

WPŁYW STOPNIA ROZDROBNIENIA BIODEGRADOWALNEGO WYPEŁNIENIA ADSORBERA NA STOPIEŃ OCZYSZCZANIA POWIETRZA Z OBIEKTÓW INWENTARSKICH

Stefan Wieczorek

*Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie,
Pomorskie Centrum Badań (PCB) w Gdańsku*

Streszczenie. Celem naukowym pracy realizowanej w PCB IBMER w Gdańsku jest wyznaczenie modelu matematycznego efektywności adsorpcji amoniaku na biodegradowalnym złożu adsorpcyjnym, uwzględniającego wpływ podstawowych parametrów statycznych i kinetycznych efektywnej redukcji jego emisji. W artykule przedstawiono wyniki fragmentu pracy dotyczącego wyznaczenia wpływu rozdrobnienia kory drzewnej przy różnych wysokościach jej warstw na wielkość adsorpcji amoniaku. Stwierdzono, że efektywność adsorpcyjna kory wzrasta wraz z zwiększaniem jej stopnia rozdrobnienia. Dla dwóch badanych frakcji kory z sit 25x1,6 mm i 4x4 mm różnica ta wynosiła od 32% dla 2 cm warstwy kory do 15% - 10 cm warstwy.

Słowa kluczowe: adsorpcja, amoniak, obiekt inwentarski, kora drzewna

Wstęp

Dotychczas stosowane w praktyce próby dotyczące zmniejszenia emisji toksycznych gazów z obiektów inwentarskich to rozwiązania konstrukcyjne i działania hodowlane w budynkach inwentarskich [Arogo i in. 2003; Nawrocki, Myczko 1998; Piotrkowski i in. 1999; Fenyvesi i in. 2001.], metody mające wpływ na metabolizm [Döhler, Van der Weghe 1991; Brunsch i in. 1993] oraz modyfikacja gnojowicy, oligoliza i inne [Chiumenti i in. 1987; Gruber 1991; Ott 1991; Pulz i in. 1992; Termeer, Warman 1993; Ullman 2005]. Ostatnie lata to dominacja w doniesieniach literaturowych wyników badań biofiltrów o różnych aktywnych wypełnieniach [Iranpour i inni 2005]. W PCB IBMER realizowana jest praca, dotycząca redukcji emisji amoniaku, w której wykorzystuje się jeden z procesów fizycznych, tj. adsorpcję na wybranym, biodegradowalnym adsorbencie organicznym pochodzenia naturalnego, pozwalający odzyskiwać „zanieczyszczenie” w formie nieprzetworzonej. Wcześniejsze wyniki badań wybranej grupy adsorbentów gazowego amoniaku charakteryzujących się dostępnością, niewielkimi kosztami jednostkowymi oraz rokujących możliwość dalszego ich wykorzystania rolniczego (biodegradowalnych) tj. kory drzewnej, słomy, siana, ziaren zbóż i plew, wskazały jednoznacznie na korę, jako najbardziej efektywny adsorbent [Wieczorek, Stężala 2004].

Cel pracy

Celem naukowym prezentowanego w niniejszym artykule fragmentu pracy badawczej, było wyznaczenie wpływu rozdrobnienia kory drzewnej na wielkość adsorpcji amoniaku – podstawowego gazowego zanieczyszczenia emitowanego z obiektów inwentarskich. Wyniki pełnej realizacji badań pozwolą na opracowanie modelu matematycznego procesu adsorpcji amoniaku na korze drzewnej, uwzględniającego wpływ na jego efektywność, podstawowych parametrów statycznych i kinetycznych. To z kolei umożliwi przeprowadzenie precyzyjnych wyliczeń niezbędnych do zaprojektowania i wykonania instalacji minimalizującej emisję do atmosfery amoniaku i innych towarzyszących mu gazów, których dominującym źródłem jest rolnictwo, a szczególnie chów zwierząt. Zastosowana kora drzewna wraz z zagęszczonym na jej powierzchni N-NH₃, będzie docelowo wykorzystana jako nawóz naturalny w gospodarstwie stosującym taką instalację oczyszczającą.

Metodyka pracy

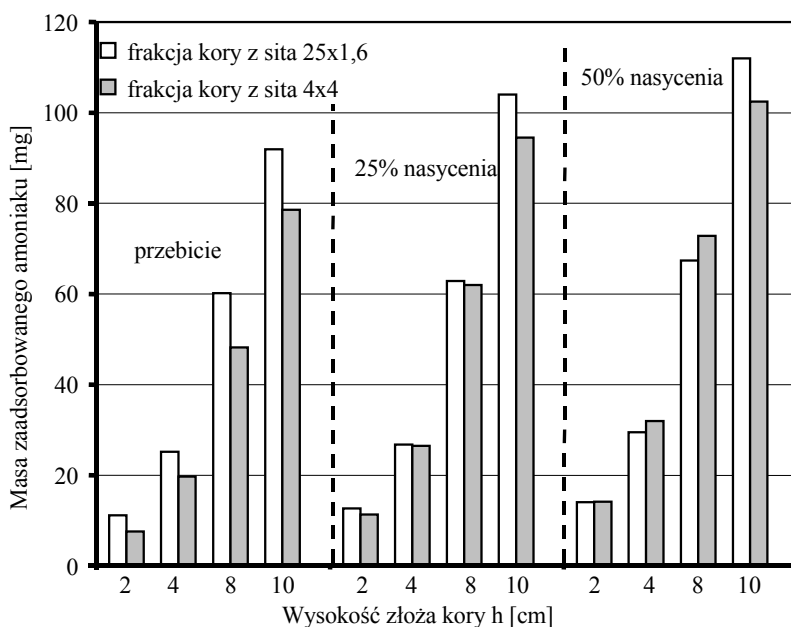
Badania przeprowadzono z wykorzystaniem kory drzewa iglastego (sosny) dla dwóch stopni jej rozdrobnienia, tj. dla frakcji oddzielonej na sicie 25x1,6 mm laboratoryjnego sortownika ziarna typ SLA-00 (oznaczonej w dalszej części jako *F-1*) i sicie 4x4 mm (*F-2*). Charakterystyczne parametry fizyczne obu tych frakcji określone piknometrycznie, z wykorzystaniem metodyki stosowanej do określania parametrów charakterystycznych dla gruntów [Wiłun 1987], to:

- gęstość objętościowa ρ_d [g·cm⁻³]: *F-1*=0,263; *F-2*=0,250,
- porowatość *n*: *F-1*=0,776; *F-2*=0,753,
- wskaźnik porowatości *e*: *F-1*=3,472; *F-2*=3,048.

Przez adsorbent wypełniony korą o różnych wysokościach warstw sorpcyjnych ($h=1\pm 10$ cm), przepuszczano mieszaninę amoniak/powietrze (stężenie NH₃: $C_o=1,50$ mg·dm⁻³) ze stałą intensywnością przepływu ($v=1$ dm³·600s⁻¹). Stężenie NH₃ po przejściu przez adsorbent (*C*) oznaczano analitycznie [Hermanowicz i in. 1998]. Pomiary prowadzono w warunkach izotermicznych ($T=293\pm 1$ K) do momentu uzyskania dwóch charakterystycznych punktów na izotermie $C/C_o=f(t)$, a mianowicie czasu przebiecia T_p (gdy $C/C_o=0,05$) i czasu nasycenia adsorbentu T_n ($C/C_o=0,95$). Szczegóły dotyczące stosowanej metodyki badawczej przedstawiono we wcześniejszych publikacjach [Wieczorek, Stężala 2004, 2005].

Omówienie wyników badań

W publikowanych pracach IBMER dotyczących tego problemu, wykazano ilościową zależność adsorpcji amoniaku na korze od czasu kontaktu oczyszczanego gazu z powierzchnią adsorbentu, tj. od wysokości złoża i intensywności przepływu fazy gazowej [Wieczorek 2007a,b]. Natomiast wpływ stopnia rozwinięcia powierzchni na zmiany sorpcyjne złoża przedstawiono na rys. 1 i 2. Masa zaadsorbowanego amoniaku, jaką wyznaczono do momentu przebiecia złoża adsorpcyjnego, jak i uzyskania 25%-wego jego stopnia nasycenia, wskazują na zwiększenie efektywności adsorpcji wraz ze zwiększeniem stopnia rozdrobnienia adsorbentu.

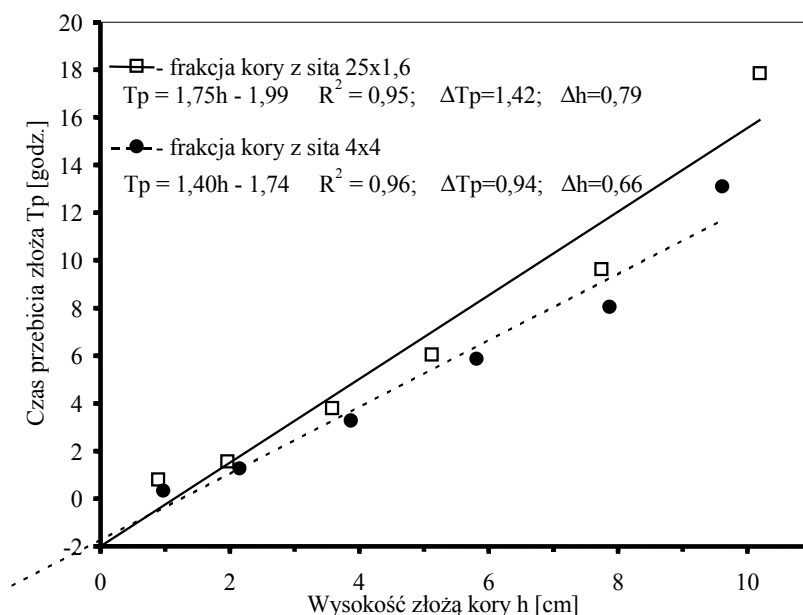


Źródło: badania własne

Rys. 1. Wykres zależności masy zaadsorbowanego amoniaku w funkcji wysokości i stopnia rozdrobnienia kory sosnowej ($C_o=1,5 \text{ mgNH}_3 \cdot 1 \text{ dm}^{-3}$; $\vartheta=1 \text{ dm}^3 \cdot 600 \text{ s}^{-1}$)

Fig. 1. Diagram showing adsorbed ammonia mass in function of height and pine bark grinding degree ($C_o=1.5 \text{ mgNH}_3 \cdot 1 \text{ dm}^{-3}$; $\vartheta=1 \text{ dm}^3 \cdot 600 \text{ s}^{-1}$)

Pomimo niewielkiego wzrostu średniej wielkości cząstek, jako wynik wyizolowania różnych frakcji adsorbentu, czego najbardziej porównywalnym parametrem jest wyżej przedstawiona gęstość objętościowa ρ_d dla frakcji *F-1* i *F-2*, spadek ilości zaadsorbowanego amoniaku jest wyraźny. Wynosi on od 30% dla najniższej warstwy kory do 15% dla najwyższej. Analizując dane dla wyższych stopni nasycenia adsorbentu – powyżej 25%, zależność ta ulega zatarciu, ale kontynuując adsorpcję amoniaku na korze sosnowej powyżej punktu przebiccia (5% nasycenia) należy się liczyć z jego reemisją na etapie kompostowania. Jeszcze wyraźniej wpływ stopnia rozdrobnienia adsorbentu na jego efektywność ilustruje liniowa funkcyjna zależność czasu przebiccia T_p od wysokości złoza h . Regresja liniowa uzyskanych wyników przedstawionych (rys. 2) cechuje się wysoką wartością współczynników determinacji (R^2), a będąc obrazem równania Sziłowa [Sziłow, Lepin 1928], pozwala na wyznaczenie empirycznych współczynników tych równań. Funkcje liniowe uzyskane z tych aproksymacji, charakteryzują się bardzo niskim standardowym błędem estymacji dla ich zmiennych.



Źródło: badania własne

Rys. 2. Wykres zależności czasu przebiecia złoża adsorpcyjnego w funkcji jego wysokości i stopnia rozdrobnienia kory sosnowej ($C_o=1,5 \text{ mgNH}_3 \cdot 1 \text{ dm}^{-3}$; $v=1 \text{ dm}^3 \cdot 600\text{s}^{-1}$)

Fig. 2. Diagram showing time for adsorption bed penetration in function of its height and pine bark grinding degree ($C_o=1.5 \text{ mgNH}_3 \cdot 1 \text{ dm}^{-3}$; $v=1 \text{ dm}^3 \cdot 600\text{s}^{-1}$)

Zmniejszenie stopnia rozdrobnienia adsorbentu nie zmieniło wartości T'_p (współczynnik a liniowych równań regresji - wielkość zależna od wysokości strefy wymiany i czasu formowania się czoła adsorpcji) natomiast skutkuje zmniejszeniem się współczynnika kinetycznego k (współczynnik b liniowych równań regresji). Jest to logiczna konsekwencja zmniejszenia się powierzchni kontaktu, a praktycznie zmniejszenia ilości zaadsorbowanego amoniaku do momentu przebiecia złoża sorpcyjnego dla porównywalnych wysokości złoża o większym stopniu rozdrobnienia adsorbentu.

Podsumowanie

Niewielka zmiana stopnia rozdrobnienia adsorbentu wywołuje znaczącą zmianę ilości zaadsorbowanego NH_3 na korze drzewnej. Zmiana wziętych do badań frakcji kory z sit laboratoryjnych: 25x1,6 i 4x4 (z większego rozdrobnienia na mniejsze), była przyczyną zmniejszenia ilości zaadsorbowanego amoniaku rejestrowanej do momentu przebiecia złoża sorpcyjnego. Względna różnica w zależności od rodzaju frakcji wynosiła odpowiednio: dla warstwy kory o wysokości 2 cm - 32%; 4 cm - 22%, 8 - 20% i 10 cm - 15%, czyli malała

wraz ze wzrostem czasu kontaktu obu faz. Natomiast w liczbach bezwzględnych, te różnice rosną wraz ze wzrostem wysokości złoza kory na korzyść złoza o większym stopniu rozwinięcia powierzchni, na co wskazują liniowe równania zależności $T_p=f(h)$. W praktyce stopień rozdrobnienia kory należy rozważyć w kontekście wzrostu oporności przyływu oczyszczanego powietrza.

Bibliografia

- Arogo J., Westerman P.W., Heber J.** 2003. A review of ammonia emission from confined swine feeding operations. *Transac. ASAE*. Nr 3. s. 805-817.
- Brunsch R. i in.** 1993. Investitionen für die Umwelt. *Neue Landw.* Nr 8. s. 69-72.
- Chiumenti R., Donantoni L., Guercini S.** 1987. First trials of swine manure odor control with depth aeration and oligolysis. In *Proc. of the Latest developments in livestock housing*. University of Illinois, USA, June 22-26. s. 23-33. ISBN 0-916150-87-9.
- Döhler H., Van der Weghe H.** 1991. Ammoniak gehört nicht die Luft. *DLG-Mitteilungen*. Nr 1. s. 32-35.
- Fenyvesi L. i in.** 2001. Possibilities for reducing gas-emission of animal husbandry. In *Proc. 2nd Agricultural Engineering Conference of the 2nd Agricult. Engin. Conference of Central and East European Countries*. Prague, October 23-24. s. 20-23.
- Gruber P.** 1991. Was ist von Güllezusätzen zu halten? *Prakt. Landtech.* Nr 2. s. 27-28.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Kozirowski B.** 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. *Arkady Warszawa*. ISBN 83-213-4067-9.
- Iranpour R., Cox H.J., Deshusses M.A., Schroeder D.** 2005. Literature review of air pollution control biofilters and biotrickling filters for odor and volatile organic compound removal. *Environmental Progress*. Nr 24. s. 254-267.
- Nawrocki L., Myczko A.** 1998. Ograniczenie strat amoniaku w trakcie pozyskiwania i kumulacji ciepła fermentacyjnego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 4. s. 131-136.
- Ott A.** 1991. Ammoniak und Landwirtschaft. *Schweiz. Landtech.* Nr 5. s. 26-28.
- Pulz O., Petzold H. i Paul J.** 1992. Wasseraufbereitung mit Planktischen Mikroalgen. *Wasser Boden*. Nr 4. s. 209-210.
- Szilow N.A., Lepin A.** 1928. *Prom. Fiz. Chim.* Nr 61. s. 1107. [W: Paderewski M.L. 1999. *Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej*. WNT, Warszawa. ISBN 83-204-2388-0].
- Termeer W.C., Warman P.R.** 1993. Use of mineral amendments to reduce ammonia losses from dairy - cattle and chicken - manure slurries. *Bioresource Technol.* Nr 3. s. 217-222.
- Ullman J.L.** 2005. Remedial activities to reduce atmospheric pollutants from animal feeding operations. *Agr. Engng. Intl.* VII, Inv. Paper Nr 9. [dostęp 25-07-2007]. Dostępny w Internecie: www.cigr-ejournal.tamu.edu. ISSN 1682-1130.
- Wieczorek S.** 2007. Efektywność adsorpcji gazowego amoniaku na korze drzewnej w zależności od parametrów złoza sorpcyjnego. *Problemy Inżynierii Rolniczej* nr 1. s. 79-86.
- Wieczorek S.** 2007. Kinetika adsorpcji amoniaku obrazowanowo obiektami żywotnowodstwa. *Sbornik naucznych trudow Rosijskaja Akademia Nauk. Kirow. T. 1.* s. 139-143. ISBN 978-5-7352-0112-0.
- Wieczorek S., Stężala S.** 2004. Próba wytypowania efektywnego, biodegradowalnego adsorbentu i parametrów adsorpcji amoniaku z fazy gazowej powietrze/amoniak. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 1. s. 77-85.
- Wieczorek S., Stężala S.** 2005. Ocena adsorbentow amoniaka wybranych iz niektórych sielskochozajstwiennych materiałow. *Sbornik naucznych trudow Rosijskaja Akademia Nauk. Kirow. T. 7.* s. 350-357. ISBN 978-5-7352-0112-0.
- Wilun Z.** 2004. *Zarys geotechniki*. WKŁ. Warszawa. ISBN 83-206-1354-X.

THE IMPACT OF BIODEGRADABLE ADSORBER FILLING GRINDING DEGREE ON CLEANING DEGREE OF AIR FROM FACILITIES FOR LIVESTOCK

Abstract. The scientific purpose of the work carried out at the PCB IBMER in Gdańsk is to define mathematical model of ammonia adsorption efficiency in biodegradable adsorption bed, taking into account the effect of basic static and kinetic parameters for effective reduction of its emission. The article presents results of the work section covering determination of the impact of tree bark grinding at different heights of its layers on ammonia adsorption volume. It has been found that bark adsorption efficiency grows with increasing degree of its grinding. For two examined fractions of bark from sieves sized 25x1.6 mm and 4x4 mm, this difference ranged from 32% for a 2 cm bark layer to 15% for a 10 cm layer.

Key words: adsorption, ammonia, facility for livestock, tree bark

Adres do korespondencji:

Stefan Wieczorek; stewiecz@ibmer.waw.pl
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
Pomorskie Centrum Badań (PCB) w Gdańsku
ul. Reduta Żbik 5
80-761 Gdańsk