

**MIKROSIL** POLSKA  
Sp. z o.o.



**chalcedonit**

**doczyszczanie ścieków  
na złożu chalcedonitowym**

**MIKROSIL Polska Sp. z o.o.**  
**ul. Zbrowskiego 14**  
**26-600 Radom**  
**tel. 048 363 63 07**

**Zespół Specjalistów**  
**ds. Badań i Wdrożeń**  
**ul. Opolska 33**  
**62 -300 Września**  
**tel. 061 437 76 15**

# DOCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW NA ZŁOŻU CHALCEDONITOWYM

Eksploatacja oczyszczalni ścieków stanowi zespół złożonych czynności technicznych, technologicznych, kontrolno – pomiarowych, decyzyjnych, których zadaniem jest usunięcie, przy wykorzystaniu zaprojektowanych urządzeń, ze ścieków surowych, określonych wskaźników jakości tychże ścieków do poziomu określonego w pozwoleniu wodno - prawnym.

W praktyce jednak, zdarza się dość często, z różnych przyczyn, że oczyszczalnia działa źle, a ściek oczyszczony w rzeczywistości wprowadza do odbiornika nadmierną ilość zawiesiny, związków biogennych, czy też substancji organicznych. Jednym z czynników, które mogą się przyczynić do takiego stanu rzeczy, są skoki obciążeń hydraulicznych oczyszczalni czy też częste zmiany ładunków zanieczyszczeń dopływających w ściekach surowych. Złe własności sedymentacyjne osadu czynnego spowodowane np. obecnością nadmiernej ilości bakterii nitkowatych, wahaniami wieku osadu itp. są przyczyną obecności kłaczków osadu w odpływie z osadnika, czy też nadmiernego ich rozdrobnienia. To z kolei powoduje przekroczenie wielu parametrów jakości ścieków takich jak np. fosfor, zawiesina, czy też azot.

Sposobem zabezpieczenia jakości odpływu z oczyszczalni, na wypadek wystąpienia, którejkolwiek z opisanych powyżej sytuacji, jest zastosowanie filtracji, jako ostatniego stopnia oczyszczania ścieków. Pozwala ona zatrzymać uciekającą z osadnika wtórnego zawiesinę – kłaczkę osadu czynnego, które zatrzymane na złożu, przy zachowaniu odpowiednich warunków mogą tworzyć aktywną biologicznie błonę, kontynuującą proces oczyszczania ścieków.

W celu określenia skuteczności tej metody doczyszczania ścieków z wykorzystaniem złoża chalcedonitowego, Zespół Specjalistów ds. Badań i Wdrożeń wspólnie z Instytutem Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej wykonał szereg badań pilotowych, pozwalających ustalić wstępne założenia technologiczne dla tej metody doczyszczania ścieków.

## CEL PROWADZONYCH PRAC

Celem badań było określenie efektywności doczyszczania ścieków na filtrach z określonym wypełnieniem. Prowadzone badania pozwoliły ustalić:

- efektywność usuwania zawiesiny na filtrach,
- efekty usuwania na złożu filtracyjnym związków organicznych i biogennych,
- wpływ uziarnienia złoża na uzyskiwane efekty,
- warunki płukania filtrów.

Złoże chalcedonitowe



Badania prowadzono na złożu chalcedonitowym, które jak wykazują badania prowadzone w technologii uzdatniania wody posiada bardzo korzystną strukturę (porowatą) umożliwiającą skuteczne zaszczipianie błony biologicznej, realizującej określone procesy.

## ZAŁOŻENIA DO BADAŃ I INSTALACJA BADAWCZA

Badania procesu filtracji ścieków prowadzono na instalacji pilotowej zasilanej ściekami oczyszczonymi w procesie mechaniczno – biologicznym na oczyszczalni we Wrześni, pracującej w układzie: osadnik wstępny, czterostopniowy reaktor biologiczny (denitryfikacja recyrkulatu, defosfatacja, denitryfikacja, nityfikacja). Jakość odpływu odpowiadała warunkom określonym w pozwoleniu wodno-prawnym ( $BZT_5 < 15,0$  mg/L,  $ChZT < 125,0$  mg/L,  $P_{og} < 2,0$  mg/L,  $N_{og} < 15,0$  mg/L, Zawiesina  $< 35,0$  mg/L).

Prace prowadzono na instalacji pilotowej – typowej dla badań procesu filtracji. Instalacja składała się z dwóch kolumn filtracyjnych wysokości 3,0 m o wewnętrznej średnicy 9,0 cm. Wyposażono ją w kurki probeerne rozmieszczone równomiernie co 20,0 cm. Na tych samych wysokościach zamontowane były również piezometry – dzięki którym obserwowano rozkład strat ciśnienia na głębokości złoża. Na odpływie z każdej kolumny zamontowano rotometr i stabilizator przepływu umożliwiający utrzymanie stałej prędkości filtracji niezależnie od przyrastających strat ciśnienia.



Kolumny zasypano następującymi złożami:

- kolumna I – chalcedonit o uziarnieniu 0,8 – 2,0 mm, wysokość warstwy filtracyjnej 1,7 m + 0,2 m chalcedonitowej warstwy podtrzymującej (3,0 – 5,0 mm i 5,0 – 8,0 mm),
- kolumna II – chalcedonit o uziarnieniu 5,0 – 8,0 mm – wysokość warstwy filtracyjnej 1,7 m (bez warstwy podtrzymującej).

W trakcie badań kontrolowano w dopływie i filtracji każdego złoża następujące parametry:

- fizyko – chemiczne:
  - stężenie azotu ( $N-NH_4^+$ ;  $N-NO_3^-$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N_{org}$ ,  $N_{og}$ ),
  - stężenie fosforu ( $P_{og}$ ,  $P-PO_4^{3-}$ ),
  - BZT<sub>5</sub> i ChZT,
  - odczyn pH, temperaturę, zawiesinę, barwę, mętność
- technologiczne:
  - prędkość filtracji (ustawiona na stałą wartość 6,0 m/h),
  - długość cykli filtracyjnych,
  - przyrosty strat hydraulicznych,
  - intensywność płukania wodą oraz powietrzem.

Gdy straty hydrauliczne przekraczały wartość 2,50 m filtry płukano powietrzem i ściekami oczyszczonymi zgodnie z następującym reżimem:

- płukanie wodą – 5,0 min – z intensywnością 15,0 [l/s·m<sup>2</sup>],
- płukanie powietrzem – 2,0 min – z intensywnością 25,0 [l/s·m<sup>2</sup>],
- płukanie wodą do momentu wypłukania zdartej powietrzem błony biologicznej – z intensywnością 15,0 [l/s·m<sup>2</sup>].

W czasie badań stwierdzono konieczność modyfikacji reżimu płukania

## WYNIKI I DYSKUSJA

### USUWANIE ZAWIESINY BARWY I MĘTNOŚCI

Każde z badanych uziarnień cechowała wysoka efektywność usuwania mętności oraz zawiesiny. Przy średnim stężeniu zawiesiny na dopływie do instalacji wynoszącym 9,1 mg/L obserwowano często usuwanie tego wskaźnika do wartości poniżej 1,0 mg/L, czyli praktycznie niemierzalnych. Średnie efektywności dla poszczególnych filtrów kształtowały się następująco:

- złożo I (chalcedonit 0,8 – 2,0 mm);  $\eta = 89,2 \%$ ,
- złożo II (chalcedonit 5,0 – 8,0 mm);  $\eta = 84,4 \%$ .

Efektywność usuwania zawiesiny rosła wraz z długością pracy filtrów, przez cały okres badań. W początkowym etapie badań filtry wykazywały sprawność poniżej przedstawionych średnich, pod koniec badań efektywności były najwyższe.

Poprawa efektów usuwania zawiesiny w miarę upływu czasu pracy złożów związana była prawdopodobnie z rozwojem błony biologicznej na ziarnach złoża. Ponieważ nie dawała się ona dokładnie wypłukiwać na końcu każdego cyklu, pozostawała w porach materiału filtracyjnego i przyczyniała się do lepszego odfiltrowywania dopływających na instalację cząstek zawiesin. Tym, co zwraca szczególną uwagę, jest brak wyraźnych różnic w efektach usuwania zawiesiny pomiędzy złożem drobnym i grubym, co potwierdza tezę o występowaniu „uszczelniającej” materiał filtracyjny błony biologicznej.

Ze względu na strukturę i rozmiar cząstek zawieszonych w oczyszczonych ściekach, możliwe jest zatem ich odfiltrowywanie na złożach grubych. Ziarna chalcedonitu są porowate oraz nieregularne, co korzystnie wpływa na rozmiar i kształt porów samego złoża, zwiększając efekty procesu cedzenia. Ponadto należy zwrócić uwagę, że uciekające z osadnika wtórnego kłaczkii osadu czynnego mają tendencję do aglomeracji, m.in. dzięki właściwościom substancji wydzielanych przez bakterie zooglealne.

Oprócz zawiesiny kontrolowano również mętność w ściekach dopływających na instalację badawczą oraz ścieków oczyszczonych

Efekty usuwania mętności były następujące:

- złożo I (chalcedonit 0,8 – 2,0 mm);  $\eta = 75,9 \%$ ,
- złożo II (chalcedonit 5,0 – 8,0 mm);  $\eta = 74,3 \%$ .

Wartość mętności oznaczanej na dopływie kształtowała się na średnim poziomie ok. 4,6 NTU, natomiast po filtrach mętność spadała poniżej 1,0 NTU (do wartości ok. 0,6 – 0,9 NTU). Efekty usuwania mętności również rosły w miarę upływu czasu pracy filtrów.

W trakcie badań analizowano również wartość barwy na dopływie i odpływie z każdego filtra. Parametr ten zasadniczo nie ulegał większym zmianom w czasie trwania doświadczeń. Średnia wartość barwy rzeczywistej (oznaczanej w przesączonym dopływie) wynosiła 106,8 mgPt/L, natomiast po filtracji na wszystkich złożach nastąpiło usunięcie barwy do poziomu 90,0 – 95,0 mgPt/L.

### AZOT I FOSFOR

Wyniki analiz dla różnych form azotu generalnie charakteryzowały się bardzo dużym rozrzutem. Średnia

efektywność obniżania tego wskaźnika wynosiła kilka procent w odniesieniu do azotu ogólnego, przy czym najlepsze efekty zaobserwowano dla złoża chalcedonitowego o największym uziarnieniu (5,0 – 8,0 mm). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że ubytek azotu następuje głównie poprzez odfiltrowanie zawiesin.

Usuwanie fosforu na drodze biochemicznej wymaga zapewnienia specyficznych warunków, w pierwszej fazie beztlenowych, z dostępnością LKT, w drugiej tlenowych. Umożliwia to niektórym bakteriom (np. grupy Acinetobacter) kumulowanie tego pierwiastka w znacznie większych ilościach, niż to wynika z zapotrzebowania mikroorganizmów do budowy komórek. W efekcie, z układu oczyszczania usuwany jest fosfor wbudowany w strukturę osadu nadmiernego.

Podczas badań stężenie fosforu ogólnego po filtracji spadało.

Uzyskano następujące efektywności procesu:

- złożo FI – średnio  $\eta = 19,6\%$ ,
- złożo FII – średnio  $\eta = 22,5\%$ .

Można było również zauważyć wzrost efektów usuwania fosforu ogólnego w miarę upływu czasu pracy poszczególnych złożów filtracyjnych, co miało bezpośredni związek z poprawą efektów filtracji w odniesieniu do pozostałych wskaźników w tym przede wszystkim zawiesiny. Wszystkie badane złoża wykazywały podobną efektywność usuwania fosforu ogólnego.

Prowadzone badania wykazały również, że oprócz wyraźnego spadku stężenia fosforu ogólnego dało się zauważyć brak spadku stężenia rozpuszczalnych ortofosforanów po filtracji.

Pozwala to twierdzić, że usuwanie fosforu następowało jedynie poprzez usunięcie frakcji organicznej fosforu związanej z zawiesiną zatrzymywaną na filtrze.

## ZWIĄZKI ORGANICZNE

Mierzona okresowo ilość związków organicznych rozkładalnych biologicznie oznaczana jako BZT<sub>5</sub> wykazywała znaczne zmniejszenie w wyniku filtracji.

Średnie wartości usuwania BZT<sub>5</sub> na poszczególnych filtrach przedstawiały się następująco:

- złożo I (chalcedonit 0,8 – 2,0 mm);  $\eta = 67,0\%$ ,
- złożo II (chalcedonit 5,0 – 8,0 mm);  $\eta = 63,6\%$ .

Można stwierdzić, że spadek BZT<sub>5</sub> był spowodowany częściowo:

- zużyciem rozkładalnych biologicznie substancji

organicznych pozostałych w ściekach doprowadzanych do filtrów, w zachodzących w błonie biologicznej procesach tlenowego rozkładu tych substancji,

- zatrzymaniem na filtrze substancji organicznych występujących w postaci nierozpuszczonej (zawiesiny).

Wraz ze spadkiem BZT<sub>5</sub>, w wyniku filtracji obniżeniu uległo również, choć w znacznie mniejszym stopniu, ChZT. Efektywność usuwania ChZT wynosiła odpowiednio:

- złożo I (chalcedonit 0,8 – 2,0 mm);  $\eta = 23,7\%$ ,
- złożo II (chalcedonit 5,0 – 8,0 mm);  $\eta = 25,3\%$ .

Znaczna część ChZT na dopływie do filtrów występowała w postaci związków rozpuszczonych, niepodatnych na rozkład biologiczny

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

- filtracja ścieków może być stosowana jako ostatni etap oczyszczania, szczególnie tam, gdzie wymagana jest bardzo wysoka jakość odpływu,
- stosowanie filtrów pozwala przede wszystkim na znaczne obniżenie stężenia zawiesin w odpływie,
- wraz z usuwaną zawiesiną obniżane jest stężenie BZT<sub>5</sub>, fosforu organicznego czy też azotu organicznego
- zdecydowanie lepsze własności eksploatacyjne posiada złożo o większym uziarnieniu. Prowadzone badania porównawcze na chalcedonicie drobnym (0,8 – 2,0 mm) oraz grubym (5,0 – 8,0 mm) wykazały, iż złożo grubsze ma identyczną efektywność usuwania zawiesiny jak złożo drobniejsze, przy czym jednocześnie cykl filtracyjny jest nieporównywalnie dłuższy (od kilku do kilkunastu razy) na złożu grubszym,
- podstawą do prac projektowych filtracji ścieków winny być badania pilotowe na instalacji doświadczalnej zasilanej ściekami o określonym składzie.

Reasumując filtracja ścieków może być stosowana jako ostatni stopień oczyszczania. Przede wszystkim zabezpiecza jakość ścieków oczyszczonych oraz stabilność odpływu, który staje się niezależny od czynników technologicznych i hydraulicznych.