związane z obrostami mikrobiologicznymi, powstającymi w wyniku dostawania się wraz z wodą (innymi mediami) do sieci wodociągowej (technologicznej) mikroorganizmów, których obecność jest konsekwencją niedoskonałości procesów oczyszczania (filtracji) [Pre'vast M., i in. 1998, Traczewska T.M., i in. 2009]. W następstwie wysokiej koncentracji bakterii w stagnującej wodzie (mediach), dochodzi do ich osadzania na ściankach rurociągów co skutkuje ich rozmnażaniem i tworzeniem kolonii, z których powstaje dojrzała forma biofilmu [Walker J., i in. 2000].

Znanymi w literaturze sposobami badań związanych z mikrośrodowiskiem są metody:

- mikrobiologiczna – wyznaczenie ogólnej liczby bakterii metodą płytkową Kocha z wykorzystaniem posiewu wgłębnego [PN-ISO 8199-2001; Rozporz. Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2000 r.],
- określenia zmian powstałych na powierzchniach z materiałów syntetycznych w wyniku biokorozji z wykorzystaniem urządzenia Taylor Hobson,
- identyfikacji wyizolowanych szczepów za pomocą aparatu PHOENIX oraz ATB,
- oznaczenie wybranych parametrów fizyczno-chemicznych w wodach dopływających oraz odpływających poprzez wykorzystanie reaktorów/mikrostatów,
- pomiaru tekstury powierzchni za pomocą przyrządu Form Talysurf – 120 I, firmy Taylor Hobson,
- oceny struktury biofilmu oraz powierzchni badanych polimerów z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM).

W literaturze naukowej krajowej i zagranicznej zagadnienia związane z mikrośrodowiskiem w instalacjach sanitarnych (m.in. wodnych i kanalizacyjnych) są stosunkowo dobrze rozpoznane. Natomiast monitorowanie mikrośrodowiska w pozostałych instalacjach sanitarnych i technologicznych odbywa się różnymi sposobami (technikami) stosowanymi w jednostkach badawczych. Dlatego też zaistniała konieczność podjęcia próby ujednoczenia techniki badawczej z zastosowaniem stanowiska do monitorowania mikrośrodowiska w instalacjach wodociągowych i pozostałych sanitarnych. Aktualne, zbiorowe systemy zaopatrzenia w wodę szczególnie na terenach wiejskich i systemy kanalizacyjne wymagają szerszego rozpoznania mikrośrodowiska.

CEL I ZAKRES BADAŃ

W oparciu o badania na polimerach syntetycznych w systemach instalacyjnych dystrybucji wody, zauważa się rozwój błony biologicznej co skutkuje efektami związanymi z pogorszeniem jakości mikrobiologicznej wody wraz z uzyskaniem znacznie gorszych parametrów fizyczno-chemicznych. Ponadto w następstwie procesów metabolicznych drobnoustrojów wchodzących w skład biofilmu, występują procesy korozyjne, skutkujące uszkodzeniem badanych materiałów.

Celem badań było określenie zmian powstających na powierzchni materiałów polimerowych w następstwie oddziaływania metabolicznego drobnoustrojów znajdujących się w błonie biologicznej oraz rozpoznanie podatności materiałów syntetycznych stosowanych w instalacjach systemów dystrybucji wody do picia, na zjawisko korozji mikrobiologicznej w zależności od jakości fizyczno – chemicznej i mikrobiologicznej przesyłu wody.

Zakres badań I etapu uwzględniał określenie:

- szacunkowej ogólnej liczby bakterii psychrofilnych (BP) i mezofilnych (BM) dla polichlorku winylu (PCV) i polietylenu (PE),
- wartości parametrów chropowatości PCV i PE przed i po ekspozycji na mikroorganizmy,
- średnich parametrów jakościowych wody zasilającej oraz za reaktorem (mikrostatem).

STANOWISKO DO MONITOROWANIA MIKROŚRODOWISKA W INSTALACJACH SANITARNYCH I TECHNOLOGICZNYCH

Stanowisko do monitorowania mikrośrodowiska (mikrostat) ma zastosowanie w instalacjach sanitarnych i technologicznych, w warunkach naturalnych i laboratoryjnych, w ośrodkach naukowo-badawczych i obiektach eksploatacyjnych dla potrzeb techniki sanitarnej związanej z inżynierią sanitarną i higieniczną, jak również technologiczną, szczególnie w przemyśle spożywczym (Wynalazek opublikowany w Biuletynie Urzędu Patentowego z dnia 10.09.2012 r., Nr 19 (1010) 2012, nr zgłoszenia 394096 dnia 03.03.2011, kod zgłoszenia A; Autorzy: Zdzisław Małecki, Izabela Małecka – Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej w Kaliszu).

Przedmiotowy wynalazek zastosowany do badań wchodzący w skład stanowiska do monitorowania mikrośrodowiska (mikrostat) w instalacjach sanitarnych i technologicznych składa się z rurociągu wykonanego z materiału stosowanego do badań wyposażonego od strony dopływu badanych mediów w zawór kulowy odcinający, czujnik pomiaru temperatury, przepływomierz, trzech elementów pomiarowych zamontowanych po obwodzie rurociągu co 120° i oddalonych od siebie po długości rurociągu ca. 50 cm (wyposażenie wynalazku w aparaturę pomiarową wynika z metodyki badań).

Przedmiot wynalazku odznacza się prostą konstrukcją, łatwym montażem (demon-tażem) w układ instalacji sanitarnych i technologicznych oraz umożliwia wykorzystanie stanowiska w różnych warunkach naturalnych i laboratoryjnych. Zastosowane elementy pomiarowe wyposażone w powierzchnie chwytne pozwalają na bardzo dokładne zarejestrowanie na tychże powierzchniach rzeczywiście przylegających bakterii, związków fizykochemicznych wytrąconych z transportowanych mediów. Stanowisko to może być zamontowane w miejscu eksploatacji rurociągów przepływowych oraz także w warunkach laboratoryjnych. Uzyskane wyniki badań pozwalają na określenie stanu mikrośrodowiska, a tym samym umożliwiają ocenę biologiczną i fizykochemiczną wytrąconych „osadów” oraz wskazują kierunki działań poprawiających stan mikrośrodowiska w instalacjach sanitarnych i technologicznych.

Przedmiotowy wynalazek przedstawiony na fotografii (fot 1) stanowi istotny element stanowiska do monitorowania mikrośrodowiska (mikrostat) w instalacjach sanitarnych i technologicznych.

Stanowisko do monitorowania mikrośrodowiska (mikrostat) w instalacjach sanitarnych i technologicznych składa się z rurociągu transportującego media (1), wbudowanego w układ istniejącej instalacji w warunkach naturalnych lub laboratoryjnych. Od strony dopływu badanych mediów wbudowano zawór kulowy odcinający (2), czujnik elektroniczny pomiaru temperatury (3) oraz przepływomierz (4). Po obwodzie rurociągu zamontowano trzy elementy pomiarowe (5) w rozstawie co 120° i oddalone od siebie po długości rurociągu w kierunku przepływu mediów co 50 cm (ograniczenie spowodowania ruchu turbulentnego przepływających mediów).

Ponadto istnieje możliwość zamontowania w mikrostatcie mini obiektywu kamery w postaci elementu pomiarowego (5) w celu „podglądu” obrotów oraz ruchu (laminarnego lub połączonego z turbulentnym) strumieni badanych mediów.

OBIEKT BADAŃ I METODYKA

Do budowy sieci i instalacji wodociągowej wykorzystywane są różne materiały techniczne, do których zaliczamy surowce naturalne takie jak: stal, miedź czy żeliwo oraz surowce wytwarzane w procesach chemicznych do których należy: polichlorek winylu (PCV), polietylen (PE), polipropylen (PP) oraz poli-1-butylene (PB). W przypadku rurociągów o dużych średnicach tj. sieci wodociągowych magistral nadal stosunkowo często stosuje się przewody tranzytowe wykonane ze stali oraz żeliwa, które to znacznie częściej ulegają uszkodzeniom mechanicznym i korozji elektrochemicznej. Ponadto podczas procesu hartowania często powstają pęknięcia i mikroszczeliny, w których to

w wyniku eksploatacji wytrącają się mikroorganizmy powodujące korozję mikrobiologiczną [Kuś K., Ścieranka G., 2005].

Na uwagę zasługuje fakt a mianowicie, że miedź jest także podatna na korozję w następstwie różnicy temperatur (np. część rurociągu przesyłającego wodę umieszczona w temperaturze np. 10 °C, a druga część w temperaturze np. 25 °C). W przypadku niewłaściwego łączenia elementów instalacji sanitarnych (np. elementów stalowych z mosiężnymi) na styku dochodzi do korozji elektrochemicznej. Ponadto materiały zawierające metale, ulegają również korozji mikrobiologicznej w następstwie obecności drobnoustrojów którym sprzyjają substancje zawarte w rurociągach (procesy metaboliczne) [Świdarska-Bróz M., Wolska M., 2003]. W celach ograniczenia korozji materiałów naturalnych stosuje się inhibitory korozji, którymi najczęściej są otrofosforany (substancje zawierające fosfor).

W I etapie badań wykorzystano materiały syntetyczne: polichlorek winylu (PCV), polietylen (PE), stosowane do dystrybucji wody do picia.

I etap badań uwzględniał okres badawczy (od 04.2013 do 06.2013 – Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Łądowej i Wodnej w Kaliszu) w odniesieniu do układu przepływowego z wykorzystaniem wody z sieci wodociągowej. Stanowisko badawcze zamontowano z uwzględnieniem dwóch wariantów pomiarowych a mianowicie: podstawowe w pomieszczeniu laboratorium oraz pomocnicze na zewnątrz pomieszczenia laboratorium (narażone na promieniowanie słoneczne). Do badań zastosowano rurociągi wykonane z materiałów syntetycznych: polichlorek winylu (PCV), polietylen (PE).

W procesie technologicznym wytwarzania polichloroku winylu (PCV) dla uzyskania odpowiedniego pH, dodawane są fosforany, węglany oraz wodorotlenki metali alkalicznych. Z czasem mogą być wypłukiwane do wody substancje pomocnicze stosowane przy produkcji rurociągów z PCV co może stanowić źródło pokarmu dla bakterii i grzybów.

Rurociągi wykonane z polietylenu są bardziej podatne na biodegradację. Polietylen (PE) wykazuje właściwości hydrofobowe skutkujące jednocześnie znacznym obniżeniem podatności na obrosty mikrobiologiczne ale nie eliminujące całkowicie tworzenia się na jego powierzchni błon biologicznych.

Ponadto polichlorek winylu (PCV) i polietylen (PE) są wrażliwe na rozkład mikrobiologiczny oraz ulegają procesom „starzenia się materiału” w warunkach występowania dużego natlenienia [Pielichowski J., Puszyński A., 1998; Świdarska-Bróz M., 2003].

W trakcie badań pobrano próbki wody i wyznaczono zmiany jakości parametrów w zależności od odległości w odniesieniu do miejsca badań. Laboratorium do którego doprowadzano wodę zasilane jest przyłączem oddalonym około 25m od sieci wodociągowej. Ponadto uwzględniono przy ocenie materiał z jakiego jest wykonany rurociąg przyłącza wody wraz z czasookresem jego eksploatacji (tj. wieku – 15 lat).

W oparciu o uzyskane wyniki badań opisano czynniki wpływające na powstawanie błony biologicznej na materiałach polimerowych wykorzystywanych do badań i stosowanych w instalacjach wodociągowych oraz dokonano oceny oddziaływania obrostów mikrobiologicznych na jakość przesyłanej wody i zagrożenie z tego wynikające dla odbiorców.

Ponadto wykonano badania zmian powierzchni materiałów które dały podstawę do wstępnego określenia wielkości mikrobiologicznej korozji materiałów syntetycznych, co

ma istotne znaczenia w przypadku dłużej eksploatowanych rurociągów. Drobnoustroje znajdujące się w obrotach mikrobiologicznych charakteryzuje zróżnicowane zapotrzebowanie na substancje nieorganiczne i organiczne.

W metodyce badań przy realizacji następnych etapów badawczych należy uwzględnić także czynniki odpowiadające za zmiany parametrów jakościowych przesyłanej wody wodociągowej a mianowicie: strukturalne (rodzaj materiału, średnica przewodu), eksploatacyjne (prędkość przepływu wody, ciśnienie, struktura sieci), jakościowe (brak stabilności chemicznej i biologicznej wody).

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ I ETAPU

Szacunkową ogólną liczbę bakterii psychofilnych (BP) i mezofilnych (BM) dla polichloroku winylu (PCV) wyznaczono metodą płytkową Kocha z wykorzystaniem posiewu wgłębnego [PN-ISO 8199:2001 „Jakość wody. Ogólne wytyczne oznaczania liczby bakterii metodą hodowli”, Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r., w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, DZ.U. 07.61.417).

Przy oznaczaniu szacunkowym ogólnej liczby bakterii psychrofilnych inkubacja trwała 3 doby w temperaturze $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Natomiast oznaczenie szacunkowej ogólnej liczby bakterii mezofilnych inkubacja trwała 2 doby w temperaturze $37 \pm 2^\circ\text{C}$. W ba-

Tabela 1. Szacunkowa liczba osiadłych na podłożu bakterii przypadająca na jednostkę powierzchni

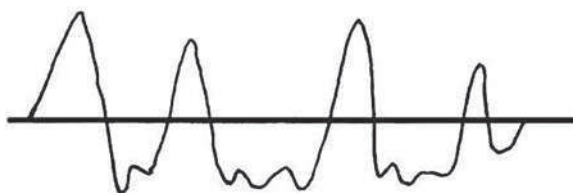
Liczba bakterii	Jednostka	PCV	PE
Psychrofilnych	jtk/cm ²	26×10^3	15×10^4
Mezofilnych	jtk/cm ²	11×10^3	6×10^3

Tabela 2. Wartości parametrów chropowatości w odniesieniu do PCV i PE przed i po ekspozycji na mikroorganizmy

Parametr chropowatości (uśrednione wartości)			Nowy rurociąg	Po zetknięciu z mikroflorą wodociągową	Wielkość zmian [%]
Nazwa	Oznaczenie	Jednostka			
Polichlorek winylu (PCV)					
Skośność powierzchni	S _{SK}	-	0,72	0,23	-68,1
Wysokość najwyższego szczytu	S _p	μm	6,25	6,45	3,2
Głębokość największego wgłębienia	S _v	μm	4,50	4,61	2,4
Polietylen (PE)					
Skośność powierzchni	S _{SK}	-	0,13	0,04	-69,2
Wysokość najwyższego szczytu	S _p	μm	5,50	4,32	-21,5
Głębokość największego wgłębienia	S _v	μm	4,95	4,29	-13,3

daniach laboratoryjnych zastosowano podłoże mikrobiologiczne tj. ogólnie stosowaną pożywkę dla mniej wymagających drobnoustrojów – agar odżywczy wzbogacony (A).

Materiałem charakteryzującym się mniejszym stopniem zasiedlenia przez drobnoustroje jest polichlorek winylu (PCV) w porównaniu do polietylenu (PE). Powstałe na polimerach błony biologiczne charakteryzują się znacznym udziałem bakterii psychrofilnych. Ponadto po usunięciu biofilmu z materiałów syntetycznych (PCV, PE), próbki poddano ocenie zmian tekstury powierzchni, porównując z wynikami analiz wykonanych przed inkubacją polimerów.



Rys. 1. Schemat powierzchni polimerów – odchylenia spowodowane obrostami mikrobiologicznymi od płaszczyzny odniesienia (nowego rurociągu)

Płaszczyzna odniesienia

Skośność dla polichlorku winylu ($S_{sk} = 0,72$) jest wyższa w porównaniu do skośności dla polietylenu ($S_{sk} = 0,13$). Dodatkowo wartości parametru skośności powierzchni (S_{sk}), potwierdzają, że badane polimery wykazują chropowatość powierzchni charakteryzującą się znacznymi wysokościami szczytów. Zmniejszenie skośności potwierdza obniżenie wysokości szczytów chropowatości powierzchni co skutkuje jej wygładzeniem.

Wzrost wysokości najwyższego szczytu ($S_p = 6,25 \mu\text{m}$) dla polichlorku winylu (PCV) jest większy w porównaniu do polietylenu ($S_p = 5,50 \mu\text{m}$). Natomiast głębokość największego wgłębienia ($S_v = 4,50 \mu\text{m}$) dla polichlorku winylu (PCV) jest nieznacznie mniejsza w porównaniu do wartości ($S_v = 4,95$) dla polietylenu (PE).

Różnice średniego arytmetycznego odchylenia od profilu (płaszczyzny odniesienia) przed i po ekspozycji polimerów na mikroorganizmy obecne w wodzie wodociągowej i tworzące na powierzchni biofilm są stosunkowo nieznaczne.

Polichlorek winylu (PCV):

- nowy rurociąg – wartość odchylenia: $S_r = S_{pr} - S_{vr} = 6,25 - 4,50 = 1,75 \mu\text{m}$,
- po zetknięciu z mikroflorą wodociągową – wartość odchylenia:

$$S_m = S_{pm} - S_{vm} = 6,45 - 4,61 = 1,84 \mu\text{m},$$

gdzie: S_r (S_{pr} , S_{vr}) – odchylenia dla rurociągu (r)

S_m (S_{pm} , S_{vm}) – odchylenia po zetknięciu z mikroflorą wodociągową (m)

Wartość bezwzględna (amplituda) średniego arytmetycznego odchylenia:

$$\Delta_m \text{ (PCV)} - \Delta_r \text{ (PCV)} = S_m - S_r = 1,84 - 1,75 = 0,09 \mu\text{m}$$

Polietylen (PE):

- nowy rurociąg – wartość odchylenia: $S_r = S_{Pr} - S_{Vr} = 5,50 - 4,95 = 0,55 \mu\text{m}$,
- po zetknięciu z mikroflorą wodociągową – wartość odchylenia:

$$S_m = S_{Pm} - S_{Vm} = 4,32 - 4,29 = 0,03 \mu\text{m},$$

Wartość bezwzględna (amplituda) średniego arytmetycznego odchylenia:

$$\Delta_r(\text{PE}) - \Delta_m(\text{PE}) = S_r - S_m = 0,55 - 0,03 = 0,52 \mu\text{m}$$

Stwierdzono, że dla polietylenu (PE) amplituda odchylenia (wartość bezwzględna) jest większa ($\Delta_r(\text{PE}) - \Delta_m(\text{PE}) = 0,52 \mu\text{m}$) w porównaniu do polichlorku winylu ($\Delta_m(\text{PCV}) - \Delta_r(\text{PCV}) = 0,09 \mu\text{m}$). Ubytki w materiałach polimerów są następstwem korozji mikrobiologicznej.

W okresie badań pobierano także do analizy próbki wody i określono zmiany pH oraz wartości stężeń: ogólnego węgla organicznego (OWO), amoniaku, azotynów, azotanów, fosforu nieorganicznego oraz wskaźnika przewodności elektrycznej właściwej.

Tabela 3. Średnie parametry jakościowe wody zasilającej w porównaniu do wody za reaktorem (mikrostatem). Okres badań 04-06.2013r. Badania wykonano na trzech próbkach wody. Wersja z PCV

Parametry	Jednostka	Wartość dopuszczalna (norma)	Wartości pomierzone (przyłącze)			Wartości średnie (mikrostan - PCV)			
			min	max	średnie	Min		Max	
						zasil. przed reaktorem	za reaktorem	zasil. przed reaktorem	za reaktorem
pH	-	6,50-9,50	6,50	8,30	7,40	7,40	8,80	7,50	8,65
Węgiel organiczny (OMO)	mg C/dm ³	5,00	1,425	3,535	2,48	2,39	2,51	2,42	2,52
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	0,50	<0,005	<0,15	<0,10	<0,10	<0,15	<0,12	<0,20
Azotyny	N-NO ₂ ⁻ /dm ³	0,50	<0,015	<0,025	<0,02	<0,018	<0,025	<0,027	<0,028
Azotany	N-NO ₃ ⁻ /dm ³	50	1,5	3,1	2,3	2,25	2,35	2,45	2,55
Fosfor nieorganiczny	PO ₄ ⁻³ /dm ³	-	0,01	0,16	0,09	0,01	0,08	0,01	0,08
Przewodność elektryczna właściwa	μS/cm w25°C	2500	458	850	654	650	660	670	685

Uzyskane wyniki pH wskazują, że w czasie badań odczyn wody odpływającej z mikrostatu (reaktora) był wyższy w stosunku do odczynu wody zasilającej badany polimer (PCV). Za wzrost odczynu wody prawdopodobnie mogą być odpowiedzialne: stabilizatory, plastyfikatory, antystatyki i inne substancje stosowane przy produkcji rurociągów z tworzyw sztucznych, które wypłukiwane lub uwalniane są w wyniku biokorozji.

W przypadku węgla organicznego (OMO) zawartego w wodzie odpływającej z polimeru (PCV), nie stwierdzono na początku badań znaczących różnic w stosunku do

stężenia OWO w zasilającej wodzie wodociągowej. Jednak z upływem czasu pojawiły się widoczne różnice w relacji stężeń (wzrost stężenia w wodzie zasilającej mikrostat) czego powodem prawdopodobnie mogły być zachodzące procesy podczas tworzenia obrostów.

W przypadku azotanów i azotynów zawartych w wodzie odpływającej z polimeru (mikrostatu) stwierdzono najpierw nieznaczny spadek stężeń w porównaniu do średniego stężenia w wodzie dopływającej z przyłącza wodociągowego do mikrostatu a następnie zauważalny wzrost (powodem tego mogły być także procesy zachodzące podczas tworzenia obrostów)

Oдноśnie stężenia amoniaku i wskaźnika przewodności elektrycznej właściwej zauważono również tendencję nieznacznie wzrostową za mikrostatem w porównaniu do wyników przed mikrostatem.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania I etapu umożliwiły dokonanie wstępnej oceny podatności materiałów polimerowych stosowanych do przesyłu wody do picia na tworzenie na ich powierzchni obrostów mikrobiologicznych.

Składniki materiałowe, z których zbudowane są rurociągi polimerowe wykonane z polichlorku winylu (PCV), polietylenu (PE), wykorzystywane do przesyłu wody do picia z dużym prawdopodobieństwem mogą stanowić źródło substancji pokarmowych dla bakterii.

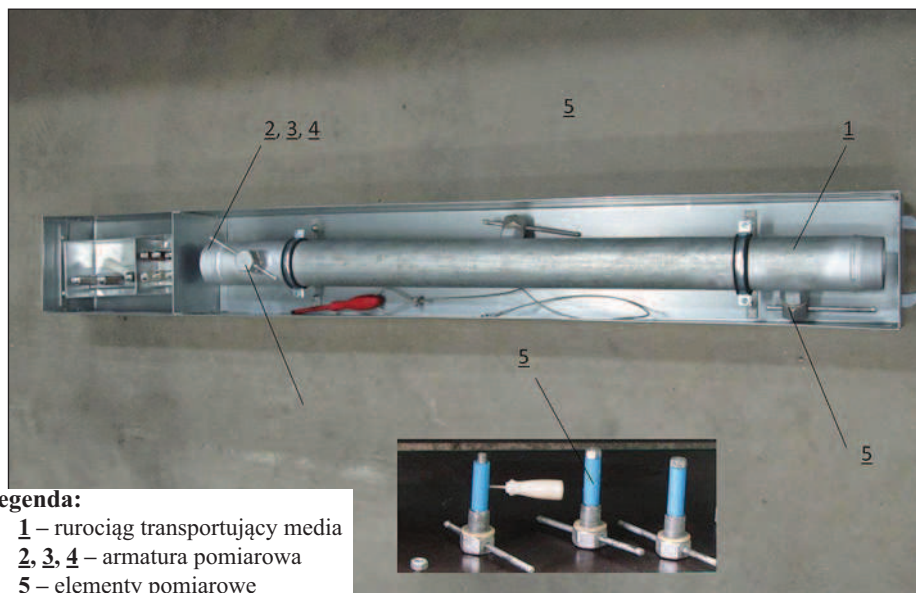
Aktywność metaboliczna drobnoustrojów znajdujących się w biofilmie powoduje zjawisko korozji mikrobiologicznej polimerów, w następstwie przylegającej do ich powierzchni błony biologicznej co skutkuje ubytkami w polimerach spowodowane działalnością drobnoustrojów znajdujących się w obrostach (skośność uszkodzonej powierzchni badanego rurociągu wynosi $S_{SKsr} = 68,65\%$ w stosunku do wartości wyjściowych nowego rurociągu).

Uzyskane wyniki badań wskazują, że odczyn wody odpływającej z mikrostatu (reaktora) jest wyższy w stosunku do odczynu wody zasilającej badany polimer (PCV). Natomiast stężenia azotanów i azotynów wykazują tendencję najpierw spadkową a z upływem czasu nieznacznie wzrostową co wskazuje na tworzenie się dojrzałej formy biofilmu.

Różnice arytmetycznego odchylenia od profilu (płaszczyzny odniesienia) przed i po ekspozycji polimerów na mikroorganizmy obecne w wodzie wodociągowej i tworzące na powierzchni biofilm są stosunkowo nieznaczne dla polichlorku winylu (amplituda odchylenia wynosi $0,09 \mu\text{m}$) oraz zauważalne dla polietylenu (amplituda odchylenia wynosi $0,52 \mu\text{m}$).

Zjawisko korozji mikrobiologicznej jest ściśle powiązane z obecnością błony biologicznej, pod którą łatwiej dochodzi do intensyfikacji procesów korozji a tym samym do technicznych uszkodzeń materiałów z których wykonano rurociąg.

Stosowanie materiałów polimerowych (syntetycznych) do przesyłu wody nie w pełni chroni sieć i instalację wodociągową przed wtórnym zanieczyszczeniem mikrobiologicznym i postępującymi procesami korozyjnymi co niewątpliwie ma wpływ z dużą dozą



Legenda:

- 1 – rurociąg transportujący media
- 2, 3, 4 – armatura pomiarowa
- 5 – elementy pomiarowe

Fot. 1. Elementy stanowiska do monitorowania mikrośrodowiska w instalacjach sanitarnych i technologicznych (Biuletyn Urzędy Patentowej z dnia 10.09.2012 r., nr 19(1010)/2012) fot. Z. Staszewski, 2013r.



Fot. 2. Laboratorium inżynierii wodnej i glebowo-gruntowej. Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Łądowej i Wodnej EUROEXBUD w Kaliszu, fot. Z. Staszewski, 2012r.



Fot. 3. Stanowiska badawcze (narożnik i po prawej stronie): do monitorowania przemieszczającej się wody w strefie aeracji profilu glebowego – Patent nr 195569, Urząd Patentowy RP, fot. Z. Staszewski, 2013r.



Fot. 4. Stanowiska badawcze(po lewej stronie): do monitorowania mikrośrodowiska w instalacjach wodociągowych (PE). Wynalazek opublikowany w: Biuletynie Urzędu Patentowego z dnia 10.09.2012 r., nr 19(1010)/2012, fot. Z. Staszewski, 2013r.

prawdopodobieństwa na pogorszenie: jakości mikrobiologicznej wraz z parametrami fizyko-chemicznymi wody dostarczanej do odbiorców.

W przypadku rurociągów syntetycznych istotnym czynnikiem wpływającym na zmiany materiałów jest promieniowanie słoneczne.

LITERATURA

1. Kuś K., Ścieranka G.: Wpływ materiału i parametrów eksploatacyjnych sieci wodociągowej na jakość wody na przykładzie Chorzowsko – Świętochłowieckiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Chorzowie. *Ochrona Środowiska* 27, nr 4, s.31-33, 2005.
2. PN-ISO 8199-2001 “Jakość wody. Ogólne wytyczne oznaczenia liczby bakterii metodą hodowli”.
3. Prévast M., Rompre’ A., Coallier J., Servais P., Laurent P., Clément B., Lafrance P.: Suspended bacterial biomass and activity in full – scale drinking water distribution systems: impact of water treatment. *Water Research*, Vol. 32, No. 5, 1393-1406, 1998.
4. Pielichowski J., Puszyński A.: *Technologia tworzyw sztucznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
5. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 07.61.417).
6. Świdarska-Bróz M.: Wtórne zanieczyszczenie wody w systemie jej dystrybucji, III Konferencja Naukowa – Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka, s. 13-22, Częstochowa 2003.
7. Świdarska-Bróz M., Wolska M., Korozyjność wody wodociągowej a zjawiska zachodzące w systemie jej dystrybucji, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1/2003.
8. Świdarska-Bróz M., Wolska M., Ocena wtórnego zanieczyszczenia niestabilnej chemicznie wody w systemie dystrybucji wody, *Ochrona Środowiska* 27, Nr 4, s. 35-38, 2005.
9. Świdarska-Bróz M., Wolska M., Korozyjność wody wodociągowej a zjawiska zachodzące w systemie dystrybucji wody, *Ochrona Środowiska* 27, nr 4, s. 35-38, 2005.
10. Traczewska T.M, Sitarska M.: Development of biofilm on synthetic polymer used in water distribution:, *Environmental Protection Engineering* Vol. 35, No. 1, 151-159, 2009.
11. Walker J., Surman S., Jass J.: *Industrial biofouling. Detection, Prevention and Contral*, John Wiley & Sons, Chichester 2000.
12. Zyska B., Żakowska Z.: *Mikrobiologia materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2005.

THE SUSCEPTABILITY OF SELECTED INTERNAL POLYMER PIPES TO MICROBIOLOGICAL OVERGROWTH

Summary

The internal surface of water system pipelines made of polymers is relatively less rough, which may result in the decrease of microbiological overgrowth. All kinds of composites (hardeners, fixatives or stabilizers) used in the technological process of polymer production may be leached out over time and thus make a potential source of nourishing substances for microorganisms, which will stimulate their overgrowth. The phenomenon of microbiological corrosion taking place in water pipelines is closely related to the presence of a biological film under which the corrosion processes are intensified easily resulting in technical damage to the materials used to make the pipeline. The activity of the microorganisms present in the

biofilm provokes microbiological corrosion which produces changes in the texture of the pipe surface adjoining the microbiological film. This results in cavities in polymers caused by the activity of the microorganisms present in the overgrowth.

Kew words: pipeline, polymers, microbiological overgrowth, microorganisms, microbiological corrosion, surface texture

SUSZEPTIBILITÄT DER AUSGEWÄHLTEN POLYMERNETZE BEI WASSERLEITUNGEN GEGEN MIKROBIELLEN BEWUCHS

Zusammenfassung

Die Wasserleitungen aus Kunststoffen (Polymeren) zeichnen sich durch kleine Rauheit der Aussenflächen aus, was zur Verminderung des entstehenden mikrobiellen Bewuchses beitragen kann. Allerartige Stoffe (Verhärtungs- Fixiersubstanzen, Stabilisatoren), die technologisch bei der Produktion der Polymere angewendet werden, können mit der Zeit ausgeschwemmt werden und bilden eine potentiale Nahrungsquelle für den Bewuchs der Mikroorganismen. Das Phänomen der mikrobiellen Korrosion in Wasserleitungen ist streng verbunden mit dem Auftreten eines mikrobiellen Films, unter dem leichter und intensiver die Korrosionsprozesse vorkommen. Damit werden auch die Stoffe technisch leichter beschädigt. Die mikrobielle Aktivität der Mikroorganismen im Biofilm verursacht die Erscheinung der mikrobiellen Verrostung, die einen Einfluss auf die Veränderung der Flächentextur ausübt. Dies trägt zur Entstehung der Defekte an Polymeren bei, die durch in Bewuchs auftretenden Mikroorganismen verursacht werden.

Schlüsselworte: Wasserleitung, Polymer, mikrobieller Bewuchs (Film), Mikroorganismen, mikrobielle Korrosion, Flächentextur