

Monika JAKUBUS¹, Agnieszka WOLNA-MARUWKA² i Joanna JORDANOWSKA³

ROLA PREPARATU ECO TABS™ W STABILIZACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH CZ. I: OCENA SKŁADU CHEMICZNEGO OSADÓW

ECO TABS™ PREPARATION ACTION IN STABILIZATION OF SEWAGE SLUDGE

PART I: ASSESSMENT OF CHEMICAL COMPOSITION OF SEWAGE SLUDGE

Abstrakt: Podczas oczyszczania ścieków komunalnych przy oddzielaniu części płynnej od stałej powstają osady ściekowe. W procesie oczyszczania ścieków powstaje osad wstępny w osadnikach wstępnych oraz biologiczny w osadnikach wtórnych. Te dwa typy osadów po zmieszaniu muszą podlegać procesowi stabilizacji. Proces stabilizacji jest jednym z ważniejszych elementów tzw. gospodarki osadowej, prowadzonej na terenie oczyszczalni ścieków, zmierzającym do poprawy właściwości osadów. W przypadku oczyszczalni ścieków komunalnych we Wrześni zmieszane osady są tłoczone do otwartych komór fermentacyjnych (OKF), gdzie w warunkach psychrofilnych prowadzony jest proces fermentacji. W celu zwiększenia efektywności stabilizacji osadów z jednocześnie poprawą ich parametrów proponuje się stosowanie takich substancji, jak przykładowo Eco Tabs™. Zakłada się, że preparat może korzystnie wpływać na redukcję uwodnienia osadów oraz zawartość substancji biogennych, zmniejszając ich ilość. Celem pracy była ocena rzeczywistej efektywności technologii Eco Tabs™ we wzroście suchej masy oraz poprawie właściwości chemicznych osadów ściekowych podczas ich fermentacji. Założenie to zrealizowano w oparciu o doświadczenie prowadzone na terenie oczyszczalni ścieków komunalnych we Wrześni. Do osadów znajdujących się w OKF aplikowano co tydzień preparaty Eco Tabs™ przez 7 tygodni. Częstotliwość pobierania próbek osadów ściekowych do analiz była cotygodniowa. W zebranych materiale wykonano analizy dotyczące zawartości suchej masy, materii organicznej oraz makro- i mikroskładników. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach, a uzyskane dane poddano analizie statystycznej, przy której uwzględniono 2 czynniki: A - termin pobrania próbek do analiz oraz B - frakcja osadu. Najmniejsze istotne różnice obliczono metodą Tukeya przy poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$. Biorąc pod uwagę uzyskane dane, można stwierdzić, że preparaty Eco Tabs™ miały słaby wpływ na właściwości chemiczne osadów ściekowych podczas procesu fermentacji. Ponadto należy zaznaczyć, że po pierwszej aplikacji opisywanego preparatu nastąpiło rozdzielanie całej masy osadów w OKF na 2 frakcje: lżejszą, znajdującą się w górnej części zbiornika, oraz cięższą - w dolnej. Badania ujawniły, że aplikacja Eco Tabs™ ani nie zwiększyła suchej masy osadów, ani nie obniżyła ilości substancji biogennych wyrażonych przez materię organiczną i takie składniki, jak: węgiel, azot, siarka czy fosfor. Porównując wartości określone dla osadów kontrolnych z tymi stwierdzonymi dla osadów poddanych aplikacji omawianego preparatu, przydatność technologii Eco Tabs™ w przeprowadzonym doświadczeniu należy uznać za małą.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, stabilizacja, preparat Eco Tabs™, właściwości chemiczne

Wstęp

Efektem procesu oczyszczania ścieków komunalnych jest powstająca masa osadów ściekowych. Osady ściekowe generowane w oczyszczalniach ścieków wymagają

¹ Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań, email: monja@up.poznan.pl

² Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań, email: amaruwka@interia.pl

³ Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrześni Sp. z o.o., ul. gen. W. Sikorskiego 42, 62-300 Września, email: jordanoo@poczta.onet.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'15, Jarnołtówek, 14-16.10.2015

unieszkodliwienia nie tylko z przyczyn prawnych, ale również praktycznych i estetycznych. Powstałe osady wstępne, jak również nadmierne są znacznie uwodnione, obciążone dużym ładunkiem związków organicznych, a także charakteryzują się obecnością chorobotwórczych bakterii, wirusów oraz pasożytów. Takie parametry osadów ściekowych nie gwarantują bezpieczeństwa środowiskowego po ich usunięciu z terenu oczyszczalni. Komunalne osady ściekowe, przeznaczone do przyrodniczego unieszkodliwienia, wymagają procesów przekształcenia, które zmniejszą zawartość wody, związków organicznych, zagniwalność osadu, likwidują patogeny oraz ograniczą jego aktywność chemiczną z zachowaniem jego wartości nawozowej. W celu poprawy właściwości osady podlegają różnym procesom przeróbki, które składają się na tzw. gospodarkę osadową oczyszczalni ścieków. Jakubus [1] do podstawowych procesów przeróbki osadów ściekowych zalicza między innymi ich stabilizację, która może być realizowana na drodze fermentacji metanowej. Fermentacja metanowa jest złożonym procesem biochemicznym rozkładu substancji organicznej w warunkach beztlenowych przy udziale bakterii. Podczas niego wielkocząsteczkowe substancje organiczne rozkładane są do prostych związków chemicznych, głównie metanu (CH_4) i ditlenku węgla (CO_2) [2]. Według Mininni i in. [3], fermentacja metanowa wśród innych metod uważana jest za efektywną i przydatną technologię zagospodarowania osadów ściekowych lub ich przygotowania do dalszej przeróbki. Proces ten gwarantuje korzystne zmiany we właściwościach fizykochemicznych tego typu odpadu, wyrażone zmniejszeniem podatności na zagniwanie, obniżoną lepkością, mniejszą liczbą patogenów, uzyskaniem konsystencji ziemistej przy jednoczesnym pozyskaniu biogazu [4]. Oczekuje się, że stabilizacja osadów ściekowych doprowadzi do zmniejszenia ich objętości i materii organicznej przy jednoczesnym wzroście suchej masy.

Z uwagi na znaczną czułość samego procesu, jak również szereg czynników wpływających na niego, uzyskanie powyższych efektów nie zawsze jest możliwe. Interesującą propozycję unormowania zmiennych warunków, a przede wszystkim poprawę parametrów osadów ściekowych oferuje technologia Eco TabsTM. Zgodnie z informacjami zamieszczonymi na stronie dystrybutora - firmy Eco Life System Sp. z o.o., preparat jest w pełni naturalny, a jego stosowanie wpisuje się w ogólnoświatowe trendy praktyk pozostających w zgodzie z naturą. Technologia Eco TabsTM jest reklamowana jako bezpieczna, niskobudżetowa oraz prosta w użyciu. Treści zawarte w ulotkach informacyjnych wskazują na szerokie zastosowanie produktów Eco TabsTM, a mianowicie do użytku w oczkach wodnych, stawach, separatorach tłuszczu, oczyszczaniu ścieków w komunalnych oczyszczalniach, zakładach przemysłu spożywczego, restauracjach, hotelach oraz innych miejscach, gdzie przetwarzane są produkty spożywcze. Według dystrybutora, dozując produkty Eco TabsTM w warunkach oczyszczalni ścieków, uzyskuje się między innymi redukcję osadu nadmiernego, higienizację osadów ściekowych, likwidację odorów, poprawę takich parametrów, jak ChZT, BZT₅ czy zmniejszenie ładunku fosforu i azotu amonowego w ściekach.

Przytoczone powyżej informacje, jak wspomniano, pochodzą z materiałów zamieszczonych na stronie internetowej dystrybutora i należy je rozpatrywać w kategoriach reklamy, niepotwierdzonej wiarygodnymi badaniami naukowymi. Jednocześnie nie można *a priori* zakładać, że doniesienia tam zawarte odbiegają od rzeczywistości, tym bardziej, że Swiniarski [5] twierdzi, że preparaty Eco TabsTM stają się coraz popularniejsze na polskim rynku preparatów biologicznych oczyszczających ścieki i zanieczyszczone wody. Biorąc

pod uwagę fakt, że omawiane preparaty w głównej mierze oparte są na specyficznej kompozycji bakterii, ich aplikację do osadów ściekowych można potraktować jako pewnego rodzaju bioaugmentację. Jak podaje Montusiewicz [6], bioaugmentacja to praktyka wprowadzania wyspecjalizowanych szczepów mikroorganizmów do między innymi bioreaktorów. W systemach beztlenowych zapewnia wzrost szybkości przemian metabolicznych, rozkład związków złoŹonnych i opornych na biodegradację. Natomiast podczas fermentacji metanowej osadów ściekowych oczekuje się, że pod wpływem bioaugmentacji nastąpi zintensyfikowane uwalnianie związków biogennych.

Jednakże literatura przedmiotu, polska oraz zagraniczna, nie prezentuje badań z wykorzystaniem technologii Eco Tabs™. Chcąc wypełnić tę lukę, a jednocześnie ocenić rzeczywistą przydatność omawianego produktu, podjęto badania mające na celu zweryfikowanie wpływu zastosowanych preparatów Eco Tabs™ na wybrane parametry osadów ściekowych, podlegających procesowi fermentacji w otwartych komorach fermentacyjnych, znajdujących się na terenie komunalnej oczyszczalni ścieków.

Materiał i metody

Obiekt badań

Obiektem badań były osady pobierane z otwartej komory fermentacyjnej (OKF) znajdującej się na terenie mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych we Wrześni (52,320°N i 17,579°E). Prezentowana oczyszczalnia posiada dwa ciągi technologiczne, na które składają się: sitopiaskowniki, osadnik wstępny, reaktory biologiczne, osadniki wtórne, pompownie recyrkulacji osadu, otwarte komory fermentacyjne oraz stacja mechanicznego zagęszczania i odwadniania osadów.

Otwarte komory fermentacyjne służą do stabilizacji beztlenowej powstającego na oczyszczalni osadu. Przewidziano stabilizację beztlenową osadu wstępnego (52 m³/d) mieszanego z zagęszczonym nadmiernym (23,3 m³/d) w łącznej ilości 75,3 m³/d. W otwartych komorach proces fermentacji przebiega w warunkach psychrofilnych przy zmiennej temperaturze osadu w ciągu roku. Przyjęto średnią temperaturę fermentacji równą 10°C, a minimalny czas trwania procesu 90 dni. W każdej komorze zainstalowane są dwa mieszadła zatapialne, wolnoobrotowe, śmigłowe.

Otwarte komory fermentacyjne zaprojektowano jako okrągłe zbiorniki żelbetowe, monolityczne, otwarte, wyniesione ponad teren, ocieplone. Średnica OKF-u w świetle ścian wewnętrznych wynosi 30 m, całkowita wysokość równa jest 6,8 m, w tym część walcowa ma wysokość równą 6,0 m. Dolna część komory ma postać stożka ściętego odwróconego o wysokości 0,8 m i podstawie o średnicy 1,0 m. Biorąc pod uwagę wysokość czynną 5,5 m, pojemność komór fermentacji zgodnie z projektem wynosi 6200 m³ - po 3100 m³ każda.

Założeniem badań było, że wspólna aplikacja produktu Eco Tabs™ Pond Tablets oraz Eco Tabs™ Eco Granular Shock umożliwi zlikwidowanie 5 m³ osadu oraz pozwoli uzyskać zawartość suchej masy na poziomie 8-10%. Aby osiągnąć zakładane cele, do osadów ściekowych znajdujących się w komorze fermentacyjnej jednorazowo codziennie aplikowano 15 sztuk Eco Tabs™ Pond Tablets i 15 sztuk Eco Tabs™ Eco Granular Shock. Doświadczenie trwało przez 7 tygodni w okresie wiosennym (14.04-9.06.2014). Już na początku eksperymentu, po pierwszej aplikacji preparatu Eco Tabs™, zaobserwowano

rozdziła całej mieszaniny na 2 frakcje: cięższą - opadającą na dół zbiornika i lżejszą - unoszącą się w jego górnej części. W związku z tym do analiz pobierano próbki z obu frakcji jednocześnie, co realizowane było w cotygodniowych cyklach. Pobranie próbek odbywało się za pomocą czerpaka o pojemności 1000 cm³ na wysięgniku teleskopowym. Próbki były pobierane zgodnie z normą PN-EN ISO 5667-13:2011 [7] z głębokości 1 m pod powierzchnią osadu (górną frakcja) oraz z dna komory (dolna frakcja).

Jednocześnie tydzień przed rozpoczęciem dodawania preparatów oraz 2 tygodnie po ich zakończeniu kontrolnie z komory fermentacyjnej pobrano do analiz próbki osadów ściekowych.

Charakterystyka produktu

Eco Tabs™ Pond Tablets oraz Eco Tabs™ Eco Granular Shock to wielofunkcyjne preparaty opracowane jako produkty stosowane do eliminowania odoru, zapobiegania korozji oraz aktywacji biologicznego rozkładu osadów organicznych w obecności bakterii tlenowych. Biopreparat Eco Tabs™ Pond Tablets ma postać tabletek o wadze 135 g. Według specyfikacji technicznej (www.ecolifeyesystem.com.pl) opisywany preparat zawiera inokulum wyspecjalizowanych szczepów niepatogennych bakterii tlenowych w ilości ponad 5 miliardów szczepów na gram produktu, a także mieszaninę nadwęglanu sodu, węglanu disodu, związku z nadtlakiem wodoru (2:3), monohydrat laktozy i środek powierzchniowo czynny. Biopreparat Eco Tabs™ Eco Granular Shock ma postać proszku, umieszczonego w opakowaniach 250-gramowych.

Metody badań

W badanych próbkach osadów ściekowych określono suchą masę, materię organiczną oraz makro- i mikroskładniki. Oznaczenia suchej masy i materii organicznej wykonano zgodnie z powszechnie stosowanymi procedurami w szczegółowy sposób opisanymi w [8]. Zawartości ogólne makro- i mikroskładników zostały określone po wcześniejszej mineralizacji próbek w temperaturze 550°C przez 3 godziny. Pozostałości po spopieleniu rozpuszczono w 6 mol·dm⁻³ HCl. W tak przygotowanych roztworach metodą AAS oznaczono ilości wszystkich analizowanych mikroelementów oraz magnezu. Zawartość wapnia, potasu i sodu określono, wykorzystując metodę AES. Natomiast fosfor oznaczono spektrometrycznie po uprzednim wybarwieniu roztworów metawanadymianem amonu. Ilości siarki ogólnej w osadach ściekowych zostały określone według metody opisanej w [9]. Przy oznaczeniu węgla organicznego i azotu ogólnego posłużono się aparatem Vario Max CNS.

Statystyczne opracowanie danych

Wszystkie oznaczenia analizowanych parametrów w próbkach komunalnych osadów ściekowych wykonano w trzech powtórzeniach. Uzyskane dane zostały poddane analizie statystycznej w celu obliczenia NIR (Najmniejsza Istotna Różnica) metodą Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ dla czynników doświadczalnych oraz ich interakcji, gdzie czynnikiem A był termin pobrania próbek osadów do analizy ($n = 7$), a B - frakcja osadu ($n = 2$).

Wyniki

Osady ściekowe, będące naturalnym produktem oczyszczania ścieków komunalnych, stanowią wyzwanie nie tylko dla oczyszczalni ścieków, ale wszystkich jednostek samorządowych odpowiedzialnych za prawidłowo prowadzoną gospodarkę odpadową na danym terenie. Wynika to z Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu [10], które z dniem 01.01.2016 r. wprowadza zakaz składowania nieprzetworzonych osadów ściekowych. Zmniejszenie uwodnienia czy poprawa parametrów chemiczno-sanitarnych osadów ściekowych są rutynowo i w różnym zakresie realizowane przez oczyszczalnie ścieków komunalnych. Powszechnie stosowane metody kondycjonowania powstającego odpadu w szczególności sposób zostały opisane w [11], gdzie również dokonano ogólnie znanego przeglądu metod zagospodarowania osadów ściekowych. Obecnie w Polsce, z uwagi na szereg uwarunkowań, dominuje tendencja do zagospodarowania przyrodniczego osadów ściekowych. Wówczas pod uwagę musi być brane i weryfikowane szerokie spektrum właściwości, na które wskazuje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 roku w sprawie komunalnych osadów ściekowych [12].

Tabela 1
Wybrane właściwości osadów ściekowych przed i po zakończeniu dodawania preparatów Eco Tabs™

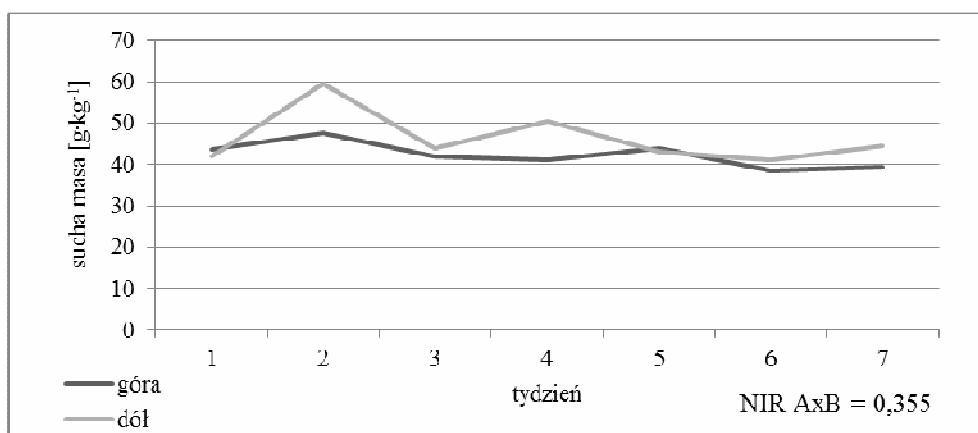
Table 1
Selected properties of sewage sludge before and after application of Eco Tabs™ preparation

| Parametr | Jednostka | Przed aplikacją Eco Tabs™ | Po aplikacji Eco Tabs™ |
|------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
| Sucha masa | | 43,0 | 50,0 |
| MO | | 766,0 | 750,5 |
| C | | 371,2 | 370,0 |
| N | | 73,0 | 73,0 |
| S | | 5,31 | 5,51 |
| P | [g·kg ⁻¹] | 72,8 | 77,8 |
| K | | 28,69 | 29,30 |
| Mg | | 8,82 | 8,75 |
| Ca | | 28,95 | 25,37 |
| Na | | 8,3 | 7,22 |
| Fe | | 10550 | 8910 |
| Mn | [mg·kg ⁻¹] | 243,75 | 281,7 |
| Zn | | 371,88 | 356,84 |
| Cu | | 105,48 | 100,00 |

Procesy, jakim podlegają osady ściekowe podczas tzw. gospodarki osadowej na terenie oczyszczalni, prowadzą między innymi do zmian w ich właściwościach chemicznych. Najczęściej wśród badanych parametrów wymienia się zawartość suchej masy, ilość materii organicznej czy zawartość metali ciężkich. Jakubus [1], cytując prace polskich i zagranicznych autorów, wykazuje nawozowy charakter osadów. Zatem, dokonując oceny jakościowej tego typu odpadów, należy brać pod uwagę ich zasobność w składniki pokarmowe, ponieważ one decydują o rzeczywistym plonotwórczym charakterze osadów i zasadności ich dogłębowego stosowania na cele przyrodnicze. Takiej charakterystyki

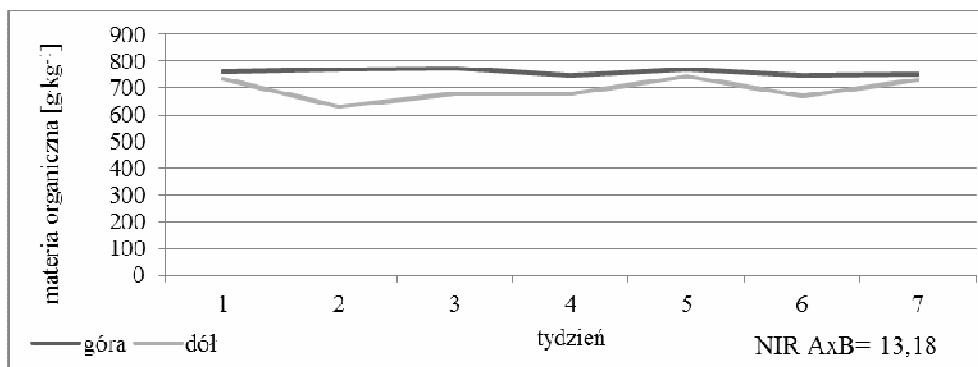
dokonano w odniesieniu do osadów ściekowych podlegających procesowi fermentacji w OKF znajdujących się na terenie oczyszczalni ścieków we Wrześni. Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1, próbki osadów pobrane kontrolnie przed i po aplikacji preparatu Eco Tabs™ odznaczały się porównywalnym poziomem analizowanych właściwości. Materia organiczna oraz węgiel organiczny zostały stwierdzone w większych ilościach w osadach przed rozpoczęciem doświadczenia. Podobna zależność dotyczyła Mg, Ca, Na, Fe, Zn czy Cu. W przypadku wymienionych składników pokarmowych różnica w zawartości była rzędu 14-18%. Warto zaznaczyć, że osady pobrane do analiz po zakończeniu doświadczenia odznaczały się o 16% większą suchą masą, a także większymi ogólnymi zawartościami P, K i Mn (tab. 1).

Procesy chemiczno-biologiczne wdrażane na oczyszczalniach ścieków, a dedykowane poprawie jakości osadów istotnie mogą modyfikować ich skład chemiczny. Wprowadzenie dodatkowych związków na różnych etapach oczyszczania ścieków może oddziaływać zarówno na efektywność samego procesu, jak i właściwości osadów. W jakim stopniu miało to miejsce w warunkach przeprowadzonego doświadczenia, prezentują dane zawarte na rysunkach 1 i 2 oraz w tabelach 2 i 3. Podczas stabilizacji osadów ściekowych uważnie są monitorowane zmiany zawartości materii organicznej oraz suchej masy, co również było kontrolowane w niniejszych badaniach. Jak wskazują dane na rysunku 1, bez względu na miejsce pobrania osadów ściekowych do analiz, sucha masa była na porównywalnym poziomie, a istotne różnice zostały odnotowane w 2, 4 oraz 7 terminie pobrania próbek do analiz. Aplikacja Eco Tabs™ spowodowała istotne obniżenie suchej masy w osadach ściekowych pobranych z górnej frakcji. W stosunku do suchej masy osadów kontrolnych materiał podlegający działaniu omawianego preparatu odznaczał się większym uwodnieniem (tab. 1, rys. 1). Podczas całego okresu dozowania Eco Tabs™ obniżeniu także podlegała zawartość materii organicznej, a zaobserwowane różnice były statystycznie istotne (rys. 2). Osady pobrane zarówno z górnej, jak i dolnej frakcji charakteryzowały się mniejszą ilością materii organicznej w stosunku do stwierdzonej w materiale kontrolnym (tab. 1).



Rys. 1. Zmiany ilości suchej masy osadów ściekowych podczas doświadczenia

Fig. 1. Changes of sewage sludge dry matter amount during experiment



Rys. 2. Zmiany zawartości materii organicznej osadów ściekowych podczas doświadczenia

Fig. 2. Changes of sewage sludge organic matter content during experiment

Jak wynika z danych w tabeli 2, zawartości wszystkich analizowanych makroskładników były istotnie większe (o 13 do 29%) w osadach pobranych z górnej frakcji wobec określonych w próbkach reprezentujących dół komory. Spośród wymienionych składników w najmniejszym stopniu oddziaływaniu Eco Tabs™ podlegały azot i siarka (tab. 2). Ilości tych pierwiastków w osadach z dolnej oraz górnej frakcji podczas prowadzonego doświadczenia były na porównywalnym poziomie, nie różniąc się między sobą istotnie statystycznie. Pod wpływem zastosowanego do osadów ściekowych preparatu wykazane zostały istotne zmiany ilościowe węgla organicznego oraz fosforu ogółem, które zależały od miejsca pobrania próbek do analiz (tab. 2). W trakcie doświadczenia w osadach pobranych z górnej frakcji zawartość C_{org} zmniejszała się, a P_{og} zwiększała. Natomiast w próbkach reprezentujących dolną frakcję określono 12% zmniejszenie ilości P_{og} oraz nieznaczny (2%), choć statystycznie udowodniony wzrost zawartości C_{org} (tab. 2).

Analiza danych zawartych w tabeli 2 dowodzi, że aplikacja Eco Tabs™ miała silniejszy wpływ na poziom ilościowy pozostałych makroskładników, czyli Ca, Mg, K i Na. Niezależnie od miejsca pobrania próbek do analiz z OKF zawartość ogólna K i Ca systematycznie podczas badań ulegała zmniejszeniu, w wyniku czego osady z ostatniego terminu pobrania charakteryzowały się o 37-42% (Ca) oraz o 15-25% (K) mniejszymi ilościami. Podkreślić należy także istotność zmian w zawartości ogólnej Mg oraz Na. Bez względu na miejsce pobrania próbek do analiz podczas dozowania Eco Tabs™ ilości ogólne Mg w osadach wzrastały. W porównaniu do zawartości uzyskanych w próbkach reprezentujących 1 termin pobrania, osady z 7 terminu odznaczały się o 22-28% większym poziomem omawianego składnika (tab. 2). Odmienne kierunki zmian ilościowych odnotowano dla sodu, ponieważ w osadach pobranych z górnej frakcji następowało zmniejszenie, a w osadach z dolnej frakcji zwiększenie ogólnej zawartości tego składnika. Efektem tego była o 16 i 18% odpowiednio mniejsza i większa ilość Na w osadach z końca doświadczenia wobec tych określonych w próbkach reprezentujących jego początek. Porównanie zawartości składników pokarmowych w osadach kontrolnych ze stwierdzonymi w osadach poddanych działaniu Eco Tabs™ daje istotną informację na temat realnego wpływu preparatu. Oddziaływanie takie zostało wyraźnie zaakcentowane

jedynie w odniesieniu do takich składników mineralnych, jak: Ca, K, Mn i Zn. Osady kontrolne charakteryzowały się większymi zawartościami Ca i K (1,5 razy), Mn (o 41%) i Zn (o 33%) (tab. 1-3). Ponadto, ilości mikroelementów, podobnie jak makroskładników, były większe (o 12-38%) w osadach pobranych z górnej frakcji. Analiza danych zawartych w tabeli 3 pozwala na określenie wspólnego dla Fe, Mn, Zn i Cu kierunku zmian ilościowych. Bez względu na miejsce pobrania próbek do analiz podczas trwania doświadczenia zawartości wymienionych powyżej mikrośkładników ulegały zmniejszeniu. Efektem takich zmian była istotnie mniejsza o 30% (Fe), 22-28% (Mn), 16-29% (Zn) i o 25-44% (Cu) ilość w osadach reprezentujących 7 termin pobrania wobec stwierdzonego w materiale z 1 terminu (tab. 3).

Tabela 2
Zmiany zawartości makroskładników w osadach ściekowych podczas doświadczenia [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]

Table 2

Changes of macronutrients content in sewage sludge during experiment [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]

| | Tydzień | | | | | | | Średnio |
|------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| | Węgiel organiczny | | | | | | | |
| Góra | 388,5 | 379,9 | 381,4 | 379,9 | 378,0 | 358,3 | 363,4 | 375,6 |
| Dół | 348,6 | 349,4 | 288,2 | 329,0 | 320,5 | 328,5 | 357,5 | 331,7 |
| | NIR A·B = 16,00 | | | | | | | NIR B = 3,94 |
| | Azot ogólny | | | | | | | |
| Góra | 76,8 | 70,9 | 72,8 | 69,8 | 73,7 | 75,3 | 72,8 | 73,2 |
| Dół | 69,9 | 68,8 | 57,2 | 65,6 | 62,5 | 73,9 | 73,8 | 67,4 |
| | NIR A·B = 4,03 | | | | | | | NIR B = 0,99 |
| | Fosfor ogólny | | | | | | | |
| Góra | 76,8 | 79,5 | 80,4 | 91,2 | 89,2 | 87,6 | 87,6 | 84,6 |
| Dół | 78,5 | 85,1 | 72,4 | 74,6 | 73,2 | 69,8 | 69,1 | 74,7 |
| | NIR A·B = 9,84 | | | | | | | NIR B = 2,42 |
| | Potas ogólny | | | | | | | |
| Góra | 25,9 | 25,5 | 22,6 | 20,8 | 21,7 | 21,1 | 19,4 | 22,4 |
| Dół | 22,6 | 15,1 | 17,4 | 19,1 | 21,1 | 20,2 | 19,2 | 19,2 |
| | NIR A·B = 1,05 | | | | | | | NIR B = 0,26 |
| | Wapń ogólny | | | | | | | |
| Góra | 29,7 | 39,7 | 31,7 | 29,8 | 28,4 | 21,7 | 17,3 | 28,3 |
| Dół | 26,3 | 25,3 | 25,3 | 24,1 | 19,1 | 17,5 | 16,5 | 22,0 |
| | NIR A·B = 1,83 | | | | | | | NIR B = 0,45 |
| | Magnez ogólny | | | | | | | |
| Góra | 8,4 | 8,8 | 11,3 | 10,6 | 10,9 | 8,8 | 10,3 | 9,9 |
| Dół | 6,1 | 8,4 | 8,4 | 8,8 | 8,4 | 8,4 | 7,8 | 8,1 |
| | NIR A·B = 1,05 | | | | | | | NIR B = 0,26 |
| | Siarka ogólna | | | | | | | |
| Góra | 6,2 | 6,1 | 6,7 | 7,7 | 6,2 | 5,2 | 5,6 | 6,2 |
| Dół | 4,9 | 5,2 | 5,8 | 6,1 | 5,2 | 4,8 | 4,6 | 5,2 |
| | NIR A·B = 1,55 | | | | | | | NIR B = 0,38 |
| | Sód ogólny | | | | | | | |
| Góra | 8,4 | 7,2 | 6,5 | 7,9 | 8,5 | 7,9 | 7,0 | 7,6 |
| Dół | 5,8 | 4,1 | 6,1 | 6,5 | 8,1 | 7,5 | 6,8 | 6,4 |
| | NIR A·B = 0,84 | | | | | | | NIR B = 0,21 |

Tabela 3
Zmiany zawartości mikrośladników w osadach ściekowych podczas doświadczenia [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]Table 3
Changes of micronutrients content in sewage sludge during experiment [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]

| | Tydzień | | | | | | | Średnio |
|-----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Żelazo ogólne | | | | | | | | |
| Góra | 11093 | 10937 | 12187 | 11718 | 11093 | 10937 | 10156 | 11161 |
| Dół | 10000 | 10156 | 10625 | 10625 | 10625 | 9843 | 7656 | 9933 |
| NIR A·B = 1209 | | | | | | | | NIR B = 297,5 |
| Mangan ogólny | | | | | | | | |
| Góra | 298,5 | 315,2 | 365,2 | 248,5 | 298,5 | 231,8 | 215,1 | 281,8 |
| Dół | 248,5 | 215,1 | 215,1 | 181,8 | 183,1 | 198,4 | 183,1 | 203,6 |
| NIR A·B = 25,64 | | | | | | | | NIR B = 6,31 |
| Cynk ogólny | | | | | | | | |
| Góra | 381,3 | 343,8 | 368,8 | 362,5 | 362,5 | 343,8 | 268,8 | 347,3 |
| Dół | 318,8 | 312,5 | 337,5 | 287,5 | 256,3 | 331,3 | 268,8 | 301,8 |
| NIR A·B = 30,04 | | | | | | | | NIR B = 7,40 |
| Miedź ogólna | | | | | | | | |
| Góra | 193,5 | 153,2 | 169,4 | 153,2 | 138,8 | 130,2 | 108,6 | 149,6 |
| Dół | 121,5 | 117,2 | 108,6 | 134,5 | 108,6 | 104,3 | 91,4 | 112,3 |
| NIR A·B = 17,64 | | | | | | | | NIR B = 4,34 |

Podsumowanie i wnioski

Dokonując przeglądu literatury naukowej przedmiotu, w wyraźny sposób zaznacza się całkowity brak badań związanych z praktycznym wykorzystaniem preparatu Eco Tabs™ w oczyszczaniu ścieków oraz stabilizacji osadów ściekowych. Nieliczne doniesienia związane z tym tematem należy raczej traktować w formie ogólnych informacji o charakterze marketingowym. Przeprowadzone doświadczenie umożliwiło określić rolę i zasadność stosowania wspomnianego preparatu podczas przeróbki osadów ściekowych na terenie oczyszczalni ścieków. W teorii aplikacja preparatu Eco Tabs™ miała doprowadzić do redukcji masy osadów (wyniki nie zostały zaprezentowane w pracy), zwiększenia ich suchej masy oraz obniżenia ładunku składników biogennych. Uzyskane dane nie wskazują na tego typu pozytywny wpływ na badane osady ściekowe, ponieważ kluczowe dla dalszej przeróbki parametry, takie jak sucha masa, zawartość materii organicznej i integralnie z nią związane ilości składników biogennych nie podlegały wyraźnie korzystnym zmianom. Doświadczenie wykonane w układzie dynamicznym pozwoliło na wnikliwą analizę zmian ilościowych badanych parametrów, jednak w większości odnotowane różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. Podkreślić należy, że dozowanie preparatu Eco Tabs™ wpłynęło na rozwarstwienie się osadów ściekowych znajdujących się w OKF, co finalnie generowało problemy natury technologicznej i różnicowało pod względem chemicznym tak powstałe dwie frakcje, przy czym górna była zasobniejsza we wszystkie składniki pokarmowe. Konfrontując wartości określone dla osadów kontrolnych, niepoddanych działaniu omawianego preparatu, ze stwierdzonymi dla osadów podlegających takiemu wpływowi, należy w umiarkowany sposób rekomendować technologię Eco Tabs™ do zastosowania w warunkach badanej oczyszczalni ścieków komunalnych. Niezależnie od uzyskanych, mało satysfakcjonujących, wyników, zasadne może być prowadzenie

dalszych badań nad przydatnością tego typu preparatu na innych etapach gospodarki ściekowo-osadowej badanego zakładu.

Literatura

- [1] Jakubus M. Komunalne osady ściekowe geneza - gospodarka. Poznań: Wyd Uniwersytetu Przyrodniczego; 2012.
- [2] Tyagi VK, Lo S-L. Sludge: A waste or renewable source for energy and resources recovery? *Renew Sust Ener Rev.* 2013;25:708-728. DOI:10.1016/j.rser.2013.05.029.
- [3] Mininni G, Blanch AR, Lucena F, Berselli S. EU Policy on sewage sludge utilization and perspectives on new approaches of sludge management. *Environ Sci Pollut Res.* 2015;22:7361-7374. DOI: 10.1007/s11356-014-3132-0.
- [4] Cao Y, Pawłowski A. Sewage sludge-to-energy approaches based on anaerobic digestion and pyrolysis: Brief overview and energy efficiency assessment. *Renew Sust Ener Rev.* 2012;16:1657-1665. DOI: 10.1016/j.rser.2011.12.014.
- [5] Swiniarski K. Technologia redukcji biogenów organicznych, nadwyżki azotu i fosforu oraz odorów w sieci kanalizacyjnej. *Forum Eksploatatora.* 2015;2(77):32-35. www.seidel-przywecki.pl/pl/p/Forum-Eksploatatora-nr-77-e-wydanie.
- [6] Montusiewicz A. Wpływ bioaugmentacji na uwalnianie biogenów w procesie beztlenowej stabilizacji osadów ściekowych. *Proc. ECOpole.* 2015;9(1):269-275. DOI: 10.2429/proc.2015.9(1)035.
- [7] PN-EN ISO 5667-13:2011. Jakość wody. Pobieranie próbek. Część 13: Wytyczne dotyczące pobierania próbek osadów z oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody. <http://pkn.pl/pn-en-iso-5667-13-2011e.html>.
- [8] Jakubus M. Wybrane zagadnienia z gleboznawstwa i chemii rolnej: opis ćwiczeń laboratoryjnych. Poznań: Wyd Uniwersytetu Przyrodniczego; 2013.
- [9] Butters B, Chenery EM. A rapid method for determination of the total sulphur in soils and plants. *Analyst.* 1959;84:239-245. DOI: 10.1039/AN9598400239.
- [10] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu. (DzU 2013, poz. 38) <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20130000038>.
- [11] Ekspertyza, która będzie stanowić materiał bazowy do opracowania strategii postępowania z komunalnymi osadami ściekowymi na lata 2014-2020. Bień J, Górski M, Gromiec M, Kacprzak M, Kamizela T, Kowalczyk M, Neczaj E, Pająk T, Wystalska K. Częstochowa 2014. www.gdos.gov.pl/.../Ekspertyzy/Ekspertyza.
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. (DzU Nr 137, poz.924). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20101370924>.

ECO TABS™ PREPARATION ACTION IN STABILIZATION OF SEWAGE SLUDGE

PART I: ASSESSMENT OF CHEMICAL COMPOSITION OF SEWAGE SLUDGE

¹ Department of Soil Science and Land Protection, Poznań University of Life Sciences

² Department of General and Environmental Microbiology, Poznań University of Life Sciences

³ Water Supply and Sewage Company, Września

Abstract: Sewage sludge is regarded as the residue produced by the wastewater treatment process, during which liquids and solids are being separated. During the wastewater treatment process, preliminary sludge is produced in primary sedimentation tanks, and biological sludge in secondary sedimentation tanks. Such mixed sludge need to be subject to stabilization process. This process is one of the most important element of sludge management leading to improving sewage sludge properties. At wastewater treatment plant in Wrzesnia mixed sludge is fed to the Open Digestion Tanks (ODT), where at psychrophilic conditions fermentation process proceeds. The application of special preparation such as for example Eco Tabs™ should be a good solution to increase efficiency of fermentation process. Such interaction may be beneficial effect on reduction of sewage sludge hydration as well as on decreasing content of biogenic substances. The scope of the researches was to agree whether Eco

Tabs™ positively influence on chosen parameters of sewage sludge during the fermentation process. This statement was verified on the basis of experiment carried out at wastewater treatment plant in Września. The experiment with the usage of the Eco Tabs™ preparation was lasting seven weeks and related to the sludge contained in ODT. The frequency of Eco Tabs™ dosing and taking the samples of sewage sludge for analysis was weekly. The collected material was subjected to the analytical procedures and dry weight, organic matter, total content of macronutrients and micronutrients were tested. Analyses of samples were carried out in three replicates. The obtained results were subjected to formal evaluation with the assistance of the statistical analysis. Two basic experimental factors were taken into consideration in the course of the performed analysis: time of sampling (A) and fraction of sewage sludge (B). The least significant differences were calculated using the Tukey method at the significance level $\alpha \leq 0.05$. Taking into account the obtained data, it can be concluded that Eco Tabs™ application have weak influence on the chemical properties of the sewage sludge in the course of fermentation process. It needs to be stress that after first application of described preparation the mass of sludge present in ODT dissociated onto 2 fractions: light located at the top of tank and heavier - at the bottom. The study demonstrated that application of Eco Tabs™ neither increased dry matter nor decreased biogenic substances exerted by organic matter and such elements as: carbon, nitrogen, sulphur and phosphorus. On the basis of made comparison of analysed parameters between control sewage sludge and sludge subjected to Eco Tabs™ application, one may state, that the usability of such preparation in analysed conditions was low.

Keywords: sewage sludge, stabilization, Eco Tabs™ preparation, chemical properties