Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường
website: sj.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/ctu.jvn.2020.005

KHẢO SÁT THỜI GIAN LƯU NƯỚC CỦA BỂ AAO PHÙ HỢP ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI SAU HẦM Ủ BIOGAS

Lê Hoàng Việt, Võ Thanh Trường và Nguyễn Võ Châu Ngân*
Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ
**Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Võ Châu Ngân (email: nvcngan@ctu.edu.vn)*

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 01/09/2019
Ngày nhận bài sửa: 14/11/2019
Ngày duyệt đăng: 28/02/2020

Title:
Study on suitable hydraulic retention time of AAO process to treat effluent from biogas plant

Từ khóa:
Nước thải hầm ủ biogas, qui trình AAO, thời gian lưu nước, xử lý nước thải

Keywords:
AAO process, biogas effluent, hydraulic retention time, wastewater treatment

ABSTRACT

The study was carried out to evaluate the AAO treatment process to eliminate the organic matter, nitrogen and phosphorus to the optimum values, while surveying some suitable operating parameters for biogas effluent treatment to reach the permitted discharge standards. The study was conducted on the laboratory scale AAO model of 42 L. When operating the AAO unit with the inlet wastewater concentration of COD, TKN and TP were 983.53 ± 14.80 mg/L, 134.73 ± 4.20 mg/L and 39.63 ± 2.15 mg/L, the average organic loading rate of 1.12 kg BOD/m^3.day^{-1}, the outlet wastewater reaches QCVN 62-MT:2016/BTNMT and QCVN 40:2011/BTNMT (column A) with treatment efficiency of COD, TKN, TP were 90.05%, 89.12% and 93.21% respectively. At the retention time of 9 hours, the average organic loading rate of 1.25 kg BOD/m^3.day^{-1}, the concentration of BOD$_5$ and COD from effluent only reaches column B of QCVN 62-MT:2016/BTNMT. The research results show that it needs 10 hours hydraulic retention time of AAO unit to treat effluent from biogas plant to reach the discharge standards of organic and nutrient parameters.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá quy trình xử lý AAO có khả năng loại bỏ chất hữu cơ, đạm và lân đến mức thấp nhất, đồng thời khảo sát một số thông số vận hành phù hợp để xử lý nước thải hầm ủ biogas đạt quy chuẩn xả thải cho phép. Nghiên cứu được tiến hành trên mô hình AAO ở quy mô phòng thí nghiệm với thể tích là 42 L. Các kết quả vận hành mô hình AAO với nước thải có nồng độ COD, TKN, TP đầu vào lần lượt là 983,53 ± 14,80 mg/L, 134,73 ± 4,20 mg/L và 39,63 ± 2,15 mg/L, tải nạp BOD trung bình 1,12 kg/m^3.ngày^{-1}, nước thải đầu ra đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A) và QCVN 40:2011/BTNMT (cột A) với hiệu suất xử lý COD, TKN, TP lần lượt là 90,05%, 89,12% và 93,21%. Ở thời gian lưu nước 9 giờ, tải nạp BOD trung bình 1,25 kg/m^3.ngày^{-1}, nồng độ nước thải đầu ra chỉ đạt cột B do chỉ tiêu BOD$_5$ và COD chỉ đạt cột B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Kết quả nghiên cứu cho thấy tổng thời gian lưu nước của bể AAO để xử lý nước thải sau biogas khả thi nhất là 10 giờ để đạt tiêu chuẩn xả thải của các thông số ô nhiễm hữu cơ và dưỡng chất.

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Võ Thanh Trường và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2020. Khảo sát thời gian lưu nước của bể AAO phù hợp để xử lý nước thải sau hầm ủ biogas. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 56(1A): 49-57.

1 GIỚI THIỆU

Chăn nuôi là một ngành mũi nhọn của nông nghiệp Việt Nam với 28,15 triệu con heo vào năm 2018 (Tổng Cục Thống kê, 2019). Tuy nhiên, việc xử lý chất thải ở hầu hết các trang trại chăn nuôi heo chỉ dừng ở mức sử dụng hầm ủ biogas. Sau quá trình xử lý này, nồng độ chất hữu cơ giảm khoảng 50 - 60%, dưỡng chất giảm khoảng 30 - 40% nên các thông số ô nhiễm của nước thải vẫn còn cao gây ô nhiễm cho nguồn tiếp nhận, ảnh hưởng đến chất lượng sống và sức khỏe cộng đồng dân cư.

Quy trình AAO hay A2O (**A**naerobic [yếm khí] - **A**noxic [thiếu khí] - **O**xic [hiếu khí]) được Barnard phát minh vào năm 1974, là quy trình cải tiến của bể bùn hoạt tính truyền thống bằng cách bổ sung thêm vùng thiếu khí và vùng yếm khí (Hartley, 2013). Theo Tsurushima *et al.* (2010), sử dụng hệ vi sinh vật (VSV) tăng trưởng lơ lửng, công đoạn xử lý yếm khí giúp phân hủy các hợp chất hữu cơ, đồng thời một lượng lớn lân vô cơ được phóng thích từ việc cắt mạch poly-phosphate sẽ được hấp thu khi nước thải di chuyển tới công đoạn xử lý hiếu khí. Công đoạn thiếu khí dùng để khử đạm, VSV sử dụng oxy trong đạm nitrate để tiêu thụ hợp chất hữu cơ; khoảng 2/3 lượng đạm nitrate được chuyển hóa thành nitrogen và phóng thích vào khí quyển. Ở công đoạn hiếu khí, oxy được cung cấp để oxy hóa các hợp chất hữu cơ và nitrate hóa đạm amonni trong nước thải. Hợp chất hữu cơ được tiêu thụ để hình thành tế bào vi khuẩn mới và giải phóng CO_2, đạm amonni cũng được chuyển hóa thành đạm nitrite sau đó là đạm nitrate nhờ quá trình nitrate hóa. Quá trình hấp thu lân cũng được thúc đẩy diễn ra trong giai đoạn này trong điều kiện yếm khí - hiếu khí. Quy trình này được sử dụng rộng rãi do nước thải sau xử lý có nồng độ chất hữu cơ, đạm và lân rất thấp, tạo ít bùn nhất so với các quy trình khác; bùn thải chứa hàm lượng lân tương đối cao có thể sử dụng làm phân bón (Tchobanoglous and Burton, 1991).

Từ những đặc điểm của nước thải sau khi xử lý bằng hầm ủ biogas và những ưu điểm của quy trình AAO, nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá khả năng áp dụng công nghệ AAO xử lý nước thải hầm ủ biogas đạt yêu cầu xả thải, khảo sát các thông số thiết kế và vận hành quy trình AAO phù hợp, góp phần bảo vệ môi trường quanh các trang trại chăn nuôi.

2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

2.1.1 Nước thải từ công trình biogas

Nước thải sử dụng trong thí nghiệm được lấy tại ngăn chứa nước thải đầu ra của túi ủ biogas đang hoạt động tại trại chăn nuôi heo quy mô hộ gia đình. Nước thải được thu thập khoảng từ 6 - 9 giờ sáng vì đây là thời gian vệ sinh chuồng trại nên nồng độ các chất ô nhiễm cao.

Trại chăn nuôi nơi lấy nước thải thí nghiệm nằm ở ấp Thị Tứ, thị trấn Phong Điền, huyện Phong Điền, thành phố Cần Thơ có các thông tin vận hành như sau:

– Số lượng: 10 heo nái khoảng 200 kg/con, 5 con khoảng 120 - 150 kg/con, 12 heo con khoảng 60 - 80 kg/con, 49 heo khoảng 50 - 60 kg/con, 11 con khoảng 10 - 20 kg/con.

– Vệ sinh chuồng trại 2 lần/ngày, khoảng 25 - 35 phút/lần, lượng nước sử dụng khoảng 1,6 - 2,3 m^3/lần.

– Kích thước túi ủ: 10 m × 1,2 m × 1,2 m, thể tích khoảng 11,3 m^3. Thời gian tồn lưu chất thải trong túi ủ biogas từ 2,5 - 3,5 ngày.

2.1.2 Hệ vi sinh vật

Thu thập 20 L nước thải bể bùn hoạt tính từ hệ thống xử lý nước thải của Công ty Hải sản 404. Nuôi cấy vi sinh trong điều kiện phòng thí nghiệm với tỉ lệ bùn và nước thải là 1 : 1.

Bùn yếm khí lấy trực tiếp từ hầm ủ biogas đang hoạt động.

2.1.3 Mô hình AAO

Mô hình AAO được thiết kế dựa trên các thông số đề xuất bởi Tchobanoglous and Burton (1991) và WEF (2005). Các thông số thiết kế được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1: Các thông số thiết kế hệ thống AAO

Thông số thiết kế		Đơn vị	Ngưỡng giá trị	Giá trị chọn
*Tỷ lệ thức ăn / số lượng VSV (F/M)**		kg/kg.ngày^{-1}	0,15 - 0,25	-
Chất rắn lơ lửng trong hỗn dịch nước thải của mô hình xử lý (MLSS)*		mg/L	3000 - 5000	-
Thời gian tồn lưu nước**	Yếm khí	giờ	0,5 - 1,5	1
	Thiếu khí		0,5 - 1,0	1
	Hiếu khí		3,5 - 6,0	5
Hoàn lưu bùn hoạt tính (% theo Q)**		m^3/ngày	20 - 50	50
Hoàn lưu nội tại (% theo Q)**		m^3/ngày	100 - 300	300

*Ghi chú: *: Tchobanoglous and Burton (1991)*

**: WEF (2005)

trong đó $\frac{F}{M} = \frac{Q.S_0}{V.X}$

với Q (m^3/ngày): lưu lượng nạp nước của mô hình = V / θ

V (m^3): thể tích hoạt động của mô hình AAO

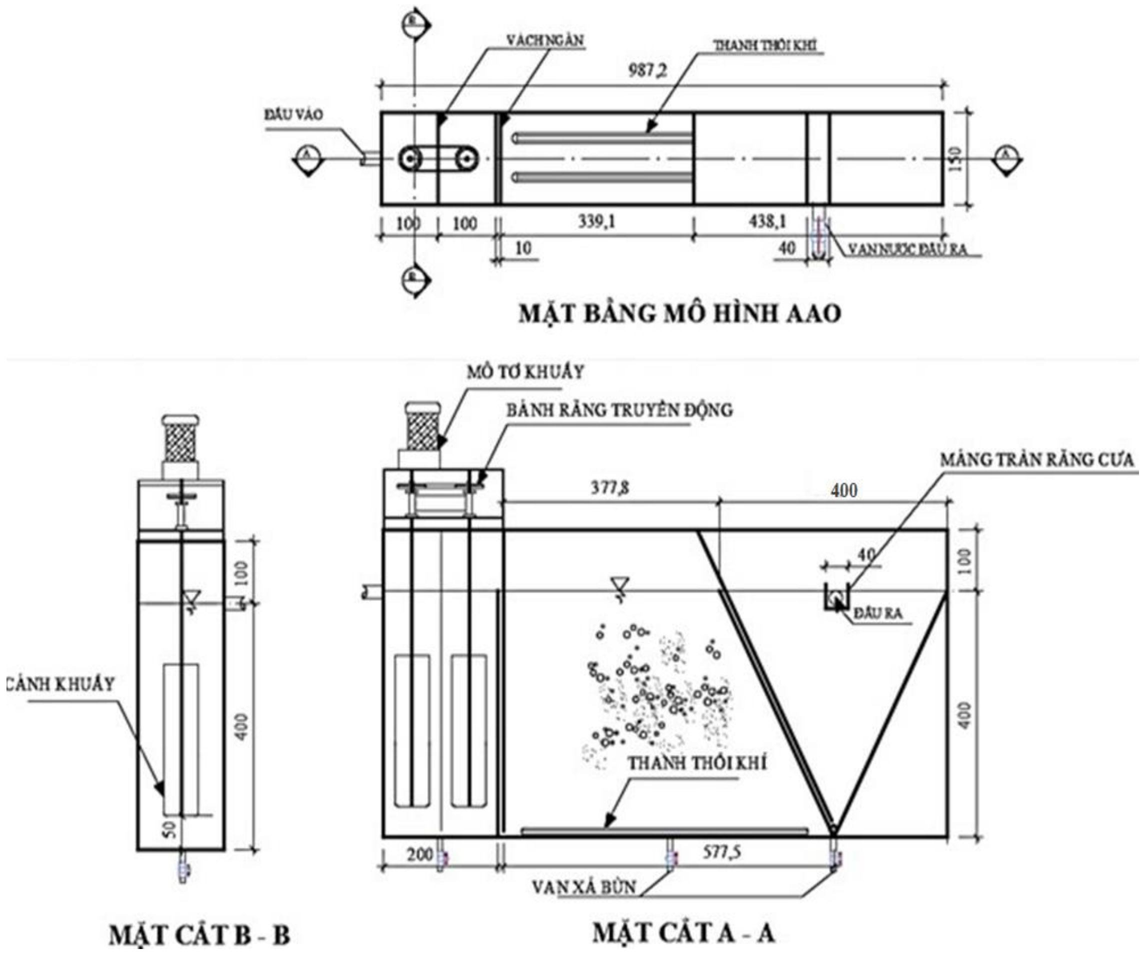
θ (giờ): thời gian lưu nước

S_o (mg/L): nồng độ BOD_5 của nước thải đầu vào

X (mg/L): mật độ vi khuẩn trong mô hình tính bằng hàm lượng chất rắn lơ lửng hóa hơi (MLVSS) trong bể

$BOD_{nạp\ V}$ (kg BOD/m^3.ngày^{-1}): tải nạp BOD trung bình tính theo thể tích hoạt động của mô hình $= \frac{Q.S_0}{V.1000}$

Để phù hợp với khả năng thu thập nước thải (khoảng 100 - 150 L/ngày), thiết kế mô hình nghiên cứu ở quy mô phòng thí nghiệm nhưng vẫn đảm bảo mô phỏng đầy đủ các quá trình diễn ra trong bể AAO thực tế. Các thông số kỹ thuật của mô hình trong Hình 1.



Hình 1: Mô hình AAO (1) ngăn yếm khí; (2) ngăn thiếu khí; (3) ngăn hiếu khí

Bảng 2: Kích thước thiết kế mô hình AAO

Thông số	Các ngăn của bể AAO			Bể lắng dòng ngược USBF
	Yếm khí	Thiếu khí	Hiếu khí	
Chiều dài (m)	0,10	0,10	0,50	0,20
Chiều rộng (m)	0,15	0,15	0,15	0,15
Chiều cao (m)	0,40	0,40	0,40	0,40
Chiều cao mô hình (m)	0,50	0,50	0,50	0,50
Thể tích sử dụng (L)	6,00	6,00	30,0	12,0
Thể tích mô hình (L)	7,50	7,50	37,5	15,0

2.1.4 Các công trình phụ trợ

Để có thể đánh giá chính xác hiệu quả xử lý của mô hình AAO, một bể lắng dòng ngược USBF được bố trí nối tiếp với bể AAO để hỗ trợ quá trình lắng cặn trong nước thải. Ngoại trừ thông số SS của mẫu nước thí nghiệm được thu thập sau bể USBF, các thông số khác được đánh giá với mẫu nước thu thập sau bể AAO. Ngoài ra, nghiên cứu cũng sử dụng thêm một số thiết bị phụ trợ khác như:

– Mô-tơ khuấy: tăng xáo trộn hỗn dịch bùn nước thải ở ngăn yếm khí và ngăn thiếu khí.

– Máy thổi khí: công suất 75 L/phút để cung cấp khí cho ngăn hiếu khí.

– Máy bơm hoàn lưu: 1 máy hoàn lưu bùn từ bể lắng về ngăn yếm khí và 1 máy bơm hoàn lưu nước từ ngăn hiếu khí về ngăn thiếu khí.

– Bình Mariotte: bình thể tích 80 L chứa nước thải có cột nước thiết kế bằng ống nhựa trong để theo dõi mực nước trong bình, van điều chỉnh lưu lượng, ống nhựa dẫn nước vào bể xử lý.

2.2 Các bước tiến hành nghiên cứu

2.2.1 Khởi động mô hình và vận hành quy trình

Nghiên cứu được tiến hành từ tháng 8/2018 đến tháng 12/2018 trên mô hình AAO quy mô phòng thí nghiệm bố trí tại Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.

Nước thải hầm biogas được loại bỏ một phần chất rắn để tránh gây nghẹt van và đường ống của bộ thí nghiệm, và được đưa từ bình Mariotte chảy vào bể phản ứng với lưu lượng điều chỉnh theo thời gian tồn lưu nước định hướng. Theo dõi DO định kỳ ở 3 thời điểm trong ngày (sáng, trưa, tối), kiểm tra lưu lượng đầu vào, dòng hoàn nội tại và hoàn lưu bùn phù hợp.

2.2.2 Tiến hành thí nghiệm định hướng

Nước thải hầm ủ biogas có nồng độ chất hữu cơ và dưỡng chất cao nên để loại bỏ chúng cần thời gian lưu đủ dài để quá trình phân hủy các chất hữu cơ, các quá trình nitrate hóa, khử nitrate được diễn ra. Trong nghiên cứu này, thời gian tồn lưu 9 giờ được chọn làm mốc cho thí nghiệm định hướng (lựa chọn này dựa vào nồng độ COD của nước thải đầu vào). Tiến hành phân tích COD của nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình trong 3 ngày liên tục, đồng thời phân tích MLSS, hàm lượng vật chất rắn bay hơi của nước thải (MLVSS) ở các ngăn của mô hình xử lý. Nếu nồng độ COD đầu ra của mô hình không đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT, tăng thời gian lưu hay điều chỉnh các thông số vận hành (% hoàn lưu, MLVSS); nếu nồng độ COD đầu ra đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT tiến hành thí nghiệm chính thức.

2.2.3 Tiến hành thí nghiệm chính thức

Sau thí nghiệm định hướng, tiến hành thu mẫu nước đầu vào và đầu ra trong 3 ngày liên tục phân tích các thông số pH, COD, BOD_5, SS, TKN và TP.

So sánh kết quả thu được với quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi QCVN 62-MT:2016/BTNMT và quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp QCVN 40:2011/BTNMT, nếu kết quả thu được đạt các quy chuẩn này và có hiệu suất xử lý cao, thí nghiệm tiếp theo sẽ tăng lưu lượng đầu vào nhằm giảm thời gian lưu nước. Nếu kết quả thí nghiệm có hiệu suất xử lý còn vượt các quy chuẩn này, thí nghiệm tiếp theo sẽ điều chỉnh thông số vận hành (DO, MLSS, MLVSS) hoặc giảm lưu lượng đầu vào để tăng thời gian lưu nước và xử lý của mô hình.

2.3 Phương pháp phân tích mẫu

Mẫu nước được phân tích tại phòng thí nghiệm của Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.

Bảng 3: Thống kê các thông số phân tích và dụng cụ thực hiện

Thông số	Phương pháp phân tích
pH	Đo trực tiếp bằng máy (TCVN 4559:1988)
DO	Đo trực tiếp bằng máy (TCVN 4564:1988)
SS	Phương pháp lọc và xác định bằng khối lượng (TCVN 6625:2000)
COD	Phương pháp Dicromate đun hoàn lưu kín (TCVN 4565:1988)
BOD_5	Phương pháp Winkler cải tiến, SMEWW 5210B (TCVN 4566:1988)
TKN	Phân hủy đạm và chưng cất Kjeldahl (TCVN 6638:2000)
TP	Phương pháp $SnCl_2$ (TCVN 6202:2008 ISO 6878:2004)

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Tính chất nước thải thí nghiệm

Thành phần và tính chất nước thải hầm ủ biogas thường khác nhau, lượng nước thải phát sinh luôn biến động và bị ảnh hưởng bởi số lần, lượng nước dùng cho các hoạt động vệ sinh chuồng. Do đó mẫu được lấy trong khoảng thời gian từ 6 - 9 giờ của 3 ngày liên tiếp, tiến hành phân tích các thông số ô nhiễm chủ yếu để đánh giá chất lượng nước thải và xem xét điều chỉnh những giá trị cần thiết khi xử lý sinh học.

Bảng 4: Thành phần tính chất nước thải túi ủ biogas

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n = 3)
pH	-	6,88 ± 0,03
SS	mg/L	122,7 ± 9,31
COD	mg/L	983,53 ± 14,80
BOD_5	mg/L	489,63 ± 3,15
TKN	mg/L	134,73 ± 4,20
TP	mg/L	39,63 ± 2,15

Nước thải khi lấy có màu vàng đục (do thời gian tồn lưu của túi ủ biogas quá ngắn, cộng với lượng phân và thức ăn dư thừa nạp vào túi ủ nên nước thải không có màu đen hay nâu sậm đặc trưng), có mùi hôi và có chứa cặn lắng, chất lơ lửng.

Giá trị pH của nước thải có giá trị trung bình là 6,88 nằm trong khoảng từ 6 - 7 thích hợp cho quá trình phân hủy sinh học (Monnet, 2003). Do đó, không cần điều chỉnh pH của nước thải trước khi đưa vào vận hành hệ thống xử lý.

Tỷ lệ BOD_5 : COD = 489,63 : 983,53 = 0,5 thích hợp cho quá trình xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016).

Tỷ lệ BOD_5 : N : P = 489,63 : 134,73 : 39,63 = 100 : 27,5 : 8,1 cho thấy dưỡng chất thừa so với nhu cầu của vi khuẩn (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Vì vậy, cần loại bỏ lượng dưỡng chất dư thừa, đảm bảo nước thải đầu ra đạt quy chuẩn xả thải. Hàm lượng đạm trong nước thải cao cần phải áp dụng các quá trình khử đạm và đạm hóa để loại bỏ dưỡng chất này. Hàm lượng lân trong nước thải cũng khá cao cần có quá trình yếm khí kết hợp hiếu khí để loại lân khỏi nước thải. Để các quá trình trên được diễn ra cần phải có thời gian lưu nước đủ dài vì quá trình đạm hóa và khử đạm xảy ra chậm hơn quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ.

Do nước thải đi qua túi ủ biogas, một phần chất rắn đã được giữ lại trong hầm ủ nên nồng độ SS trung bình là 122,7 mg/L < 150 mg/L, thích hợp cho vào bể xử lý sinh học mà không cần qua giai đoạn lắng sơ cấp.

Với các điều kiện như trên loại nước thải hầm ủ biogas này phù hợp để xử lý bằng biện pháp sinh học.

3.2 Kết quả thí nghiệm

3.2.1 Theo dõi sự ổn định của mô hình giai đoạn thích nghi

Sau 26 ngày vận hành, VSV trong mô hình đã phát triển tốt và thích nghi thể hiện qua bùn ở ngăn yếm khí có màu đen, dễ tạo bông; ở các ngăn thiếu khí bùn có màu nâu sẫm, bông bùn to; bùn ở ngăn hiếu khí dễ tạo bông, có màu nâu đỏ và lắng tốt. Để đánh giá tính ổn định của mô hình đối với sự biến thiên về nồng độ ô nhiễm của nước thải đầu vào, tiến hành thu mẫu nước thải đầu vào và đầu ra để phân tích, theo dõi COD trong 3 ngày liên tiếp.

Bảng 5: Nồng độ nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình trong 3 ngày (θ = 9 giờ)

Ngày	COD (mg/L)	
	Đầu vào	Đầu ra
09/10/2018	886,15	166,89
10/10/2018	929,52	169,14
11/10/2018	910,34	173,24
Trung bình ± độ lệch chuẩn	908,67 ± 21,73	169,76 ± 3,22

Kết quả phân tích COD của nước thải đầu vào có nồng độ cao đạt 908,67 ± 21,73 mg/L, nhưng COD đầu ra có nồng độ thấp chỉ còn 169,76 ± 3,22 mg/L. Trong bể AAO, hàm lượng COD được xử lý chủ yếu tại vùng yếm khí, tại đó VSV yếm khí sẽ hấp thụ các chất hữu cơ hòa tan có trong nước thải, phân hủy và chuyển hóa chúng thành các hợp chất ở dạng khí bằng các phương trình hóa học như sau:

Chất hữu cơ + VSV yếm khí → CO_2 + H_2S + CH_4 + các chất khác + năng lượng

Chất hữu cơ + VSV yếm khí + năng lượng → $C_5H_7O_2N$ (tế bào vi khuẩn mới)

Nồng độ COD trong nước thải sau xử lý đã đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột B) và không biến động nhiều. Tuy nhiên nồng độ COD đã gần đạt giá trị COD của QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A), do đó thay vì tiến hành thí nghiệm chính thức ở thời gian lưu nước là 9 giờ, nghiên cứu tăng thời gian lưu nước lên 10 giờ để kiểm tra nước đầu ra có thể đạt cột A của quy chuẩn hay không.

3.2.2 Kết quả vận hành mô hình AAO ở θ = 10 giờ

Sau khi thay đổi các thông số vận hành và mô hình đã hoạt động ổn định, lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình trong 3 ngày liên tục để phân tích.

Bảng 6: Nồng độ của nước thải đầu vào và đầu ra mô hình AAO (θ = 10 giờ)

Chỉ tiêu	Đơn vị	Chất lượng nước thải (n = 3)		Hiệu suất (%)
		Đầu vào	Đầu ra	
pH	-	6,7 ± 0,10	6,87 ± 0,06	-
SS	mg/L	128,75 ± 6,96	13,75 ± 1,77*	99,74
COD	mg/L	915,12 ± 20,59	91,05 ± 1,78	90,03
BOD_5	mg/L	466,65 ± 10,12	35,54 ± 3,25	92,38
TKN	mg/L	145,80 ± 4,53	15,87 ± 1,57	98,12
TP	mg/L	33,4 ± 2,95	2,27 ± 0,25	93,21

Ghi chú: Kết quả được trình bày là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn

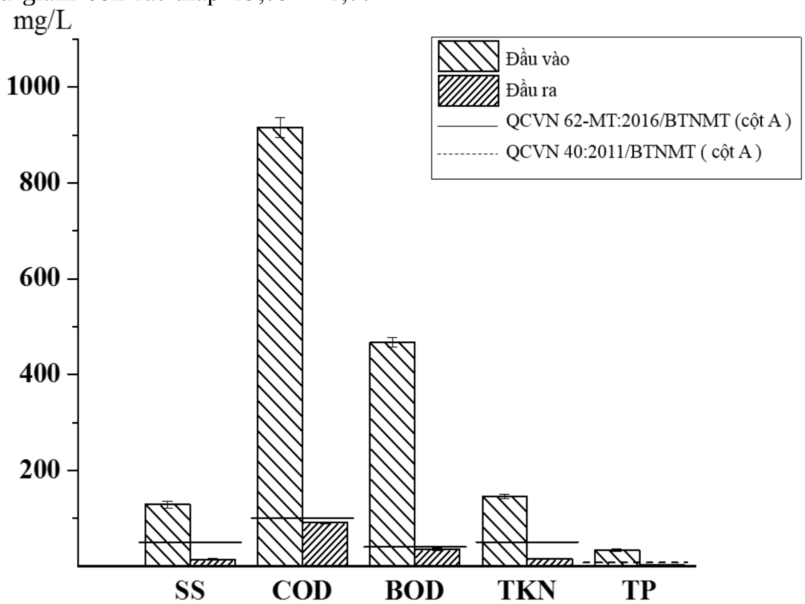
** kết quả đầu ra sau bể lắng dòng ngược USBF*

Bảng 7: Thông số vận hành mô hình AAO (θ = 10 giờ)

Thông số	Các ngăn của bể AAO		
	Yếm khí	Thiếu khí	Hiếu khí
Ô-xy hòa tan DO (mg/L)	KPH	0,3 - 0,5	2,6 - 2,8
Thời gian lưu nước θ (giờ)	1,43	1,43	7,14
Lưu lượng nạp nước Q (m^3/ngày)			0,1008
Tỉ lệ thức ăn trên số lượng vi khuẩn F/M (d^{-1})			0,31
Tải nạp BOD trung bình (kg BOD/m^3.ngày^{-1})			1,12
MLVSS trung bình (mg/L)			3.670
MLSS trung bình (mg/L)			5.244
Hoàn lưu bùn (% theo Q)			50
Hoàn lưu nội tại (% theo Q)			300

Giá trị pH của nước thải sau xử lý cao hơn nước thải đầu vào chứng tỏ quá trình khử đạm diễn ra tốt, làm tăng lượng kiềm trong nước thải và nâng giá trị pH. Mặc dù pH của nước thải sau hệ thống tăng nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép từ 6 - 9 theo QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A).

Hàm lượng SS đầu vào là 128,75 ± 6,96 mg/L, nhưng SS đầu ra giảm còn rất thấp 13,75 ± 1,77 mg/L với hiệu suất loại bỏ là 99,74% đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A). Nguyên nhân SS được loại bỏ cao như vậy là do VSV hấp phụ các chất rắn lơ lửng lên bông bùn, đồng thời phân hủy các chất rắn này để tổng hợp các tế bào mới. Việc giữ lại SS trong lớp bùn ở bể lọc dòng ngược USBF làm giảm đáng kể hàm lượng SS trong nước thải đầu ra.



Hình 2: Thông số chất lượng của nước thải trước và sau xử lý (θ = 10 giờ)

COD và BOD_5 trong nước thải đầu vào có nồng độ ô nhiễm rất cao lần lượt là 915,12 ± 20,59 mg/L và 466,65 ± 10,12 mg/L. Nồng độ COD, BOD_5 đầu ra còn 91,05 ± 1,78 mg/L và 35,54 ± 3,25 mg/L đều đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A). Nồng độ các chất hữu cơ trong nước thải giảm nhiều chủ yếu nhờ vào quá trình phân hủy các chất hữu cơ của VSV ở các điều kiện yếm khí, thiếu khí và hiếu khí thành các chất khí, các chất vô cơ đơn giản, và tạo nên năng lượng cho quá trình tổng hợp tế bào của chúng. Ngoài việc phân hủy các chất hữu cơ, các bông bùn còn có thể hấp phụ các hạt rắn lơ lửng, các chất hữu cơ hòa tan, do đó nồng độ chất hữu cơ được giảm đáng kể sau khi đi qua bể lắng. Hiệu suất xử lý COD trong nghiên cứu này rất cao đạt 90,03% tương đương với các nghiên cứu trước đây trên nước thải tổng hợp đạt 90% (Michael et al., 1997), và đạt 89% trên nước thải sinh hoạt (Zhang et al., 2013).

Nước thải đầu vào có nồng độ TKN khá cao đạt 145,80 ± 4,53 mg/L, tồn tại chủ yếu ở dạng đạm amonni và đạm hữu cơ. Ở đầu ra của hệ thống, nồng độ TKN giảm đáng kể chỉ còn 15,87 ± 1,57 mg/L đạt yêu cầu xả thải của QCVN 62-MT:2016/ BTNMT (cột A). Điều này là do quá trình đạm hóa diễn ra tốt, lượng đạm amonni của nước thải được oxy hóa thành đạm nitrate trong ngăn hiếu khí, một phần được các VSV dị dưỡng chuyển hóa vào bên trong tế bào để tổng hợp tế bào vi khuẩn mới. Lượng đạm nitrate từ ngăn hiếu khí được hoàn lưu trở lại ngăn thiếu khí diễn ra quá trình khử đạm, khi đó các ion NO_3^- sẽ bị khử thành các dạng khí và cuối cùng là N_2 được phóng thích ra ngoài khí quyển. Hiệu suất loại bỏ TKN đạt 98,12% trong nghiên cứu này cao hơn nghiên cứu của Michael et al. (1997) đạt 66% cho nước thải tổng hợp, và nước thải sinh hoạt của Zhang et al. (2013) đạt 83%. Hiệu suất xử lý TKN cao là do nước thải chăn nuôi đã được xử lý trước bằng quá trình yếm khí ở bể biogas, khi đó một phần nitrate đã được khử trước.

Nồng độ TP trong nước thải đầu vào có giá trị trung bình là 33,4 ± 2,95 mg/L, sau quá trình xử lý giảm nhiều chỉ còn 2,27 ± 0,25 mg/L đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột A). Lân được loại bỏ theo 2 cơ chế: (i) hoạt động của VSV yếm khí làm giảm pH từ đó hòa tan phosphate, qua ngăn thiếu khí quá trình khử đạm nitrate diễn ra tạo kiềm làm pH tăng trở lại làm lân kết tủa và kết dính vào các bông bùn; (ii) nước thải đầu vào đi từ ngăn yếm khí sang thiếu khí, và sang hiếu khí và bùn vi sinh ở ngăn lắng được hoàn lưu trở lại ngăn yếm khí, khi đó có sự thay đổi luân phiên điều kiện giữa yếm khí và hiếu khí từ tạo động lực thúc đẩy quá trình chọn lọc dòng vi khuẩn có khả năng tích lũy lân cao (dòng vi khuẩn PAOs) và được loại bỏ ra ngoài qua việc xả bỏ bùn theo định kỳ. Tương tự TKN, trong nghiên cứu này hiệu suất loại bỏ TP đạt 93,21%, tương đương với hiệu suất 99% trên nước thải sinh hoạt (Zhang et al., 2013), nhưng cao hơn hẳn hiệu suất 49% trên nước thải tổng hợp (Michael et al., 1997).

Sau khi vận hành ở tổng thời gian lưu nước 10 giờ tất cả các chỉ tiêu nghiên cứu đều đạt cột A của QCVN 62-MT:2016/BTNMT và QCVN 40:2011/ BTNMT, bể AAO đã hoạt động một thời gian dài, ổn định nên nghiên cứu tiến hành giảm thời gian lưu nước xuống còn 9 giờ cho thí nghiệm tiếp theo để đánh giá xem ở thời gian lưu nước này nước thải đầu ra còn đạt loại A hay không.

3.2.3 Kết quả vận hành mô hình AAO ở θ = 9 giờ

Để giảm tổng thời gian tồn lưu nước còn 9 giờ, lưu lượng nước thải đầu vào được nạp tăng lên với các thông số vận hành được trình bày ở Bảng 9. Sau 3 ngày vận hành để vi khuẩn thích nghi với điều kiện mới, tiến hành lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình trong 3 ngày liên tục để phân tích và đánh giá.

Bảng 8: Nồng độ của nước thải đầu vào và đầu ra mô hình AAO (θ = 9 giờ)

Chỉ tiêu	Đơnvị	Nước thải (n = 3)		Hiệu suất (%)
		Đầu vào	Đầu ra	
pH	-	6,63 ± 0,06	6,8 ± 0,1	-
SS	mg/L	119,58 ± 5,98	12,92 ± 0,59*	99,71
COD	mg/L	938,50 ± 27,57	165,54 ± 4,09	82,36
BOD_5	mg/L	469,17 ± 12,34	84,7 ± 2,74	81,91
TKN	mg/L	126,10 ± 2,03	40,57 ± 4,08	67,83
TP	mg/L	30,47 ± 2,59	3,47 ± 0,50	88,62

Ghi chú: Kết quả được trình bày là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn

** kết quả đầu ra sau bể lắng dòng ngược USBF*

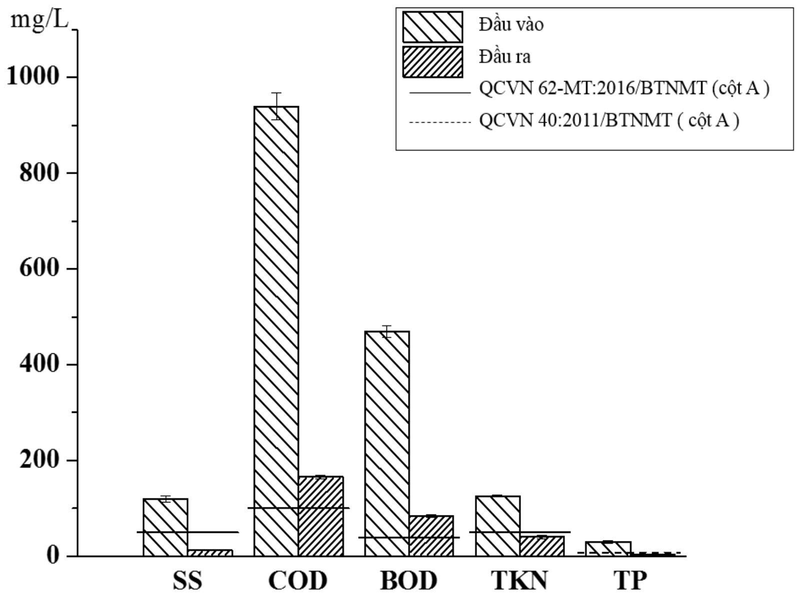
Bảng 9: Thông số vận hành mô hình AAO (θ = 9 giờ)

Thông số	Các ngăn của bể AAO		
	Yếm khí	Thiếu khí	Hiếu khí
Oxy hòa tan DO (mg/L)	KPH	0,3 - 0,5	2,8 - 3,2
Thời gian lưu nước θ (giờ)	1,29	1,29	6,42
Lưu lượng nạp nước Q (m^3/ngày)			0,112
Tỉ lệ thức ăn trên số lượng vi khuẩn F/M (d^{-1})			0,41
Tải nạp BOD trung bình (kg BOD/m^3.ngày^{-1})			1,25
MLVSS trung bình (mg/L)			3.024
MLSS trung bình (mg/L)			4.382
Hoàn lưu bùn (% theo Q)			50
Hoàn lưu nội tại (% theo Q)			300

Kết quả đo đạc pH của nước thải sau hệ thống xử lý có giá trị cao hơn nước thải đầu vào. Mặc dù pH của nước thải sau hệ thống tăng nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép từ 6 - 9 được quy định trong QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A). Nguyên nhân làm pH tăng tương tự ở phần thảo luận về kết quả xử lý ở thời gian lưu nước 10 giờ.

Qua 3 ngày phân tích liên tiếp chỉ tiêu SS đầu vào là 119,58 ± 5,98 mg/L, nhưng ở đầu ra giảm nhiều chỉ còn 12,92 ± 0,59 mg/L đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A) với hiệu suất xử lý 99,71%. Nguyên nhân SS được loại bỏ cao được giải thích tương tự phần thảo luận về kết quả xử lý ở thời gian lưu nước 10 giờ.

Nồng độ COD và BOD_5 trong nước thải đầu vào có sự biến động tương đối cao, lần lượt là 938,50 ± 27,57 mg/L và 469,17 ± 12,34 mg/L. Tuy nhiên, nồng độ COD và BOD_5 đầu ra giảm lần lượt là 165,54 ± 4,09 mg/L và 84,7 ± 2,74 mg/L thấp hơn ngưỡng cho phép quy định bởi QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột B). Hiệu suất xử lý COD đạt 82,36% thấp hơn nghiên cứu trước đây trên nước thải tổng hợp đạt 90% (Michael et al., 1997), và nước thải sinh hoạt đạt 89% (Zhang et al., 2013).



Hình 3: Thông số chất lượng của nước thải trước và sau xử lý (θ = 9 giờ)

Nước thải đầu vào có nồng độ TKN là 126,10 ± 2,03 mg/L có hàm lượng đạm khá cao, tồn tại chủ yếu ở dạng đạm amonni và đạm hữu cơ. Trong nước thải đầu ra của hệ thống, chỉ tiêu TKN giảm đáng kể chỉ còn 40,57 ± 4,08 mg/L đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A) với hiệu suất loại bỏ TKN là 67,83%, tương đương với nghiên cứu của Michael et al. (1997) đạt 66% cho nước thải tổng hợp, nhưng thấp hơn nghiên cứu trên nước thải sinh hoạt của Zhang et al. (2013) đạt 83%.

Nồng độ TP trong nước thải đầu vào có giá trị trung bình 30,47 ± 2,59 mg/L, sau quá trình xử lý hàm lượng TP trong nước thải đã giảm nhiều chỉ còn 3,47 ± 0,50 mg/L đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột

A) với hiệu suất loại bỏ TP là 88,62%, thấp hơn hiệu suất 99% trên nước thải sinh hoạt (Zhang et al., 2013), nhưng cao hơn hẳn hiệu suất 49% trên nước thải tổng hợp (Michael et al., 1997).

Như vậy, sau khi vận hành bể AAO ở tổng thời gian lưu nước 9 giờ, nước thải đầu ra chỉ đạt loại B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột B), do đó không tiến hành thí nghiệm ở thời gian lưu nước ngắn hơn.

4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Quy trình AAO có thể ứng dụng xử lý nước thải sau hầm ủ biogas để loại bỏ nồng độ chất hữu cơ, đạm và lân. Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở thời gian lưu nước của bể AAO là 10 giờ, tải nạp BOD trung bình 1,12 kg $BOD/m^3.ngày^{-1}$, nước thải đầu vào có nồng độ COD, TKN, TP lần lượt 983,53 ± 14,80 mg/L, 134,73 ± 4,20 mg/L và 39,63 ± 2,15 mg/L cho nước thải đầu ra có nồng độ ô nhiễm đạt cột A theo quy định xả thải của QCVN 62-MT:2016/BTNMT và QCVN 40:2011/BTNMT.

Để tăng tính ứng dụng của bể AAO cần tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện hơn bằng việc đánh giá hiệu suất loại bỏ nồng độ chất hữu cơ, dưỡng chất với thời gian lưu phù hợp ở từng giai đoạn của quy trình hoặc có thể nghiên cứu kết hợp với các loại giá thể bám dính để tăng hiệu quả xử lý của quy trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016. Thông tư số 04/2016/TT-BTNMT ngày 29/4/2016 ban hành *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi* QCVN 62-MT:2016/ BTNMT. Hà Nội.

Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2011. Thông tư số 47/2011/TT-BTNMT ngày 28/12/2011 ban hành *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp* QCVN 40:2011/ BTNMT. Hà Nội.

Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016. *Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải*. NXB Đại học Cần Thơ, 662 trang.

Hartley, K., 2013. *Tuning biological nutrient removal plants*. IWA Publishing London, 256 pages.

Donkin, M.J., and Russell, M., 1997. Treatment of a milkpowder / butter wastewater using the AAO activated sludge configuration. *Water Science and Technology*. 36(10): 79–86.

Monnet, F., 2003. An introduction to anaerobic digestion of organic wastes. Remade Scotland, 48 pages.

Tchobanoglous, G., and Burton, F.L., 1991. *Wastewater engineering: Treatment, dispo-sal, reuse* (3rd ed.). McGraw-Hill Inc, 1334 pages.

Tổng Cục Thống kê, 2019. Niên giám thống kê Việt Nam 2018. NXB Thống kê.

Tsurushima, K., Kassai, K., and Hanzawa, O., 2010. *Effective operation and management of anaerobic-anoxic-oxic (A2/O) process.* Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, 17 pages.

WEF, 2005. *Biological nutrient removal operation in wastewater treatment plants*. Water Environment Federation Manual of Practice No. 29. McGraw-Hill Inc. New York, 597 pages.

Zhang, W., Peng, Y., Ren, N., Liu, Q., and Chen, Y., 2013. Improvement of nutrient removal by optimizing the volume ratio of anoxic to aerobic zone in AAO-BAF system. *Chemosphere*. 93(11): 2859–2863.