



DOI:10.22144/ctu.jvn.2017.112

## NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI DÂN CƯ BẰNG CÔNG NGHỆ MÀNG LỌC SINH HỌC MBR (MEMBRANE BIOREACTOR)

Nguyễn Minh Kỳ<sup>1</sup>, Trần Thị Tuyết Nhi<sup>2</sup> và Nguyễn Hoàng Lâm<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Phát triển Môi trường và Con người (DfEP)

<sup>2</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 08/03/2017

Ngày nhận bài sửa: 12/07/2017

Ngày duyệt đăng: 30/10/2017

### Title:

Application of membrane bioreactor (MBR) technology for residential wastewater treatment

### Từ khóa:

BOD<sub>5</sub>, bùn hoạt tính, COD, MBR, nước thải dân cư, sinh khối

### Keywords:

Activated sludge, biomass, BOD<sub>5</sub>, COD, MBR, residential wastewater

### ABSTRACT

This study is aimed to assess the efficiency of residential wastewater treatment by membrane bioreactor (MBR) technology. The working volume of the reactor is 36 liters ( $L*W*H = 24*20*75$  cm) and the pore size of submerged membrane modules is 0.4  $\mu$ m. MBR experimental model is a combination of the organic matter biodegradation and microbial biomass separation technique by membranes. Laboratory scale-model was set up to assess the efficiency of residential wastewater removal in the period of 121 days with the organic loading rates from 1.7 to 6.8 kgCOD/m<sup>3</sup>.day. Due to the high biomass concentration, the wastewater treatment efficiency of MBR is higher than traditional methods. The average treatment efficiency of TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, TN, TP are 89.4; 94.6; 92.6; 64.6 and 79.2%, respectively. In general, membrane filtration technology can be applied to treat high organic loading wastewater, this is an effective solution for sustainable environmental protection.

### TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng xử lý nước thải dân cư bằng công nghệ màng lọc sinh học (MBR). Bể phản ứng được thiết kế với dung tích hữu ích 36 lít ( $L*W*H = 24*20*75$  cm) và sử dụng module màng nhúng chìm có kích thước lỗ lọc tương đương 0,4  $\mu$ m. Mô hình thí nghiệm MBR là sự kết hợp giữa hai quá trình phân hủy sinh học chất hữu cơ và kỹ thuật tách sinh khối vi sinh bằng màng. Nghiên cứu bố trí thí nghiệm, đánh giá hiệu quả xử lý nước thải dân cư trong thời gian 121 ngày với tải lượng chất hữu cơ dao động từ 1,7 đến 6,8 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày. Nhờ nồng độ sinh khối cao, MBR gia tăng hiệu quả xử lý nước thải so với phương pháp truyền thống. Hiệu quả xử lý trung bình TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, TN, TP tương ứng lần lượt 89,4; 94,6; 92,6; 64,6 và 79,2%. Nhìn chung, công nghệ màng lọc có thể áp dụng để xử lý nguồn nước thải có tải lượng chất hữu cơ cao và là giải pháp hữu hiệu bảo vệ môi trường bền vững.

Trích dẫn: Nguyễn Minh Kỳ, Trần Thị Tuyết Nhi và Nguyễn Hoàng Lâm, 2017. Nghiên cứu xử lý nước thải dân cư bằng công nghệ màng lọc sinh học MBR (Membrane bioreactor). Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 52a: 72-79.

**1 ĐẶT VẤN ĐỀ**

Công nghệ màng lọc sinh học MBR (membrane bioreactor) là sự kết hợp quá trình bùn hoạt tính sinh học và màng lọc (Baker, 2004). Đây là một trong những phương pháp tiên tiến, đã được áp dụng xử lý thành công nhiều loại nước thải khác nhau từ đô thị cho tới các loại nước thải công nghiệp, y tế có thành phần phức tạp và khó xử lý. MBR là sự kết hợp quá trình bùn hoạt tính với màng để tách bùn ra khỏi dòng sau xử lý. Với việc sử dụng màng lọc có kích thước lỗ màng dao động từ 0,01-0,4 µm nên vi sinh vật, chất ô nhiễm, bùn bị giữ lại tại bề mặt màng. Đồng thời, bùn sinh học sẽ được giữ lại trong bể phản ứng, mật độ vi sinh cao nên nâng cao hiệu suất xử lý chất ô nhiễm (Water Environment Federation, 2006). Vật liệu chế tạo màng lọc gồm các chất liệu vô cơ hoặc hữu cơ. Tuy nhiên xu hướng sử dụng màng lọc có nguồn gốc hữu cơ được sử dụng rộng rãi hơn. Màng lọc hữu cơ như polypropylene, polyethylene, polyacrylonitrile, polysulfone, aromatic polyamide, fluorinated polymer. Màng lọc vô cơ được tạo thành từ vật liệu như kim loại, oxit kim loại, ceramic, zeolites, thủy tinh, sứ, polymer tổng hợp (Cicek, 2003). Cấu trúc màng thường có các dạng như sợi rỗng, ống mao dẫn, cuộn và được chế tạo có diện tích bề mặt lớn để đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật.

Các nghiên cứu trước đây cho thấy tính ưu việt của việc ứng dụng công nghệ MBR xử lý nước thải y tế, công nghiệp hay sinh hoạt. Nghiên cứu thử nghiệm cho đối tượng nước thải chế biến thủy hải

sản đạt hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub>, COD và TOC cao, lần lượt tương ứng 99, 85 và 85% (Sridang *et al.*, 2006). Công nghệ MBR cũng đạt hiệu quả xử lý cao đối với nước thải công nghiệp hóa dầu (Qin *et al.*, 2007) và nước thải y tế (Saima Fazal *et al.*, 2015). Một số công trình trong nước nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt của các tác giả Đỗ Khắc Uân và *ctv.* (2010), Trần Đức Hạ và *ctv.* (2012) cũng đạt được kết quả khả quan. Trong nghiên cứu này, mô hình thí nghiệm MBR là sự kết hợp giữa hai quá trình cơ bản (phân hủy sinh học chất hữu cơ và kỹ thuật tách sinh khối bằng màng) trong một đơn nguyên nhằm mục đích đánh giá hiệu quả xử lý nước thải dân cư ở thành phố Hồ Chí Minh.

**2 ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**2.1 Vật liệu nghiên cứu**

Nước thải nghiên cứu được lấy từ một số khu dân cư ở thành phố Hồ Chí Minh. Nước thải sau khi lấy được xử lý sơ bộ bằng lưới lọc tinh nhằm loại bỏ các vật liệu thô, rắn, kích thước lớn như rác, lá cây. Thành phần và nồng độ các chất ô nhiễm được thể hiện chi tiết ở Bảng 1. Kết quả phân tích chất lượng nước đầu vào cho thấy nồng độ oxy hòa tan thấp và hàm lượng hữu cơ khá cao. Giá trị trung bình hàm lượng BOD<sub>5</sub>, COD không đáp ứng Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt QCVN 14:2008/BTNMT và lần lượt tương ứng 312 và 630 mg/l. Đối với các chất dinh dưỡng (N, P) khảo sát với các trị số 33 và 21 mg/l và đều vượt ngưỡng xả thải.

**Bảng 1: Kết quả chất lượng nước thải đô thị và giới hạn cho phép**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả			QCVN
			N	Trung bình	Độ lệch chuẩn	14:2008/BTNMT (Cột A)
1	pH	-	41	7,6	0,4	5-9
2	DO	mg/l	41	1,1	0,13	≥2 <sup>a</sup>
3	BOD <sub>5</sub>	mg/l	41	312	14,5	30
4	COD	mg/l	41	630	27,8	75 <sup>b</sup>
5	TSS	mg/l	41	270,4	98,3	50
6	Nitơ tổng	mg/l	41	33	4,7	20 <sup>b</sup>
7	Phốt-pho tổng	mg/l	41	21	3,2	4 <sup>b</sup>
8	Coliforms	MPN/100 ml	41	2,1.10 <sup>6</sup>	10 <sup>2</sup>	3000

Chú thích: QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt

<sup>a</sup>QCVN 39:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu

<sup>b</sup>QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (cột A)

Màng MBR sử dụng là màng sợi rỗng, có kích thước lỗ lọc 0,4 µm, nhãn hiệu Mitsubishi, Japan (có thể tách các chất rắn lơ lửng, hạt keo, vi khuẩn, một số virus và các phân tử hữu cơ kích thước lớn). Màng MBR được nhập khẩu và phân phối bởi

Công ty Môi Trường Hành Trình Xanh (Quận 6, thành phố Hồ Chí Minh).

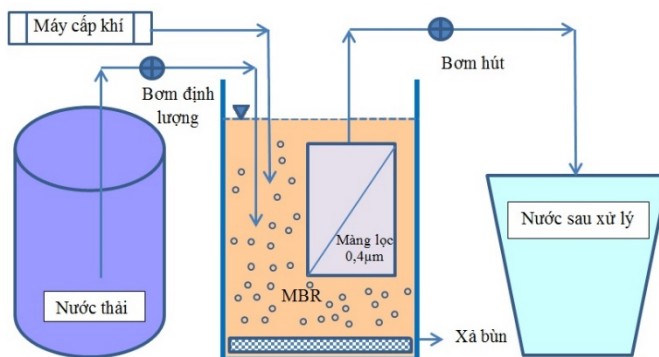
**2.2 Mô hình thí nghiệm**

Bể phản ứng được thiết kế với dung tích hữu ích 36 lít (kích thước L\*W\*H = 24\*20\*75 cm) và module màng nhúng chìm bằng vật liệu sợi rỗng

polyethylene có kích thước lỗ lọc tương đương 0,4 μm, diện tích bề mặt 0,9 m<sup>2</sup> (Mitsubishi, Japan). Thời gian lưu bùn (solids retention time: SRT) được kiểm soát theo chế độ 25 ngày. Chu kỳ hoạt động và nghỉ của màng lọc với thời gian 10:1 phút. Để duy trì DO ≥ 2,0 mg/l trong quá trình vận hành, nghiên cứu bố trí sử dụng thiết bị cấp khí có lưu lượng 1,7 m<sup>3</sup>/h. Hiệu suất lọc qua màng tương đương 15-20 l/(m<sup>2</sup>.h). Không khí được cung cấp để vi sinh vật phân hủy chất hữu cơ, thúc đẩy quá trình nitrát hóa và giảm tắc nghẽn màng. Nồng độ

MLSS ban đầu trong bể phản ứng duy trì khoảng 10000 mg/l.

Mô hình nghiên cứu tiến hành điều chỉnh pH dao động trong khoảng 6,5-8,0 và vận hành trong thời gian 121 ngày với chế độ thời gian lưu thủy lực (hydraulic retention time: HRT) khác nhau để đánh giá hiệu quả xử lý TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, N, P. Trong quá trình vận hành chỉ rửa màng bằng nước máy, sục khí bề mặt và không bổ sung dinh dưỡng cũng như không kiểm soát F/M. Quá trình rửa màng lọc được thực hiện tương ứng theo mỗi giai đoạn thí nghiệm.



Hình 1: Sơ đồ mô hình thí nghiệm

Bảng 2: Thông số và các giai đoạn vận hành

Giai đoạn	Ngày thứ	Lưu lượng, lít/giờ	Thời gian lưu nước, giờ	Thời gian lưu bùn, ngày	Tải lượng chất hữu cơ, kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày
1	1-30	4	9,0	25	1,7
2	31-60	8	4,5	25	3,4
3	61-90	12	3,0	25	5,1
4	91-121	16	2,25	25	6,8

Theo như nghiên cứu của Stefan & Walter (2001), quá trình thí nghiệm được khảo sát với thời gian lưu nước HRT thấp nhất ở mức 1,5 giờ trên đối tượng nước thải đô thị. Trong khi, Ren *et al.* (2001) lại tiến hành đánh giá HRT trong khoảng thời gian từ 1-3 giờ. Kinh nghiệm đối với các nguồn nước thải sinh hoạt từ các khu dân cư, việc thiết lập HRT thường lựa chọn trong khoảng 1,5-7,5 giờ (Defrance & Jaffrin, 1999; Huang *et al.*, 2000; Shim *et al.*, 2002). Trong phạm vi nghiên

cứ này, nhằm mục đích khảo sát đánh giá khả năng xử lý các chất ô nhiễm ở các tải lượng chất hữu cơ khác nhau, nghiên cứu tiến hành điều chỉnh và thay đổi lưu lượng nạp nước trong quá trình thí nghiệm theo các giai đoạn với lưu lượng: 4, 8, 12, 16 lít/giờ. Thời gian lưu thủy lực (HRT) tương ứng lần lượt là 9,0; 4,5; 3,0 và 2,25 giờ. Tải lượng chất hữu cơ (organic loading rate: OLR) dao động trong khoảng giá trị 1,7 đến 6,8 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày.

Bảng 3: Các thông số vận hành mô hình

Thông số	Đơn vị	MBR			
		OLR <sub>1</sub>	OLR <sub>2</sub>	OLR <sub>3</sub>	OLR <sub>4</sub>
F/M	ngày <sup>-1</sup>	0,006±0,0009	0,013±0,0017	0,018±0,0045	0,027±0,0058
OLR	kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	1,7	3,4	5,1	6,8
HRT	giờ	9,0	4,5	3,0	2,25
SRT	ngày	25	25	25	25
MLSS	mg/l	10431,1±1114,5	11092,5±1886,9	11403,5±2501,9	10773,4±2756,8
pH	-	7,4±0,5	8,0±0,2	7,2±0,4	7,5±0,4
DO	mg/l	6,1±0,4	5,2±0,3	4,1±0,2	3,9±0,1
Nhiệt độ	°C	32,0±1,6	34,9±2,1	37,0±1,9	40,6±1,2

**2.3 Phương pháp phân tích và xử lý số liệu**

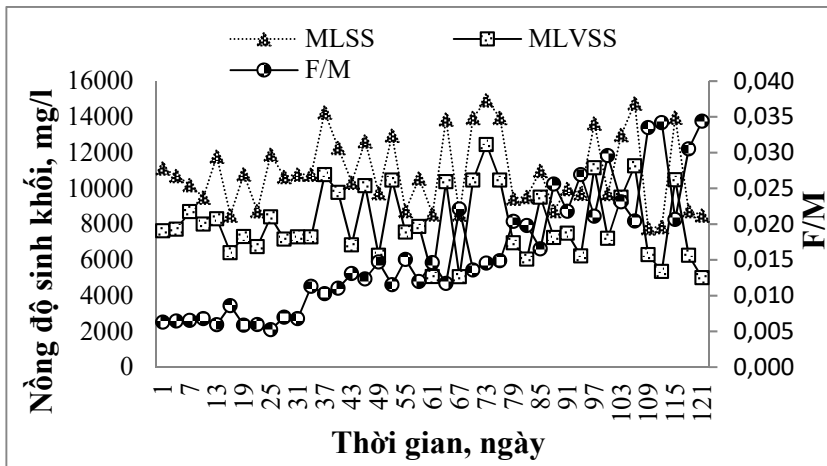
Phương pháp phân tích các thông số chất lượng nước theo phương pháp chuẩn APHA, 2005. Tần suất đo đạc các chỉ tiêu chất lượng nước được thực hiện 3 lần/tuần. Các giá trị pH, nhiệt độ, DO được đo bằng thiết bị đo nhanh. Trong đó, pH đo bằng máy cầm tay WTW 340i (Đức) và DO xác định bằng thiết bị đo nhanh cầm tay (Oron, Mỹ). Xác định chỉ tiêu BOD<sub>5</sub> bằng phương pháp ủ trong điều kiện 20°C và 5 ngày (từ ủ BOD Aqualytic, Đức). Hàm lượng COD đo bằng máy quang phổ UV-VIS, theo phương pháp SMEWW 5220-D:2005. Hàm lượng nitơ tổng (TN), phot-pho tổng (TP) đo bằng máy quang phổ UV-VIS, theo các phương pháp SMEWW 4500-N và 4500-P. Chỉ số TSS, MLSS, MLVSS được xác định theo phương pháp trọng lượng TCVN 6625:2000 (lọc bằng giấy lọc có kích thước 0,45 μm rồi sấy khô đến khối lượng không đổi ở các nhiệt độ 105°C và 550°C).

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Kết quả thông số vận hành và ưu điểm của công nghệ MBR**

Thông số pH được duy trì trong khoảng giá trị từ 6,7 đến 8,4 và có trung bình bằng 7,5 (SD=0,44; n=41). Trong khi, giá trị hàm lượng oxy hòa tan trung bình 4,8 mg/l (SD=0,92; n=41). Nhiệt độ bề phản ứng trung bình 35,2°C (SD=1,84; n=41), các giá trị thấp nhất - cao nhất lần lượt tương ứng 28,7°C và 44,3°C.

Nhìn chung, hàm lượng MLSS trung bình bề phản ứng được duy trì tương đương 10913,1 ± 2089,7 mg/l. Nồng độ MLSS theo các giai đoạn vận hành thí nghiệm có giá trị lần lượt 10431,1 ± 1114,5 (OLR<sub>1</sub>); 11092,5 ± 1887,0 (OLR<sub>2</sub>); 11403,5 ± 2501,9 (OLR<sub>3</sub>) và 10773,4 ± 2756,8 mg/l (OLR<sub>4</sub>).



**Hình 2: Nồng độ sinh khối và chỉ số F/M trong bể phản ứng theo các tải lượng chất hữu cơ**

Hoạt động vận hành có tỷ số F/M khá thấp và dao động từ 0,005 đến 0,034 (ngày<sup>-1</sup>). Quá trình tạo bùn thấp trong điều kiện F/M thấp cũng được khẳng định trong công trình nghiên cứu của nhóm tác giả Huang *et al.* (2001). Thông thường, giá trị F/M thấp do sinh khối được giữ lại để duy trì nồng độ MLSS ở mức độ cao (Metcalf & Eddy, 2003). Việc áp dụng công nghệ màng lọc MBR có khả

năng xử lý ổn định và đạt hiệu suất loại bỏ COD cao (Rosenberger *et al.*, 2002).

**3.2 Khả năng loại bỏ hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng**

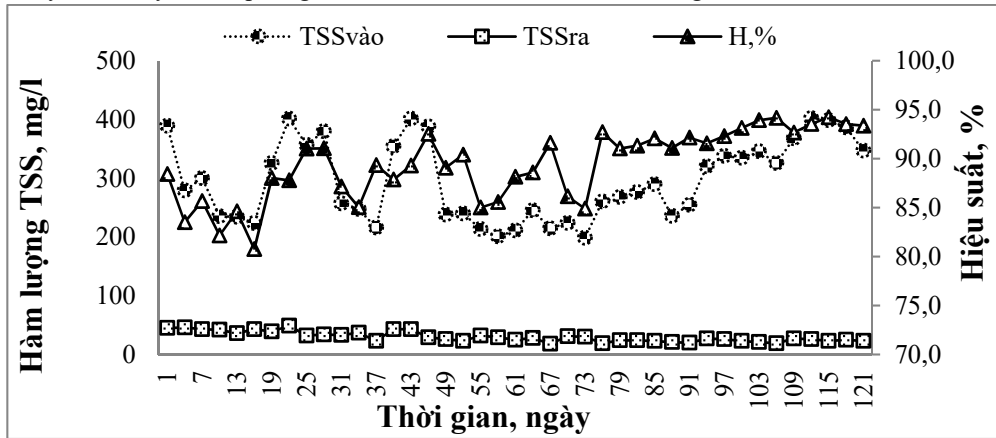
Khả năng xử lý hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng (TSS) theo các tải lượng chất hữu cơ khác nhau được thống kê và trình bày ở Bảng 4.

**Bảng 4: Hiệu quả xử lý TSS theo các tải lượng chất hữu cơ khác nhau**

STT	OLR	N	Kết quả	TSS vào	TSS ra	H, %
1	OLR <sub>1</sub> =1,7 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	11	Trung bình	307,4	40,2	86,4
			Độ lệch chuẩn	66,7	5,7	
2	OLR <sub>2</sub> =3,4 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	270,9	31,0	88,2
			Độ lệch chuẩn	78,2	7,6	
3	OLR <sub>3</sub> =5,1 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	246,7	23,8	90,2
			Độ lệch chuẩn	28,7	4,6	
4	OLR <sub>4</sub> =6,8 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	356,5	24,0	93,2
			Độ lệch chuẩn	30,2	2,7	

Hàm lượng TSS trước và sau xử lý lần lượt có giá trị dao động trong khoảng 198,5 đến 402,1 mg/l và 18,0 đến 49,0 mg/l. Các kết quả cho thấy sự phù hợp với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải

sinh hoạt QCVN14:2008/BTNMT. Nghiên cứu của Chu & Li (2006) cho thấy kích thước lỗ lọc MBR nhỏ nên có khả năng lọc và loại bỏ tốt hàm lượng chất rắn lơ lửng.



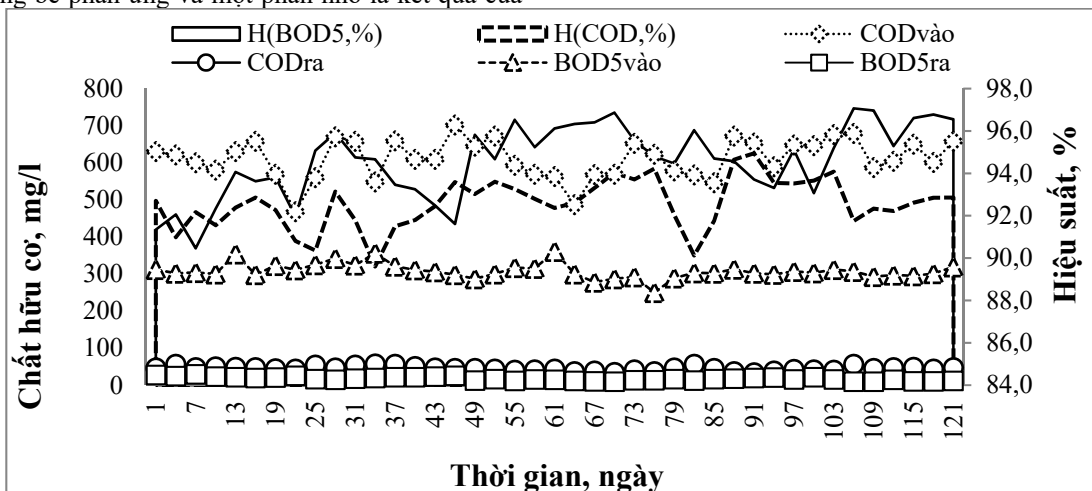
Hình 3: Sự thay đổi hàm lượng và hiệu quả xử lý TSS trong quá trình vận hành

Hiệu quả xử lý hàm lượng chất rắn lơ lửng tổng cao, dao động trong khoảng 80,8 đến 94,2%, với trung bình đạt 89,4% (SD=3,6; n=41). Trung bình mức độ xử lý theo các tải lượng chất hữu cơ khác nhau lần lượt được thể hiện ở Bảng 4 và Hình 3. Trong đó, hiệu quả có xu hướng tăng dần theo việc tăng tải lượng chất hữu cơ theo thời gian. Đối với các chất hữu cơ hòa tan được vi sinh vật sử dụng làm nguồn cơ chất để tạo tế bào mới. Các hợp chất hữu cơ không phân hủy sinh học được loại bỏ bằng cơ chế lọc các hạt lơ lửng và thải bỏ cùng với bùn. Theo như nghiên cứu của Gander *et al.* (2000) màng lọc sinh học sẽ loại bỏ các hạt hữu cơ không tan và thải cùng với sinh khối.

### 3.3 Khả năng xử lý các hợp chất hữu cơ

Hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ chủ yếu nhờ vào hoạt động của vi sinh vật (bông bùn hoạt tính) trong bể phản ứng và một phần nhỏ là kết quả của

quá trình lọc màng (Xing *et al.*, 2000). Lưu lượng không khí cấp cho bể phản ứng là nhân tố chủ đạo ảnh hưởng mạnh mẽ đến hoạt động sinh hóa loại bỏ BOD<sub>5</sub> và COD. Giá trị thông số BOD<sub>5</sub>, COD trước và sau xử lý trong suốt thời gian 121 ngày vận hành được thể hiện ở Hình 4. Hàm lượng BOD<sub>5</sub> khảo sát dao động trong khoảng 250 - 361 mg/l. Kết quả sau xử lý dao động từ 8,7 đến 29,0 mg/l. Kết quả COD đầu vào dao động mức khá cao (từ 468 đến 702 mg/l). Tuy nhiên COD đầu ra có kết quả khá thấp (≤57,0 mg/l). Trong khi, theo như QCVN 14:2008/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt (Cột A), ngưỡng giới hạn cho phép đối với các chỉ tiêu BOD<sub>5</sub>, COD lần lượt là 30 và 75 mg/l. Điều này cho thấy ưu điểm của công nghệ MBR có thể áp dụng cho mục đích xử lý, tái sử dụng tưới tiêu và bảo vệ môi trường.



Hình 4: Sự thay đổi hàm lượng và hiệu suất xử lý chất hữu cơ trong quá trình vận hành



Trong điều kiện tuổi bùn cao đạt được do thời gian lưu bùn lớn (25 ngày) cho phép quá trình khoáng hóa hoàn toàn các chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học trong nước thải. Hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub> tăng theo thời gian khi tăng tải lượng chất hữu cơ từ 1,7 (tương ứng hiệu suất 93,2%) lên 6,8 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày (tương đương 95,6%). Tương tự

đối với hàm lượng COD, hiệu suất cũng có xu hướng tăng nhẹ từ 91,9% (giai đoạn 1) lên 93,1% (giai đoạn 3) và sau đó giảm nhẹ xuống ở giai đoạn 4 (92,9%). Chi tiết hiệu suất xử lý BOD<sub>5</sub> và COD theo các tải lượng chất hữu cơ khác nhau được trình bày ở các Bảng 5.

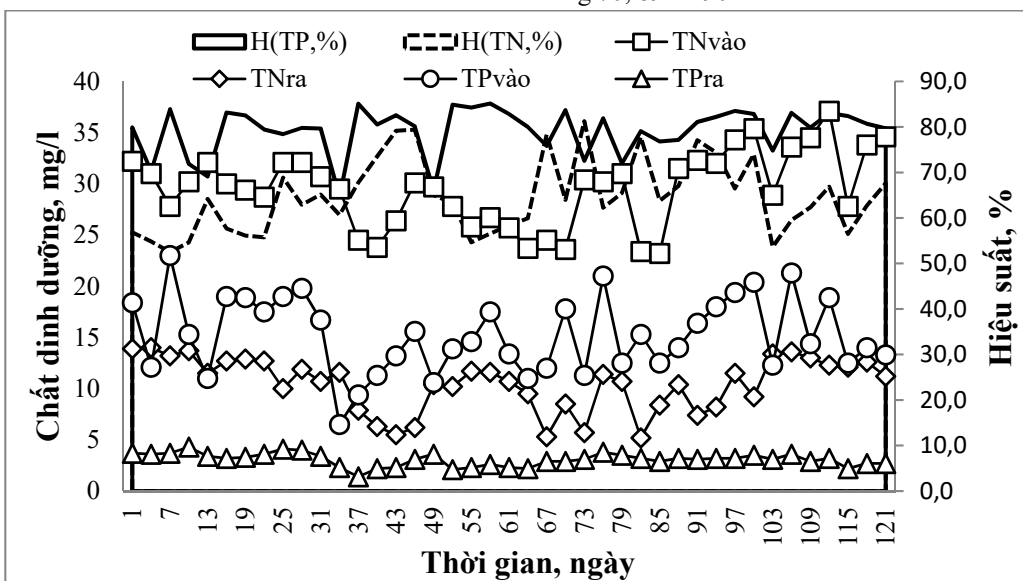
**Bảng 5: Hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub> và COD theo các tải lượng chất hữu cơ khác nhau**

OLR	N	Kết quả	BOD <sub>5</sub> , mg/l			COD, mg/l		
			Vào	Ra	H,%	Vào	Ra	H,%
OLR <sub>1</sub> =1,7 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	11	Trung bình	317,7	21,4	93,2	604,0	48,5	91,9
		Độ lệch chuẩn	18,0	4,7		58,4	4,3	
OLR <sub>2</sub> =3,4 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	317,2	17,7	94,4	616,9	46,6	92,4
		Độ lệch chuẩn	24,0	4,8		51,1	5,9	
OLR <sub>3</sub> =5,1 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	291,6	13,6	95,3	591,5	40,1	93,1
		Độ lệch chuẩn	17,7	3,3		57,5	7,1	
OLR <sub>4</sub> =6,8 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	303,3	13,4	95,6	633,8	44,7	92,9
		Độ lệch chuẩn	8,1	4,4		35,3	5,2	

Kết quả nghiên cứu được thể hiện ở Hình 4 cho thấy hiệu suất xử lý các hợp chất hữu cơ của công nghệ MBR trên 89%. Nghiên cứu của Xing *et al.* (2001) trên nước thải đô thị cũng có kết quả loại COD rất tốt, hiệu suất xử lý đạt 95%. Hiệu suất loại BOD<sub>5</sub> thấp nhất đạt 90,5% (ngày thứ 7) và cao nhất lên tới 97,1% (ngày thứ 106). Trong khi mức độ xử lý COD dao động từ 89,6% (ngày thứ 34) đến 94,9% (ngày thứ 91). Hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub> cao hơn so với COD cho thấy thành phần, tính chất nước thải chứa nhiều chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học. Điều này được thể hiện qua tỷ số COD:BOD<sub>5</sub> khá thấp và dao động từ khoảng 1,5 đến 2,5 (Henze *et al.*, 2008).

**3.4 Khả năng xử lý các chất dinh dưỡng**

Hiệu quả xử lý nitơ ở giai đoạn đầu khá thấp (59,0%) do quá trình nitrát hóa diễn ra còn chậm. Ở các giai đoạn 2 và 3, khi tăng tải lượng chất hữu cơ lên mức 3,4 và 5,1 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày thì mức độ xử lý TN đạt được sự ổn định nhất định, với lần lượt hiệu suất 65,9% và 69,7%. Do thiết lập thời gian lưu bùn SRT dài giúp ngăn ngừa thất thoát vi khuẩn nitrát hóa và cải thiện khả năng nitrát hóa của bùn hoạt tính. Tuy nhiên, trên phương diện chung thì hiệu quả xử lý nitơ trong nghiên cứu này thấp hơn so với các công trình tương tự. Cụ thể, xem xét các nghiên cứu của Wang *et al.* (2006), Monclus *et al.* (2010) và Wen *et al.* (2015) cho thấy mức độ xử lý nitơ khá cao và lần lượt tương ứng 70, 89 và 90 %.



**Hình 5: Sự thay đổi hàm lượng và hiệu quả xử lý nitơ và phốt-pho quá trình vận hành**

**Bảng 6: Hiệu quả xử lý N và P theo các tải lượng chất hữu cơ khác nhau**

OLR	N	Kết quả	TN			TP		
			Vào	Ra	H, %	Vào	Ra	H, %
OLR <sub>1</sub> =1,7 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	11	Trung bình	30,6	12,5	59,0	17,3	3,7	78,0
		Độ lệch chuẩn	1,5	1,3		3,5	0,3	
OLR <sub>2</sub> =3,4 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	27,0	9,2	65,9	12,6	2,4	79,6
		Độ lệch chuẩn	2,2	2,5		3,2	0,6	
OLR <sub>3</sub> =5,1 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	27,4	8,3	69,7	14,4	3,1	78,0
		Độ lệch chuẩn	4,0	2,3		3,2	0,4	
OLR <sub>4</sub> =6,8 kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày	10	Trung bình	33,2	11,7	64,4	16,5	3,0	81,2
		Độ lệch chuẩn	2,9	1,8		3,5	0,4	

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng việc loại bỏ photpho cao hơn so với nitơ. So sánh với nghiên cứu của nhóm tác giả Monclus *et al.* (2010) cho thấy quá trình hấp thụ và mức độ loại bỏ photpho khá cao, ứng với 92%. Mức độ xử lý TP dao động trong khoảng 52,5% (ngày thứ 7) đến 81,3% (ngày thứ 73). Trong điều kiện hiếu khí, hàm lượng photpho trong nước thải sẽ được vi khuẩn ưa photpho hấp thụ và tích lũy. Lượng photpho được loại bỏ nhờ sự kết hợp và đi vào tế bào sinh khối. Trung bình hiệu suất xử lý TN và TP lần lượt đạt 64,6% (SD=8,1; n=41) và 79,2% (SD=5,2; n=41). Hiệu suất loại bỏ photpho thấp nhất đạt 64,6% (ngày thứ 34) và cao nhất là 85,1% (ngày thứ 37). Việc cấp khí có vai trò thúc đẩy quá trình loại bỏ N và P dựa trên các cơ chế nitrát hóa - khử nitrát hóa và hấp thụ - giải phóng photpho trong bể phản ứng MBR. Vì sinh vật sử dụng oxy hòa tan để oxy hóa sinh học, đồng hóa các chất dinh dưỡng. Photpho được tích lũy dưới dạng poly photphát vào sinh khối vi sinh vật. Công nghệ màng MBR hiếu khí được xem là giải pháp thích hợp xử lý, loại bỏ nitơ trong nước thải sinh hoạt nhờ quá trình khử nitrát hóa không hoàn toàn tạo thành oxit nitơ (NO, N<sub>2</sub>O) và thoát ra khỏi tế bào (Ueda *et al.*, 1996).

**4 KẾT LUẬN**

Nghiên cứu áp dụng công nghệ màng MBR xử lý nước thải dân cư có hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub>, COD trên 90%; xử lý nitơ đạt 52,5-81,3% và photpho đạt 64,6-85,1%. Hàm lượng cặn lơ lửng cũng được loại bỏ và đáp ứng yêu cầu Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt QCVN14:2008/BTNMT. Hiệu quả loại N và P được tăng cường ngay cả trong điều kiện vận hành OLR thấp. Ưu điểm của công nghệ MBR là duy trì nồng độ MLSS ổn định và ở mức cao. Bể phản ứng tạo điều kiện thuận lợi để vi sinh vật phân giải và xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải. Khả năng thẩm lọc qua màng có kích thước khe nhỏ cũng góp phần nâng cao hiệu quả loại bỏ tác nhân gây ô nhiễm. MBR là công nghệ có thể ứng dụng xử lý nước thải sinh hoạt nhằm mục đích kiểm soát ô nhiễm và bảo vệ môi trường hiệu quả, đặc biệt phù hợp đối với

các khu dân cư, đô thị mới có hệ thống thu gom nước thải hoàn chỉnh.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

APHA, AWWA, WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Ed. American Public Health Association, Washington DC.

Baker, R.W., 2004. Membrane Technology and Application, 2nd Ed. John Wiley & Sons Ltd, USA.

Chu L., Li S., 2006. Filtration capability and operational characteristics of dynamic membrane bioreactor for municipal wastewater treatment. Separation and Purification Technology, 51(2): 173-179.

Cicek N., 2003. A review of Membrane Bioreactors and their potential application in the treatment of agricultural wastewater. Canadian Biosystems Engineering, 45(6): 37-49.

Defrance, L., Jaffrin, M.Y., 1999. Comparison between filtrations at fixed trans membrane pressure and fixed permeate flux: application to a membrane bioreactor used for wastewater treatment. Journal of Membrane Science, 152(2): 203-210.

Gander, M.A., Jefferson, B., Judd, S.J., 2000. Membrane bioreactors for use in small wastewater treatment plants: membrane materials and effluent quality. Water Science and Technology, 41(1): 205-211.

Trần Đức Hạ, Trần Thị Việt Nga, Trần Hoài Sơn, 2012. Ứng dụng công nghệ AO-MBR để xử lý nước thải sinh hoạt Hà Nội. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Viện KH&CN Việt Nam, 50(2B): 40-47.

Henze M., M.C.M. van Loosdrecht, G.A. Ekama and D. Brdjanovic, 2008. Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. IWA Publishing, London, UK.

Huang, X., Gui, P., Qian, Y., 2000. Performance of submerged membrane bioreactor for domestic wastewater treatment. Tsinghua Science and Technology, 5(3): 237-240.

Huang, X., Gui, P., Qian, Y., 2001. Effect of sludge retention time on microbial behaviour in a submerged membrane bioreactor. Process Biochemistry, 36(10): 1001-1006.

Metcalf & Eddy., 2003. Wastewater engineering treatment and reuse, 4th Ed. McGraw Hill.

- Monclus H., Sipma J., Ferrero G., Rodriguez-Roda I., Comas J., 2010. Biological nutrient removal in an MBR treating municipal wastewater with special focus on biological phosphorus removal. *Bioresource Technology*, 101(11): 3984-3991.
- Qin, J.J., Oo, M.H., Tao, G., Kekre, K.A., 2007. Feasibility study on petrochemical wastewater treatment and reuse using submerged MBR. *Journal of Membrane Science*, 293(1-2): 161-166.
- Ren, N.Q., Zhang, Y., Chen, Z.B., 2001. The mathematical model analysis of membrane flux by using submerged bioreactor with different membrane forms. *High Technology Letters*, 11: 100-103.
- Rosenberger, S., Kruger, U., Witzig, W., Manz, W., Szewzyk, U., Kraume, M., 2002. Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal wastewater. *Water Research*, 36(2): 413-420.
- Saima F., Beiping Z., Zhengxing Z., Lan G., Xiejuan L., 2015. Membrane separation technology on pharmaceutical wastewater by using MBR (Membrane Bioreactor). *Journal of Environmental Protection*, 6(4): 299-307.
- Shim, J.K., Yoo, I.K., Lee, Y.M., 2002. Design and operation considerations for wastewater treatment using a flat submerged membrane bioreactor. *Process Biochemistry*, 38(2): 279-285.
- Sridang, P.C., Kaiman, J., Pottier, A. and Wisniewski, C., 2006. Benefits of MBR in seafood wastewater treatment and water reuse: study case in Southern part of Thailand. *Desalination*, 200(1-3): 712-714.
- Stefan, H., Walter, T., 2001. Treatment of urban wastewater in a membrane bioreactor at high organic loading rates. *Journal of Biotechnology*, 92(2): 95-101.
- Đỗ Khắc Uẩn, Rajesh Banu, Ick- Tae Yeom, 2010. Đánh giá các ảnh hưởng của thông số động học và điều kiện vận hành đến sản lượng bùn dư trong hệ thống xử lý nước thải đô thị bằng phương pháp sinh học kết hợp với lọc màng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, 4(39): 25-33.
- Ueda, T., Hata, K., Kikuoka, Y., 1996. Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor. *Water Science and Technology*, 34(9): 189-196.
- Wang Z.W., Wu Z.C., Gu G.W., Yu G.P., Ma L.M., 2006. Simultaneous nitrogen and phosphorus removal in an aerobic submerged membrane bioreactor. *Journal of Environmental Sciences*, 18(3): 439-45.
- Water Environment Federation, 2006. *Membrane systems for wastewater treatment*. Press McGraw-Hill, New York.
- Wen, J., Liu, Y., Tu, Y. and LeChevallier, M., 2015. Energy and chemical efficient nitrogen removal at a full-scale MBR water reuse facility. *AIMS Environmental Science*, 2(1): 42-55.
- Xing, C.H., Tardieu E., Qian Y., Wen W.H., 2000. Ultrafiltration membrane bioreactor for urban wastewater reclamation. *Journal of Membrane Science*, 177(1-2): 73-82.
- Xing, C.H., Wen, X.H., Qian, Y., Tardieu, E., 2001. Microfiltration-membrane-coupled bioreactor for urban wastewater reclamation. *Desalination*, 141(1): 63-73.