

prof. dr hab. inż. Bronisław Bartkiewicz

Katedra Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń
Szkoła Główna Służby Pożarniczej

inż. Paweł Krzosek

inż. Marcin Flis

inż. Kamil Golba

Zagrożenia dla środowiska ze strony obiektów ochrony środowiska. Cz. 2. Charakterystyka występujących zagrożeń i możliwości ich ograniczenia

Streszczenie

W artykule omówiono zagrożenia dla środowiska występujące w trzech oczyszczalniach ścieków miejskich, których elementem składowym schematu technologicznego jest beztlenowa przeróbka osadów ściekowych z produkcją biogazu.

Podstawowym elementem, który chroni oczyszczalnie ścieków, jest środowisko wodne. Prawidłowa praca oczyszczalni nie stanowi zagrożenia dla tego środowiska. Natomiast zagrożenie dla powietrza atmosferycznego oraz zagrożenie pożarem i wybuchem występuje w tych oczyszczalniach bez względu na warunki eksploatacji.

W artykule omówiono rodzaje występujących zagrożeń: dla jakości powietrza atmosferycznego, ze stronnych hałasu, a także związanych z pożarem i wybuchem.

Podano stosowane w każdej z trzech ocenianych oczyszczalni środki i zabiegi zmierzające do ograniczenia zagrożeń.

Słowa kluczowe: oczyszczalnie ścieków, biogaz, zagrożenia pożarem i wybuchem

The Threat to the Environment from the Environment Protection Facilities. Part 2. Characteristics of Existing Threats and Some Possibilities of their Reduction

Abstract

The article discusses the threat to the environment which is posed by the three wastewater treatment plants (WWTP) with anaerobic digestion of the wastewater

sludge and biogas production . The surface water is the main environmental element, protecting the WWTP.

The normal use of the WWTP does not pose a threat to it . Despite the conditions of plant work there is always a risk of the contamination of atmospheric air with methane, the threat of fire or explosions .

The article discusses the following types of threats:

- the threat for the atmospheric air,
- the threat coming from the noise
- the threat of fire and explosions.

The methods for the reduction of the above mentioned types of threats applied in each plant were described.

Keywords: wastewater treatment plants, biogas, fire and explosions, possibilities of threat reduction

1. CHARAKTERYSTYKA ZAGROZEŃ W OBIEKCIE NR 1

Obiekt nr 1 był obiektem najmniejszym z trzech ocenianych oczyszczalni [11]. Został zaprojektowany na przepływ średni dobowy 14 700 m³/dm, co dopowiada 85 750 RLM, czyli wedle Rozporządzenia [7] należał do czwartej grupy wielkości. Według zebranych informacji przepływ rzeczywisty w latach 2008–2011 był mniejszy od projektowanego [11], co oznacza że nie powinny w tym obiekcie występować przeciążenia hydrauliczne jako podstawowa przyczyna niewłaściwej pracy oczyszczalni.

Układ technologiczny tej oczyszczalni składał się z pięciu bloków:

- blok oczyszczania mechanicznego,
- blok oczyszczania biologicznego,
- blok przeróbki osadów,
- część biogazowa,
- obiekty pomocnicze.

1.1. Zagrożenia w bloku oczyszczania mechanicznego

W bloku oczyszczania mechanicznego obiektem stanowiącym zagrożenie dla zdrowia obsługi jest węzeł krat. Dla omawianej oczyszczalni zaprojektowa-

no dwie kraty mechaniczne hakowe o prześwicie między prętami równym 3 mm oraz, jako awaryjną kratę z ręcznym usuwaniem zanieczyszczeń, o prześwicie 20 mm.

Zagrożenie ma charakter biologiczny, zarówno ze strony samych ścieków w stanie naturalnym, zawierających olbrzymie ilości bakterii (rzędu 10^7 w cm^3), między którymi mogą znajdować się bakterie chorobotwórcze, jak i strony zatrzymanych na kratkach zanieczyszczeń stałych (tzw. skratek), które mogą teoretycznie zawierać pasożyty przewodu pokarmowego człowieka lub ich formy przetrwalnikowe. Ilość skratek szacuje się na 4–6 mg na miesiąc.

1.2. Zagrożenia w bloku oczyszczania biologicznego

W bloku oczyszczania biologicznego znajdują się dwa reaktory wielofunkcyjne o pojemności 8100 m^3 każdy. Reaktory te są napowietrzane sprężonym powietrzem wytwarzanym przez dmuchawy. Zagrożenie biologiczne stanowią aerozole, powstające w wyniku napowietrzania komór, które mogą być roznoszone przez wiatr daleko poza granice działki oczyszczalni. Wraz z aerozolami mogą być roznoszone poza granice działki bakterie chorobotwórcze [2].

Drugim rodzajem zagrożenia ze strony dmuchaw jest hałas. W budynku stacji dmuchaw znajdują się 3 dmuchawy promieniowe. Generują one hałas o natężeniu 85 dB(A). Jednakże obudowy akustyczne dmuchaw i ściany budynku ograniczają rozprzestrzenianie się hałasu na terenie obiektu poniżej wartości dopuszczalnej.

1.3. Zagrożenia w bloku przeróbki osadów

Blok przeróbki osadów obejmuje następujące obiekty:

- grawitacyjne zagęszczacze osadu wstępnego,
- stacja mechanicznego odwadniania osadu nadmiernego na zagęszczaczach bębnowych,
- pompownie,
- dwie komory fermentacyjne zamknięte o poj. 1680 m^3 każda,
- zbiornik retencyjny osadu przefermentowanego o poj. 120 m^3 ,
- wirówki do odwadniania osadu przefermentowanego,
- składowisko osadu odwodnionego.

Odkryte zbiorniki i składowisko osadów stanowią już tradycyjnie zagrożenie bakteriologiczne. Natomiast najistotniejsze w tym ciągu jest zagrożenie za strony zamkniętych komór fermentacyjnych. Proces fermentacji prowadzony jest w temperaturze podwyższonej do 37°C. Ogrzewanie osadu odbywa się systemem wymienników z recyrkulacją osadu. Medium grzejnym jest gorąca woda, co nie stwarza zagrożenia bezpieczeństwa.

Produktem otrzymywanym w wyniku fermentacji jest biogaz, stanowiący mieszaninę metanu i dwutlenku węgla. Biogaz gromadzi się przejściowo w kopule komory fermentacyjnej i dalej przesyłany jest niskociśnieniowymi przewodami do zbiornika biogazu. Metan stanowi najczęściej ok. 60% objętościowych w biogazie. Jest to składnik stanowiący zarówno zagrożenie pożarowe, jak wybuchowe i toksyczne. Ważne jest, aby zawartość tlenu w biogazie nie przekraczała 1%. Biogaz zawiera nasyconą parę wodną, która wymaga usunięcia przed jego spalaniem.

Produkcja biogazu w oczyszczalni systematycznie rośnie, osiągając wydajność ponad 1500 Nm³/d.

Niestanowiącym bezpośredniego zagrożenia, ale uciążliwym zjawiskiem w ciągu przeróbki osadów są przykre zapachy.

1.4. Zagrożenia w części biogazowej

Część biogazowa oczyszczalni obejmuje następujące elementy [11]:

- sieć biogazu niskiego ciśnienia, służąca do przesyłania biogazu z WKF do instalacji odsiarczającej, a następnie zbiornika biogazu (rys. 1) i alternatywnie do kotłowni lub pochodni,
- zbiornik biogazu,
- pochodnia (rys. 2),
- kotłownia,
- agregat gazowy.

Na instalacji do przesyłu biogazu znajdują się urządzenia do odwadniania biogazu oraz kilka zaworów umożliwiających odcięcie dowolnego odcinka sieci w sytuacji zagrożenia.

Zasadniczym elementem części biogazowej jest zbiornik biogazu. Służy on do wyrównywania nierównomierności produkcji i zużycia i utrzymania odpowiedniego ciśnienia w instalacji spalania.



Rys. 1. Zbiornik biogazu

Źródło: fot. Kamil Golba

Zbiornik wykonany jest z tworzywa sztucznego, ma kształt kulisty i osłonowy płaszcz zewnętrzny zabezpieczający przed niekontrolowaną ucieczką biogazu do otoczenia. W razie mniejszego zapotrzebowania na biogaz i po osiągnięciu zadanego ciśnienia w zbiorniku, biogaz kierowany jest na pochodnię i spalany beżużytecznie. Zabezpiecza to linię biogazową przedawaryjnym wyciekem niespalonego biogazu do otoczenia.

Zasadniczym przeznaczeniem biogazu jest jego spalanie w kotłowni i przetwarzanie w części na ciepło, a w części na energię elektryczną. Agregat prądotwórczy ma moc elektryczną 190 kW i cieplną 212 kW. Ze względu na różnice cen energii elektrycznej, wytworzony biogaz spalany jest w okresie energetycznych szczytów przedpołudniowego (godz. 7 do 13) i popołudniowego (godz. 19 do 22).



Rys. 2. Pochodnia biogazu

Źródło: fot. Kamil Golba

2. MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA ZAGROŻEŃ

2.1. Ograniczenie mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza

Ograniczenia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza poza granicami działki oczyszczalni dokonać można przez hermetyzację urządzeń. Łatwiej dokonać tego w przypadku urządzeń zainstalowanych w budynkach, np. budynek krat lub zamknięta komora fermentacyjna. Natomiast hermetyzacja takich obiektów jak komory do oczyszczania biologicznego, osadniki wtórne lub zbiornik retencyjny osadu przefermentowanego i składowisko osadu odwodnionego wymagają znacznych nakładów inwestycyjnych [3].

2.2. Ograniczenia uciążliwości hałasu

Źródłami hałasu w oczyszczalni są [11] :

- dmuchawy sprężonego powietrza,
- aeratory,
- pompy.

W celu ograniczenia emisji hałasu proponuje się:

- wyeliminowanie lub uszczelnienie otworów okiennych w budynku dmuchaw,
- wyposażenie dmuchaw w skuteczną izolację dźwiękochłonną,
- dźwiękochłonne uszczelnienie drzwi.

Dużo trudniejsze jest wyeliminowanie hałasu urządzeń mechanicznych (aeratorów) pracujących na terenie otwartym. Działaniem profilaktycznym są konsultacje z dostawcami w sprawie poziomu dźwięku generowanego przez dany typ aeratora na etapie zakupu.

2.3. Ograniczenie uciążliwości zapachowych

Podstawowym sposobem zapobiegania uciążliwościom zapachowym jest zapobieganie ich powstawaniu [2]. W tym celu wskazane jest:

- dbanie o czystość urządzeń i terenu,
- ograniczenie czasu przetrzymywania na terenie oczyszczalni takich produktów ubocznych, jak skratki, osad przefermentowany, odcieki z obiektów własnych,
- stosowanie technicznych ograniczeń rozprzestrzeniania się zapachu, np. przez chlorowanie skratek i gromadzenie ich w kontenerach szczelnie zamykanych,
- eliminacja stref beztlenowych w urządzeniach oczyszczalni,
- płukanie wydzielonego piasku,
- nasadzenia zieleni ochronnej.

2.4. Ograniczenie zagrożenia pożarowego i wybuchowego

Ocenę zagrożenia pożarem i wybuchem na terenie obiektów, gdzie prowadzone są procesy technologiczne z użyciem materiałów, mogących wytworzyć mieszaniny wybuchowe lub materiały takie są składowane, nakazuje

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji [10]. Rozporządzenie to stanowi, że pod pojęciem zagrożenia wybuchem rozumie się możliwość tworzenia przez palne gazy pary palnych cieczy lub cząstki palnych ciał stałych mieszanin z powietrzem, które pod wpływem czynnika inicjującego zapłon wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu ze wzrostem ciśnienia.

W zakresie oceny należy wskazać pomieszczenia zagrożone wybuchem i wyznaczyć strefy zagrożenia wybuchem w pomieszczeniach i przestrzeniach wewnętrznych.

W ocenianej oczyszczalni występują następujące obiekty i przestrzenie zagrożone pożarem i wybuchem:

- **Sieć kanalizacyjna.** Może zawierać substancje organiczne w postaci stałej, lub ciekłej, które w warunkach beztlenowych rozkładają się z wydzielaniem metanu nawet do 0,7% objętości przestrzeni zamkniętej. Dla wykrywania i ograniczenia zagrożeń w przestrzeni nad zbiornikiem czerpny w pompowni ścieków umieszczono metanomierze, nastawione na 10 i 25% DGW. Okresowo występowało przekroczenie wskazań. Z tego powodu w całej objętości sieci kanalizacyjnej wyznaczono strefę 1 zagrożenia wybuchem.
- **Budynek pompowni.** W komorach czerpnych pompowni na okres prac konserwacyjnych wyznaczono strefę 2 zagrożenia wybuchem.
- **Wydzielone Komory Fermentacyjne.** W komorach fermentacyjnych w wyniku procesów biologicznego rozkładu tworzy się biogaz, który może występować w:
 - a) części gazowej WKF,
 - b) przewodach gazowych,
 - c) osadzie przefermentowanym,
 - d) przestrzeni wokół tych obiektów z powodu szczelności.

Wokół WKF wyznaczono strefę bezpieczeństwa o promieniu 8 m. W całej wewnętrznej przestrzeni gazowej WKF wyznaczono strefę zagrożenia wybuchem 0. Wokół wylotu rury doprowadzającej osad wyznaczono strefę 1 zagrożenia wybuchem o promieniu 1 m. Wokół zaworu bezpieczeństwa na stropie komory i naczynia przelewowego do spustu osadu wyznaczono strefę 1 zagrożenia wybuchem o promieniu 3 m. Wokół wszystkich połączeń

przewodów gazowych (ze względu na możliwe nieszczelności) wyznaczono 2 strefę zagrożenia wybuchem o promieniu 0,5 m.

W odsiarczalniku biogazu atmosfera wybuchowa może powstać podczas wymiany roztworu do pochłaniania siarkowodoru. Z tego powodu wokół odsiarczalnika wyznaczono 2 strefę zagrożenia o promieniu 5 m. W samym odsiarczalniku obowiązuje strefa zagrożenia wybuchem 0. Wokół zbiornika biogazu zapisy Rozporządzenie [10] wymagają wyznaczenia strefy bezpieczeństwa o promieniu 8 m. W ocenianej oczyszczalni wyznaczono strefę bezpieczeństwa o promieniu 15 m.

Zbiornik osadu przefermentowanego gromadzi osad, w którym stwierdzano analitycznie do 5,4% objętościowych biogazu. Ponieważ jest to zbiornik otwarty, wyznaczono 1 strefę zagrożenia wybuchem tylko do jego górnej krawędzi.

Budynki i pomieszczenia znajdujące się na terenie oczyszczalni zakwalifikowane do ZL powinny mieć wymagana klasę odporności ogniowej „D”. Ponieważ zostały one zbudowane w klasie odporności pożarowej „C”, spełniają stawiane wymagania i nie wymagają zmiany klasy.

Na terenie oczyszczalni zachowano wymagania dotyczące przejść ewakuacyjnych. Wyposażenie w podręczny sprzęt gaśniczy zostało ocenione jako zgodne z obowiązującymi przepisami.

Przeciwożarowe zaopatrzenie w wodę w postaci hydrantów naziemnych i podziemnych oczyszczalni zostało ocenione jako zadowalające. Maksymalna wydajność sieci wodociągowej wynosi 25 dm³/s.

3. CHARAKTERYSTYKA ZAGROŻEŃ W OBIEKCIE NR 2

Obiekt nr 2 zaprojektowano na przepływ średni 66 000 m³/d i odpowiednio do tego 418 000 RLM, co oznacza, że należał do obiektów największych wg klasyfikacji Rozporządzenia [7].

Układ technologiczny tej oczyszczalni składał się z pięciu bloków:

- blok oczyszczania mechanicznego,
- blok oczyszczania biologicznego,
- blok przeróbki osadów,
- część biogazowa,
- obiekty pomocnicze.

3.1. Zagrożenia w bloku oczyszczania mechanicznego

W bloku oczyszczania mechanicznego obiektem stanowiącym zagrożenie dla zdrowia obsługi są:

- komora rozprężna ścieków dopływających,
- punkt zlewny ścieków dowożonych,
- zbiorniki retencyjne,
- stacja krat.

Dla omawianej oczyszczalni zaprojektowano dwie kraty rzadkie o prześwicie między prętami równym 40 mm oraz sześć krat gęstych schodkowych o prześwicie 6 mm. Zatrzymane skratki po zgarnięciu z krat są przemywane i odwadniane. Skratki z krat gęstych są wstępnie rozdrabniane. Poważnym zagrożeniem dla obsługi budynku krat są lotne związki organiczne, wydzielające się zarówno ze ścieków, jak i zatrzymanych skratek.

Stacja krat ma bardzo wysoką przepustowość: 5,4 m³/s. Pozostałe obiekty mają przepustowość tylko 2,16 m³/s. Z tego powodu za kratami znajduje się przelew do zbiorników retencyjnych. Ścieki ze zbiorników wracają do ciągu oczyszczania w okresie minimalnych przepływów. Oprócz ścieków dopływających kanalizacją, oczyszczalnia przyjmuje ścieki dowożone wozami asenizacyjnymi. W punkcie zlewnym znajdują się cztery stanowiska, do których można dołączyć równocześnie cztery beczkowsy.

Kolejnym obiektem w bloku oczyszczania mechanicznego są piaskowniki. Wykonano dwa piaskowniki dwukomorowe. Oprócz zatrzymywania piasku zbiorniki te są dostosowane do zatrzymywania części pływających. Zatrzymany na dnie piasek pompami transportowany jest do płuczek. Zgarnięte z powierzchni tłuszcze i inne zanieczyszczenia pływające transportowane są ostatecznie do komór fermentacyjnych.

Ostatnimi obiektami części mechanicznej są cztery prostokątne osadniki wstępne o długości 48,5 m i głębokości 3 m. Osad z dna usuwany jest zgarniaczami i pompowany do zagęszczaczy.

Podobnie jak w poprzednim obiekcie zagrożenie ma charakter biologiczny, zarówno ze strony samych ścieków w stanie naturalnym, zawierających olbrzymie ilości bakterii, oraz ze strony zatrzymanych na kratkach skratek, które mogą teoretycznie zawierać pasożyty przewodu pokarmowego człowieka lub ich formy przetrwalnikowe. Dodatkowe zagrożenie pochodzi ze strony ścieków dowożonych, gdyż wiadomo, że ścieki te są kilkakrotnie

bardziej stężone od ścieków dopływających kanalizacją. Ścieki dowożone oraz tłuszcze zatrzymywane w piaskowniku stwarzają ponadto zagrożenie zapachami i gazem toksycznym (siarkowodór).

3.2. Zagrożenia w bloku oczyszczania biologicznego

Blok oczyszczania biologicznego składa się z trzech identycznych ciągów. W każdym ciągu pracuje jedna wielofunkcyjna komora o łącznej pojemności 15 200 m³. Komory te są napowietrzane sprężonym powietrzem wytwarzanym przez dmuchawy [4]. Zagrożenie biologiczne stanowią aerozole, powstające w wyniku napowietrzania komór, które mogą być roznoszone przez wiatr daleko poza granice działki oczyszczalni. Wraz z aerozolami mogą być roznoszone poza granice działki bakterie chorobotwórcze.

Drugim rodzajem zagrożenia ze strony dmuchaw jest hałas. W budynku stacji dmuchaw znajdują się 4 dmuchawy o wydajności 7900 Nm³ powietrza na godzinę. Generują one hałas i ciepło. Dodatkowy hałas generują wentylatory służące do wentylacji budynku dmuchaw. Ostatni obiekt w ciągu oczyszczania biologicznego, czyli osadniki wtórne nie generują zagrożeń.

3.3. Zagrożenia w bloku przeróbki osadów

Blok przeróbki osadów o układzie zbliżonym jak w obiekcie pierwszym obejmuje następujące elementy:

- grawitacyjne zagęszczacze osadu wstępnego,
- stacja mechanicznego odwadniania osadu nadmiernego na zagęszczaczach bębnowych,
- pompownie,
- dwie komory fermentacyjne zamknięte o poj. 5040 m³ każda (rys. 3),
- zbiorniki retencyjne osadu przefermentowanego o poj. 2 × 792 m³,
- instalacja do odsiarczania biogazu,
- zbiornik biogazu,
- zespół termicznej obróbki osadów,
- zespół gazogeneratorów.

Najistotniejsze w tym ciągu jest zagrożenie ze strony zamkniętych komór fermentacyjnych. Proces fermentacji prowadzony jest w temperaturze powyższej do 37°C. Ogrzewanie osadu odbywa się systemem wymienników

z recyrkulacją osadu. Medium grzejącym jest gorąca woda, co nie stwarza problemów bezpieczeństwa. Produktem otrzymywanym w wyniku fermentacji jest biogaz, stanowiący mieszaninę metanu i dwutlenku węgla. Biogaz gromadzi się przejściowo w kopule komory fermentacyjnej i dalej przesyłany jest niskociśnieniowymi przewodami do dwóch zbiorników biogazu. Kuliste zbiorniki z tworzywa sztucznego mają pojemność $2 \times 1500 \text{ m}^3$.



Rys. 3. Wydzielona komora fermentacyjna w sadu

Źródło: fot. Paweł Krzosek

Bardzo niekorzystnym, silnie korozyjnym i o uciążliwym zapachu składnikiem biogazu jest siarkowodór. Występuje on w stężeniach kilkuset mg/m^3 biogazu. W omawianej oczyszczalni biogaz jest odsiarczany przed zmagazynowaniem w zbiornikach.

Nowoczesnym rozwiązaniem prowadzącym do znacznego ograniczenia ilości osadów jest węzeł termicznej obróbki osadów. Po procesie fermentacji osad jest gromadzony w zbiornikach osadu przefermentowanego, odwadniany na prasach taśmowych, suszony i ostatecznie spalany. W efekcie spalania powstają popioły, które magazynowane są w oddzielnym pomieszczeniu. Oczyszczalnia ma pozwolenie marszałka województwa na spalanie osadów i wytwarzanie towarzyszących tej technologii odpadów.

W popiołach zawarte jest (w skali rocznej) do dwóch kilogramów kadmu i rtęci i do 20 kg sumy tzw. metali ciężkich.

Innym negatywnym efektem nowoczesnej technologii spalania osadów są gazy spalinowe. Do atmosfery z dwóch linii termicznej obróbki osadów emitowane jest ponad 4 tony dwutlenku siarki, tyle samo tlenu węgla i ponad 16 t tlenków azotu. W mniejszych ilościach emitowane są pary chlorowodoru i fluorowodoru. Ze spalaniem osadów związana jest również emisja pyłów. Nie stanowiącym bezpośredniego zagrożenia, ale uciążliwym zjawiskiem w ciągu przeróbki osadów są przykre zapachy.

Jeśli z powodów eksploatacyjnych linia spalania osadu nie pracuje, osad odwodniony jest higienizowany wapnem i składowany w kontenerach, a okresowo wywożony na wysypisko odpadów stałych.

3.4. Zagrożenia w części biogazowej

Część biogazowa oczyszczalni obejmuje następujące elementy:

- sieć biogazu niskiego ciśnienia, służąca do przesyłania biogazu z WKF do instalacji odsiarczającej, a następnie zbiornika biogazu i alternatywnie do kotłowni lub pochodni,
- zbiornik biogazu,
- pochodnia,
- kotłownia,
- agregat gazowy.

Zagrożenia w części biogazowej są identyczne jak opisane w części 1.4. Różnica polega tylko na tym, że biogaz spalany jest w trzech agregatach prądotwórczych.

4. CHARAKTERYSTYKA ZAGROŻEŃ W OBIEKCIE NR 3

Ponieważ część mechaniczna i biologiczna nowoczesnych oczyszczalni ścieków jest bardzo podobna, dla obiektu nr 3 omówiono tylko zagrożenia występujące w liniach osadowo-gazowych.

4.1. Zagrożenia w bloku przeróbki osadów

Blok przeróbki osadów w oczyszczalni nr 3 obejmuje następujące obiekty:

- grawitacyjne zagęszczacze osadu wstępnego,
- zagęszczanie osadu nadmiernego na zagęszczaczach bębnowych,

- pompownie,
- cztery komory fermentacyjne zamknięte o poj. 1680 m³ każda,
- otwarte baseny fermentacyjne,
- prasy taśmowe do odwadniania osadu przefermentowanego,
- suszarko-granularka osadu odwodnionego,
- silos granulatu.

Część biogazowa oczyszczalni obejmuje następujące elementy:

- sieć biogazu niskiego ciśnienia, służąca do przesyłania biogazu z WKF do instalacji odsiarczającej, a następnie zbiornika biogazu i alternatywnie do kotłowni lub pochodni,
- zbiornik biogazu,
- odsiarczalnik,
- pochodnia,
- kotłownia.

Najistotniejsze w tym ciągu jest zagrożenie za strony zamkniętych komór fermentacyjnych.

Zgodnie z Rozporządzeniem [10] komory fermentacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zabezpieczający przed pożarem i wybuchem, zamarzaniem przewodów prowadzących biogaz i uszkodzeniami tych przewodów przez korozyjne składniki biogazu. Jako zabezpieczenie podstawowe komory fermentacyjne i zbiorniki biogazu powinny mieć instalację odgromową. Strefa bezpieczeństwa zewnętrznego wokół komór fermentacyjnych zależy od ich pojemności, a największa wymagana strefa powinna mieć promień 8 m. W ocenianym obiekcie strefa bezpieczeństwa ma promień 15 m. Natomiast wewnątrz komory z punktu widzenia zagrożenia wybuchem zostało zaliczone do strefy Z0. Podobnie do strefy Z0 zostało zaliczone wewnątrz zbiornika biogazu.

Przed skierowaniem do zbiornika biogaz jest odsiarczany na trzywarstwowym filtrze z rudy darniowej. Znajdujące się w tej masie związki żelaza redukują siarkowodór do siarki elementarnej.

Zbiornik biogazu firmy Sattler ma pojemność 2150 m³. Jest dostosowany do ciśnienia 25 mbarów, pracuje przy nadciśnieniu 20 mbarów. Zbiornik wyposażony jest w sprężynowy zawór bezpieczeństwa, otwierający się przy ciśnieniu 25 mbarów.

Pochodnia biogazu, jako końcowy element instalacji, służy do spalania nadmiaru biogazu, zabezpieczając cały układ przed nadmiernym wzrostem ciśnienia.

Ze względu na konstrukcję i automatyzację pracy komorę zaliczono do obiektów niezagrażonych wybuchem. Mimo to wokół pochodni wyznaczono strefę ochronną o promieniu 15 m.

Pomieszczenie kotłowni, w której spalany jest biogaz, zaliczono do strefy Z1, a rurociągi gazowe – do strefy Z2.

Specyficznymi obiektami tej oczyszczalni, nie występującymi w dwóch poprzednich są: otwarte komory fermentacyjne i suszarko-granularka do osadu.

Otwarte baseny fermentacyjne pełnią w zasadnie tylko funkcję magazynowania osadu, a w mniejszym stopniu jego odgazowania i stabilizacji składu. Strefę zagrożenia wyznaczono nad powierzchnią zbiornika otwartego.

Suszarko – granularka służy do obniżenia zawartości wody i tym samym masy osadu usuwanego z oczyszczalni. Proces suszenia prowadzony jest metodą przepionową na pionowych półkach, których jest 19. Osad przetacza się od półki najwyższej do dołu. Nośnikiem ciepła jest olej mineralny, podgrzewany do 255°C spalaniem biogazem. Uzyskuje się granulaty o zawartości ok. 90% suchej masy i temperaturze 95°C. Dla zabezpieczenia granulatu przed zapłonem podczas składowania jest on schładzany ściekami oczyszczonymi recykulowanymi z odpływu z oczyszczalni do temperatury ok 40°C.

Silos do magazynowania granulatu ma pojemność 80 m³ i pozwala na zgromadzenie trzydobowej produkcji. W kilku miejscach na powierzchni silosu zamontowane są czujniki temperatury i czujnik stężenia tlenu węgla. Wzrost temperatury powyżej 50°C wykazany nawet przez jeden z czujników lub przekroczenie zadanej wartości tlenu węgla skutkuje otwarciem zaworu na instalacji sprężonego azotu i wyparciem tlenu przez azot. Na instalacji gazów odprowadzanych z suszarki zainstalowany jest czujnik metanu.

5. MOŻLIWOŚCI OGRANICZENIA ZAGROŻEŃ

5.1. Ograniczenie mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza

Mikrobiologiczne zagrożenie dla powietrza atmosferycznego dotyczy zarówno pracowników zakładu, jak i osób przebywających poza terenem oczyszczalni. Na zasięg tego zagrożenia mają wpływ czynniki atmosferyczne: siła wiatru i pora roku. Największe zagrożenie obserwuje się w czerwcu i lipcu. Newralgicznymi miejscami dla tego zagrożenia są: punkt zlewny, komory krat i otwarte zbiorniki, zarówno ściekowe, jak i osadowe. Ograniczenia

mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza poza granicami działki oczyszczalni dokonać można przez hermetyzację urządzeń. Łatwiej dokonać tego w przypadku urządzeń zainstalowanych w budynkach, np. budynek krat lub Zamknięta Komora Fermentacyjna. Natomiast hermetyzacja takich obiektów, jak komory do oczyszczania biologicznego, osadniki wtórne lub zbiornik retencyjny osadu przefermentowanego i składowisko osadu odwodnionego wymagają znacznych nakładów inwestycyjnych. Jedną z form ograniczenia tego zagrożenia jest ograniczenie dostępu pracowników do pomieszczeń, w których zagrożenie jest największe. Problem ochrony pracowników przed działaniem szkodliwych czynników biologicznych reguluje Rozporządzenie Ministra Zdrowia [12].

5.2. Ograniczenia uciążliwości hałasu

Źródłami hałasu w oczyszczalni są:

- dmuchawy sprężonego powietrza,
- aeratory,
- pompy.

W celu ograniczenia emisji hałasu proponuje się:

- wyeliminowanie lub uszczelnienie otworów okiennych w budynku dmuchaw,
- wyposażenie dmuchaw w skuteczną izolację dźwiękochłonną,
- dźwiękochłonne uszczelnienie drzwi.

Dużo trudniejsze jest wyeliminowanie hałasu urządzeń mechanicznych (aeratorów) pracujących na terenie otwartym. Działaniem profilaktycznym są konsultacje z dostawcami w sprawie poziomu dźwięku generowanego przez dany typ aeratora na etapie zakupu.

5.3. Ograniczenie uciążliwości zapachowych

Podstawowym sposobem zapobiegania uciążliwościom zapachowym jest zapobieganie ich powstawaniu.

Ograniczenie uciążliwości zapachowych i w pewnym stopniu ograniczenie zagrożeń biologicznych powietrza osiągnąć można przez instalowanie biopłuczek i biofiltrów na przewodach gazów odlotowych. Rozwijające się na

materiale lub w cieczy wypełniającej biopłuczki mikroorganizmy utleniają substancje powodujące uciążliwości zapachowe. Przykładem może być ruda darniowa w obiekcie nr 3.

5.4. Ograniczenie zagrożenia pożarowego i wybuchowego

Ocenę zagrożenia pożarem i wybuchem na terenie obiektów, gdzie prowadzone są procesy technologiczne z użyciem materiałów, mogących wytworzyć mieszaniny wybuchowe, lub materiały takie są składowane, nakazano w Rozporządzeniu [10]. Rozporządzenie to stanowi, że pod pojęciem zagrożenia wybuchem rozumie się możliwość tworzenia przez palne gazy pary palnych cieczy lub cząstki palnych ciał stałych mieszanin z powietrzem, które pod wpływem czynnika inicjującego zapłon wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu ze wzrostem ciśnienia.

W zakresie oceny należy wskazać pomieszczenia zagrożone wybuchem i wyznaczyć strefy zagrożenia wybuchem w pomieszczeniach i przestrzeniach wewnętrznych.

W ocenianych oczyszczalniach występują następujące obiekty i przestrzenie zagrożone pożarem i wybuchem:

- sieć kanalizacyjna,.
- budynek pompowni,
- Wydzielone Komory Fermentacyjne,
- odsiarczalnik,
- zbiornik osadu przefermentowanego.

Budynki i pomieszczenia znajdujące się na terenie oczyszczalni zakwalifikowane do ZL powinny mieć wymagana klasę odporności ogniowej „D”. Ponieważ zostały one zbudowane w klasie odporności pożarowej „C”, spełniają stawiane wymagania i nie wymagają zmiany klasy. Na terenie oczyszczalni zachowano wymagania dotyczące przejść ewakuacyjnych. Wyposażenie w podręczny sprzęt gaśniczy zostało ocenione w pozwoleniach [12] jako zgodne z obowiązującymi przepisami.

Przeciwożarowe zaopatrzenie w wodę w postaci hydrantów naziemnych i podziemnych oczyszczalni zostało ocenione jako zadowalające. Maksymalna wydajność sieci wodociągowej wynosi 25 dm³/s.

6. PODSUMOWANIE

Jak wynika z definicji, oczyszczalnie ścieków są obiektami ochrony środowiska. Ich głównym zadaniem jest ochrona środowiska wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem substancjami organicznymi, co może prowadzić do nadmiernego zużycia tlenu i zamiany rzek w kanały ściekowe.

Aby oczyszczalnie pracowały prawidłowo, kolejni ministrowie środowiska wydają rozporządzenia, określające skład ścieków, jakie mogą być odprowadzane do wód powierzchniowych, zależnie od wielkości oczyszczalni, wyrażonej liczbą mieszkańców równoważnych [7]. Uszczegółowieniem tych wymagań jest pozwolenie wodno-prawne, udzielane każdej oczyszczalni przez odpowiedni organ administracji państwowej.

Ze swojej podstawowej funkcji wszystkie trzy oceniane oczyszczalnie wywiązywały się zadowalająco. Ale nawet prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni powoduje cały szereg zagrożeń dla pozostałych elementów środowiska, głównie dla życia i zdrowia ludzi oraz powietrza atmosferycznego.

Podstawowe rodzaje zagrożeń to:

- chemiczne i biologiczne zagrożenie jakości powietrza atmosferycznego,
- hałas,
- zagrożenie pożarowe i wybuchowe.

Całkowite wyeliminowanie zagrożeń wywołanych eksploatacją oczyszczalni ścieków jest niemożliwe. Możliwe jest natomiast ograniczenie tych zagrożeń przez odpowiednie działania inżynierskie i organizacyjne, co wykazano wyżej.

LITERATURA

- [1] Braun B., Wellinger A.: *Biogas and more! Systems and Markets Overview of Anaerobic Digestion*. IEA Bioenergy 2001.
- [2] Cyprowski M., Czynniki szkodliwe dla zdrowia, występujące w oczyszczalniach ścieków. *Medycyna Pracy* 2003, nr 53(1).
- [3] Głowiak B. i in., *Podstawy ochrony środowiska*. Arkady, Warszawa 1985.
- [4] Imhoff K., *Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków*. Oficyna Wydawnicza Projprzem EKO Bydgoszcz 1996.
- [5] Poskrobko T. i in., *Ochrona biosfery*. PWN, Warszawa 2007.

- [6] Stańczyk J., Podstawowe aspekty bezpieczeństwa. PAN, Warszawa 1996.
- [7] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód, lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU 2014, poz. 1800).
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 1 października 1993 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w oczyszczalniach ścieków (DzU 1993, nr 96, poz. 438).
- [9] Ustawa z 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (DzU 2001, nr 115 poz 1229).
- [10] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU 2010 nr 109, poz. 719).
- [11] Dokumentacja techniczna ocenianych oczyszczalni ścieków.
- [12] Pozwolenia wodno-prawne ocenianych oczyszczalni.