

Streszczenie

Siarkowodór (H_2S) jest uważany za najważniejszą przyczynę odorów oraz korozji w systemach kanalizacji sanitarnej i oczyszczalniach ścieków. Wydzielający się ze ścieków siarkowodór, powoduje uciążliwości zapachowe dla mieszkańców w okolicy studni rozprężnych rurociągów tłocznych, a w większych stężeniach także zagrożenie zdrowia i życia. Obserwacje terenowe pokazały, że w studniach kanalizacyjnych stężenia H_2S w powietrzu osiągają wartości nawet do 1000 ppm. Z kolei w ściekach, stwierdzono stężenia siarczków rozpuszczonych do 70 mg/dm^3 . Jako główne czynniki wpływające na powstawanie siarkowodoru wymieniane są m.in.: wysokie wartości BZT₅, ChZT, wysoka temperatura, turbulencja przepływu (w kanalizacji grawitacyjnej), długi czas przetrzymania ścieków w układzie, mała ilość rozpuszczonego tlenu w ściekach (poniżej $0,1 \text{ mg/dm}^3$), mała prędkość przepływu ścieków, niskie pH ścieków.

Według polskiej normy PN-EN 1671 czas zatrzymania ścieków w całym układzie kanalizacyjnym od miejsca powstania do oczyszczalni ścieków powinien wynosić nie więcej niż 8h. Tymczasem w badaniach często obserwuje się czasy zatrzymania ścieków w pojedynczych rurociągach tłocznych wynoszące kilkadziesiąt, a nawet kilkaset godzin.

Od 1959 roku powstało wiele równań opisujących szybkość powstawania siarkowodoru, która zależy zarówno od właściwości ścieków jak i cech samych układów kanalizacyjnych. Jednak nie znaleziono w literaturze przedmiotu przykładów badań, w których skutecznie udało się przewidzieć przyrost stężenia siarczków w rzeczywistym układzie kanalizacji ciśnieniowej za pomocą istniejących wzorów empirycznych.

Z wielu powodów prognozowanie stężenia H_2S w powietrzu jest bardzo złożonym problemem. Jednak praktyka pokazuje, że eksploatacyjni pracownicy sieci coraz częściej decydują się na montowanie sond siarkowodoru, w celu oceny skali problemu związanego z emisją H_2S i zaplanowaniu działań zaradczych. Teoretycznie, możliwe jest wyciągnięcie wniosków dotyczących stężenia siarkowodoru w ściekach na podstawie stężenia w powietrzu. Tą zależność opisuje równanie Henry'ego. Jednak dotyczy ono fazy ciekłej i fazy gazowej po osiągnięciu stanu równowagi, która w systemach kanalizacyjnych, szczególnie tłocznych, nie jest osiągnięta.

Podstawowym celem badań było określenie wpływu czasu zatrzymania ścieków komunalnych w rurociągu tłocznym, na stężenie gazowego siarkowodoru w studni rozprężnej. Dodatkowymi celami było porównanie zaobserwowanych stężeń siarkowodoru w powietrzu z obliczonymi stężeniami równowagowymi (wynikającymi z równania Henry'ego), sprawdzenie

modeli służących do prognozowania stężenia siarczków w ściekach oraz doświadczalne sprawdzenie zależności stężenia H_2S w powietrzu od stężenia siarczków w ściekach oraz pH. Zaprojektowano eksperyment przeprowadzony na modelu laboratoryjnym, który miał za zadanie symulować pracę rzeczywistego układu tłoczego. Badania prowadzono na ściekach rzeczywistych, wstępnie oczyszczonych, pobieranych za osadnikiem wstępnym z oczyszczalni ścieków „Pomorzany” w Szczecinie. Określano zmianę jakości ścieków oraz stężenia siarkowodoru w powietrzu. Układ pracował według ustalonych harmonogramów, zgodnie z którymi czasy zatrzymania wynosiły 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48 oraz 96 h. Wykonywano oznaczenia jakości ścieków: ChZT, stężenie siarczków, stężenie siarczanów, pH, stężenie zawiesiny. Mierzona była również temperatura oraz stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach, na końcu rurociągu tłoczego.

W trakcie eksperymentu obserwowano szybkie przyrosty stężeń siarczków i siarkowodoru dla czasów zatrzymania do 16-24 h. Jednak wraz ze rosnącym czasem zatrzymania dynamika przyrostów zmniejszała się, a zależność najlepiej odzwierciedlała funkcja logarytmiczna. Podobny efekt zaobserwowano także dla innych badanych parametrów. Stwierdzono wyraźny związek stężenia siarkowodoru w powietrzu ze stężeniami siarczków w ściekach ($R = 0,87$). Dodanie wartości pH do analizy, spowodowało wzrost współczynnika korelacji do 0,94. Dla większości istniejących modeli służących do prognozowania stężenia siarczków w ściekach, uzyskano znacznie wyższe wyniki w porównaniu z danymi uzyskanymi w czasie eksperymentu oraz przedstawianymi w literaturze. Równanie, z którego wynikały wartości najbliższe obserwowanym stężeniom, zostało opracowane przez Hvitveda-Jacobsena i in [1]. W rozprawie porównywano obserwowane stężenia siarkowodoru w powietrzu ze stężeniami równowagowymi wynikającymi z równania Henry’ego. Stanowiły one od 13 do 43 % stężenia równowagowego. Widoczna była tendencja, że im większe stężenia siarczków w ściekach, tym stężenia H_2S znajdowały się dalej od stężenia równowagowego. Przeprowadzone badania wskazują na potrzebę ponownej weryfikacji założenia liniowego przyrostu stężenia siarkowodoru w zależności od czasu zatrzymania ścieków w układzie.

Przyszłe plany badawcze dotyczą próby weryfikacji przedstawionych wniosków w badaniach terenowych, sprawdzenie uzyskanych zależności w zmodyfikowanym eksperymencie laboratoryjnym oraz prace nad rozwojem wiedzy dotyczącej stosowania metod ograniczania emisji siarkowodoru w systemach kanalizacji sanitarnej.

27.02.2023

Bożena