

Łukasz KOPEĆ*

WPLYW OBCIĄŻENIA ZŁOŻA ŁADUNKIEM AZOTU AMONOWEGO NA EFEKTYWNOŚĆ NITRYFIKACJI W ZŁOŻACH ZRASZANYCH

Usuwanie związków azotu ze ścieków bytowych jest aktualnym problemem na terenach o rozproszonej zabudowie. Jednym ze stosowanych rozwiązań są małe oczyszczanie ścieków, w tym również złoża biologiczne zraszane. W artykule przedstawiono obciążenia ładunkiem azotu amonowego i BZT₅, występujące w poszczególnych etapach oczyszczania, w oczyszczalni ze złożami biologicznymi w Gronowie Górnym k. Elbląga. Szczególną uwagę zwrócono na nityfikację i związane z tym procesem przepływy i stężenia. Określono empiryczną zależność efektywności nityfikacji od obciążenia złoża biologicznego ładunkiem azotu amonowego.

1. SPIS OZNACZEŃ

- Q_1 – natężenie przepływu ścieków dopływających do oczyszczalni, [m³/d]
 Q_2 – natężenie przepływu ścieków w złożu biologicznym I^o, [m³/d]
 Q_3 – natężenie przepływu ścieków w złożu biologicznym II^o, [m³/d]
 Q_4 – natężenie przepływu ścieków odpływających z oczyszczalni, [m³/d]
 Q_5 – natężenie przepływu ścieków recyrkulowanych ze złoża I^o, [m³/d]
 Q_6 – natężenie przepływu ścieków recyrkulowanych ze złoża II^o, [m³/d]
 C_1 – stężenie azotu amonowego w ściekach dopływających do oczyszczalni, [mg N-NH₄⁺/dm³]
 C_2 – stężenie azotu amonowego w ściekach dopływających do złoża biologicznego I^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
 C_3 – stężenie azotu amonowego w ściekach dopływających do złoża biologicznego II^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]

* EKOFINN-POL Sp. z o. o., ul. Leśna 12, 80-297 Banino k/Gdańska.

- C_4 – stężenie azotu amonowego w ściekach odpływających z oczyszczalni, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- C_5 – stężenie azotu amonowego w ściekach recykulowanych ze złoża I^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- C_6 – stężenie azotu amonowego w ściekach recykulowanych ze złoża II^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- C'_2 – stężenie BZT₅ w ściekach dopływających do złoża biologicznego I^o, [mgO₂/dm³]
- C'_3 – stężenie BZT₅ w ściekach dopływających do złoża biologicznego II^o, [mgO₂/dm³]
- L_1 – ładunek azotu amonowego w ściekach dopływających do oczyszczalni [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L_2 – ładunek azotu amonowego w ściekach dopływających do złoża biologicznego I^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L_3 – ładunek azotu amonowego w ściekach dopływających do złoża biologicznego II^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L_4 – ładunek azotu amonowego w ściekach odpływających z oczyszczalni, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L_5 – ładunek azotu amonowego w ściekach recykulowanych ze złoża I^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L_6 – ładunek azotu amonowego w ściekach recykulowanych ze złoża II^o, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L'_2 – ładunek BZT₅ w ściekach recykulowanych ze złoża I^o, [kg O₂/d]
- L'_3 – ładunek BZT₅ w ściekach recykulowanych ze złoża II^o, [kg O₂/d]
- L_I – obciążenie złoża I^o ładunkiem azotu amonowego, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L_{II} – obciążenie złoża II^o ładunkiem azotu amonowego, [mg N-NH₄⁺/dm³]
- L'_I – obciążenie złoża I^o ładunkiem BZT₅, [kg O₂/m³·d]
- L'_{II} – obciążenie złoża II^o ładunkiem BZT₅, [kg O₂/m³·d]
- a_I – stopień recyrkulacji ścieków ze złoża I^o, [%]
- a_{II} – stopień recyrkulacji ścieków ze złoża II^o, [%]
- E_I – efektywność nityfikacji w złożu I^o, [%]
- E_{II} – efektywność nityfikacji w złożu II^o, [%]

2. WSTĘP

Na terenach wiejskich mieszka około 30% populacji Polski. Z indywidualnych systemów oczyszczania ścieków korzysta zaledwie 1% ludności. Oznacza to, że w najbliższych latach nastąpi znaczny przyrost liczby przydomowych i małych

oczyszczalni ścieków. Według prognoz przewiduje się, iż docelowo do roku 2020 powstanie 1 mln nowych obiektów, które będą obsługiwały około 10% krajowej populacji ludności [7].

Zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną 2000/60/WE Polska do roku 2015 musi zapewnić usuwanie związków azotu i fosforu ze ścieków bytowych w 75% w odniesieniu do ładunku zanieczyszczeń doprowadzonych do oczyszczalni. Oczyszczalnie ścieków, obsługujące miejscowości do 2000 mieszkańców, powinny zatem w najbliższym czasie w decydującym stopniu przyczynić się do poprawy jakości wód powierzchniowych na obszarze kraju.

Zagadnienie oczyszczania ścieków w małych gminach i miejscowościach nadal wymaga pilnych rozwiązań. Użytkownicy oczyszczalni, obowiązani prawem [11], dbają głównie o biodegradację substancji organicznej. Problem usuwania ze ścieków bytowych pierwiastków biogenych pozostaje nierozwiązany. Należy zatem poszukiwać nowych sposobów usuwania związków azotu i fosforu w małych oczyszczalniach ścieków, aby spełnić wymogi wynikające z obowiązującej dyrektywy [12].

Zraszane złoża biologiczne są jednym z bardziej znanych rozwiązań w oczyszczaniu niewielkich ilości ścieków z terenów niezurbanizowanych. Są to instalacje nie przekraczające wielkości $RLM = 2000$ i są budowane przy obiektach, dla których zbiorniki bezodpływowe (szamba) nie stanowią wystarczającego rozwiązania. Odpowiednie efekty oczyszczania zapewnia błona biologiczna, mogąca się przystosowywać do zmiennych warunków hydraulicznych i klimatycznych [1, 5, 8].

Badania zostały wykonane w oczyszczalni ścieków w Gronowie Górnym, której część biologiczną stanowiły złoża zrasane typu Bioclere. Obiekt ten wybrano ze względu na występujące na odpływie przekroczenia w stężeniu azotu ogólnego oraz fakt, że oczyszczalnia odprowadza ścieki do silnie zeutrofizowanego jeziora Drużno, posiadającego III klasę czystości [4].

W artykule przedstawiono wyniki badań, których celem było określenie stężeń oraz ładunków BZT_5 i $N-NH_4^+$ w ściekach w wybranych punktach oczyszczalni. Na tej podstawie wyznaczono empiryczną zależność efektywności procesu nitryfikacji od obciążenia złoża ładunkiem azotu amonowego.

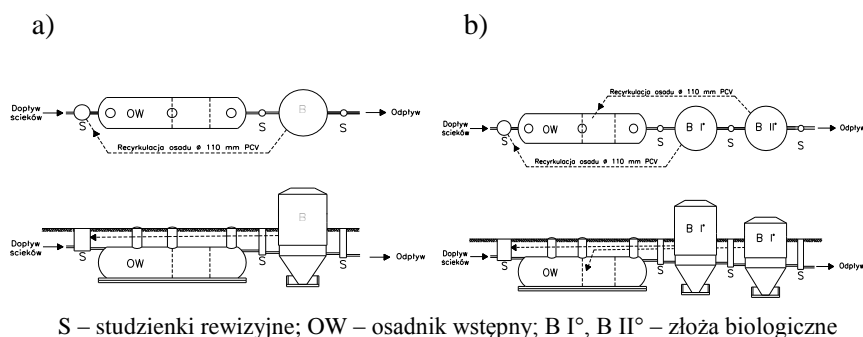
3. CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZALNI BIOCLERE

Oczyszczalnie typu Bioclere wykorzystują technologię niskoobciążonego złoża zrasanego. Wypełnieniem tych złożeń biologicznych są kształtki Hufo. Są one wykonane z tworzywa sztucznego (polipropylen) o dużej powierzchni właściwej równej $120 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Na kształtkach rozwija się błona biologiczna, do której na skutek dyfuzji, wnikają zanieczyszczenia stanowiące pokarm dla mikroorganizmów.

W ostatnich latach liczba nowych oczyszczalni tego typu znacznie wzrosła. W Polsce przekroczyła już liczbę 700 inwestycji. Złóża biologiczne Bioclere są urządzeniami pracującymi przede wszystkim na terenach wiejskich, gdzie często występują zmienne przepływy i brak stałej obsługi. Są to obiekty zaliczane do małych oczyszczalni (poniżej 2000 RLM) i wykorzystuje się je do oczyszczania ścieków bytowych z takich zabudowań jak: skupiska domów jednorodzinnych, byłe PGR-y, szkoły, restauracje, hotele, stacje benzynowe, domy pomocy społecznej, ośrodki wypoczynkowe, małe zakłady produkcyjne itp.

Oczyszczalnie ścieków wykorzystujące złóża Bioclere mogą pracować w układach technologicznych przedstawionych na rysunku 1. Dopuszczalne obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń poszczególnych układów podano w kg BZT₅/d na objętość złóża w m³. Stosowane układy dzielą się następująco [6]:

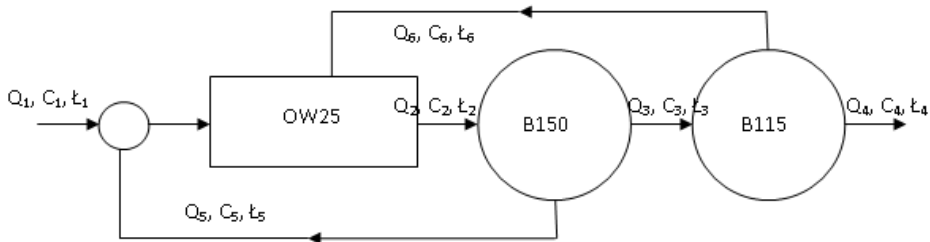
1. układ jednostopniowy (podstawowy) pracuje przy obciążeniu 0,4 kg BZT₅/m³·d i umożliwia obniżenie ładunku BZT₅ o 90% (rys. 1a);
2. układ dwustopniowy bez nityfikacji, gdzie złóże I° przyjmuje około 0,8 kg BZT₅/m³·d, a złóże II° – stopnia około 0,4 kg BZT₅/m³·d. Takie rozwiązanie pozwala na obniżenie ładunku BZT₅ o 95% (rys. 1b);
3. układ dwustopniowy z nityfikacją, gdzie złóże I° przyjmuje około 0,4 kg BZT₅/m³·d, a złóże II° (złóże nityfikacyjne) poniżej 0,1 kg BZT₅/m³·d. W tym rozwiązaniu można uzyskać obniżenie stężenia substancji organicznej wyrażonej w BZT₅ do 15 mg O₂/dm³ i stężenia azotu amonowego poniżej 6 mg/dm³. Dodatkowo, przy zastosowaniu strącenia chemicznego, można uzyskać obniżenie stężenia fosforu ogólnego poniżej 1 mg/dm³.



Rys. 1. Układ jednostopniowy (a) i dwustopniowy (b) stosowany w oczyszczalniach Bioclere [6]

4. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w obiektach i urządzeniach oczyszczalni ścieków dla zakładu produkującego wyroby meblowe w Gronowie Górnym k. Elbląga (woj. warmińsko-mazurskie). Oczyszczalnia ścieków była zlokalizowana na terenie zakładu, skąd odprowadzane były ścieki bytowe w ilości około $17 \text{ m}^3/\text{d}$. Ścieki pochodziły głównie z sanitariatów oraz pryszniców dla pracowników. Układ technologiczny składał się z trzykomorowego osadnika wstępnego o pojemności 25 m^3 wyposażonego w ręczną kratę koszową i dwóch zraszanych złoż biologicznych Bioclere: B150 o objętości złoża 18 m^3 oraz B115 o objętości złoża $13,8 \text{ m}^3$. Schemat oczyszczalni oraz miejsca pomiaru stężeń, przepływu i ładunków pokazane zostały na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat technologiczny badanego układu. Oznaczenia: OW25 – osadnik wstępny; B150 – złożo biologiczne Bioclere I°; B115 – złożo biologiczne Bioclere II°

Ścieki surowe dopływały poprzez przepompownię oraz studzienkę rozprężną do osadnika wstępnego, w którym usuwane były większe zanieczyszczenia stałe i zawiesiny. Następnie ścieki przepływały grawitacyjnie do dwóch złoż zraszanych, w których następował proces biologicznego oczyszczania. Z każdego ze złoż odchodził rurociąg recyrkulacyjny, którym osady i ścieki były odprowadzane na początek układu technologicznego. Recyrkulowane osady stanowiące tzw. osad nadmierny gromadzone były razem z osadem wstępnym w osadniku i okresowo wywożone wozem asenizacyjnym.

Badania prowadzono w okresie od lutego do sierpnia 2014 r. Określono stężenia azotu amonowego we wszystkich strumieniach ścieków, tj. w ściekach surowych, w ściekach dopływających do złoża B150 (złożo I°), w ściekach dopływających do złoża B115 (złożo II°), w ściekach recyrkulowanych ze złoża B150, w ściekach recyrkulowanych ze złoża B115 oraz w ściekach na odpływie z oczyszczalni. Określono również ładunek BZT_5 , w celu odpowiedniego monitorowania ilości substancji organicznej. Prawidłowe obciążenie złoż biologicznych ładunkiem BZT_5 , przy którym efektywnie zachodzi proces nitryfikacji powinno wynosić poniżej $0,1 \text{ kg O}_2/\text{m}^3 \cdot \text{d}$. [2, 3, 9, 10].

W badaniach zmieniano intensywność recyrkulacji ścieków za pomocą regulowania czasu pracy pomp osadowych. Wpływno tym samym na stężenia BZT_5 i uzyski-

wano zmienne efektywności nityfikacji. Uzyskane w ten sposób wyniki umożliwiły wyznaczenie zależności efektywności nityfikacji od obciążenia złoża ładunkiem azotu amonowego.

Analizy fizyczno-chemiczne ścieków wykonywano w terenie. Do pomiaru azotu amonowego i posłużono się testami fotometrycznymi produkcji Macherey-Nagel oraz fotometrem przenośnym PF-11 tej samej firmy. Oznaczenia BZT₅ wykonywano metodą respirometryczną z inhibitorem nityfikacji przy pomocy przyrządu OxiDirect firmy Lovibond.

Na rysunku 2 przedstawiono charakterystyczne miejsca w oczyszczalni, w których analizowano stężenia, przepływy i ładunki. Intensywności przepływów obliczano z danych dotyczących wydajności pomp osadowych i czasu ich pracy. Zależności pomiędzy przepływami i ładunkami w oczyszczalni określają wzory (1, 2, 3, 4, 5, 6):

$$Q_1 = Q_4 \quad (1)$$

$$Q_2 = Q_1 + Q_5 + Q_6 \quad (2)$$

$$Q_3 = Q_2 - Q_5 \quad (3)$$

$$Q_4 = Q_3 - Q_6 \quad (4)$$

$$L_1 = \frac{Q_1 \cdot C_1}{1000} \dots L_i = \frac{Q_i \cdot C_i}{1000} \quad (5)$$

$$L_2 = L_1 + L_5 + L_6 \quad (6)$$

Obciążenia ładunkami azotu amonowego (L_I i L_{II}) i BZT₅ (L'_I i L'_{II}) obu złoż zraszanych podano w przeliczeniu na ich objętość posługując się wzorami (7, 8, 9, 10):

$$L_I = \frac{L_2}{18} \quad (7)$$

$$L'_I = \frac{L'_2}{18} \quad (8)$$

$$L_{II} = \frac{L_3}{13,8} \quad (9)$$

$$L'_{II} = \frac{L'_3}{13,8} \quad (10)$$

Efektywność usuniętego azotu amonowego na obu złożach została obliczona na podstawie wzorów (11, 12):

$$E_I = \frac{L_2 - (L_3 + L_5)}{L_2} \cdot 100\% \quad (11)$$

$$E_{II} = \frac{L_3 - (L_4 + L_6)}{L_3} \cdot 100\% \quad (12)$$

zaś stopień recyrkulacji obliczony został za pomocą równań (13, 14):

$$a_I = \frac{Q_5 \cdot 100\%}{Q_1} \quad (13)$$

$$a_{II} = \frac{Q_6 \cdot 100\%}{Q_1} \quad (14)$$

5. ANALIZA WYNIKÓW

W tabeli (1) podano stężenia azotu amonowego i BZT₅, które występowały w charakterystycznych punktach ciągu technologicznego oczyszczalni w Gronowie Górnym. Można zauważyć, że stężenia azotu amonowego stopniowo zmniejszają się

w czasie przepływu ścieków przez kolejne urządzenia instalacji. Wskazuje to, że oba złoża zraszane są złożami nityfikującymi.

Stężenia BZT₅ w okresie trwania badań były niskie, nawet tuż po osadniku wstępnym. Wpływ na to miała intensywna recyrkulacja ścieków, dzięki której ścieki dopływające były rozcieńczane ściekami oczyszczonymi. Dopływ ścieków surowych do oczyszczalni był praktycznie niezmienny i wynosił 17 m³/d.

Tabela 1. Stężenia azotu amonowego i BZT₅ oraz przepływy ścieków występujące w oczyszczalni w Gronowie Górnym

Nr serii pomiarowej	Stężenie N-NH ₄ ⁺ [mg/dm ³]						Stężenie BZT ₅ [mg/dm ³]		Dopływ ścieków surowych [m ³ /d]	Recyrkulacja ze złoża B150 [m ³ /d]	Recyrkulacja ze złoża B115 [m ³ /d]
	Symbol	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C' ₂			
1	10 9	78	55	39	70	47	35	2	17	2,6	4,1
2	52	44	34	25	34	25	-	-	17	16,0	25,0
3	70	39	32	22	32	22	42	41	17	16,0	25,0
4	76	19	9	2	9	2	35	26	17	16,0	25,0
5	25	16	8	2	8	2	-	-	17	16,0	25,0
6	39	34	15	2	12	4	45	34	17	10,7	8,5
7	51	34	14	2	16	2	98	31	17	10,7	8,5

Obciążenia złóż biologicznych ładunkiem azotu amonowego i BZT₅ podano w tabeli 2. Obciążenie ładunkiem BZT₅ złoża B150 (złoże I°) z reguły było bliskie 0,09 kg O₂/m³·d, zaś w przypadku złoża B115 (złoże II°) – obciążenie było blisko dwukrotnie niższe: 0,05 kg O₂/m³·d (wartości średnie). Obciążenie złóż zraszanych ładunkiem azotu amonowego kształtowało się średnio na poziomie 0,06 kg N-NH₄⁺/m³·d dla złoża I° i 0,03 kg N-NH₄⁺/m³·d dla złoża II°.

Efektywność nityfikacji w ciągu trwania badań stopniowo wzrastała. W ostatniej serii pomiarowej wyniosła powyżej 50% w złożu I° i powyżej 80% w złożu II°. Nie zauważono wyraźnego związku między intensywnością recyrkulacji a efektywnością nityfikacji w złożach. Duży stopień recyrkulacji ścieków zmniejszył natomiast stężenie substancji organicznej w ściekach dopływających do złóż biologicznych, co stanowiło dobre warunki do rozwoju bakterii nityfikacyjnych. Określenie stężenia biomasy bakterii odpowiedzialnych za nityfikację w złożach biologicznych jest jednak trudne do wykonania. Problemy w analizie występują z powodu braku możliwości poboru próbek biomasy ze wszystkich stref wypełnienia złoża oraz z samej trudności określenia wyłącznie aktywnych bakterii w błonie biologicznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono empiryczną zależność efektywności nitryfikacji od obciążenia złoża ładunkiem azotu amonowego. Dla każdego z analizowanych złóż biologicznych zaobserwowano, że efektywność nitryfikacji jest tym wyższa, im niższe jest obciążenie złoża ładunkiem azotu amonowego. Zależność ta została przedstawiona na rysunku 3.

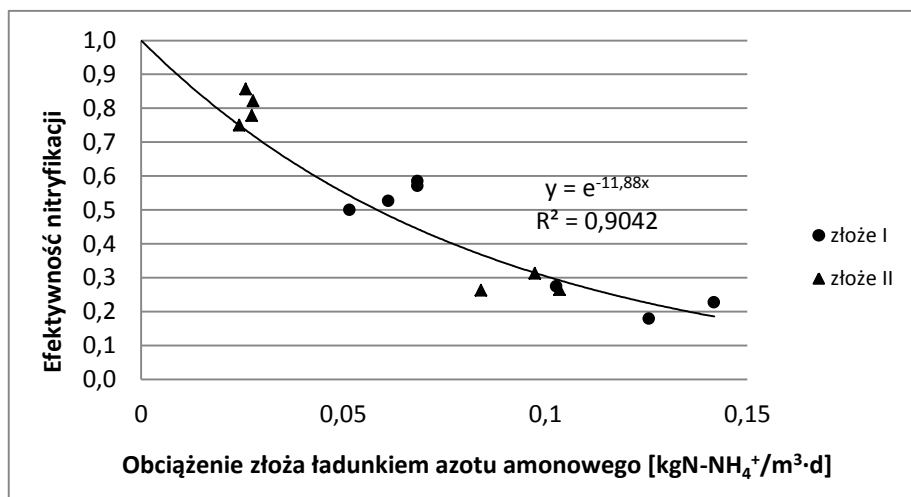
Tabela 2. Obciążenia ładunkiem azotu amonowego i BZT₅ oraz efektywność nitryfikacji w złożach biologicznych zraszanych w oczyszczalni w Gronowie Górnym

Nr serii pomiarowej	Obciążenie złoża ładunkiem N-NH ₄ ⁺ [kg/m ³ ·d]		Ilość usuniętego azotu amonowego (efektywność) [%]		Obciążenie złoża ładunkiem BZT ₅ [kg/m ³ ·d]		Stopień recykulacji [%]	
	L _I	L _{II}	E _I	E _{II}	L' _I	L' _{II}	a _I	a _{II}
1	0,1027	0,0841	27,4	26,3	0,046	0,003	15	24
2	0,1418	0,1035	22,7	26,5	-	-	94	147
3	0,1257	0,0974	17,9	31,3	0,135	0,124	94	147
4	0,0612	0,0274	52,6	77,8	0,112	0,079	94	147
5	0,0516	0,0243	50,0	75,0	-	-	94	147
6	0,0684	0,0277	58,5	82,2	0,090	0,063	63	50
7	0,0684	0,0259	57,1	85,7	0,197	0,057	63	50

Korzystając z danych podanych w tabelach 1 i 2 wyznaczono empiryczne równanie zależności efektywności nitryfikacji od obciążenia złoża ładunkiem azotu amonowego (15). Równanie zostało określone z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów, poprzez aproksymację danych doświadczalnych funkcją wykładniczą ze zgodnością $R^2 = 0,904$ (16).

$$E = f(L) \tag{15}$$

$$E = e^{-11,88L} \tag{16}$$



Rys. 3. Empiryczna zależność efektywności nityfikacji od obciążenia złoża zraszanego ładunkiem azotu amonowego

6. PODSUMOWANIE

W małych oczyszczalniach zlokalizowanych na terenach o rozproszonej zabudowie, z obiektami wyposażonymi głównie w sanitariaty, problem może stanowić usuwanie azotu amonowego. Charakterystyka składu ścieków surowych z takich obiektów jest zupełnie inna niż w większości spotykanych przypadków dotyczących ścieków bytowych (wysokie wartości azotu amonowego i niskie wartości BZT₅ i ChZT). Z przedstawionych badań wynika, że technologia Bioclere wykorzystująca złoża zraszane skutecznie radzi sobie z powyższym problemem. W urządzeniach tych proces nityfikacji zachodzi efektywnie, jeżeli obciążenie złoża ładunkiem BZT₅ jest niskie i nie przekracza 0,1 kg/m³·d. Jest to parametr technologiczny decydujący o wzroście autotroficznych bakterii nityfikacyjnych w błonie biologicznej. Prawidłowo dobrany ciąg technologiczny może służyć usuwaniu azotu amonowego o stężeniach dochodzących nawet do 100 mg N-NH₄⁺/dm³.

W toku analizy wyników przeprowadzonych badań opracowano równanie wiążące obciążenie złoża nityfikacyjnego ze skutecznością nityfikacji. Równanie to może być przydatne w procesie projektowania oczyszczalni, przy prawidłowym doborze wielkości złoża nityfikacyjnego oraz pozostałych parametrów technologicznych.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu wyniki stanowią wstępne badania zmierzające do rozwiązywania problemów z usuwaniem związków azotu amonowego w złożach zraszanych na terenach wiejskich. Dalsze badania powinny skoncentrować

się na weryfikacji przedstawionej zależności w innych oczyszczalniach ze złożami biologicznymi i być poszerzone o analizy stężenia biomasy uczestniczącej w procesie.

LITERATURA

- [1] ALBERTSON O.E., OKEY R.N., *Trickling filters need to breathe too*, Water Pollution Control Federation, Des Moines 1988, 111–119.
- [2] ATV A 135P – *West German Ein Regelwerk der Abwassertechnischen Vereins-gung (ATV)*, Arbeitsblatt, Tropfkörperbemessung, 1989.
- [3] BOLLER M., GUJER W., TSCHUI M., *Parameters Affecting Nitrifying Biofilm Reactors*, Water Science and Technology 1994, Vol. 29, No. 10-11, 1–11.
- [4] CHOIŃSKI A., *Katalog jezior Polski*, Uniwersytet A. Mickiewicza, Poznań 1991.
- [5] EDING E.H., KAMSTRA A., VERRETH J.A.J., HUISMAN E.A., KLAPWIJK A., *Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review*, Aquacultural Engineering, 2006, Vol. 34, 234–260.
- [6] EKOFINN-POL SP. Z O.O., *Materiały Informacyjne*, Gdańsk 2011.
- [7] GAJEWSKA M., KOPEĆ Ł., OBARSKA-PEMPKOWIAK H., *The operation of a small wastewater treatment facilities in a scattered settlement*, Rocznik Ochrony Środowiska, 2011, Vol. 13, 207–225.
- [8] LEKANG O., KLEPPE H., *Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media*, Aquacultural Engineering, 2000, Vol. 21, 181–199.
- [9] MALONE R.F., PFEIFFER T.J., *Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems*, Aquacultural Engineering, 2006, Vol. 34, 389–402.
- [10] MATASCI, R.N., KEAMPFER C., HEIDMAN J.A., *Full-scale Studies of the Trickling Filter/Solids Contact Process*, Journal Water Pollution Control Federation, 1986, Vol. 58, No. 11, 1043–1049.
- [11] MINISTERSTWO ŚRODOWISKA, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U.137 poz. 984).
- [12] OBARSKA-PEMPKOWIAK H., GAJEWSKA M., WOJCIECHOWSKA E., *Hydrofitowe oczyszczalnie wód i ścieków*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.

THE IMPACT OF AMMONIA NITROGEN LOAD ON THE EFFICIENCY OF NITRIFICATION PROCESS IN TRICKLING FILTERS

A current problem is the removal of nitrogen compounds from wastewater in a scattered settlement. One of the solutions are small wastewater treatment plants like trickling filters. The article presents loads of pollutants occurring in various stages of purification process in installations with biological trickling filters in Gronowo Gróme. Special attention was paid to the nitrification and the associated flows and concentrations. It was also found an empirical relationship between the efficiency of nitrification of ammonia nitrogen load occurring in the filters.