

Vai trò của công tác đánh giá chất lượng nước thải chăn nuôi lợn trong việc xác định công nghệ xử lý

Cao Thế Hà¹, Lê Văn Chiêu¹, Nguyễn Việt Hà¹, Nguyễn Trường Quân¹
Vũ Ngọc Duy¹, Võ Thị Thanh Tâm¹, Nguyễn Triều Dương², Trần Mạnh Hải^{2*}

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài 15.1.2015, ngày chuyển phản biện 15.1.2015, ngày nhận phản biện 10.3.2015, ngày chấp nhận đăng 30.3.2015

Chăn nuôi trang trại, nhất là chăn nuôi lợn, quy mô lớn hiện đang được Chính phủ khuyến khích phát triển. Tuy nhiên, chất thải từ các trang trại chăn nuôi quy mô lớn là nguyên nhân gây suy thoái môi trường nông thôn nói chung và các nguồn nước nói riêng. Hiện nay, vấn đề xử lý nước thải chăn nuôi đang được nhiều đơn vị nghiên cứu cũng như các công ty xử lý môi trường đặc biệt quan tâm. Nhằm có số liệu đầu vào tin cậy cho công tác tính toán thiết kế các hệ xử lý nước thải phục vụ công tác chăn nuôi, thông qua việc thực hiện Đề tài nghiên cứu cấp nhà nước mã số KC08.04/11-15, nhóm tác giả đã thu được một số kết quả đánh giá chất lượng nước thải tại Trang trại Hòa Bình Xanh (xã Hợp Hòa, huyện Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình). Các kết quả cho thấy, đây là loại nước thải giàu N, P, trong khi đó khoảng 80% COD ở dạng không hòa tan. Vì vậy, nếu tách được các thành phần chất rắn tốt sẽ giảm tải hữu cơ tới 80%, suy ra là chi phí xử lý nước thải giảm. Tuy nhiên sẽ gặp vấn đề khi xử lý hàm lượng N, P cao bằng công nghệ vi sinh.

Từ khóa: công nghệ xử lý, đánh giá chất lượng, nước thải chăn nuôi lợn, yếm khí.

Chỉ số phân loại 2.7

Đặt vấn đề

Để tính toán thiết kế, xây dựng được hệ thống xử lý nước thải đáp ứng gần nhất thực tế của nguồn thải thì việc đánh giá đúng đối tượng, thành phần và tải lượng thải là tối quan trọng. Có 3 phương pháp để có số liệu đầu vào phục vụ cho tính toán công nghệ. Một là dựa vào các tài liệu nghiên cứu về tải lượng thải chăn nuôi, giá trị nồng độ đánh giá bằng cách lấy tải lượng chia cho lưu lượng nước thải. Ví dụ, các tác giả Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội [1] trích dẫn số liệu của Trương Thanh Cảnh [2] ta có bảng 1.

Bảng 1: một số chỉ tiêu của nước thải chăn nuôi lợn

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ
Độ màu	Pt-Co	350-870
Độ đục	mg/l	420-550
BOD ₅	mg/l	3500-9800
COD	mg/l	5000-12000
SS	mg/l	680-1200
P tổng	mg/l	36-72
N tổng	mg/l	220-460
Dầu mỡ	mg/l	5-58

Kết quả áp dụng phương pháp này như thấy ở mục kết quả và thảo luận khá xa so với thực tế. Cách thứ hai là lấy mẫu thực tế và phân tích theo các phương pháp chuẩn. Tuy nhiên, kết quả ở đây phụ thuộc rất lớn vào thời điểm lấy mẫu vì nước thải chăn nuôi công nghiệp không thải liên tục (thường là xả 2 lần/ngày, thời gian xả nước thải phụ thuộc vào chế độ rửa vệ sinh chuồng); hơn nữa, việc lấy nhiều mẫu và công tác thống kê sẽ tiêu tốn nhiều thời gian và công sức. Phương pháp thứ ba là dựa vào các số liệu có tính thống kê cao từ các báo cáo của những dự án đã và đang vận hành trong khoảng thời gian dài. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào hai phương pháp sau. Các kết quả tập trung vào 3 chỉ số COD_T (tổng COD - nhu cầu oxy hóa học); COD_{ht} (COD hòa tan) và TSS (tổng chất rắn lơ lửng).

Phương pháp nghiên cứu

Lấy mẫu và bảo quản mẫu

Trang trại Hòa Bình Xanh có khoảng 3000 đầu lợn, được nuôi trong 10 dãy chuồng với các loại lợn, từ lợn thịt các cỡ, nái bầu tới nái đẻ. Đầu mỗi chuồng đều có các bể chứa nước thải rửa chuồng. Sau khi rửa chuồng, nước thải được xả vào một bể biogas kiểu túi HDPE dung tích 1000 m³. Nhóm 1 gồm các

*Tác giả chính: Tel: 0912289829; Email: haitm.iet@gmail.com

QUALITY OF PIGGERY WASTEWATER AND THE ROLE OF RAW WASTEWATER QUALITY ASSESSMENT IN DETERMINING THE TREATMENT TECHNOLOGY

Summary

Large-scale livestock farming, particularly pig farming, is encouraged by Vietnam Government. However, waste from large-scale farms is often the cause of the rural environmental degradation in general and water resources in particular. Nowadays, the issue of livestock wastewater treatment is being studied by many research institutions as well as environmental companies, including the KC08.04/11-15 National project. In order to get reliable input data for designing the treatment systems, the authors have introduced some research results on assessing the wastewater quality of Green farm at Hoa Binh province. The results have shown that it is a N, P rich wastewater which contains about 80% of COD in insoluble form (TSS). Therefore, if a good solid separation unit will be introduced, it would reduce the organic load up to 80%, consequently inferred the cost of wastewater treatment. However, the problem will be the high nitrogen, high phosphorus content in handling by biotechnology.

Keywords: anaerobic, piggery wastewater, quality assessment, treatment technology.

Classification number 2.7

mẫu được lấy từ các bể chứa nước thải rửa chuồng vào thời điểm ngay sau khi rửa chuồng vào ngày 16.11.2013, trước khi lấy, mẫu bể chứa nước thải được khuấy bằng tay. Thông qua việc triển khai thực hiện Đề tài nghiên cứu cấp nhà nước “Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ tiên tiến phù hợp với điều kiện Việt Nam để xử lý ô nhiễm môi trường kết hợp với tận dụng chất thải của các trang trại chăn nuôi lợn”, mã số KC08.04/11-15, nhóm nghiên cứu đã tiến hành xây dựng một pilot để xử lý nước thải thô (chưa qua bể biogas). Hệ thống pilot bao gồm 3 hệ xử lý nối tiếp bằng 3 nhóm kỹ thuật yếm khí - hiếu khí/thiếu khí và bãi lọc trồng cây. Trước khi vào hệ thống xử lý, nước thải thô được cho qua bể điều hòa để đồng nhất hóa chất lượng nước thải, bể điều hòa được khuấy trộn nhẹ bằng không khí cấp từ máy

nén khí, phân tán qua ống đục lỗ. Nhóm 2 gồm các mẫu được lấy tại bể điều hòa của hệ thống xử lý nước thải và được lấy rải đều trong tháng 12.2014.

Các mẫu nước thải được lấy theo TCVN 5999:1995. Mẫu được chứa trong chai nhựa PET, được vận chuyển về phòng thí nghiệm và phân tích ngay trong ngày, hoặc bảo quản trong tủ lạnh ở 4°C để hôm sau phân tích nếu mẫu về muộn.

Phân tích mẫu và xử lý số liệu

Các thông số phân tích bao gồm: TSS, COD_T và COD_{ht} (mẫu được lọc qua phin lọc 0,4 µm), N-amoni (N-NH₄⁺), tổng nitơ Kjeldahl (TN_{lọc} và TN_{không lọc}), tổng photpho (TP). Phương pháp phân tích mẫu tuân theo tiêu chuẩn của APHA [3]. Phân tích mẫu được tiến hành tại Phòng thí nghiệm của Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ Môi trường và Phát triển Bền vững, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội và Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các số liệu phân tích được xử lý thống kê theo hướng dẫn của Hach [4].

Đánh giá số liệu từ các tài liệu tham khảo

Thông tin về nước thải chăn nuôi lợn được thống kê rất tốt trong một số báo cáo của dự án. Nguồn thứ nhất là dự án trên 10 năm phát triển chăn nuôi của Singapore từ những năm cuối 1970. Đây là dự án quốc tế lớn, được tài trợ bởi nhiều cơ quan rất uy tín như UNDP, FAO, Canada's International Development Research Centre (IDRC), German Agency for Technical Cooperation (GTZ), Australian Development Assistance Bureau (ADAB), các dự án khu vực của ASEAN và nhiều cơ quan khác nhằm nghiên cứu và phát triển một chương trình chăn nuôi kết hợp với việc kiểm soát và tái sử dụng chất thải [5]. Do dự án này được đầu tư lớn, thời gian nghiên cứu kéo dài nên số liệu về các thành phần chất thải được thống kê rất đầy đủ và được nêu ở bảng 2.

Bảng 2: thống kê chất thải chăn nuôi lợn ở Singapore

Thông số	kg/đầu lợn (SPP)/ngày	C, mg/l
Chất thải tổng (phân, nước tiểu)	4,54	
TS	0,45	18300
TVS	0,36	14700
Rắn lơ	0,09	3700
TSS	0,37	15000
TDS (lọc dc)	0,08	3300
BOD ₅	0,13	5300
COD	0,45	18300
TKN	0,03	1100
TPO=2,27TPP	0,01	440
TPP	0,004	194
TKO=1,21TKK	0,005	220
TKK	0,004	182

(ghi chú: SPP = standing pig population, tương đương lợn 54 kg, được coi là giá trị tính chung cho tất cả các loại lợn; C = nồng độ tính trên cơ sở định mức nước thải 30 l/SPP/ngày)

Nguồn số liệu thứ hai là các kết quả 1 năm vận hành nhà máy xử lý nước thải trình diễn ở Hangzhou Dengta General Livestock Farm (một trang trại khổng lồ với 12000 đầu lợn, công suất xử lý 2500-3000 m³/ngày). Đây là kết quả nghiên cứu của Asia-Pacific Biogas Research and Training Center với sự giúp đỡ của United Nations Development Programme (UNDP) and the Global Environment Facility (GEF) for their support to plant construction [6].

Nguồn số liệu thứ ba là từ S. Anna Farm ở Magreta (Modena, Italia) [7], với 800 tấn lợn hơi, lưu lượng nước thải q = 120-152 m³/ngày. Trạm xử lý dùng công nghệ được phát triển bởi Centro Ricerche Produzioni Animali - CRPA SpA sử dụng quá trình SBR sục khí gián đoạn kết hợp bổ sung nước thải thô nhiều đợt, tiền xử lý bằng máy lọc ly tâm. Dây chuyền xử lý được thiết kế với nhu cầu 1500 kg O₂/ngày và SRT = 15 ngày, tổng thể tích 2500 m³. Hệ xử lý nước thải bao gồm: bể tập trung + bơm → lọc ly tâm → điều hòa + bơm → SBR + bơm → xả (xử lý bùn/chứa) → bể nén bùn → hóa chất và ép bùn → chở đi.

Kết quả và thảo luận

Các kết quả bảng 2 cho thấy:

- 82,2% (0,37/0,45) các chất có trong nước thải là cặn lọc được và trong nước lọc chỉ còn 17,8% tổng lượng chất thải. Điều này có nghĩa là, nếu tách tốt TSS thì tải lượng thải vào hệ sẽ chỉ còn khoảng 20%.

- 80% (0,36/0,45) các chất trong nước thải là hữu cơ, đây chính là đối tượng cần được xử lý đầu tiên; 20% (0,09/0,45) còn lại là chất trơ - là các chất vô cơ không cháy khi đốt.

- Phần hữu cơ cũng có thể đánh giá được thông qua COD (0,45), tương đương lượng TS (0,45) (nên lưu ý là tỷ lệ g COD/g hữu cơ ô nhiễm chỉ là khoảng 1,1 thì có thể nói phần lớn ô nhiễm là hữu cơ, phù hợp với điểm trên).

- Nước thải nuôi lợn thuộc loại rất giàu N (N = 6,7%TS và 8,3%TVS), tương đối giàu P (P = 1,2%TS và 1,0%TVS). Phần lớn các hợp chất N thường ở dưới dạng hòa tan, phần lớn P nằm dưới dạng chất không tan, hơn nữa trong quá trình lưu trữ và thu gom P rất dễ bị kết tủa nên tỷ lệ P/N hay P/C sẽ giảm mạnh; tuy nhiên, về nồng độ và tỷ lệ P/C thì đây vẫn là loại nước thải giàu P.

Trong quá trình tồn lưu, vận chuyển và thu gom, do các quá trình chuyển hóa tự diễn biến, thành phần ô nhiễm sẽ thay đổi rất mạnh. Để hình dung về chất lượng nước thải thô trước khi vào hệ xử lý,

nhóm nghiên cứu đã sử dụng các số liệu được thống kê rất đầy đủ ở Singapore, xin dùng các số liệu ở những dự án quy mô lớn kéo dài, có thống kê ở Trung Quốc và Italia để so sánh (bảng 3).

Bảng 3: so sánh nước thải chăn nuôi lợn từ hộ thu gom ở Singapore [5], Trung Quốc [6] và Italia [7]

Thông số	Singapore				Trung Quốc			Italia		
	Trung bình	SD (%)	Khoảng	n	Trung bình	SD	n	Trung bình	SD	n
BOD ₅ (mg/l)	7238	53	1500-19875	141	5295	523	12			
COD (mg/l)	24357	64	2751-80981	141	9194	5455	20	24792	9707	18
TKN (mg/l)	1533	48	340-3784	136	1326	672	12 ^a	1963	452	18
TAN (mg/l)	522	29	130-970	137	637	162	20 ^a	1264	293	18 ^a
TS (mg/l)	27401	76	2800-105000	142				18620	6620	18
TVS (mg/l)	21457	78	1490-70400	142				13400	5560	18
TSS (mg/l)	19144	85	533-84333	142	7306	5552	12	15350	6540	18
VSS (mg/l)	14460	84	533-57600	142						

(ghi chú: ^a-TN; ^b-N-NH₄⁺)

Các số liệu bảng 3 cho thấy:

- Số liệu của Singapore thu thập được nhiều nhất, các giá trị có độ tản mạn lớn nhất, đó là do các mẫu được lấy từ nhiều trang trại; hai bộ số liệu của Trung Quốc và Italia có độ thống kê thấp hơn, tuy nhiên chỉ lấy trong 1 trang trại trong khuôn khổ 1 dự án nên SD nhỏ hơn.

- Hai bộ số liệu của Singapore và của Italia là gần như tương đồng về các giá trị trung bình (trừ TAN - Total Ammonia Nitrogen), trong trường hợp ở Italia là N-NH₄⁺; TS, TVS, TSS có thể do chế độ vệ sinh và thức ăn khác nhau. Sự khác biệt lớn nhất là ở các số liệu thấp hơn hẳn về COD, TKN và TSS của Trung Quốc. Điều này là do, tương tự như ở Việt Nam, ở Trung Quốc phân khô là hàng hóa, thường được tách riêng trước khi rửa chuồng, dẫn tới các chỉ số trên giảm mạnh, trong khi các chất tan trong nước mạnh như TAN tương đương Singapore.

Bảng 4: so sánh nước thải chăn nuôi lợn từ bể điều hòa (sau tách SS) ở Singapore, Trung Quốc và Italia

Thông số	Singapore				Trung Quốc			Italia		
	Trung bình	SD (%)	Khoảng	n	Trung bình	SD	n	Trung bình	SD	n
BOD ₅ (mg/l)	2471	29	930-4980	139	3912	374	12			
COD (mg/l)	4917	31	1911-10898	140	6283	1817	311	6016	1672	17
TKN (mg/l)	680	52	50-4095	138	1085	467	12 ^a	681	139,5	17
TAN (mg/l)	487	27	67-820	139	639	175	311 ^a	522	119	17 ^a
TS (mg/l)	3768	43	1550-14700	142				5960	930	17
TVS (mg/l)	2256	55	850-10300	142				2600	590	17
TSS (mg/l)	1310	112	75-10333	142	2351	699	12	1930	720	17
VSS (mg/l)	1137	114	70-9000	142						

(ghi chú: ^a-TN; ^b-N-NH₄⁺)

Do hàm lượng cặn lơ lửng rất cao, yếu tố tiền xử lý trở nên rất quan trọng. Trong dự án ở Singapore [5] phương án lựa chọn là bể lắng; Trung Quốc sử dụng sàng nghiêng và bể lắng [6]; Italia dùng máy lọc ly tâm [7]. Các kết quả được thể hiện trong bảng 4. So với bảng 3, các kết quả ở bảng 4 cho thấy sự sai lệch giữa ba dự án đã giảm mạnh, đặc biệt là các chỉ tiêu liên quan đến SS sau lọc bằng máy độ sai lệch chuẩn SD ở Italia rất thấp.

Các kết quả của Đề tài thu thập tại Trang trại Hòa Bình Xanh được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5: thành phần nước thải các chuồng ở Trang trại Hòa Bình Xanh

Mẫu	pH	Tổng COD (mg/l)	COD lọc (mg/l)	T-N lọc (mg/l)	T-N không lọc (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	T-P (mg/l)	SS (mg/l)
4.1	8,96	5500	2254	631	1290	519	100	4570
4.2	8,83	7483	2254	579	1387	527	50,8	5420
4.3	8,96	3786	1262	452	901	377	31	3850
4.4	8,99	3156	1172	497	850	415	47	3240
5.1	8,99	8024	3697	848	1752	770	119	6250
5.2	8,99	3922	2163	605	1298	538	30	5370
5.3	8,97	8475	3020	825	1705	715	118	6040
5.4	9,03	6942	2209	772	1779	658	77	6440
Chuồng bầu	8,81	1668	1668	501	590	476	10	300
Chuồng đẻ	8,74	7348	2209	630	1550	442	22	7560
Trung bình các chuồng		5630±1032	2191±330	634 ± 61	1310±180	544 ± 57	60±18	4904 ± 901
Điều hòa pilot (12.14)		6348±888 (n = 9)	1649±175 (n = 9)					4311±1080 (n = 8)

Các kết quả mẫu ở các chuồng (11.2013) rất khác so với các kết quả lấy ở đầu vào bể biogas (cách các chuồng khoảng 20 đến 300 m, mẫu ở chuồng lớn hơn) và ở trạm pilot (sau bể biogas khoảng 170 m) trong thời gian chạy pilot cuối 2014, các giá trị mẫu lấy thời kỳ đầu dao động mạnh và thấp hơn nhiều, nhất là về thành phần hữu cơ.

Số liệu về nước thải đầu vào do Đề tài thu thập là khá nhiều, tuy nhiên các giá trị, nhất là COD, SS thường thấp hơn nhiều so với của nước ngoài (chỉ ở mức nước thải sau tiền xử lý - điều hòa của [5-7]). Nguyên nhân của vấn đề này có thể là do ở Trang trại Hòa Bình Xanh còn có “hệ thống xử lý”, tuy nhiên đó chỉ là các bể gom (làm giảm COD, SS), phân chuồng đã được dọn sạch hàng ngày. Nguyên nhân nữa còn do phương pháp lấy mẫu trước kia mang tính ngẫu nhiên, ít tính thống kê, thời điểm lấy mẫu có thể lệch so với thời điểm lấy mẫu nước thải; hơn nữa do đường đi kéo dài, kênh dẫn thải dọc triển núi có thể lẫn nước tự nhiên dẫn tới sự pha loãng nhất định khó tiên lượng. Sau khi đã hiệu chỉnh quy trình gom mẫu (phù hợp với thời điểm vệ sinh chuồng), nồng độ ô nhiễm mặc dù vẫn thấp

hơn nhưng đã tiệm cận nồng độ thống kê trong các tài liệu trích dẫn.

Đối chứng với các số liệu nghiên cứu về chất lượng nước thải vào/ra bể biogas của gia đình chăn nuôi quy mô nhỏ (xung quanh 10 lợn/hộ) [8] ta thấy, COD đầu vào chỉ ở mức 3022±597 mg/l; TSS = 2674±712 (n = 27), các giá trị ô nhiễm nhỏ hơn nhiều. Đây là sự khác biệt giữa chăn nuôi hộ gia đình và chăn nuôi công nghiệp (dùng ít nước hơn nên nước thải đặc hơn, ngoài ra còn ở thành phần thức ăn công nghiệp thường giàu N, P).

Để chắc hơn trong tính thiết kế, đảm bảo trường hợp tải đầu vào có thể cao, ban đầu chúng tôi dựa vào các số liệu gần nhất so với Việt Nam là bộ số liệu của Trung Quốc với hệ số hiệu chỉnh theo định mức nước sử dụng $k = 1,333$, khi đó nước thải thô có các đặc trưng sau: **COD = 6500 mg/l; TSS = 6103 mg/l; N-NH₄⁺ = 638 mg/l**. Các con số này đã bắt đầu gần hơn với số liệu mà Đề tài thu thập được, tuy nhiên TSS vẫn cao hơn khoảng 10-30%. Từ các kết quả thống kê tại chỗ, Đề tài chọn các thông số sau để tính thiết kế: **COD = 7000 mg/l; TSS = 4500 mg/l; TKN lọc = 650 mg/l**.

Kết luận

Hệ thống công nghệ xử lý là sự phối hợp một cách hợp lý nhất giữa các công đoạn, việc xác định nội dung, quy mô của mỗi công đoạn xử lý phụ thuộc rất lớn vào việc đánh giá đúng đắn các nguồn số liệu về nước thải. Ví dụ: với mục tiêu là xây dựng công nghệ xử lý nước thải chăn nuôi lợn đạt các yêu cầu của QCVN 40:2011/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật của nước thải công nghiệp) về các chỉ tiêu chính là COD, N và P với chi phí thấp nhất; nếu căn cứ vào các số liệu từ thống kê chất thải như ở bảng 1 hay bảng 2, các giá trị liên quan tới COD và SS sẽ bị đánh giá quá cao, dẫn tới thiết kế công suất quá dư. Nếu lấy theo các số liệu từ các hệ quy mô nhỏ như ở [8] thì số liệu lại quá nhỏ so với các trang trại quy mô lớn, thiết kế sẽ thiếu công suất.

Gần 80% tải hữu cơ là nằm ở pha rắn, vì vậy tách lỏng/rắn và xử lý hai dòng lỏng/rắn riêng bằng các kỹ thuật phù hợp với đặc điểm địa phương (diện tích, khoảng cách tới khu dân cư, có hay không hệ ao hồ), khả năng đầu tư của chủ đầu tư là biện pháp giảm chi phí đầu tư cũng như vận hành. Tuy nhiên, sẽ gặp vấn đề khi xử lý N, P bằng kỹ thuật vi sinh vì tỷ lệ C/N, C/P có thể không đủ để xử lý N bằng các kỹ thuật vi sinh [9].

Lời cảm ơn

Bài báo này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài cấp nhà nước mã số KC08.04/11-15 do Bộ Khoa học và Công nghệ tài trợ. Các tác giả xin chân thành cảm ơn ông Thái Ngô Đức - Chủ Trang trại Hòa Bình Xanh, TS Trần Văn Tựa - Chủ nhiệm Đề tài, TS Phan Đỗ Hùng - Chủ nhiệm đề tài nhánh về công nghệ hiếu khí, PGS.TS Nguyễn Hoài Châu - Viện trưởng Viện Công nghệ Môi trường và các cộng tác viên khác đã tham gia tích cực và hỗ trợ trong quá trình thực hiện.

Tài liệu tham khảo

[1] Bùi Hữu Đoàn, Nguyễn Xuân Trạch và Vũ Đình Tôn (2011), *Bài giảng Quản lý chất thải chăn nuôi*, Nhà xuất bản Nông nghiệp.

[2] Trương Thanh Cảnh (2010), *Kiểm soát ô nhiễm môi trường và sử dụng kinh tế chất thải chăn nuôi*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

[3] APHA, AWWA, WEF (1999), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th Edition, Washington DC, USA.

[4] <http://hachvietnam.blogspot.com/2011/04/kiem-soat-va-anh-gia-viec-phan-tich-so.html>.

[5] Taiganides E.P (1992), *Pig Waste Management and Recycling: the Singapore experience*, Ottawa, Ontario, Canada, IDRC.

[6] Liangwei Deng, Changda Cai, Ziai Chen (2007), "The treatment of pig slurry by a full-scale Anaerobic-Adding Raw Wastewater-Intermittent Aeration (AnaRWIA) Process", *Biosystems Engineering*, **98**, pp.327-334.

[7] Piccinini S, Verzellesi F, Mantovi P (2002), *Biological nutrient removal in a full scale sequencing batch reactor treating pig slurry*, FAO - EU Cooperative Research Network, Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture - RAMIRAN 2002, Proceedings of the 10th International Conference of the RAMIRAN Network, Štrbské, High Tatras, Slovak Republic, May 14-18, pp.391-395.

[8] Nguyễn Thị Hồng, Phạm Khắc Liệu (2012), "Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng hầm biogas quy mô hộ gia đình ở Thừa Thiên - Huế", *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, **tập 73, số 4**, tr.83-91.

[9] Milenko Roš and Janez Vrtovšek (2004), "The study of nutrient balance in SBR wastewater treatment", *Acta Chim. Slov* **51**, pp.779-785.