

## Trzypoziomowy system oczyszczania zużytego powietrza typu kombi Oczyszczacz powietrza

### Raport z badań DLG 6243



**Producent i Zgłaszający**  
KWB Air Systems BV  
Staarten 8  
5281 PL Boxtel, Nederlande  
Telefon: +31 (0)411 61 41 40  
Telefax: +31 (0)411 68 44 55  
E-mail: [info@kwb.nl](mailto:info@kwb.nl)  
Internet: [www.kwb.nl](http://www.kwb.nl)



DLG e.V.  
Testzentrum  
Technik und  
Betriebsmittel

### Krótki opis

- Trzypoziomowy, fizyczno-biologiczny system oczyszczania powietrza do separacji pyłu i amoniaku oraz redukcji odorów w beźciółkowej hodowli trzody chlewnej
- W pierwszym poziomie oczyszczania pierwsza ściana filtrująca jest spryskiwana wodą i następuje oddzielenie kurzu, przetacza się przy tym ok.  $1,40 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  wody
- W drugim poziomie oczyszczania stosuje się biologiczną ścianę filtrującą do usuwania amoniaku z zużytego powietrza w chlewni, przetacza się przy tym ok.  $4,05 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  wody
- Trzeci poziom oczyszczania to biofiltr stosowany do redukcji odorów; Gęstość zraszania wynosi ok.  $2,23 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$
- Przy trzecim poziomie oczyszczania znajduje się oddzielnik kropli o grubości 15 cm do zmniejszania strat wilgoci lub odprowadzania kropli z systemu oczyszczania zużytego powietrza
- Woda używana do mycia jest regulowana przez dodanie kwasu siarkowego i ługu sodowego w zakresie pH 6,5-7,0, poziom przewodnictwa wody utrzymywany jest na poziomie 16 mS/cm, do odmulaniania stosuje się oddzielną pompę
- Trzy zbiorniki z wodą do mycia są połączone przelewem, kierunek przepływu jest przeciwny do strumienia powietrza
- Chlew został wyposażony w nadpodłogowy system wyciągowy

### Partner dystrybucyjny dla Niemiec

INOTEC Lüftungs-und Systemtechnik GmbH Wext 7 48619 Heek Telefon:  
+49 (0)2568 93 55 44 Telefax: +49 (0)2568 93 59 37  
E-mail: [info@inotec-systems.com](mailto:info@inotec-systems.com) Internet: [www.inotec-heck.de](http://www.inotec-heck.de)

## Ocena – krótkie podsumowanie

Przegląd 1:

System oczyszczania zużytego powietrza typu kombi firmy KWB  
Oczyszczacz powietrza

Kryteria oceny	Wynik	Ocena
<b>Wyniki pomiarów emisji</b>		
<b>Pył ogółem</b> (pomiar grawimetryczny, cztery terminy pomiarów)		
– Lato: średni stopień separacji [%]	72,5	○
– Zima: średni stopień separacji [%]	76	○
<b>Drobny pył</b> (pomiar grawimetryczny, dwa terminy pomiarów)		
– Lato		
średni stopień separacji PM <sub>10</sub> [%]	71,4	○
średni stopień separacji PM <sub>2,5</sub> [%]	82,5	+
– Zima		
średni stopień separacji PM <sub>10</sub> [%]	76	○
średni stopień separacji PM <sub>2,5</sub> [%]	90,2	++
<b>Amoniak</b> (pomiar ciągły)		
– Lato: Stopień separacji ogółem uśredniony ze średnich wartości	83,4	+
– Zima: Stopień separacji ogółem uśredniony ze średnich wartości półgodzinnych [%]	92,1	++
<b>Bilans azotu</b>		
– Lato: Wskaźnik odzysku wydzielonego azotu [%]	90,3	++
– Zima: Wskaźnik odzysku wydzielonego azotu [%]	– – **	
<b>Odór***</b>		
– Lato	< 300 GE/m <sup>3</sup> i kRW	Bez oceny
<b>Pomiary zużycia (średnie wartości na dzień lub w odniesieniu do stanowisk dla zwierząt i na rok)</b>		
<b>Zużycie świeżej wody</b>		
– Lato (pomiar główny) [m <sup>3</sup> /d]/[m <sup>3</sup> /(TP a )]	2,0/1,4	Bez oceny
– Zima (pomiar główny) [m <sup>3</sup> /d]/[m <sup>3</sup> /(TP a )]	2,1/1,4	Bez oceny
– Lato (dodatkowy pomiar odorów) [m <sup>3</sup> /d]/[m <sup>3</sup> /(TP a )]	5,5/1,1	Bez oceny
<b>Objętość odmulenia</b>		
– Lato (pomiar główny) [m <sup>3</sup> /d]/[m <sup>3</sup> /(TP a )]	0,5/0,4	Bez oceny
– Zima (pomiar główny) [m <sup>3</sup> /d]/[m <sup>3</sup> /(TP a )]	0,4/0,3	Bez oceny
– Lato (dodatkowy pomiar odorów) [m <sup>3</sup> /d]/[m <sup>3</sup> /(TP a )]	1,0/0,2	Bez oceny
<b>Zużycie kwasu (w odniesieniu do 100% roztworu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</b>		
– Lato (pomiar główny) [kg/d]/[kg/(TP a )]	10,0/3,6	Bez oceny
– Zima (pomiar główny) [kg/d]/[kg/(TP a )]	6,8/2,4	Bez oceny
– Lato (dodatkowy pomiar odorów) [kg/d]/[kg/(TP a )]	8,0/1,6	Bez oceny
<b>Zużycie zasad (w odniesieniu do 100% roztworu NaOH)</b>		
– Lato (dodatkowy pomiar odorów) [kg/d]/[kg/(TP a )]	1,1/0,2	Bez oceny
<b>Zużycie energii elektrycznej podczas pomiaru głównego</b>		
– Oczyszczanie zużytego powietrza (pompy) [kWh/d]/[kWh/(TP a )]	90/61	Bez oceny
– Wentylatory, lato [kWh/d]/[kWh/(TP a )]	65/30	Bez oceny
– Wentylatory, zima [kWh/d]/[kWh/(TP a )]	44/21	Bez oceny
<b>Zużycie energii elektrycznej podczas dodatkowego pomiaru</b>		
– Oczyszczanie zużytego powietrza (pompy) [kWh/d]/[kWh/(TP a )]	163/32	Bez oceny
– Wentylatory, lato [kWh/d]/[kWh/(TP a )]	139/28	Bez oceny

\* Zgodnie z doświadczeniem proces mycia może powodować tworzenie się kropli w zakresie wielkości 2,5-10 µm, co w impaktorze kaskadowym zwiększa wynik dla frakcji cząstek PM<sub>10</sub>. Zjawisko to w mniejszym stopniu dotyczy frakcji cząstek PM<sub>2,5</sub>. Z tego powodu dla tej frakcji oblicza się wyższy stopień separacji niż w przypadku frakcji PM<sub>10</sub>.

\*\* Z powodu błędnej rejestracji danych podczas odmulania nie było możliwe zbilansowanie azotu.

\*\*\* Separację odorów potwierdzono w ramach dodatkowego badania trwającego 8 tygodni. Kryteria dla odorów zostały spełnione dla obciążenia powierzchni filtracji do 4.500 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h).

Kryterium badania	Wynik	Ocena
<b>Sposób funkcjonowania</b>		
<b>Techniczna działania</b>	<b>niezawodność</b> W czasie badan w systemie nie wystąpiły istotne zakłócenia.	+
<b>Biologiczna działania</b>	<b>niezawodność</b> Dzięki zastosowaniu automatycznej regulacji wartości pH przebieg procesu nityfikacji jest bardzo stabilny.	+
<b>Trwałość</b>	W czasie przeprowadzania badań nie stwierdzono istotnego zużycia	+
<b>Obsługa</b>		
<b>Instrukcja obsługi</b>	Instrukcja obsługi jest przejrzysta i zawiera objaśnienia dotyczące czynności konserwacyjnych i automatycznego układu sterowania.	+
<b>Obsługa</b>	Prace konserwacyjne częściowo są objaśnione za pomocą zdjęć. Zgodnie z instrukcją system pracuje w pełni automatycznie.	○
<b>Konserwacja</b>	W przypadku zawarcia umowy serwisowej system jest raz w roku przez producenta. Operator ma obowiązek codziennie sprawdzać układ sterowania. Ze względu na biologię system musi być eksploatowany w trybie Zaleca się zawarcie umowy serwisowej pomiędzy producentem a (wymagane czynności konserwacyjne są realizowane w ramach zakładowych prac konserwacyjnych).	○
<b>Oczyszczanie</b>	<b>powierzchni</b> Wymagane prace konserwacyjne właściciel systemu będzie wykonywać w ciągu roku (patrz czas pracy). Pierwszą ścianę filtracyjną należy czyścić przynajmniej trzy razy w urządzeniu wysokociśnieniowego. Odpowiednie zalecenia znajdują się w instrukcji obsługi.	○
<b>Oczyszczanie całego systemu</b>	Dodatkowo w przypadku zwiększonych strat ciśnienia należy zdemontować ściany filtrujące 2 i 3 i oczyścić je wodą.	○
<b>Wymiana wypełnień</b>	Zgodnie z wytycznymi producenta nie jest konieczna.	Bez oceny
<b>Czas pracy</b>		
<b>Codziennie kontrole</b>	ok. 5 minut dziennie	○
<b>Kontrole tygodniowe</b>	ok. 35 minut tygodniowo	○
<b>Oczyszczanie</b>	ok. 4 godzin na kwartał	○
<b>Dokumentacja</b>		
<b>Dokumentacja techniczna</b>	Wymagania spełnione	+
<b>Elektroniczny dziennik eksploatacji</b>	Wymagania spełnione	+
<b>Bezpieczeństwo</b>		
<b>Bezpieczeństwo pracy</b>	potwierdzone przez DPLF (niemiecka jednostka kontroli i certyfikacji dla techniki rolniczej i leśnej)	Bez oceny)
<b>Ochrona przeciwpożarowa</b>	Projekt ochrony przeciwpożarowej sporządzi dla całego budynku inwentarskiego podmiot eksploatujący w ramach procedury pozwolenia na budowę	Bez oceny
<b>Ochrona środowiska</b>		
<b>Emisja hałasu</b>	Nie stwierdzono wzrostu poziomu ciśnienia akustycznego wskutek zastosowania systemu oczyszczania zużytego powietrza.	○
<b>Utylizacja</b>	Zaleca się wykorzystywać wodę do mycia z gnojówką na potrzeby roślin. Utylizację innych elementów systemu należy zlecać autoryzowanym przedsiębiorstwom.	○.
<b>Gwarancja</b>		
<b>Gwarancja producenta</b>	1 rok	Bez oceny

## Opis i wymiarowanie

Przegląd 2:

Trzypoziomowy system oczyszczania zużytego powietrza KWB

### Opis

#### Trzypoziomowy system oczyszczania zużytego powietrza

- 1 poziom: ściana filtrująca stale spryskiwana wodą w celu separacji pyłu
- 2 poziom: ściana filtrująca z biologicznym oczyszczaniem  $\text{NH}_3$  - separacja
- 3 poziom: biofiltr do usuwania odorów

### Przeznaczenie

Oczyszczanie zużytego powietrza w bezściółkowej hodowli trzody chlewnej przez zmniejszenie emisji pyłu, amoniaku i odorów

### Wymiary systemu referencyjnego dla modułu 1

#### Wymiary ściany filtrującej 1 (usuwanie pyłu)

– Szerokość filtra/Wysokość filtra/Głębokość filtra [m/m/m] 2,85/2,6/0,15

– Powierzchnia przepływu [ $\text{m}^2$ ]/Pojemność filtra [ $\text{m}^3$ ] 7,4/1,1

– Właściwa powierzchnia filtra [ $\text{m}^2/\text{m}^3$ ] 300

– min. czas przebywania dla wskaźnika powietrza w okresie letnim (czas kontaktu) [sek] 0,12

– Maks. obciążenie powierzchni filtra [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 4.500

– Maksymalne obciążenie pojemności filtra [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 30.273

– Wielkość zraszania w trybie ciągłym [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] 10,4

– Gęstość zraszania [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 1,40

#### Wymiary ściany filtrującej 2 (separacja azotu)

– Szerokość filtra/Wysokość filtra/Głębokość filtra [m/m/m] 2,85/2,6/0,90

– Powierzchnia przepływu [ $\text{m}^2$ ]/Pojemność filtra [ $\text{m}^3$ ] 7,4/6,7

– Właściwa powierzchnia filtra [ $\text{m}^2/\text{m}^3$ ] 125

– min. czas przebywania dla wskaźnika powietrza w okresie letnim (czas kontaktu) [sek] 0,72

– Maksymalne obciążenie powierzchni filtra [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 4.500

– Maksymalne obciążenie pojemności filtra [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 4.970

– Wielkość zraszania w trybie ciągłym [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] 30,0

– Gęstość zraszania [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 4,05

#### Wymiary ściany filtrującej 3 (usuwanie odorów)

– Szerokość filtra/Wysokość filtra/Głębokość filtra [m/m/m] 2,85/2,6/0,90

– Powierzchnia przepływu [ $\text{m}^2$ ]/Pojemność filtra [ $\text{m}^3$ ] 7,4/6,7

– Właściwa powierzchnia filtra [ $\text{m}^2/\text{m}^3$ ] 125

– Min. czas przebywania dla

– Maks. obciążenie powierzchni filtra [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 4.500

– Maksymalne obciążenie pojemności filtra [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 4.970

– Wielkość zraszania w trybie ciągłym [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] 16,5

– Gęstość zraszania [ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ] 2,23

– Przewodnictwo [mS/cm]  $\leq 16^*$

### Odmulanie w obu systemach referencyjnych

– Pojemność zbiornika z wodą, ogółem (1 moduł/4 moduły) [ $\text{m}^3$ ] 3,9/15,6

– Wskaźnik odmulania w okresie letnim podczas pomiaru głównego/pomiaru dodatkowego [ $\text{m}^3/\text{d}$ ] 0,54 / 1,0

– Wskaźnik odmulania w okresie letnim podczas pomiaru głównego/pomiaru dodatkowego [ $\text{m}^3/\text{TP a}$ ] 0,37/0,2

– Wskaźnik odmulania w okresie zimowym podczas pomiaru głównego [ $\text{m}^3/\text{d}$ ] 0,37

– Wskaźnik odmulania w okresie zimowym podczas pomiaru głównego [ $\text{m}^3/\text{TP a}$ ] 0,25

– Wartość pH wody do mycia 6,5-7

### Tryb referencyjny dla przeprowadzanych pomiarów (dodatkowy pomiar odorów)

Chlew (metoda wprowadzania-wyprowadzania z sekcji): Stanowiska dla zwierząt [szt.] 1840

Przeciętna waga zwierząt [kg LM] 75

Zainstalowane maksymalne natężenie przepływu powietrza [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] 162.000 (6 wentylatorów po 27.000  $\text{m}^3/\text{h}$ ) dla ok. 60 Pa straty ciśnienia

Strata ciśnienia podczas oczyszczania zużytego powietrza [Pa] maks. 60 dla 122.000  $\text{m}^3/\text{h}$  zużytego powietrza

Strata ciśnienia ogółem (chlewnia + oczyszczanie zużytego powietrza) [Pa] maks. 140 dla 122.000  $\text{m}^3/\text{h}$

zużytego powietrza Maksymalny wskaźnik powietrza w okresie letnim wg DIN 18910 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] 162.000

dla strefy temperaturowej II i Ø 120 kg

\*Podczas całego pomiaru w okresie letnim przewodnictwo wynosiło 25 mS/cm, podczas pomiaru w okresie zimowym parametr najpierw obniżono do 16 mS/cm, następnie do 11 mS/cm w celu zwiększenia wydajności separacji. W przypadku odmulania ze sterowaniem przewodnictwa dla 16 mS/cm wydajność odmulania (pył, amoniak i odor) utrzymuje się według kryteriów badań DLG.

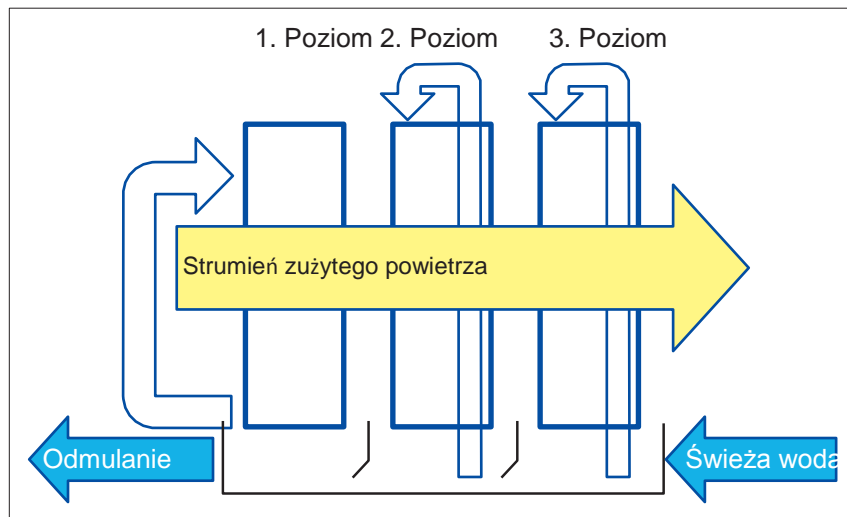
## Przeznaczenie

Trzypoziomowy system oczyszczania zużytego powietrza nadaje się do redukcji emisji pyłu, amoniaku i odorów ze strumienia zużytego powietrza w hodowli trzody chlewnej metodą bezściółkową dla zaprojektowanej wentylacji wg DIN 18910 i opisanych parametrów procesowych dotyczących separacji amoniaku (stopień separacji  $\geq 70\%$ ) oraz separacji pyłu (stopień separacji  $\geq 70\%$ ) i do redukcji odorów ( $< 300 \text{ GE/m}^3$  w czystym gazie i brak odoru surowego gazu w czystym gazie).

Chlew został wyposażony w wyciąg nadpodłogowy.

## Opis/Działanie

System oczyszczania powietrza KWB typu kombi to ciśnieniowy system fizyczno-biologiczny do oczyszczania zużytego powietrza w hodowli trzody chlewnej metodą bezściółkową. Zasada

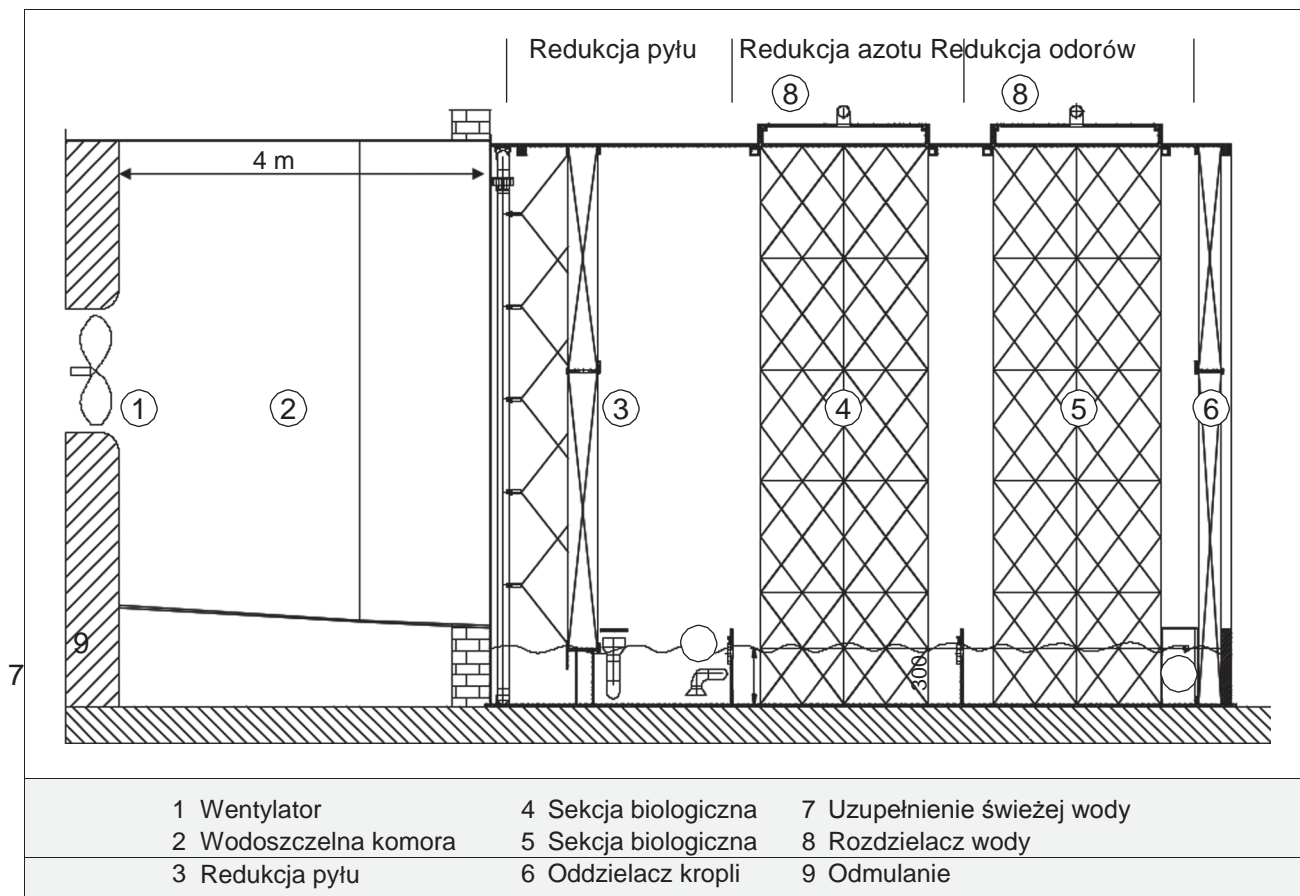


Zdj. 2:

Schemat oczyszczania zużytego powietrza (źródło: LUFA)

działania trzypoziomowego systemu polega na kontakcie składników zawartych w zużytym powietrzu z lekko kwasową wodą stosowaną do mycia prowadzoną w obiegu (wartość pH od 6,5 do 7,0) oraz mikroorganizmów zasiedlających wypełnienia.

Wentylatory odsysają zużyte powietrze z poszczególnych stref chlewni i transportują je do pierwszej ściany filtrującej. Tu zużyte powietrze jest oczyszczane z pyłu przez zespół dysz wstępnego oczyszczania.



Zdj. 3:

Profil systemu oczyszczania powietrza KWB typu kombi



Odległość pomiędzy wentylatorami a pierwszą ścianą filtracyjną wynosi co najmniej 4 m (zdj. 3).

Dodatkowo odbywa się wstępne oddzielenie amoniaku. Do tego celu służy zespół dysz wstępnego zraszania, który przetacza ok. 1,40 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) wody do mycia. Zdj. 2 przedstawia schemat oczyszczania zużytego powietrza w trzech poziomach oczyszczania.

W drugim poziomie oczyszczania zostaje przetoczone ok. 4,05 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) lekko kwaśnej wody celu wydzielenia z zużytego powietrza amoniaku. Następnie zużyte powietrze jest transportowane do trzeciego poziomu filtracji. Przetoczenie ok. 2,23 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) wody umożliwia zasiedlenie się mikroorganizmów w słabo kwaśnym środowisku.

Aby wyrównać straty powstałe wskutek parowania i odprowadzania cieczy stosowanej do mycia, w trzecim poziomie filtracji dodaje się świeżą wodę. Przy drugim poziomie filtracji bezpośrednio do zbiornika dodaje się kwas siarkowy i ług sodowy. W tym miejscu zainstalowane sondy pomiarowe mierzą przewodnictwo i wartość pH i przesyłają wyniki pomiaru do układu sterowania.

Wartości te służą z jednej strony do regulacji zawartości kwasu w wodzie stosowanej do mycia (wartość pH), a z drugiej strony do odmulniania wody zawierającej dużą ilość soli z pierwszego poziomu filtracji. Poszczególne zbiorniki są z sobą połączone przelewami płynącymi w kierunku przeciwnym do strumienia zużytego powietrza. Łącznie do dyspozycji było ok. 3,9 m<sup>3</sup> wody w zbiorniku w referencyjnej chlewni w Boekel i 15,6 m<sup>3</sup> w referencyjnej chlewni w Deurne.

Duża właściwa powierzchnia wypełnień służy z jednej strony do powiększenia powierzchni kontaktowej pomiędzy zużyтым powietrzem a wodą wykorzystywaną do absorpcji pyłu i amoniaku, a z drugiej strony jako powierzchnia zasiedlana przez mikroorganizmy, które mają

przetwarzać oczyszczane substancje. Ponieważ amoniak bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie, zostaje wymyty do wody obiegowej i utleniony przez bakterie nitryfikujące do postaci azotynu i azotanu. Dzięki wodzie obiegowej bakterie, pył i amoniak przedostają się do zbiornika z wodą do mycia, gdzie dodatkowo następuje biologiczny rozkład wymienionych substancji z zużytego powietrza.

Wypełnienia pierwszego poziomu to typ Hewitech CF 12-F (grubość 15 cm), wypełnienia poziomu nitryfikacji i poziomu odorów to typ Hewitech NC20 (grubość 90 cm), dołączony oddzielnaczkropli to typ Hewitech DE 125 (grubość 15 cm).

Składniki zużytego powietrza (pył i amoniak) służą jako źródło energii i pożywienia dla mikroorganizmów, które przywierają w bloku wypełnień jako biofilm i żyją w zbiorniku z wodą stosowaną do mycia.

W tych miejscach zachodzi rozkład biologiczny. W tej fazie następuje oddzielenie i przetworzenie związków azotowych występujących w zużyтым powietrzu.

W trzecim poziomie (biopoziom) ścianę wypełniaczy zasiedlają mikroorganizmy, które utleniają zapachy występujące w zużyтым powietrzu.

Po przepłynięciu przez blok wypełnień zużyte powietrze przechodzi przez oddzielnaczkropli i oczyszczone uwalnia się do otoczenia. Oddzielnaczkropli służy do oddzielania aerozoli.

Ponieważ aktywność biologiczna ma istotne znaczenie dla działania systemu oczyszczania, jest absolutnie konieczne, aby system eksploatować w trybie ciągłym. Dla zapewnienia wysokiej skuteczności procesu oczyszczania konieczne jest także stałe obłożenie chlewni.

Uruchomienie systemu po dłuższym przestoju wymaga do 8 tygodni regeneracji aktywności biologicznej i w razie możliwości należy tego unikać. Z kolei przestoje spowodowane produkcją trwające kilka dni pod warunkiem utrzymywania właściwego zraszania nie mają większego wpływu na działanie systemu.

Tabela 1:

*Typowy skład i zakres wahań odmulonej wody z systemu oczyszczania zużytego powietrza KWB (pomiar 2011 i 2012)*

Wartość pH	7,2–7,5
Przewodnictwo	19-44 mS/cm
Azot amonowy (NH <sub>4</sub> -N)	2400-6600 mg/l
Azot azotynowy (NH <sub>2</sub> -N)	1000-3300 mg/l

## Warunki referencyjna

## badan/Chlewnia

Funkcjonalność systemu oczyszczania powietrza typu kombi badano na przykładzie dwóch referencyjnych systemów. Pomiary główne (amoniak i pył) przeprowadzono na systemie referencyjnym w Boekel. Znajduje się tam chlewnia bezściółkowa z ok. 540 tucznikami rozmieszczonymi w 6 sekcjach. Pomiary dodatkowe (odory) przeprowadzono na systemie referencyjnym w Deurne, gdzie znajduje się chlewnia bezściółkowa z 1840 tucznikami rozmieszczonymi w 4 sekcjach.

Zużyte powietrze jest odsysane z sekcji przez wentylatory (wyciąg nadpodłogowy), zbierane w kanale zużytego powietrza i odprowadzane przez system oczyszczania zużytego powietrza.

Pomiary pyłu i amoniaku przeprowadzono w okresie od sierpnia do listopada 2011 (pomiar w okresie letnim) i od lutego do kwietnia 2012 (pomiar w okresie zimowym). Pomiar dodatkowy odorów (pomiar w okresie letnim) przeprowadzono od czerwca do sierpnia 2014 roku.

Podczas pomiaru letniego w 2011 roku stwierdzono czasowe przekroczenie zawartości amoniaku na wysokości zwierząt. Tym samym wymóg utrzymania wartości 20 ppm na wysokości zwierząt zgodnie z prawem niemieckim nie zawsze był spełniony. Mimo wyciągu nadpodłogowego w poszczególnych sekcjach na wysokości zwierząt zmierzono stężenia do 25 ppm, a częściowo do 30 ppm. Aby utrzymać obciążenie na minimalnym poziomie, przyjęto podwyższony wskaźnik powietrza. Oznacza to jednak także, że podczas pomiaru w okresie letnim czas przebywania w systemie oczyszczania skraca się, a tym samym stopień separacji amoniaku i pyłu są odpowiednio mniejsze.

Tabela 2:

Wyniki pomiaru redukcji emisji (pył) w systemie oczyszczania powietrza KWB typu kombi (pomiar w okresie letnim, sierpień-listopad 2011)

Data	2011-08-24	2011-08-30	07./2011-09-08	2011-09-13	2011-09-20	27.-29.09.11	2011-10-04
<b>Warunki otoczenia i warunki brzegowe</b>							
Względna wilgotność powietrza [%]	78	75	65	53	59	62	71
Temperatura otoczenia [°C]	21,0	16,8	18,4	20,0	20,0	24,0	20,0
Wilgotność surowego gazu/czystego gazu [%]	58/100	74/100	73/100	65/100	60/100	69/100	68/100
Temperatura surowego gazu/czystego gazu [°C]	24,5/22,6	23,7/22,2	23,3/17,3	23,0/18,2	22,3/19,8	25,0/22,2	23,5/19,5
Liczba zwierząt w chlewni	557	539	538	538	538	538	538
Przeciętna waga zwierząt [kg]	18	24	29	35	40	46	50
Natężenie przepływu powietrza ogółem [m³/h]	12 150	13 460	23 240	31 520	26 140	44 630	36 460
Strata ciśnienia spowodowana przez oczyszczacz [Pa]	13,5	11,5	36	57	64	80	72
Strata ciśnienia spowodowana przez wentylator [Pa]	--	35	--	--	--	--	--
<b>Pył ogółem</b>							
Stężenie surowego gazu [mg/m³]	--	--	--	1,12	--	--	0,75
Stężenie czystego gazu [mg/m³]	--	--	--	0,31	--	--	0,21
Stopień separacji [%]	--	--	--	72	--	--	73
<b>Drobnny pył</b>							
Surowy gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	--	--	0,24/0,15	--
Czysty gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	--	--	0,06/0,03	--
Stopień separacji PM10/PM2,5 [%]	--	--	--	--	--	73,6/81,3	--
<b>Data</b>							
<b>Warunki otoczenia i warunki brzegowe</b>							
Względna wilgotność powietrza [%]	73	83	86	77	84	97	
Temperatura otoczenia [°C]	19,1	11,8	11,0	17,2	15,0	6,9	
Wilgotność surowego gazu/czystego gazu [%]	69/100	78/100	69/100	68/100	69/100	64/100	
Temperatura surowego gazu/czystego gazu [°C]	22,6/21,3	18,8/14,7	19,4/15,1	23,0/18,0	20,9/16,7	18,7/14,3	
Liczba zwierząt w chlewni	538	538	537	537	537	534	
Przeciętna waga zwierząt [kg]	56	63	74	78	79	95	
Natężenie przepływu powietrza ogółem [m³/h]	37 860	25 620	37 650	41 190	37 640	34 090	
Strata ciśnienia spowodowana przez oczyszczacz [Pa]	90	63	95	94	--	--	
Strata ciśnienia spowodowana przez wentylator [Pa]	155	--	150	--	--	--	
<b>Pył ogółem</b>							
Stężenie surowego gazu [mg/m³]	--	1,12	--	--	--	1,28	
Stężenie czystego gazu [mg/m³]	--	0,25	--	--	--	0,42	
Stopień separacji [%]	--	78	--	--	--	67	
<b>Drobnny pył</b>							
Surowy gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,68/ 0,45	--	--	
Czysty gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,21/ 0,07	--	--	
Stopień separacji PM10/PM2,5 [%]	--	--	--	69,2/ 83,7	--	--	

Tabela 3:

Wyniki pomiaru redukcji emisji (pył) w systemie oczyszczania powietrza KWB typu kombi (pomiar w okresie zimowym, luty-kwiecień 2012)

Data	21.02.12	28.02.12	05.03.12	06.03.12	12.03.12*
Uwagi					
Warunki otoczenia i warunki brzegowe	--	--	--	Czyszczenie systemu w dniu 09.03.12	
Względna wilgotność powietrza otoczenia [%]	78	82	75	75	74
Temperatura otoczenia [°C]	9,0	8,0	5,0	6,9	12,2
Wilgotność surowego gazu/czystego gazu [%]	55/100	59/100	51/100	55/100	67/100
Temp. surowego gazu/czystego gazu [°C]	22,0/16,4	22,5/16,0	21,3/14,3	21,7/16,7	22,5/18,0
Liczba zwierząt w chlewni	539	539	539	539	539
Przeciętna waga zwierząt [kg]	70	80	85	90	90
Natężenie przepł. powietrza ogółem [m³/h]	19 590	21 660	17 560	20 760	18 250
Strata ciśnienie spowodowana przez oczyszczacz [Pa]		30	37	24	42 35
Strata ciśnienia spowodowana przez wentylator [Pa]		70	--	--	90 85
Pył ogółem					
Stężenie surowego gazu [mg/m³]	--	1,05	--	--	1,42
Stężenie czystego gazu [mg/m³]	--	0,27	--	--	0,29
Stopień separacji [%]	--	75	--	--	80
Drobnny pył					
Surowy gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	0,67/0,43	--	--
Czysty gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	0,15/0,02	--	--
Stopień separacji PM10/PM2,5 [%]	--	--	77,4/96,0	--	--

Data	19.03.12	26.03.12	02.04.12	10.04.2012	23.04.12
Uwagi					
Warunki otoczenia i warunki brzegowe	--	--	--	--	--
Względna wilgotność powietrza otoczenia [%]	71	61	56	92	55
Temperatura otoczenia [°C]	11,2	16,0	14,0	12,1	13,1
Wilgotność surowego /czystego gazu [%]	53/100	48/88	58/100	68/100	55/100
Temp. surowego gazu/czystego gazu [°C]	22,0/17,3	23,4/18,5	22,2/17,4	20,5/15,7	21,4/16,1
Liczba zwierząt w chlewni	539	539	539	322	493
Przeciętna waga zwierząt [kg]	96	102	105	110	68
Natężenie przepł. powietrza ogółem [m³/h]	18 560	26 490	23 070	12 250	10 590
Strata ciśnienie przez oczyszczacz [Pa]	38	51	43	44	35
Strata ciśnienia spowodowana przez wentylator [Pa]		--	--		88
Pył ogółem					
Stężenie surowego gazu [mg/m³]	--	--	1,58/2,77**	--	--
Stężenie czystego gazu [mg/m³]	--	--	0,44/0,67**	--	--
Stopień separacji [%]	--	--	72/76**	--	--
Drobnny pył					
Surowy gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,63/0,42	--
Czysty gaz PM10/PM2,5 [mg/m³]	--	--	--	0,16/0,07	--
Stopień separacji PM10/PM2,5 [%]	--	--	--	75,1/84,3	--

\* W dniu 09.03.2012 przewodnictwo obniżono z wartości 26 do 16 mS/cm, a w dniu 12.03.2012 z wartości 16 do 11 mS/cm.

\*\* W dniu 02.04.2012 przeprowadzono dwa pomiary pyłu ogółem.



Tabela 4:

Wyniki pomiarów dot. redukcji emisji trzypoziomowego systemu oczyszczania zużytego powietrza KWB typu kombi dla amoniaku i dane procesowe podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim i zimowym (wybrane średnie wartości dzienne)

Data	Pomiar w okresie letnim			Pomiar w okresie zimowym	
	2011-09-	2011-09-28	2011-10-29	2012-03-11	2012-03-30
Wskaźnik wentylacji [m³/h]	23 200	42 350	29 980	21 470	19 160
Prędkość przepływu* [m/s]	0,87	1,59	1,13	0,81	0,72
Czas przebywania* [sek]	1,03	0,57	0,8	1,12	1,25
Obciążenie pow. wypełnień* [m³/(m² h)]	3 135	5 723	4 051	2 901	2 589
Obciążenie pojemności wypełnień* [m³/(m³ h)]	3 463	6 321	4 475	3 204	2 860
Gęstość zraszania* Poziom 1/2/3 [m³/(m² h)]	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62	1,35/4,05/1,62
Amoniak, surowy gaz [ppm]	20,8	14,6	21,3	17,2	19,2
Amoniak, czysty gaz [ppm]	2,2	3,7	3,7	2,1	0,6
Stopień separacji amoniaku [%]	89,8	74,8	82,5	88,0	97,0

\* Obliczone wartości

Tabela 5:

Wyniki pomiarów dot. redukcji emisji (odory) w systemie oczyszczania powietrza KWB typu kombi podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim

Data	2014-06-25	2014-07-02	2014-07-09	2014-07-16
<b>Warunki otoczenia i warunki brzegowe</b>				
Względna wilgotność zewn. powietrza [%rF]	44	52	100	87
Temperatura otoczenia [°C]	18,8	22,0	16,5	19,7
Wilgotność surowego gazu/czystego gazu [%rF]	67/97	67/98	75/98	82/96
Temp. surowego gazu/czystego gazu [°C]	24,8/21,3	26,3/21,6	25,2/21,7	25,8/23,1
Liczba zwierząt w chlewni	1 840	1 840	1 840	1 835
Przeciętna waga zwierząt [kg]	52,5	57,5	62,5	70,0
Natężenie przepływu powietrza ogółem [m³/h]	45 500	56 800	43 300	68 800
<b>Odory**</b>				
Surowy gaz GE/m³	767	335	310	209
Czysty gaz GE/m³	147	174	191	62
Czy zapach surowego gazu jest wyczuwalny w czystym gazie?	nie***	nie	nie***	nie
Data	2014-07-23	2014-07-30	2014-08-13	2014-08-14
<b>Warunki otoczenia i warunki brzegowe</b>				
Względna wilgotność zewn. powietrza [%rF]	63	76	50	75
Temperatura otoczenia [°C]	26,2	24,0	22,4	19,9
Wilgotność surowego gazu/czystego gazu [%rF]	64/99	58/99	55/95	77/99
Temp. surowego gazu/czystego gazu [°C]	27,8/23,7	27,4/23,5	28,1/23,1	24,6/22,1
Liczba zwierząt w chlewni	1 834	1 833	1 833	1 833
Przeciętna waga zwierząt [kg]	75,0	85,0	96,7	96,8
Natężenie przepływu powietrza ogółem [m³/h]	122 000	87 000*	117 000*	89 593*
<b>Odory**</b>				
Surowy gaz GE/m³	298	189	483	483
Czysty gaz GE/m³	177	67	53	81
Czy zapach surowego gazu jest wyczuwalny w czystym gazie?	nie	nie	nie	nie

\* Zmierzono za pomocą Dynamic Air

\*\* Wartości pomiarowe przedstawione jako geometryczne średnie wartości

\*\*\* Większość testerów nie wyczuła podczas badania olfaktometrycznego zapachu gazu surowego w czystym gazie.

Na podstawie pomiaru przeprowadzanego w okresie zimowym opracowano projekt KWB optymalizujący wentylację chlewni i zapewniający atmosferę odpowiednią dla zwierząt, m.in. zabudowano wiatrownice, w piwnicy zamknięto otwory wentylacyjne do magazynu gnojówki, a przejście główne podzielono na dwie sekcje.

Zraszanie przez cały okres pomiarów utrzymywano na stałym poziomie, przepływ odczytywano w regularnych odstępach czasu za pomocą przepływomierza pływakowego.

W dniu 09.03.2012 system KWB oczyszczono (wypełniacze, zbiorniki), w tym samym dniu obniżono także przewodnictwo w tylnym zbiorniku z wartości 26 mS/cm do 16 mS/cm. Uczyniono tak w celu poprawy wydajności separacji systemu. W dniu 12.03.2012 znowu obniżono przewodnictwo do wartości 11 mS/cm, co spowodowało dalszą poprawę wydajności separacji. Wartość pH w tylnym zbiorniku (poziom 3) przez cały czas była utrzymywana w zakresie 6,5-7,0.

Podczas pomiarów przez cały czas rejestrowano warunki otoczenia (temperatura zewnętrzna/wewnętrzna, względna wilgotność powietrza na zewnątrz/wewnątrz), w dniach pomiarów pyłu i odorów zarejestrowano dodatkowo następujące parametry:

- waga zwierząt (szacunkowa) i liczba zwierząt
- zużycie świeżej wody i energii elektrycznej (stany liczników)
- bezwzględne natężenie przepływu powietrza
- objętość odmulenia
- strata ciśnienia przez system,
- strata ciśnienia przez wentylator

Ponadto wartości pomiarowe zarejestrowane przez producenta w elektronicznym dzienniku eksploatacji sprawdzono pod względem wiarygodności. Tabela 1 przedstawia skład odmulonej wody.

## Pyt

Na początku pomiarów uzgodniono, że w danym okresie pomiarowym należy przeprowadzić cztery pomiary pyłu ogółem i dwa pomiary drobnego pyłu (PM10 / PM2,5) (patrz tabela 2 i 3). W związku z trzypoziomową konstrukcją tendencyjnie przyjęto, że spełnione są wymagania dotyczące stopnia separacji (trwale powyżej 70%).

Próbki pobrano metodą izokinetyczną wg dyrektywy VDI 2066 i normy DIN EN 13284-1.

Tabela 2 pokazuje, że podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim przeciętnie odseparowano 72,5% pyłu ogółem. Podczas pomiaru przeprowadzonego w okresie zimowym jest to przeciętnie 76% (tabela 3). W przypadku hodowli bezściółkowej za pomocą systemu oczyszczania powietrza KWB typu kombi możliwa jest efektywna i trwała separacja pyłu powyżej 70%. Stopnie separacji dla drobnego pyłu PM10 wynoszą średnio 71,4 % (w okresie letnim) i

76 % (w okresie zimowym). Dla PM2,5 stopień separacji wyniósł powyżej 80%. Zgodnie z doświadczeniem proces mycia może powodować tworzenie się kropli w zakresie wielkości 2,5-10 µm, co w impaktorze kaskadowym zwiększa wynik dla frakcji PM10. Zjawisko to w mniejszym stopniu dotyczy frakcji PM2,5. Z tego powodu dla tej frakcji oblicza się wyższy stopień separacji niż w przypadku frakcji PM10.

## Amoniak

W całym okresie badań stale mierzono stężenia amoniaku w gazie surowym i czystym. Wszystkie pomiarowe przewody gazowe były ogrzewane, co miało zapobiec kondensacji. Stężenia mierzono za pomocą analizatora FTIR.

Wartości surowego gazu w okresie letnim mieściły się w zakresie 10-40 ppm i zostały zredukowane w systemie oczyszczania powietrza typu kombi do wartości < 5 ppm

(zdj. 4). Podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie zimowym stężenia surowego gazu wahają się o 20 ppm, a podczas opuszczania systemu oczyszczania wynoszą <4 ppm (zdj. 5). Możliwa jest zatem skuteczna separacja amoniaku w hodowli trzody chlewnej metodą bezściółkową i przy właściwej eksploatacji systemu w opisywanych warunkach eksploatacyjnych (przegląd 1).

Przy maksymalnym obciążeniu powierzchni filtrów 4.500 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) amoniak można trwale wydzielić na poziomie powyżej 70%.

W celu zbadania stężeń amoniaku w powietrzu w chlewni podczas regularnych wizyt przeprowadzano pomiary powietrza w chlewni na wysokości zwierząt. Ze względu na początkowo niewłaściwe poprowadzenie wentylacji w sekcjach podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim stwierdzono częściowo podwyższone wartości na wysokości zwierząt. Dzięki rozwiązaniom optymalizacyjnym podczas pomiaru w okresie zimowym nie stwierdzono już tego problemu (patrz rozdział „Warunki badań/Referencyjna chlewnia”). Wybrane dane dotyczące separacji amoniaku można odczytać z tabeli 4.

## Odór

Dowód na skuteczne zmniejszenie odorów uzyskano podczas dodatkowego pomiaru DLG wykonywanego w gospodarstwie rolnym w Deurne w Holandii na przykładzie czteromodułowego systemu. W okresie letnim pobrano w sumie 8 x 3 próbki z gazu surowego i czystego, które oceniał wykwalifikowany zespół testerów metodą olfaktometryczną. Próbki pobierano i oceniano według DIN EN 13725, do badań zastosowano olfaktometr typu T07.

Istotne dla oceny są stężenie zapachów oraz to, czy w czystym gazie wyczuwa się zapach gazu surowego. Stężenie zapachów w czystym gazie nie może przekraczać 300 GE/m<sup>3</sup>.

Wyniki próbek zapachowych pobranych metodą DLG zostały przedstawione w tabeli 5. We wszystkich próbkach

spełnione zostały kryteria w odniesieniu do odorów (300 GE/m<sup>3</sup> i kRw)

Przy obciążeniu powierzchni filtrów do 4.500 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) system oczyszczania zużytego powietrza firmy KWB może redukować odory według kryteriów DLG.

Stężenie surowego gazu podczas pomiaru odorów mieściło się w zakresie od 189 do 767 GE/m<sup>3</sup>.

#### Odprowadzanie aerozoli

Aerozole zawierające azot są odprowadzane ze zbiorników systemów oczyszczania zużytego powietrza jako aerozole NH<sub>3</sub> i porywane przez strumień zużytego powietrza. W ten sposób wydzielony pierwotnie azot niezamierzenie ponownie powraca do otoczenia. W oczyszczaczach powietrza typu kombi firmy KWB określono aerozole, które wydobywają się z trzeciego zbiornika na wodę.

Aerozole NH<sub>3</sub> są określane na podstawie różnicy filtrowanych i niefiltrowanych próbek, na podstawie azotu znajdującego się w wodzie do mycia określa się udział azotu nieorganicznego w aerozolah (tabela 6). W okresie letnim przeprowadzono dwa pomiary aerozoli za pomocą płuczki uderzeniowej.

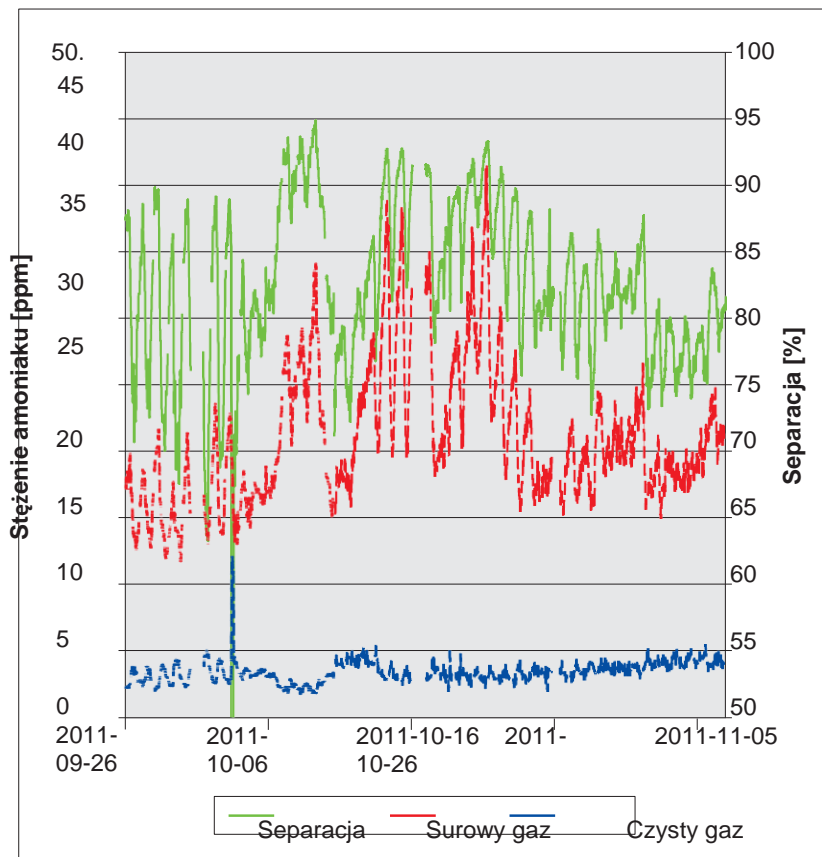
Ogólnie wartości aerozolu w systemie KWB są stosunkowo niskie.

#### Bilans azotu

Separację azotu przez system oczyszczania zużytego powietrza weryfikowano przez okres dwóch tygodni podczas badania przeprowadzanego w okresie letnim i zimowym przez bilansowanie azotu z uwzględnieniem udziałów amoniaku (gaz surowy i czysty), odprowadzanego aerozolu (gaz czysty), tlenków azotu zawartych w gazie surowym i czystym oraz związków azotowych rozpuszczonych w wodzie do mycia. Oznacza to, że azot

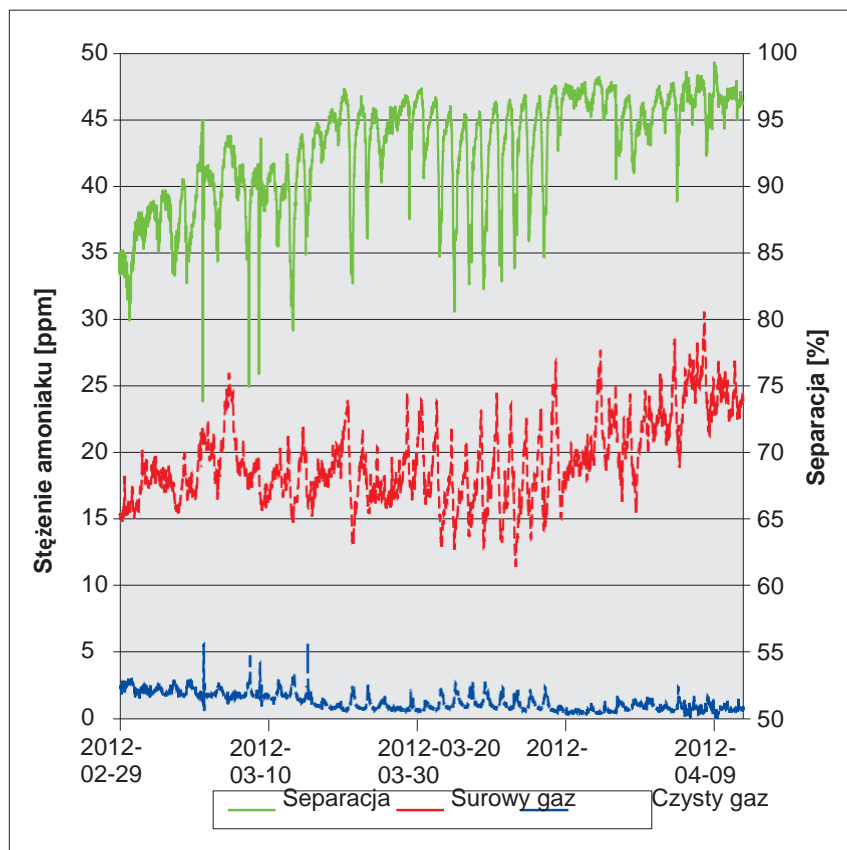
wydzielony przez system oczyszczania zużytego powietrza z amoniaku surowego gazu

wykryto w postaci amonu, azotynu i azotanu w wodzie do mycia oraz resztkowej emisji



Zdj. 4:

Stopień separacji i przebieg (przykładowy) stężeń amoniaku w gazie surowym i czystym podczas przeprowadzania pomiaru w okresie letnim



Zdj. 5:

Stopień separacji i przebieg (przykładowy) stężeń amoniaku w gazie surowym i czystym podczas przeprowadzania pomiaru w okresie zimowym

Tabela 6:  
Uśrednione wartości aerosolu określonego w trzecim zbiorniku z wodą do mycia

	Pomiar w
Aerозole NH <sub>3</sub>	0,125 mg NH <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>
Aerозol nieorganiczny N	0,132 mg N/m <sup>3</sup>

amoniaku i tlenków azotu w czystym gazie. Bilansowanie strumieni azotu wewnątrz systemu jest ważne, ponieważ

- można wykazać obecność wszystkich istotnych związków azotowych i ich lokalizację,
- można zmierzyć, czy w systemie powstają istotne ilości gazów wpływających na klimat jak NO, NO<sub>2</sub> czy N<sub>2</sub>O, co spowodowałoby problem eksploatacji systemu z redukcją emisji do absurdu,
- w biologicznych systemach do nitryfikacji można rozpoznawać i usuwać ewentualne zakłócenia działania,
- można określić zawartość azotu w odmulaną wodzie i określić ilościowo współczynnik wykorzystania składnika z nawozu.

Zgodnie z kryteriami badań DLG wskaźnik odzysku azotu w ramach bilansu azotu podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim i zimowym musi wynosić każdorazowo > 70 %. Podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim (pomiar główny w Boekel) uzyskano wskaźnik odzysku na poziomie 90,3%. Podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie zimowym ze względu na uszkodzony przyrząd pomiarowy uzyskane właściwości odmulania były niewiarygodne.

Z powodu braku rejestracji objętości odmulania podczas pomiarów w okresie zimowym nie można było zbilansować azotu.

#### Wartości zużycia

##### Zużycie wody

Wodę do mycia pobraną z oczyszczacza podczas odmulania należy zastąpić

świeżą wodą. Zużycie wody spowodowane jest głównie przez odmulanie oraz straty w wyniku parowania. Duży wpływ na wartości zużycia mają czynniki pogodowe.

Zużycie świeżej wody podczas pomiaru głównego w Boekel określano w okresie pomiarowym na wodomierzu. Analiza poszczególnych stanów licznika podczas pomiaru w okresie letnim wykazała przeciętne zużycie na poziomie ok. 2,1 m<sup>3</sup> świeżej wody na dzień. W odniesieniu do stanowiska dla zwierzęcia i na rok jest to 1,4 m<sup>3</sup>/(TP a). Podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie zimowym średnio zużywano ok. 2 m<sup>3</sup> świeżej wody na dzień, co odpowiada zużyciu 1,37 m<sup>3</sup>/(TP a).

Podczas dodatkowego pomiaru w Deurne w okresie letnim zmierzono 5,5 m<sup>3</sup>/d lub 1,1 m<sup>3</sup>/(TP a).

Podczas pomiaru w okresie letnim w Boekel odmulono średnio ok. 0,5 m<sup>3</sup> wody do mycia dziennie. Odpowiada to objętości 0,37 m<sup>3</sup>/(TP a). W okresie zimowy objętość odmulania wynosiła 0,4 m<sup>3</sup> na dzień lub 0,25 m<sup>3</sup>/(TP a).

Podczas dodatkowego pomiaru w Deurne odmulono 1,0 m<sup>3</sup>/d lub 0,2 m<sup>3</sup>/(TP a).

Ze względu na stopniowe obniżanie przewodnictwa z 26 mS/cm do 11 mS/cm podczas pomiarów w okresie zimowym należy spodziewać się wyższych wartości zużycia niż w przypadku pierwotnego ustawienia przewodnictwa.

#### Zużycie energii

Największymi odbiornikami elektrycznymi we właściwym systemie oczyszczania powietrza są pracujące

w trybie ciągłym pompy obiegowe oraz pompa odmulająca pracująca w trybie nieciągłym.

Największymi odbiornikami w chlewni są wentylatory, które ze względu na dodatkową stratę ciśnienia w systemie oczyszczania zużytego powietrza muszą być większe

niż w przypadku samej wentylacji chlewni. Zainstalowane liczniki elektryczne zarejestrowały następujące wartości zużycia w systemie referencyjnym w Boekel:

- Pompy (ogółem): 90,0 kWh/dzień lub 61,0 kWh na stanowisko dla zwierzęcia i rok
- Wentylatory w okresie letnim: 64,7 kWh/dzień lub 44,0 kWh na stanowisko dla zwierzęcia i rok
- Wentylatory w okresie zimowym: 30,4 kWh/dzień lub 20,6 kWh na stanowisko dla zwierzęcia i rok

W systemie referencyjnym w Deurne podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim (dodatkowy pomiar odorów) zmierzono następujące wartości zużycia:

- pompy (ogółem): 163 kWh/d lub 32,4 kWh/(TP a)
- wentylatory: 138,6 kWh/d lub 27,6 kWh/(TP a)

Ponadto należy uwzględnić, że podczas badania do rejestrowania natężenia przepływów powietrza zamontowano wentylatory pomiarowe, które ze względu na dodatkową stratę ciśnienia spowodowały nieznaczne zwiększenie zużycia prądu podczas pomiarów.

#### Inne wartości zużycia

W celu zapewnienia bezawaryjnej pracy system wyposażono w automatyczne dozowanie kwasu i ługu. Instalacja dozująca reguluje wartość pH w trzecim zbiorniku. Zasadniczo wartość pH powinna mieścić się w zakresie 6,5-7,0. Kwas jest dodawany przy trzeciej ścianie wypełniaczy.

Zużycie kwasu ustalano podczas badania za pomocą



systemu wagowego. Podczas pomiarów zarejestrowano następujące średnie zużycia kwasu:

- Zużycie kwasu w okresie letnim (pomiar główny):  
10,0 kg/dzień lub 6,8 kg na stanowisko dla zwierzęcia i rok
- Zużycie kwasu w okresie zimowym: 3,6 kg/dzień lub 2,4 kg na stanowisko dla zwierzęcia i rok
- Zużycie kwasu w okresie letnim (pomiar dodatkowy):  
8,0 kg/dzień względnie 1,6 kg/(TP a)

Wartości odnoszą się do kwasu siarkowego o czystości 100 %. Podczas pomiaru przeprowadzanego w okresie letnim na systemie referencyjnym dodano 36%-wy, a podczas pomiaru w okresie zimowym 65%-wy kwas siarkowy. Podczas pomiaru dodatkowego dodano 50%-wy kwas siarkowy.

- Zużycie ługu w okresie letnim (pomiar dodatkowy):  
1,06 kg/T dzień lub 0,21 kg na stanowisko dla zwierzęcia i rok, w odniesieniu do 100%-wego ługu sodowego.

#### **Bezpieczeństwo działania i trwałość**

W czasie badań systemu nie stwierdzono istotnych zakłóceń.

W całym systemie oczyszczania zużytego powietrza podczas badania nie wystąpiły istotne uszkodzenia czy zjawiska zużycia. Ochrona przeciwkorozyjna poszczególnych elementów systemu – jak można było zaobserwować podczas badania – okazała się wystarczająco trwała. System wyprodukowano jako system kompletny prawie całkowicie z tworzywa sztucznego (HDPE).

#### **Dokumentacja**

Dane zarejestrowane w elektronicznym dzienniku eksploatacji wymieniono w przeglądzie 3. Czas przechowywania musi wynosić przynajmniej 5 lat.

Jeśli zainstalowana wentylacja i system oczyszczania zużytego powietrza pochodzą od różnych producentów, producent systemu oczyszczania

zużytego powietrza przyjmie dane dot. wentylacji jako charakterystykę i wprowadzi w układ sterowania systemu oczyszczania zużytego powietrza w celu regulacji. Maksymalną wydajność wentylatorów w układzie sterowania ustawia się na 100%.

Nie dokonuje się jednak dostosowania w dalszym zakresie wydajności. Ponieważ zgodnie z kryteriami badań natężenie przepływu powietrza bezwzględnie powinno być podawane w m<sup>3</sup>/h, przed uruchomieniem należy pobrać charakterystykę całego systemu wentylacji (chlewnia + system oczyszczania zużytego powietrza) i wpisać w elektroniczny dziennik eksploatacji. Charakterystyka powinna składać się z przynajmniej 5 różnych punktów danych (0...100% wskaźnika powietrza).

#### **Obsługa i czas pracy**

Podczas obsługi systemu konieczne jest przestrzeganie instrukcji producenta i zapoznanie się z instrukcją obsługi.

Po udanym uruchomieniu i wystarczającej fazie docierania obsługa systemu jest łatwa, ponieważ system w regularnym trybie pracy pracuje całkowicie automatycznie i wystarczy jedynie przeprowadzać codzienną kontrolę danych eksploatacyjnych i cotygodniową kontrolę całego systemu oczyszczania zużytego powietrza wraz z dyszami. W razie komunikatów błędów układu sterowania należy zapoznać się z instrukcją obsługi, gdzie opisano wytyczne dotyczące kontroli poszczególnych elementów systemu. W celu uproszczenia obsługi i skrócenia czasu pracy zaleca się zawarcie umowy serwisowej z producentem.

#### **Prace konserwacyjne**

W przypadku zawarcia umowy serwisowej pierwsze prace konserwacyjne przeprowadzane są najwcześniej tydzień po uruchomieniu systemu i najpóźniej tydzień przed pierwszym wyprowadzeniem zwierząt. W przypadku ciągłego trybu pracy pierwsze prace konserwacyjne przeprowadza się trzy miesiące po uruchomieniu systemu. Następnie prace konserwacyjne przeprowadza się

co pół roku. W ramach prac konserwacyjnych sprawdza się przyrządy pomiarowe i ewentualnie ponownie kalibruje. Podczas prac konserwacyjnych przeprowadzanych co pół roku pobiera się próbki wody do mycia, mierzy wartość pH, przewodnictwo, zawartość tlenu, amoniaku, azotanu i azotynu. Przy okazji ponownie kalibruje się przyrządy pomiarowe. Dodatkowo sprawdza się stężenia amoniaku w gazie surowym i czystym. Prace konserwacyjne dokumentuje się w książce kontroli.

Jeśli różnica ciśnień w stałym natężeniu przepływu (w zależności od charakterystyki wentylatorów) wzrasta ponad poziom wypełniacza, konieczne jest oczyszczenie wypełniacza. Zajmuje się tym użytkownik systemu.

W przypadku pojawienia się komunikatów błędów układu sterowania należy przeprowadzić oddzielne kontrole zgodnie z instrukcją obsługi. O każdym komunikacie błędu można powiadomić producenta za pomocą jednostki zdalnego serwisowania.

W przypadku nierównomiernego natrysku dysze należy oczyścić lub wymienić. Z tego powodu dysze należy w tygodniu kontrolować i w razie potrzeby oczyszczać. Czynności te należy odnotować w dzienniku eksploatacji.

Czujniki wartości pH należy kalibrować raz w miesiącu i wymieniać po upływie 18 miesięcy, czujnik przewodności należy kalibrować 2 razy w roku.

Raz w roku należy sprawdzać pompy obiegowe i pompę dozującą. Zaleca się przy tym wymianę tych elementów, które mają kontakt z kwasem lub ługiem oraz wymianę membrany pompy i węży.

#### **Instrukcja obsługi**

Instrukcja obsługi jest dostatecznie dokładna i objaśnia w ogólnych zarysach zasadę działania systemu. W połączeniu z dokumentacją użytkownik systemu dowiaduje się, jakie prace



Przegląd 3:

Spełnienie wymagań dot. elektronicznego dziennika eksploatacji oczyszczacza powietrza typu kombi

	Calk. spełn.	Części. spełn.	Nie-spełn.	Uwagi
Strata ciśnienia przez system oczyszczania zużytego powietrza	X			Elektroniczne czujniki różnic ciśnienia przed i za filtrem z załączaniem i zapisywaniem alarmu w sterowniku PLC
Natężenie przepływu powietrza	X			Rejestracja i zapisywanie natężenia przepływu powietrza w m³/h
Okres eksploatacji pomp	X			Rejestracja i zapisywanie elektrycznego zużycia pomp, pompy są zabezpieczone przed nadmiernym poborem prądu
Wartość pH i przewodnictwo	X			Automatyczne dozowanie kwasu i zasady
Kalibracja czujników pH	X			W umowie serwisowej ze strony producenta, w innym przypadku przez właściciela systemu
Okresy zraszania i wielkość zraszania		X		Zraszanie odbywa się permanentnie i nie jest edytowalne przez użytkownika, w razie awarii pomp komunikat alarmowy i zapisywanie w układzie sterowania; Wielkość zraszania rejestruje się i oblicza na podstawie charakterystyki pomp
Ogólne zużycie świeżej wody przez oczyszczacz	X			Zużycie świeżej wody jest protokolowane przez licznik wody z nadajnikiem impulsowym w elektronicznym dzienniku eksploatacji
Ilość odmulonej wody	X			Odmulenie jest protokolowane przez licznik wody z nadajnikiem impulsowym w elektronicznym dzienniku eksploatacji
Temperatura surowego i czystego gazu			X	Rejestracja temperatur w kanale zużytego powietrza i bezpośrednio za oddzielaczem kropli
Kontrola natrysku	X			Zaleca się regularne, odręczne wpisy w dzienniku eksploatacji
Prace konserwacyjne i naprawy	X			Zaleca się regularne, odręczne wpisy w dzienniku eksploatacji
Zużycie kwasów i zasad		X		Udokumentowanie na podstawie dowodów zakupu
Zużycie energii elektrycznej ARA		X		Rejestracja chwilowej mocy elektrycznej, Możliwość przeliczenia na kWh

należy przeprowadzić na systemie codziennie, tygodniowo i rocznie.

Elektroniczny dziennik eksploatacji umożliwia stałą rejestrację danych wymaganych do bezpiecznej eksploatacji systemu. Rejestracji dokonuje producent systemu, a dane są przechowywane przez okres 5 lat. Dane te można odczytywać za pomocą karty SD i programu do konwersji i przekształcać na typowy program z tabelami. Program do konwersji jest na stałe instalowany w systemie i konwertuje dane automatycznie.

W instrukcji znajdują się zdjęcia elementów systemu w celu ułatwienia obsługi. Proces odczytywania karty pamięci SD oraz czyszczenie pierwszej ściany filtrującej przedstawiono w obrazowy sposób.

### **Ochrona środowiska**

Odmuloną wodę można wykorzystać do powstałej gnojówki, ponieważ zawarty w niej azot jest wartościowym podstawowym

składnikiem nawozu. Wodę używaną do mycia o wartościach pH >6 można bez problemu magazynować z gnojówką.

Demontaż i utylizację innych elementów systemu zgodnie z wytycznymi producenta należy zlecić autoryzowanym przedsiębiorstwom.

Do pracy systemu potrzebny jest kwas i ług. Sposób obchodzenia się z kwasem i ługiem został opisany w instrukcji obsługi producenta i odpowiedzialność w tym zakresie ponosi właściciel systemu.

### **Aspekty bezpieczeństwa**

Spełnienie wymagań w zakresie ochrony przeciwpożarowej należy udokumentować w odpowiednim projekcie sporządzonym przez właściciela systemu wraz z producentem dołączonym do wniosku o pozwolenie na budowę.

Opisywany oczyszczacz powietrza typu kombi firmy KWB został zaopiniowany przez niemiecką Jednostkę Badawczą i Certyfikacyjną ds. Techniki Rolniczej i Leśnej (niem. DPLF). Brak jest

przeciwwskazań do stosowania systemu pod kątem wymogów BHP.

### **Gwarancja**

Producent udziela rocznej gwarancji, która zakłada właściwą eksploatację systemu. Prace instalacyjne i konserwacyjne musi wykonać autoryzowany instalator.

### **Wynik ankiety**

W okresie badań nie można było przeprowadzić wśród właścicieli systemów oczyszczania zużytego powietrza tego ankiety, ponieważ w przypadku badanego systemu chodzi o instalację prototypową.

Badanie przeprowadzono zgodnie z dyrektywami DLG „Systemy oczyszczania zużytego powietrza dla systemów hodowli zwierząt” (stan 10/2010).

Pomiary pyłu i amoniaku przeprowadzono na systemie referencyjnym w holenderskiej miejscowości Boekel dla maksymalnego natężenia przepływu zużytego powietrza 46 000 m<sup>3</sup>/h, badanie obejmowało pomiar przeprowadzany w okresie letnim i zimowym.

Pomiar dotyczący spełnienia wymagań w zakresie odorów przeprowadzono w holenderskiej miejscowości Deurne dla maksymalnego obciążenia powierzchni filtrów 4 500 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h). Badanie obejmowało pomiar przeprowadzany w okresie letnim.

### Przeprowadzenie badań

DLG e.V.,  
Testzentrum  
Technik und Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1,  
64823 Groß-Umstadt

### Pomiary laboratoryjne i pomiary emisji

LUFA Nord-West,  
Jägerstraße 23-27, 26121 Oldenburg

### Praktyczne zastosowanie

van Dijk, Peelsehuis 5, Boekel, NL;  
gospodarstwo rolne w Deurne,  
Holandia

### Raporty sporządzili

Dipl.-Ing. W. Gramatte,  
DLG-Testzentrum Groß-Umstadt

Dipl.-Ing. (FH) T. Pfeifer,  
DLG-Testzentrum Groß-Umstadt

### Wydano

przy wsparciu ze strony federalnego  
Ministerstwa ds. Żywności,  
Rolnictwa i Ochrony Konsumenta.

### Komisja Badań DLG dla systemów oczyszczania zużytego powietrza

*W badaniach uczestniczyli:*

Friedrich Arends,  
LWK Niedersachsen

Dr. Jochen Hahne,  
vTI Braunschweig

*Konsultanci:*

Andreas Schlichting,  
TÜV Nord Hamburg

Gerd Franke,  
LLH Kassel

Ewald Grimm,  
KTBL Darmstadt

Prof. Dr. Eberhard Hartung,  
uniwersytet w Kilonii

Christian Haskamp, Landwirt,  
Steinfeld

Christian Dohrmann, Landwirt,  
Steyerberg

Reprezentant okręgu  
Cloppenburg (administracja)



**ENTAM** – European Network for Testing of Agricultural Machines to związek europejskich jednostek badawczych. Celem ENTAM jest rozszerzenie na terenie Europy wyników badań dla rolników, sprzedawców maszyn rolniczych i producentów.

Więcej informacji na temat sieci można znaleźć na stronie internetowej [www.entam.com](http://www.entam.com) lub uzyskać po napisaniu na adres mailowy: [info@entam.com](mailto:info@entam.com)

10-615 und 14-117 (zastępuje raport z badań 6098)  
Październik 2012, dodatkowy pomiar – czerwiec 2014  
© DLG



DLG e.V. – Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt, Telefon: 069 24788-600, Fax: 069 24788-690 E-mail: [tech@dlg.org](mailto:tech@dlg.org), Internet: [www.dlg-test.de](http://www.dlg-test.de)

**Bezpłatne pobieranie wszystkich raportów z badań DLG na stronie internetowej: [www.dlg-test.de](http://www.dlg-test.de)!**