

## Ekologiczne aspekty mycia wagonów pasażerskich

***Mycie wagonów pasażerskich z zewnątrz zwykle kojarzy się pasażerom z utrzymaniem estetyki i higieny; pracownikom zakładów taboru i zakładów naprawczych – ze względną złożonością procesów mycia i stosowanymi w tym procesie urządzeniami i instalacjami. Rzadziej problematyka mycia kojarzy się z zanieczyszczaniem środowiska naturalnego i z wynikającymi z tego zagrożeniami.***

***Artykuł ma na celu przedstawienie danych jakościowych i ilościowych z tego zakresu. Pozwolą one zorientować się w charakterze i wielkości występujących zagrożeń.***

Omówiony zostanie fragment problemu, tj. zagrożenia powstające tylko przy myciu wagonów z zewnątrz. Świadomość tego, że dochodzą jeszcze zagrożenia powstające w wyniku mycia wagonów wewnątrz, w wyniku odfekalniania, płukania i dezynfekcji zbiorników na wodę oraz oczyszczania wszystkich elementów wagonów podczas naprawy w zakładach taboru i w zakładach naprawczych, potęguje skalę problemu.

W artykule wykorzystano dane zebrane podczas wykonywania (pod kierunkiem autora) pracy dyplomowej na specjalności Ekologia i Eksploatacja Maszyn, na Wydziale Silników i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej.

Warto przy tym zauważyć, że absolwenci tej specjalności mogliby być z pożytkiem wykorzystani przez instytucje zajmujące się eksploataowaniem pojazdów szynowych, takie jak PKP, metro czy przedsiębiorstwa tramwajowe, ponieważ problematyka tam występująca jest w istocie taka sama.

### **Specyfika mycia**

Aby przyczyny zagrożenia środowiska były bardziej zrozumiałe, warto pokrótce omówić właściwości środków myjących i sam proces mycia, w kontekście występujących w nim zjawisk fizykochemicznych [1].

Usuwanie zanieczyszczeń z elementów metodą zanurzenia ich w cieczy myjącej lub natryskiwania strumieniem cie-

czy myjącej nazywa się myciem. Wagony z zewnątrz myte są metodą natryskową, z użyciem szczotek jako czynnika wspomagającego. Procesowi mycia towarzyszą zjawiska zwilżania powierzchni, emulgowania, peptyzacji i solubilizacji zanieczyszczeń. Aby wymienione zjawiska – mające wpływ na skuteczność i czas mycia – mogły wystąpić, muszą być spełnione określone warunki dotyczące składu i właściwości środka myjącego oraz parametrów procesu mycia, tj. temperatury środka myjącego, ciśnienia strumienia natryskiwanej cieczy, intensywności natrysku, czasu działania roztworu myjącego, parametrów nacierania mytej powierzchni szczotkami.

Roztwory myjące powinny charakteryzować się aktywnością powierzchniową, którą zapewniają celowo dodane lub powstające w procesie mycia substancje powierzchniowo-czynne (SPC). Substancje te umożliwiają zwilżanie mytej powierzchni oraz wnikanie środka myjącego w pory i kapilarnie pęknięcia warstwy zanieczyszczeń, a w rezultacie oddzielanie zanieczyszczeń od podłoża. Ponadto umożliwiają emulgowanie, tj. rozpraszanie w sposób trwały ciekłych zanieczyszczeń w roztworze myjącym (np. olejów) oraz peptyzację, tj. rozdrabnianie zanieczyszczeń stałych w roztworze myjącym (np. osadzonych na powierzchni wagonu cząstek pyłów porywanych z torowiska, produktów korozji, substancji organicznych pochodzących z toalet).

Substancje powierzchniowo-czynne lub specjalne środki chemiczne umożliwiają też takie zwiększenie rozpuszczalności zanieczyszczeń, że ich stężenie w roztworze myjącym przekracza znacznie stężenie nasyconych roztworów tych substancji w wodzie. Zjawisko to nazywa się solubilizacją, a związki zwiększające rozpuszczalność – solubilizatorami.

Proces mycia przebiega następująco. Stężony środek myjący, zawierający substancje powierzchniowo-czynne, emulgatory i solubilizatory rozpuszczany jest w wodzie. Napięcie powierzchniowe powstałego w ten sposób roztworu myjącego jest znacznie niższe niż samej wody, dzięki czemu natryskany na powierzchnię wagonu roztwór dobrze zwilża hydrofobowe zanieczyszczenia znajdujące się na tej powierzchni. Wnika w najmniejsze szczeliny i spękania warstewki zanieczyszczeń i rozdrabnia zanieczyszczenia na małe cząsteczki. Proces wspomagany jest przy tym mechanicznym działaniem strumienia natryskiwanej cieczy i następnym działaniem szczotek wirujących, które cząstki zanieczyszczeń odrywają od podłoża.

Na hydrofobowych cząsteczkach zanieczyszczeń gromadzą się molekuly substancji powierzchniowo-czynnych, tworząc hydrofilową warstewkę osłabiającą powiązanie zanieczyszczeń z podłożem (mytym poszyciem wagonu, szybą, ramą itp.).

Przy mechanicznym działaniu strumienia cieczy i szczotek cząstki zanieczyszczeń są odrywane i przechodzą do roztworu. Większe cząsteczki zanieczyszczeń, które nie uległy rozdrobnieniu, także pokrywają się błoną substancji powierzchniowo-czynnych, a następnie przechodzą do roztworu myjącego, podlegając emulgowaniu lub peptytacji. Wszystkie cząstki zanieczyszczeń są usuwane z roztworu myjącego w procesie jego oczyszczania lub wymiany na świeży.

W procesie mycia główną rolę odgrywa zatem adsorpcja substancji powierzchniowo-czynnych, następstwem której są następujące procesy: obniżenie napięcia powierzchniowego roztworu myjącego i podwyższenie jego właściwości zwilżających, peptyzacja, emulgowanie. Z punktu widzenia procesów mycia, w zbiorze właściwości roztworów substancji powierzchniowo-czynnych można wyróżnić dwie podstawowe:

- powierzchniową aktywność polarnych molekuł roztworów myjących;
- wytrzymałość adsorbowanych błonek wytworzonych przez substancje powierzchniowo-czynne.

Inaczej mówiąc podstawą skuteczności mycia wszystkich stosowanych środków myjących jest ich aktywność powierzchniowa, tzn. zdolność substancji powierzchniowo-czynnych zawartych w tych środkach do adsorbowania się na powierzchniach granicznych zanieczyszczeń usuwanych przez roztwór myjący. Warunkiem koniecznym występowania działania myjącego jest dostateczna mechaniczna wytrzymałość adsorbowanych błonek SPC, od której zależy możliwość wystąpienia takich właściwości roztworów myjących, jak zdolność emulgowania, peptytacji oraz solubilizacji. Roztwory myjące zawierają różne komponenty, dobierane z uwzględnieniem rodzaju usuwanych zanieczyszczeń, materiału mytych elementów i sposobów mycia.

Do typowych składników roztworów myjących zalicza się sodę kaustyczną ( $\text{NaOH}$ ), sodę kalcynowaną ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), sole kwasu krzemowego ( $\text{mNa}_2\text{nSiO}_2$ ), trójazotan fosforu ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), dwuchromian potasu ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), szkło wodne. Nowoczesne roztwory myjące są bardzo złożone, a ich skład stanowi tajemnicę producenta. Mogą w nich występować takie składniki, jak: kwas octowy, azotowy, solny, chromowy, fluorowodorowy, fosforowy, tioglikolowy, szczawiowy, amoniak, detergenty biodegradacyjne. Przytoczone ogólne informacje o składnikach sygnalizują zagrożenia jakie może powodować stosowanie środków myjących na szeroką skalę.

### Materiały elementów podlegających myciu

Zewnętrzna część wagonów zawiera elementy wykonane ze stali (poszycie) pokrytej powłokami malarskimi, szkła (szyby), gumy (uszczelki i wałki w przejściach międzywagonowych), tworzyw sztucznych, żeliwa i metali kolorowych, głównie stopów aluminium.

Okolo 85% powierzchni zewnętrznej wagonów stanowią powłoki malarskie, a okolo 12% – szyby. Roztwory myjące muszą być dobierane tak, aby skutecznie usuwały zanieczyszczenia, ale i tak aby nie powodowały uszkodzeń materiałów, z których zbudowane jest nadwozie wagonu. Środki myjące są poddawane badaniom w tym zakresie. Ponieważ przy myciu wagonów stosowane są szczotki jako czynnik wspomagający proces mycia, materiały mytych elementów są w pewnym stopniu ścierane (głównie powłoki malarskie) i jako zanieczyszczenia występują w osadach po myciu.

Materiały stosowane w budowie wagonów mają też pośredni wpływ na zanieczyszczenia powstające po myciu. Dotyczy to zwłaszcza materiałów malarskich. Chodzi o podatność materiałów na zabrudzenie. Duża podatność powoduje

większe gromadzenie się zanieczyszczeń w czasie, i odwrotnie. Największą podatność na brudzenie wykazują materiały malarskie, a wśród nich powłoki ftalowe, które są stosunkowo miękkie i mało odporne na działanie kwasów, alkaliów, środków utleniających i rozpuszczalników organicznych. Najtrudniej usuwa się z nich zabrudzenia. Najkorzystniejsze pod tym względem są powłoki poliuretanowe i epoksyestrowe, przy czym te ostatnie plasują się między ftalowymi a poliuretanowymi. Z innych materiałów pewne kłopoty sprawiają aluminiowe ramy okien, na których łatwo gromadzą się zanieczyszczenia trudne do usunięcia.

### Charakterystyka zanieczyszczeń powstających w procesie użytkowania wagonów

Pewne informacje z tego zakresu zostaną podane celem scharakteryzowania jakie zanieczyszczenia przechodzą do ścieków i osadów usuwanych następnie z myjni. Skład chemiczny, sposób powiązania zabrudzeń z powierzchnią wagonu oraz sposób utrwalania zabrudzeń zależy od następujących czynników [3]:

- rodzaju trakcji (elektryczna lub spalinowa),
- rodzaju pociągu (osobowy, pospieszny),
- stopnia zanieczyszczenia środowiska na trasie przejazdu (zwłaszcza powietrza),
- prędkości jazdy i czasu jej trwania,
- warunków atmosferycznych w czasie jazdy,
- składu chemicznego roztworu myjącego i wody stosowanej do płukania oraz technologii mycia.

Orientacyjny przeciętny skład zanieczyszczeń zewnętrznych powierzchni wagonów pasażerskich przedstawiono w tablicy 1 [4].

Tablica 1

### Udział składników zanieczyszczeń

Składniki zanieczyszczeń	Udział [%]
Pyły mineralne	30 ÷ 59
Pyły żelaza i jego tlenków	20 ÷ 25
Sadze	3 ÷ 5
Oleje mineralne i tłuszcze	10 ÷ 27
Tlenki miedzi	0,2

Ponadto występują zanieczyszczenia pochodzenia organicznego i produkty ich rozkładu, głównie ekskrementy z ubikacji wagonów.

Przyjmuje się [3], że średnia ilość wszystkich zanieczyszczeń osiadających na powierzchni jednego wagonu na dobę, po przejechaniu okolo 500 km, wynosi okolo 0,75 kg. Pyły mineralne i zanieczyszczenia żelazowo-tlenkowe wykazują tendencję do wbijania się w powierzchnie powłok malarskich. Tlenki żelaza pokrywają ponad 70% zewnętrznej powierzchni wagonów, a ich adhezja do powierzchni jest bardzo silna.

### Środki myjące i technologia mycia

Ogólne środki myjące stosowane do mycia wagonów są wieloskładnikowe i zawierają [3]:

- substancje powierzchniowo-czynne, których rolę omówiono wcześniej,
- substancje zmiękczone wodę,
- koloidy ochronne, zwiększające trwałość środka myjącego w określonym zakresie temperatur przez okres magazynowania,
- substancje o działaniu antyelektrostatycznym,
- substancje odkażające,
- regulatory i bufor pH,
- substancje wiążące wodę (osuszające),
- substancje błonotwórcze, nabłyszczające i konserwujące myte powierzchnie,
- inhibitory korozji, zapobiegające korozji metali,
- regulatory i stabilizatory piany,
- rozpuszczalniki organiczne,
- substancje zapachowe.

Stosowane są również roztwory myjące pracujące w obiegu zamkniętym lub otwartym. Dość szeroko stosowany jest na PKP, zwłaszcza do mycia okresowego, środek pod nazwą Stremikol Z o składzie:

– kwas ortofosforowy	60%
– rokafenol N-8	10%
– urotropina	3%
– gliceryna	3%
– woda	24%

W myjni mechanicznej Zakładu Taboru Warszawa Grochów stosowany jest środek Bio Max, ulegający szybkiej biodegradacji.

Do mycia zewnętrznego wagonów stosowane są również inne środki myjące o nazwach firmowych: Godex 4,

Bio Mil, Stop, Barwa, Viamond Tectapur, Power Clean, Spray Gelack, Truck Cleaner, WST - 2, 3, 4m, Lazurool, Szafir, Skwato 1, Vagtol, Ibpolm, których skład chemiczny jest tajemnicą producentów.

Wagony z zewnątrz myje się ręcznie bądź mechanicznie. Na skuteczność mycia wpływają następujące czynniki:

- rodzaj urządzeń myjących,
- energia kinetyczna oraz kąt padania strumienia myjącego i splukującego,
- siła docisku i obroty szczotek,
- rodzaj, stężenie i temperatura roztworu myjącego,
- temperatura otoczenia,
- temperatura i ciśnienie wody płuczącej,
- sposób osuszania mytych powierzchni.

Technologie mycia można też podzielić na natryskowo-szczotkowe i bezszczotkowe z hydrodynamicznym działaniem strumienia cieczy. W tej pierwszej występują szczotki używane ręcznie, bądź wirujące szczotki z włókien z tworzyw sztucznych o następujących parametrach:

średnica włókien	[mm]	0,16 ÷ 1,2
długość włókien	[mm]	minimum 300
obroty szczotki	[obr/min]	150 ÷ 300
ciśnienie natrysku wodnego zwilżającego	[MPa]	0,6
ciśnienie natrysku roztworu myjącego	[MPa]	0,2
ciśnienie natrysku wodnego płuczającego	[MPa]	0,8

Temperatura środka myjącego i wody jest równa temperaturze otoczenia lub podwyższona do 40°C, co sprzyja reagowaniu środka myjącego z zabrudzeniami i przyspiesza mycie. Przy myciu bezszczotkowym są następujące ciśnienia natrysku:

- wodnego zwilżającego 2 MPa przy temperaturze 35 ÷ 45°C,
- roztworu myjącego 0,3 ÷ 0,4 MPa przy temperaturze 30 ÷ 40°C,
- wodnego płuczającego 2 ÷ 2,5 MPa przy temperaturze 30 ÷ 40°C.

Ze względu na znaczne ciśnienia, metodę bezszczotkową można stosować przy dobrej szczelności nadwozia i wysokiej jakości powłok malarskich.

### Zużycie środków myjących i wody w skali PKP

Do oszacowania możliwego zużycia środków myjących i wody w skali PKP przyjęto, że wszystkie wagony (ok. 5000 szt.) myte są jak w Wagonowni Grochów. Nie jest to założenie odpowiadające rzeczywistości, ponieważ w skali PKP myjni pracujących w zamkniętym obiegu wody jest tylko około 30%. Przyjęto jednak takie założenie w przewidywaniu, że ze względów ekologicznych liczba myjni z zamkniętym obiegiem wody w przyszłości będzie na PKP dominować.

Bilans zużycia środka myjącego Bio Max i wody w myjni Wagonowni Grochów do mycia codziennego podano w tablicy 2 [2].

Aby scharakteryzować możliwe roczne zużycie środka myjącego i wody w skali PKP w zakresie jak w tablicy 2,

Tablica 2

### Zużycie środków myjących

Czynnik		Zużycie przy jednorazowym myciu 1 wagonu	Roczne zużycie dla 135 tys. myć wagonów
Środek myjący	[m <sup>3</sup> ]	0,000018	2,43
Woda do sporządzania roztworu myjącego	[m <sup>3</sup> ]	0,072000	9 720,00
Woda do bieżącego uzupełniania w instalacji myjni	[m <sup>3</sup> ]	0,001250	169,00
Woda do napełniania układu i oczyszczania urządzeń myjni	[m <sup>3</sup> ]	0,006220	840,00
Łączna ilość pobieranej wody	[m <sup>3</sup> ]	0,079470	10 729,00
Ilość wody wywożonej przez mokre wagony	[m <sup>3</sup> ]	0,073000	9 855,00

1) 135 tys. myć wagonów w roku obejmuje mycie wagonów własnych wagonowni (około 75%) i wagonów obcych (około 25%). Oznacza to, że w Wagonowni Grochów na własne wagony przypada 135 000 × 75% = 101 250 myć/rok. Uwzględniając liczbę wagonów będących na stanie wagonowni, otrzymamy średnio 141 myć jednego wagonu w ciągu roku w tej wagonowni. Ze względu na brak danych dotyczących mycia obcych wagonów w ich wagonowaniach macierzystych oraz danych o myciu wagonów Wagonowni Grochów w innych wagonowniach przyjęto, że 1 wagon myty jest średnio 188 razy w roku, co wynika z przeliczenia: 141/0,75 = 188. Oznacza to, że średnio każdy wagon myty jest co drugi dzień. Przy liczbie wagonów na PKP, wynoszącej około 5000 sztuk, daje to 940 tys. myć wagonów rocznie w skali PKP. Zużycie środka myjącego i wody dla 135 tys. myć rocznie, odnosi się do przypadku mycia 1 wagonu 188 razy w ciągu roku.

2) Mycie „codzienne” nie odbywa się codziennie, co ma związek z długością trasy jazdy pociągów. Ponadto zimą, przy spadku temperatury poniżej -6°C, mycia wagonów w myjni na Grochowiu się nie wykonuje.

należy wielkości podane w kolumnie *Zużycie przy jednorazowym myciu 1 wagonu* pomnożyć przez 940 tys. (myć).

Otrzymamy następujące wyniki:

- zużycie środka myjącego: 16,92 m<sup>3</sup>,
- zużycie wody do sporządzania roztworu myjącego: 67 680 m<sup>3</sup>,
- zużycie wody do bieżącego uzupełniania w instalacji myjni: 1175 m<sup>3</sup>,
- zużycie wody do napełniania instalacji i czyszczenia urządzeń myjni: 5847 m<sup>3</sup>,
- łączna ilość pobieranej wody: 74 702 m<sup>3</sup>,
- ilość wody wywożonej przez mokre wagony: 68 620 m<sup>3</sup>.

### Ścieki i osady powstające podczas mycia wagonów z zewnątrz

Wymienione ilości środka myjącego i wody są punktem wyjścia do określenia ilości ścieków i osadów. Przez ścieki rozumie się [5] substancje ciekłe, które wprowadzane bezpośrednio lub za pośrednictwem urządzeń kanalizacyjnych do wód albo ziemi mogą je zanieczyszczać, zmieniać ich stan fizyczny, chemiczny lub biologiczny, albo działać niszcząco na świat roślinny lub zwierzęcy. Przez osady rozumie się elementy stałe zawarte w ściekach, oddzielone od części płynnej w wyniku procesów filtrowania ścieków lub w rezultacie procesów sedymentacji.

Dokładne ilości ścieków powstających podczas mycia codziennego i okresowego trudno jest ustalić, ponieważ nie ma na to w pełni wiarygodnych danych. Dlatego dokonano szacunkowego określenia tych ilości. Obliczenia przeprowadzono w dwóch wariantach: najpierw obliczono ilości ścieków dla warunków, gdy w całej kolei zainstalowane byłyby tylko myjnie takie jak w Wagonowni Grochów, tj. myjnie natryskowe ze szczotkami obrotowymi i pracujące w obiegu zamkniętym. Następnie, dla porównania przeprowadzono obliczenia dla warunków, gdy takich myjni jest na PKP tylko 30%. Wyniki porównania są nader wymowne. Praca myjni w obiegu zamkniętym zmniejsza ilości ścieków, ponieważ roztwór myjący i woda płuczka nie są po myciu usuwane poza myjnię. Roztwór myjący spływa do oczyszczalni i po zneutralizowaniu jest wykorzystywany wraz z oczyszczoną wodą płuczącą do kolejnego płukania mytych wagonów. Ubytki wody płuczającej są okresowo uzupełniane. Bilans takiego działania przedstawia się dla Wagonowni Grochów tak jak to podano w tablicy 2.

Poprzednio przedstawiono dane dotyczące rocznego zużycia środków myjących oraz wody do mycia codziennego i okresowego. Dane te wykorzystane zostaną do określenia ilości ścieków i osadów.

### Ilości ścieków powstających podczas mycia codziennego i okresowego

W myjniach do mycia codziennego, z zamkniętym obiegiem wody (jak na Grochowie), ścieki odprowadza się do kanalizacji, zwykle jeden raz w miesiącu, przy czyszczeniu osadnika oczyszczalni. Przy rocznym odprowadzaniu około 848 m<sup>3</sup> ścieków daje to 6,47 dm<sup>3</sup> ścieków na 1 mycie jednego wagonu [2]. Przy myciu w myjniach z otwartym obiegiem

wody, przy jednorazowym myciu 1 wagonu powstaje około 927 dm<sup>3</sup> ścieków [2]. W przypadku mycia wszystkich wagonów PKP w myjniach z zamkniętym obiegiem wody, przy 940 tys. myć otrzymamy rocznie 940 tys. × 6,47 dm<sup>3</sup> = 6082 m<sup>3</sup> ścieków. Natomiast przy myciu wszystkich wagonów w otwartym obiegu wody otrzymamy rocznie 940 tys. × 927 dm<sup>3</sup> = 871 380 m<sup>3</sup> ścieków.

Podczas mycia okresowego, wykonywanego tylko w układzie otwartym, powstaje średnio przy jednorazowym myciu 1 wagonu około 0,8 m<sup>3</sup> ścieków [2]. W skali PKP, w przypadku 35 000 myć w roku powstaje rocznie 35 000 × 0,8 = 28 000 m<sup>3</sup> ścieków. Tak więc w skali PKP w roku może powstać w obu rodzajach myć od 28 000 + 6082 = 34 082 m<sup>3</sup> ścieków przy myciu codziennym w układzie zamkniętym, do 871 380 + 6082 = 877 462 m<sup>3</sup> ścieków przy myciu codziennym w układzie otwartym. Ponieważ w myjniach z zamkniętym obiegiem wody wykonuje się na PKP około 30% codziennych myć wagonów, to należy przypuszczać, że ilość ścieków w roku w skali PKP wynosi:

– z myjni z zamkniętym obiegiem wody 6082 × 30% = 1825 m<sup>3</sup>.

– z myjni z otwartym obiegiem wody 871 380 × 70% = 609 966 m<sup>3</sup>.

Dodając ścieki z mycia okresowego otrzymamy w jednym roku w skali PKP:

1825 + 609 966 + 28 000 = 639 791 m<sup>3</sup> ścieków.

### Właściwości ścieków

Informacje na ten temat podane zostaną dla Stremikolu Z, stosowanego przy myciu okresowym i dla środka Bio Max stosowanego przy myciu codziennym w Wagonowni Grochów (tab. 3 i 4).

### Ilości zanieczyszczeń usuwanych ze ściekami w wyniku mycia codziennego i okresowego

W tablicy 4 podano zawartości składników ścieków w mg/dm<sup>3</sup> ścieku dla środka myjącego Bio Max. Przyjmując w uproszczeniu, że rocznie w skali PKP powstaje – jak to wcześniej wyliczono – 639 791 m<sup>3</sup> ścieków (bez podziału na ścieki z otwartego i zamkniętego obiegu wody) oraz że ich skład

Tablica 3

### Właściwości ścieków powstających przy myciu okresowym Stremikolem Z (według [2] dla wagonowni Warszawa Grochów)

Wskaźniki charakteryzujące ścieki	Wielkość	Wartość dopuszczalna
Odczyn	[pH]	4 ÷ 6
Zasadowość	[mval/dm <sup>3</sup> ]	0,3 ÷ 2,0
Fosforany	[mg/dm <sup>3</sup> ]	208 ÷ 850
Detergenty	[mg/dm <sup>3</sup> ]	10 ÷ 32
Substancje ekstrahujące się eterem naftowym	[mg/dm <sup>3</sup> ]	2,5 ÷ 18
Zawiesina ogólna	[mg/dm <sup>3</sup> ]	1,1 ÷ 2,3
CZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu)	[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	240 ÷ 320

## Właściwości ścieków powstających przy myciu w myjni mechanicznej środkiem Bio Max [2]

Wskaźniki charakteryzujące ścieki	Ściek surowy	Ściek oczyszczony (woda technologiczna)	Dopuszczalne wartości wskaźników dla ścieków odprowadzanych do kanalizacji publicznej
Temperatura [°C]	21	21	max 35
Mętność [mg SiO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	200	20	—
Barwa [mg Pt/ dm <sup>3</sup> ]	czarna	15	—
Zapach	Z2S	Z1R	—
Odczyn [pH]	7,1	7,2	6,5 - 9,0
Zasadowość [mval/dm <sup>3</sup> ]	4,0	3,5	—
Sucha pozostałość [mg/dm <sup>3</sup> ]	622	465	—
Pozostałość po prażeniu [mg/dm <sup>3</sup> ]	340	188	—
Strata przy prażeniu [mg/dm <sup>3</sup> ]	282	277	—
Ciała rozpuszczone [mg/dm <sup>3</sup> ]	450	418	1000 i poniżej
Ciała rozpuszczone mineralne [mg/dm <sup>3</sup> ]	190	165	razem 1000 i poniżej
Ciała rozpuszczone lotne [mg/dm <sup>3</sup> ]	260	253	
Zawiesiny [mg/dm <sup>3</sup> ]	172	47	330 i poniżej
Zawiesiny mineralne [mg/dm <sup>3</sup> ]	150	23	razem 330 i poniżej
Zawiesiny lotne [mg/dm <sup>3</sup> ]	22	24	
Siarczany [mg SO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup> ]	59	37	300 i poniżej
Azot amonowy [mg NNH <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup> ]	0,16	0,04	6 i poniżej
Utlonialność [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	78	7	—
Chlorki [mg Cl/dm <sup>3</sup> ]	134,75	127,66	400 i poniżej
Fosforany [mg PO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup> ]	0,25	0,06	1,00 i poniżej
Żelazo [mg Fe/dm <sup>3</sup> ]	87	0,3	10 i poniżej
BZT5 (pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu) [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	81,83	10,01	700 i poniżej

jest taki jak podano w tablicy 4, po przeliczeniu otrzymamy następujące ilości składników ścieków, dla przypadków gdyby wszystkie odprowadzane ścieki były surowe i wszystkie były oczyszczone (tab. 5). Są to oczywiście dane orientacyjne, służące zorientowaniu czytelnika o skali problemu.

Porównanie wskaźników charakteryzujących ścieki surowe i oczyszczone pozwala zorientować się jak duże znaczenie w ochronie środowiska ma oczyszczanie ścieków.

### Osady

Osady powstają w wyniku oczyszczania ścieków i są gromadzone w osadnikach oczyszczalni, a następnie wywożone na wysypisko śmieci. W przypadku Wagonowni Grochów

w oczyszczalni ścieków powstaje miesięcznie około 8 t osadu o średniej zawartości wody równej 32%. Rocznie wywozi się około 88 t osadu, co wynika z ograniczenia mycia zimą. Przy wykonywaniu 135 tys. myć w roku daje to około 0,64 kg osadu na mycie, co odpowiada 0,44 kg suchej masy osadu na mycie.

Skład, ilości składników oraz odczyn osadu z myjni na Grochowie podano w tablicy 6 [2].

Przyjmując, że niezależnie od tego czy wagony myte będą w myjniach z otwartym, czy z zamkniętym obiegiem wody, wystąpi 0,65 kg osadów na 1 wagon i jedno mycie, oraz że taka sama ilość osadów wystąpi przy myciu okresowym, otrzymamy w skali PKP, w okresie jednego roku następującą ilość osadów:  $(940\ 000 + 35\ 000) \times 0,65 = 633\ 750$  kg osadów.

Te 634 t osadów zawierają znaczne ilości produktów nadtlenkowych, cynku, miedzi i niebezpiecznych metali ciężkich, co można wyliczyć na podstawie danych z tablicy 6.

### Koszty zużycia wody i usuwania ścieków

W procesach mycia występuje jeszcze jeden, nie poruszony dotychczas problem – koszt zużycia wody i usuwania ścieków. Podane ilości powstających ścieków są konsekwencją ilości zużywanej wody, za którą kolej musi płacić. Według obowiązujących w 1997 r. cenników, za 1 m<sup>3</sup> wody należało płacić 1,08 zł, a za odprowadzenie 1 m<sup>3</sup> ścieków –

### Składniki ścieków

	Ilość zanieczyszczeń w ściekach [kg]	
	surowych	oczyszczonych (woda technologiczna)
Siarczany	37 747	23 672
Azot amonowy	102	25
Chlorki	86 212	81 676
Fosforany	160	38
Żelazo	55 662	192
Zawiesiny	110 044	30 070

Tablica 5

Tablica 6

**Składniki osadu**

Produkty naftowe	[mg/dm <sup>3</sup> ]	1890,0
Chrom	[mg Cr/dm <sup>3</sup> ]	149,0
Cynk	[mg Zn/dm <sup>3</sup> ]	1478,0
Kadm	[mg Cd/dm <sup>3</sup> ]	47,2
Miedź	[mg Cu/dm <sup>3</sup> ]	1120,0
Nikiel	[mg Ni/dm <sup>3</sup> ]	69,6
Ołów	[mg Pb/dm <sup>3</sup> ]	82,4
Woda	[%]	31,9
Odczyn	[pH]	8,2

0,78 zł. Przy podanej wcześniej ilości ścieków, koszty PKP z tego tytułu można oszacować:

- dla myjni z zamkniętym obiegiem wody:  $1825 \times 1,08 + 1825 \times 0,78 = 3394$  zł;
- dla myjni z otwartym obiegiem wody:  $609\ 966 \times 1,08 + 609\ 966 \times 0,78 = 1\ 134\ 536$  zł;
- dla mycia okresowego:  $28\ 000 \times 1,08 + 28\ 000 \times 0,78 = 52\ 080$  zł.

Razem opłaty za wodę i ścieki w jednym roku wynoszą 1 190 010 zł. Obliczenie przeprowadzono szacunkowo, nie uwzględniając ilości wody wywożonej z procesu mycia przez umyte wagony. Zmniejsza to ilość ścieków i zwiększa zużycie wody. Także ceny za wodę i odprowadzenie ścieków są dziś wyższe.

**Podsumowanie**

Przeprowadzone obliczenia i wyniki zawierają wiele uproszczeń. Wynikają one z braku ścisłych danych, możliwych do uzyskania tylko w rezultacie szczegółowych badań, które nie są obecnie prowadzone. Jednak i te bardzo szacunkowe dane charakteryzują skalę problemu i wystarczą, aby uznać, że mycie wagonów pasażerskich stwarza zagrożenie dla środowiska zwłaszcza, gdy jest prowadzone w otwartym obiegu wody.

Szacuje się, że łącznie w skali PKP odprowadza się do otoczenia w ciągu roku około 640 tys. m<sup>3</sup> ścieków, a wraz z nimi około 634 t osadów z pokaźną zawartością produktów naftowych i metali. Zwraca uwagę fakt, że stosowanie myjni z zamkniętym obiegiem wody, w którym ścieki po oczyszczeniu są wykorzystywane wielokrotnie jako woda technologiczna, znacznie zmniejsza ilość ścieków. Szkodliwość ścieków dla otoczenia zależy głównie od rodzaju stosowanych środków myjących oraz rodzajów i ilości osadzających się na wagonach zanieczyszczeń. Na rodzaj osadzających się zanieczyszczeń raczej wpływu nie mamy, natomiast na ilość zanieczyszczeń, a przez to i na ilość osadów powstających przy myciu i na ich składniki mogą, jak się wydaje, mieć pewien wpływ właściwości powłok malarskich oraz „gładkość” wagonu, tj. ograniczenie w nadwoziu wagonu wnęk, załomów i zagłębień, gdzie gromadzą się zanieczyszczenia.

Stosowanie powłok poliuretanowych, znacznie twardszych od ftalowych i o większym połysku, utrudnia osadzanie się zanieczyszczeń, a przez to może zmniejszyć ich ilość. Twardsze powłoki będą też bardziej odporne na ścieranie szczotkami przy myciu, co zwiększy żywotność powłok i zmniejszy częstość ich regeneracji. Stosowanie hamulców tarczowych z wkładkami z tworzyw sztucznych zmniejszy zanieczyszczenia tlenkami żelaza i w pewnym stopniu ułatwi mycie wagonów. Nie wiadomo jednak jakie, i w jakiej ilości, wystąpią zanieczyszczenia spowodowane ścieraniem się tarcz hamulcowych i wkładek z tworzyw sztucznych. Procesy te nie powinny być lekceważone, zwłaszcza w warunkach zwiększania prędkości jazdy i wydłużania drogi hamowania.

Nasuwać się pewne wnioski ogólne dotyczące mycia i pośrednio związane z myciem. Należy dążyć do wyeliminowania mycia wagonów w myjniach z otwartym obiegiem wody. Myjnia w Wagonowni Grochów stanowi przykład właściwego rozwiązania problemu. Należy też ograniczyć, a najlepiej wyeliminować, ręczne mycie wagonów zarówno z powodu otwartego obiegu wody, jak i uciążliwości takiego mycia dla ludzi. Uzasadnione jest dążenie do stosowania lepszych powłok malarskich do malowania wagonów z zewnątrz. Zmniejszają one przyczepność zanieczyszczeń do powłoki, a w konsekwencji ułatwiają proces mycia, do którego można będzie stosować łagodniejsze środki myjące. Zwiększona odporność powłok na ścieranie polepszy ich trwałość oraz zmniejszy zawartość startej powłoki w osadach po myciu. Rozwiązanie konstrukcyjne wagonu zmniejszające liczbę zagłębień, kieszeni i załomów zmniejszy ilość osadzających się zanieczyszczeń oraz ułatwi proces mycia. □

**Literatura**

- [1] Moczarski M.: *Mechanizmy procesu mycia elementów pojazdów szynowych*. Technika Transportu Szynowego 3/1994, 4/1994.
- [2] Skottak M.: *Określenie ilościowe i jakościowe czynników zagrażających otoczeniu, powstających podczas mycia wagonów pasażerskich z zewnątrz*. Praca dyplomowa. Politechnika Warszawska, Wydział SiMR. Warszawa 1998.
- [3] Kłopotek A.: *Środki czyszczące oraz technologia mycia i czyszczenia wagonów i lokomotyw*. Problemy Kolejnictwa, zeszyt 103. WKiŁ, Warszawa 1988.
- [4] *Wybór i badania przydatności środków do mycia wagonów i lokomotyw*. Praca badawczo-rozwojowa, COB i RTK, Warszawa 1986.
- [5] Dziennik Ustaw nr 49 z dnia 15.04.1994 r., poz. 196. Ustawa z dnia 31.01.1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska.

Autor  
dr inż. Mikołaj Moczarski