

# NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ TÍCH HỢP SBR-MBR ỨNG DỤNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT PHÁT SINH TỪ CHUNG CƯ CAO TẦNG

## A DEVELOPMENT STUDY ON THE INTEGRATED SBR-MBR TECHNOLOGY FOR TREATING APARTMENT DOMESTIC WASTEWATER

Bùi Thị Thủy Ngân<sup>1</sup>, Trần Hùng Thuận<sup>1</sup>, Đỗ Khắc Uẩn<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Tuyền<sup>1</sup>, Chu Xuân Quang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Công nghệ vật liệu, Viện Ứng dụng công nghệ (NACENTECH)

<sup>2</sup>Viện Khoa học và công nghệ môi trường, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST)

Đến Tòa soạn ngày 17/11/2020, chấp nhận đăng ngày 26/12/2020

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định điều kiện vận hành phù hợp và đánh giá khả năng xử lý nước thải sinh hoạt phát sinh từ các tòa nhà chung cư cao tầng của công nghệ tích hợp SBR-MBR. Hệ thống SBR-MBR đã được thiết kế trên cơ sở kết hợp các công nghệ xử lý sinh học theo mẻ (SBR) và xử lý sinh học - lọc màng (MBR). Các thông số kỹ thuật chính như: năng suất lọc, giai đoạn SBR kết hợp lọc màng, chế độ lọc màng... đã được khảo sát và lựa chọn. Nước thải đầu vào có khoảng giá trị COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SS lần lượt là 326 - 548 mg/L, 195-320 mg/L; 36-54 mg/L, 8-22 mg/L; 110-254 mg/L. Năng suất lọc thích hợp được lựa chọn là 40 L/m<sup>2</sup>.h. Giai đoạn vận hành thích hợp là tiến hành lọc màng trong giai đoạn lắng và rút nước (sau khi kết thúc giai đoạn xử lý sinh học hiếu khí). Hiệu quả xử lý COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SS lần lượt là 90,4; 90,0; 91,6; 77,3; 98,0%. Kết quả cho thấy công nghệ tích hợp SBR-MBR là công nghệ phù hợp để xử lý nước thải sinh hoạt tại các tòa nhà chung cư cao tầng.

**Từ khóa:** Công nghệ SBR, công nghệ MBR, công nghệ tích hợp SBR-MBR, nước thải sinh hoạt.

**Abstract:** This study is aimed to select the suitable operating condition and to evaluate the efficiency of the integrated SBR-MBR technology for treating apartment domestic wastewater. The SBR-MBR system is an integration of the sequencing batch reactor (SBR) and the membrane bio-reactor (MBR). Major technical parameters such as flux, SBR stage combined with filtration, filtration condition, etc. were investigated in order to choosing the suitable operation mode. The influence is having COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, and SS concentration of 326-548 mg/L, 195-320 mg/L; 36-54 mg/L, 8-22 mg/L; and 110-254 mg/L respectively. Appropriate permeate flux was found to be 40 L/m<sup>2</sup>.h. Integrating membrane filtration step into the settle and decant stages is most suitable operating condition. The removal efficiency of COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, and SS were respectively 90,4; 90,0; 91,6; 77,3; and 98,0%. In conclusion, the integrated SBR-MBR technology is an effective solution for treating apartment domestic wastewater.

**Keywords:** Sequencing batch reactor; membrane bioreactor; membrane sequencing batch reactor, domestic wastewater.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, cùng với tốc độ đô thị hóa nhanh; nhu cầu về nhà ở, kinh doanh,

văn phòng, tái định cư ngày càng tăng cao. Chỉ tính riêng khu vực Hà Nội, đã có hàng trăm tòa nhà chung cư cao tầng được xây dựng tại

các khu đô thị mới. Một trong những vấn đề phát sinh kèm theo chính là vấn đề xử lý nước thải trong bối cảnh quỹ đất để xây dựng trạm xử lý có hạn. Trong khi đó, nước thải sinh hoạt từ các tòa nhà chung cư cao tầng thường có hàm lượng các chất hữu cơ (COD, BOD<sub>5</sub>,...), chất phú dưỡng (nitơ, photpho), chất rắn lơ lửng (SS), dầu mỡ, chất béo và chất tẩy rửa, vi sinh vật... tương đối cao [1, 2]. Vì vậy việc cải tiến công nghệ nhằm giải quyết bài toán này là vấn đề cần thiết. Nước thải sinh hoạt từ các tòa nhà cao tầng nếu chỉ được xử lý sơ bộ trong các hệ thống bể phốt trước khi xả thải vào hệ thống thoát nước thải công cộng thì hầu hết các thông số ô nhiễm của nước thải không đáp ứng được quy chuẩn. Hiện nay, phương pháp xử lý vi sinh bằng bùn hoạt tính đang được sử dụng phổ biến và rộng rãi nhất để xử lý nước thải sinh hoạt [1]. Nhiều công nghệ đang được áp dụng để xử lý nước thải sinh hoạt như: công nghệ SBR (công nghệ sinh học hiếu khí theo mẻ), công nghệ MBR (công nghệ xử lý sinh học kết hợp lọc màng), công nghệ MBBR (công nghệ sinh học với giá thể lơ lửng), công nghệ AAO (công nghệ sinh học kết hợp 3 quá trình yếm khí - thiếu khí - hiếu khí)... Tuy nhiên mỗi công nghệ có những ưu điểm và hạn chế nhất định [1,2,3]. Để xử lý nước thải sinh hoạt từ các tòa nhà cao tầng đạt được tiêu chuẩn xả thải ngày càng chặt chẽ, trong điều kiện mặt bằng xây lắp hệ thống bị hạn chế là một điều không hề đơn giản. Do vậy, cần hướng đến những công nghệ xử lý tiên tiến. Một trong những đặc trưng rất cơ bản của nguồn nước thải sinh hoạt là dòng thải không thải liên tục; vì vậy việc lựa chọn công nghệ xử lý theo mẻ (SBR) tỏ ra phù hợp hơn công nghệ xử lý dòng liên tục (CAS). Tuy nhiên, chất lượng nước thải dòng ra lại phụ thuộc vào các điều kiện thủy động trong bể xử lý ở giai đoạn lắng và đặc tính lắng của bùn. Ngoài ra, để đảm bảo đạt được yêu cầu về mặt vi sinh thì cần phải xử lý thêm bằng các công đoạn như lọc, hấp phụ bằng than hoạt tính và khử trùng. Áp dụng kỹ thuật lọc màng để tách sinh khối sẽ khắc phục được những hạn chế của bể lắng

và giảm bớt các công đoạn hậu xử lý nêu trên [4,5]. Màng lọc có khả năng tách hoàn toàn các chất rắn lơ lửng và đảm bảo dòng thải ra có chất lượng cao [2]. Việc kết hợp công nghệ SBR với công nghệ lọc màng để hình thành một công nghệ tích hợp SBR-MBR có tiềm năng ứng dụng trong thực tế xử lý nước thải sinh hoạt từ các tòa nhà cao tầng nhằm đáp ứng mục tiêu đảm bảo diện tích sử dụng thấp, có tính hợp khối và có khả năng tạo các đơn nguyên linh động, đồng thời vẫn đảm bảo chất lượng nước sau xử lý đạt yêu cầu [6,7]. Tuy nhiên, hiệu quả xử lý phụ thuộc rất lớn vào điều kiện vận hành của hệ thống.

Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm đã được tiến hành để lựa chọn năng suất lọc và lựa chọn giai đoạn vận hành thích hợp; từ đó đánh giá hiệu quả xử lý của hệ tích hợp SBR-MBR trong xử lý nước thải sinh hoạt cho các tòa nhà chung cư cao tầng thông qua các thông số ô nhiễm như BOD<sub>5</sub>, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SS.

## **2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Vật liệu nghiên cứu**

Nước thải nghiên cứu được lấy từ hồ gom nước thải sinh hoạt của một số tòa nhà chung cư cao tầng tại khu vực Hà Nội. Nước thải sau khi lấy được trộn đều, xử lý sơ bộ bằng cách lọc qua lưới lọc có kích thước lỗ sàng 1,0-1,5 mm nhằm loại bỏ các thành phần rắn thô, kích thước lớn. Thành phần và hàm lượng (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 là 250 và 420 mg/l. Đối với thành phần phú dưỡng (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) khảo sát với các trị số giả lập vượt ngưỡng xả thải là 50 và 20 mg/l.

**Bảng 1. Kết quả chất lượng nước thải và giới hạn cho phép**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị	QCVN 14:2008 /BTNMT (cột B)
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	250	50
2	SS	mg/L	200	100
3	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	50	10
4	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,1	50
5	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	20	10

Màng lọc sử dụng trong quá trình nghiên cứu là màng lọc dạng tấm phẳng chế tạo từ sợi thép không gỉ, kích thước lỗ màng 1,0  $\mu\text{m}$  (Hitachi Metals Co., Ltd., Japan), được hàn nối tạo hình thành môđun hình trụ tròn.

## 2.2. Mô hình thí nghiệm

Sơ đồ hệ thống thí nghiệm được thể hiện trên hình 1. Hệ thống sử dụng 4 môđun màng lọc giống nhau, bố trí tại bốn vị trí đối xứng nhau trong bể xử lý, mỗi môđun có diện tích màng lọc  $\sim 0,1 \text{ m}^2$  (đường kính 100 mm, chiều cao 300 mm). Các môđun được đặt ngập trong bể xử lý. Chế độ vận hành được kiểm soát bằng thiết bị điều khiển thời gian kết nối với bơm sục khí, bơm hút. Một bộ khuếch tán không khí được lắp đặt phía dưới màng lọc với hai vai trò vừa cung cấp oxy cho vi sinh vật sinh trưởng và phát triển, vừa loại bỏ lớp chất rắn bám trên bề mặt màng lọc giúp giảm tắc nghẽn màng.

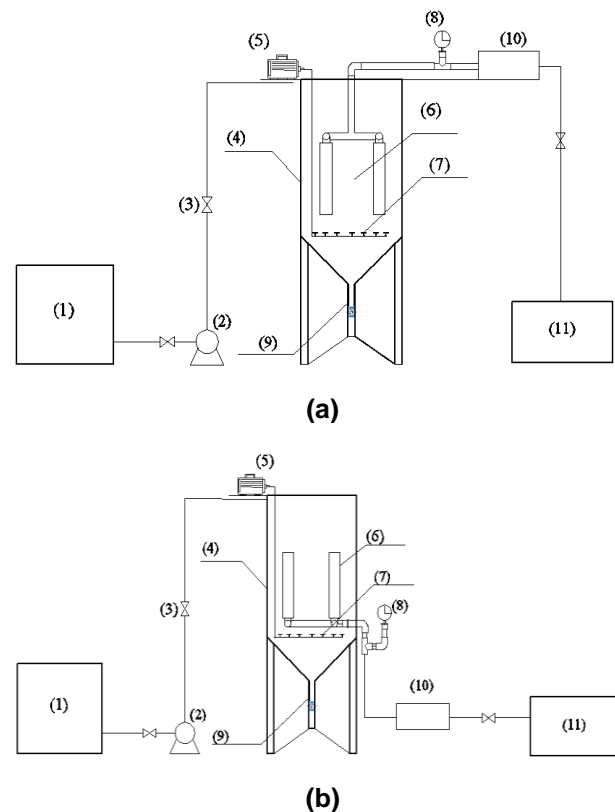
Bùn hoạt tính (BHT) sử dụng trong hệ thống lấy từ nguồn bùn hoạt tính lưu trữ tại phòng thí nghiệm của Trung tâm Công nghệ vật liệu, được hoạt hóa để sinh trưởng và thích ứng với nước thải sinh hoạt của các tòa nhà chung cư cao tầng (NTSH). Hàm lượng bùn hoạt tính được duy trì đạt 3000 mg/L trong hệ thống, cường độ sục khí 25 lít/phút, hàm lượng oxy hòa tan (DO) thay đổi tùy theo giai đoạn xử lý, pH 7 - 8.

Môđun được tích hợp vào bể xử lý theo hai

phương thức sắp đặt để tạo thành hai hệ thí nghiệm:

▪ *Hệ hút nước từ dưới lên (hệ thí nghiệm 1):* Bơm hút đặt phía bên trên hệ thống, đầu hở của môđun hướng lên trên nối với bơm hút. Nước sau xử lý sẽ được hút từ dưới lên trên qua màng lọc ra ngoài. Áp suất hút là tác nhân hút nước qua màng lọc (hình 1a);

▪ *Hệ hút nước từ trên xuống (hệ thí nghiệm 2):* Môđun được đặt ngược chiều so với hệ trên, một đầu môđun nối với đường ống, môđun chịu áp lực của khối nước trong bể xử lý và áp suất không khí. Nước trong bể xử lý tự thẩm thấu qua màng lọc ra ngoài mà không cần bơm hút. Tuy nhiên, bơm hút vẫn được lắp đặt phía dưới hệ thống để hỗ trợ trong trường hợp cần tăng áp suất hút (hình 1b).



**Hình 1. Mô hình xử lý nước thải bằng công nghệ tích hợp SBR-MBR**

- (1) Bể chứa nước thải đầu vào; (2) Bơm nước thải;  
 (3) Van nước; (4) Hệ tích hợp SBR-MBR; (5) Bơm sục khí;  
 (6) Màng lọc; (7) Quả sục khí; (8) Đồng hồ đo áp suất khí;  
 (9) Van xả đáy; (10) Bơm hút;  
 (11) Bể chứa nước thải đầu ra

Đối với quá trình lựa chọn năng suất lọc thích hợp, đã khảo sát các giá trị: 10, 20, 30, 40, 50, 60 L/m<sup>2</sup>.h. Thời gian lọc kéo dài 4 giờ. Trên cơ sở đánh giá ảnh hưởng của năng suất lọc đến áp suất hút (TMP) sẽ lựa chọn được năng suất lọc thích hợp đối với hệ thống xử lý. Đối với nghiên cứu lựa chọn giai đoạn vận hành thích hợp, tiến hành thí nghiệm vận hành lọc màng ở tất cả các giai đoạn của kỹ thuật SBR, duy trì năng suất lọc không đổi và khảo sát mức độ tắc nghẽn màng lọc để từ đó lựa chọn giai đoạn tích hợp lọc màng phù hợp nhất.

Tiến hành lọc màng với năng suất lọc đã lựa chọn tại giai đoạn SBR thích hợp, lấy mẫu nước thải để đánh giá hiệu quả xử lý của hệ tích hợp qua các chỉ tiêu COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SS đồng thời so sánh với hiệu quả của hệ SBR thông thường.

### 2.3. Phương pháp phân tích

Các giá trị pH, nhiệt độ, DO được xác định tại bể xử lý sử dụng đầu đo và máy đo đa chỉ tiêu (HQ40d, Hach, Mỹ). Xác định chỉ tiêu BOD<sub>5</sub> bằng phương pháp ủ trong tủ ủ (WIR-150, Hàn Quốc) ở điều kiện 20°C và 5 ngày. Hàm lượng COD theo phương pháp SMEWW 5220-D. Hàm lượng amoni (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), photphat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) xác định theo các phương pháp SMEWW 4500-NH<sub>3</sub>, 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và 4500-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Chỉ số SS, MLSS, MLVSS được xác định theo phương pháp trọng lượng TCVN 6625:2000 (lọc bằng giấy lọc có kích thước 0,45 μm, sấy khô đến khối lượng không đổi ở các nhiệt độ 105°C và 550°C).

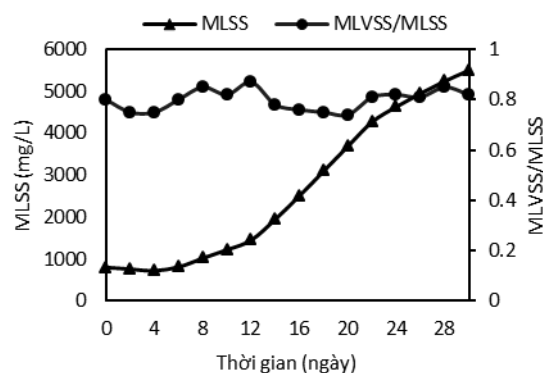
## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Đánh giá quá trình nuôi cấy và hoạt hóa bùn hoạt tính

Kết quả nghiên cứu thu được về sự thay đổi hàm lượng sinh khối theo thời gian được thể hiện trên hình 2.

Quan sát kết quả nghiên cứu thể hiện trên hình

2, có thể thấy rằng, lượng sinh khối (MLSS) tăng dần từ 800-5500 mg/L sau 30 ngày thích nghi với NTSH. Để đánh giá mật độ sinh khối trong BHT hiệu khí cần xem xét thêm tỷ lệ MLVSS/MLSS. Tỷ lệ MLVSS/MLSS dao động từ 0,74-0,87. Trong giai đoạn đầu, BHT cần thời gian để thích nghi với môi trường NTSH, vì vậy tỷ lệ MLVSS/MLSS giảm từ 0,8 xuống còn 0,75 và tăng lên trong 8 ngày tiếp theo, tăng từ 0,75-0,87. Đến ngày thứ 22-30 thì tỷ lệ MLVSS/MLSS tăng lên từ 0,80-0,89. Từ ngày thứ 26, MLSS tăng nhanh, tỷ lệ MLVSS/MLSS ổn định. Đối với quá trình BHT thông thường, tỉ số này thường là 0,8 [2]. Như vậy, kết quả ở nghiên cứu này cho thấy BHT đã thích nghi được với NTSH và có khả năng phát triển tốt.

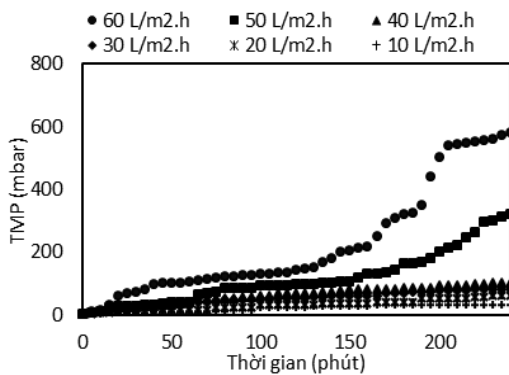


Hình 2. Sự thay đổi MLSS và tỷ số MLVSS/MLSS

Khả năng lắng của bùn (khả năng tách pha rắn - lỏng trong bể phản ứng) thể hiện qua chỉ số SVI cũng được sử dụng để đánh giá được trạng thái của BHT [5]. BHT có chỉ số SVI trong khoảng 80-150 mL/g có khả năng lắng tốt. Trong nghiên cứu này, chỉ số SVI của BHT trong bể dao động từ 72-108 mL/g, điều này chứng tỏ BHT trong bể có sự thích nghi và tăng trưởng tốt trong môi trường NTSH nghiên cứu.

### 3.2. Lựa chọn năng suất lọc thích hợp

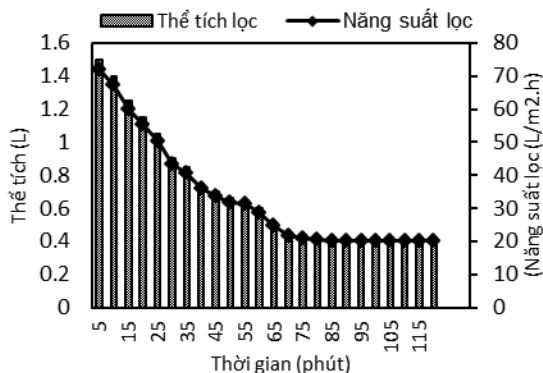
Quá trình lọc màng được vận hành với các giá trị năng suất lọc khác nhau từ 10 đến 60 L/m<sup>2</sup>.h. Thời gian lọc thí nghiệm kéo dài 4 giờ đối với mỗi giá trị khảo sát.



Hình 3. Ảnh hưởng của năng suất lọc tới sự thay đổi của TMP

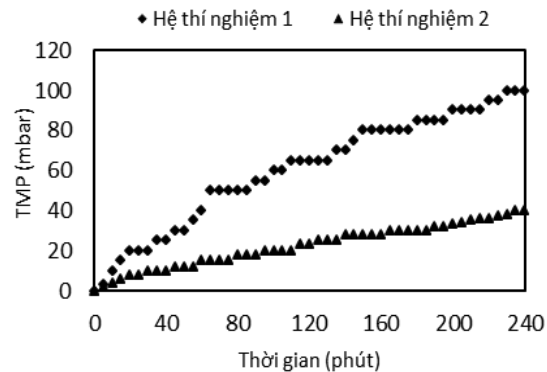
Kết quả thể hiện trên hình 3 cho thấy áp suất hút đối với các giá trị năng suất lọc 10, 20, 30, 40 L/m<sup>2</sup>.h hầu như rất thấp. Sau 240 phút lọc màng, TMP chỉ tăng lên khoảng 100 mbar. Khi tiếp tục tăng giá trị năng suất lọc lên 50, 60 L/m<sup>2</sup>.h, TMP tăng lên nhanh hơn. Cụ thể, đối với giá trị năng suất lọc 50 L/m<sup>2</sup>.h, sau 240 phút, TMP có giá trị khoảng 320 mbar. Đặc biệt, sau khoảng 200 phút lọc tại giá trị năng suất lọc 60 L/m<sup>2</sup>.h, TMP tăng lên đến trên 500 mbar, đồng thời có lượng lớn BHT bám trên bề mặt màng lọc. Như vậy, để đảm bảo năng suất lọc ổn định, kéo dài và đảm bảo năng suất lọc tương đối lớn cần vận hành màng lọc ở năng suất lọc 40 L/m<sup>2</sup>.h.

Đối với mô hình thí nghiệm hút từ trên xuống, nước tự thẩm thấu qua màng mà không cần tới áp suất của bơm hút. Thời gian ban đầu khi chưa hoạt động ổn định, lượng nước lọc ra không ổn định, giá trị thể tích lọc và năng suất lọc có nhiều sự thay đổi (hình 4).



Hình 4. Thể tích lọc và năng suất lọc của màng theo thời gian

Năng suất lọc ổn định với giá trị 20 L/m<sup>2</sup>.h. Như vậy, so với hệ thí nghiệm 1 thì giá trị năng suất lọc của hệ thí nghiệm 2 vẫn thấp hơn. Tiến hành sử dụng bơm hút bổ trợ, tạo ra áp suất hút, giúp tăng giá trị năng suất lọc của hệ thống lên giá trị thích hợp 40 L/m<sup>2</sup>.h. Giá trị áp suất theo thời gian của hệ thí nghiệm 1 và hệ thí nghiệm 2 để duy trì giá trị năng suất lọc 40 L/m<sup>2</sup>.h được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Sự biến thiên của TMP theo thời gian lọc

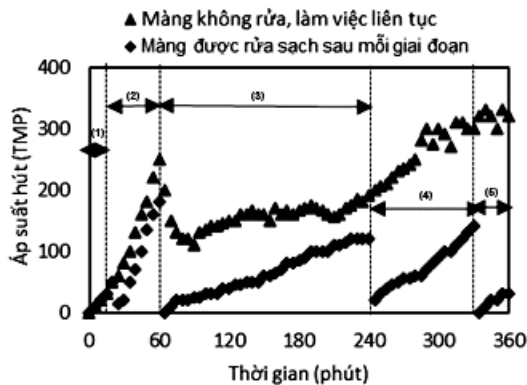
Kết quả thể hiện trên đồ thị hình 5 cho thấy, trong cùng một khoảng thời gian vận hành, hệ cải tiến cho giá trị TMP thấp hơn rất nhiều so với hệ thông thường. Cụ thể, sau 240 phút hoạt động, để đạt giá trị năng suất lọc 40 L/m<sup>2</sup>.h thì áp suất của hệ thống là 100 mbar. Trong khi đó, đối với hệ cải tiến giá trị áp suất chỉ là 40 mbar. Như vậy có thể thấy, việc sử dụng hệ thống được bố trí như hệ thí nghiệm 2 sẽ tiêu hao ít năng lượng hơn do áp suất hút thấp hơn, đồng thời làm tăng thời gian sử dụng màng, từ đó giảm chi phí rửa màng. Vì vậy, hệ thí nghiệm thứ 2 được lựa chọn để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

### 3.3. Lựa chọn giai đoạn vận hành thích hợp

#### Lựa chọn giai đoạn lọc thích hợp

Tiến hành lọc màng ở tất cả các giai đoạn vận hành trong hệ thống với năng suất lọc không đổi (40 L/m<sup>2</sup>.h) để xem xét mức độ tắc nghẽn màng lọc, qua đó lựa chọn giai đoạn lọc màng phù hợp. Phần này được tiến hành theo hai trường hợp: (i) màng lọc được vận hành liên

tục, liên tiếp trong các giai đoạn vận hành và (ii) sau mỗi giai đoạn vận hành, màng lọc được rửa sạch trước khi dùng trong giai đoạn tiếp theo.



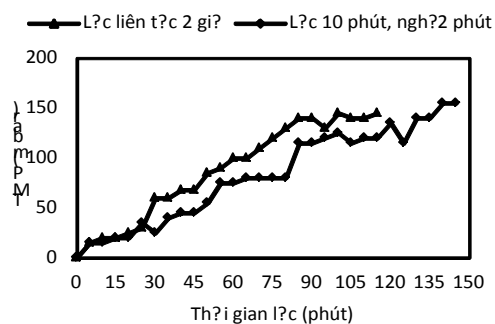
Hình 6. Sự biến thiên của TMP khi tiến hành lọc ở các giai đoạn vận hành khác nhau

(1): Nạp nước thải, (2): Khuấy trộn, (3): Sục khí, (4): Lắng, (5): Rút nước trong

Trong các giai đoạn nạp nước thải và khuấy trộn, tốc độ tăng TMP rất nhanh. Điều này có thể giải thích do trong giai đoạn này không sục khí nên lượng bùn bám dính trên bề mặt màng lọc lớn, làm cho màng lọc nhanh chóng bị tắc nghẽn. Sang đến giai đoạn sục khí, một phần các bông bùn bám trên bề mặt màng lọc được hỗn hợp nước - không khí làm tách ra khỏi bề mặt màng nên TMP giảm đáng kể và duy trì tương đối ổn định. Tới giai đoạn lắng, một phần bùn lắng có xu hướng bám trên bề mặt màng lọc, nên trong khoảng 40 phút đầu, TMP cũng tăng nhanh, tuy nhiên sau đó kéo dài cả giai đoạn rút nước trong, xu hướng TMP hầu như tăng không đáng kể. Để hạn chế hiện tượng tắc màng, vận hành quá trình lọc trong giai đoạn sục khí là phương án phù hợp nhất. Tuy nhiên, nếu vận hành trong giai đoạn này, sẽ không đảm bảo được thời gian cho quá trình xử lý sinh học diễn ra hoàn toàn. Do vậy, việc tiến hành lọc màng trong giai đoạn lắng và rút nước là tối ưu hơn. Cho dù trong giai đoạn này, TMP có xu hướng tăng, vấn đề bùn bám trên bề mặt màng lọc sẽ được giải quyết nhờ quá trình sục khí ở chu trình tiếp theo; do đó màng lọc vẫn đảm bảo làm việc ổn định.

### Lựa chọn chế độ lọc thích hợp

Chế độ lọc cũng là một trong những yếu tố có khả năng gây ảnh hưởng đến TMP. Thông thường, để giảm hiện tượng tắc nghẽn màng lọc, quá trình lọc có thể vận hành theo chế độ làm việc - tạm dừng luân phiên. Tuy nhiên đối với quá trình SBR, nếu vận hành theo chế độ này thì sẽ làm tăng thêm thời gian cần thiết để đảm bảo lượng nước cần lọc. Trong nghiên cứu này, đã tiến hành đánh giá hai chế độ lọc màng: (i) lọc liên tục trong 2 giờ; và (ii) lọc theo chế độ 10 phút làm việc - 2 phút nghỉ.



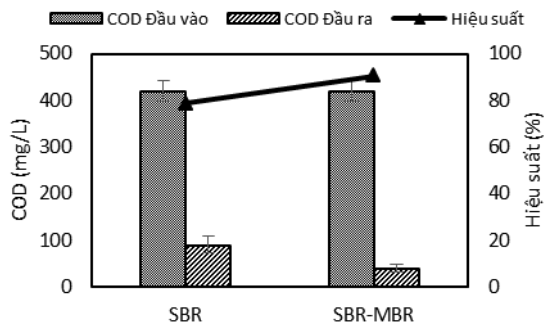
Hình 7. Ảnh hưởng của chế độ lọc tới TMP

Kết quả thu được (hình 7) cho thấy không có sự chênh lệch đáng kể về giá trị TMP giữa hai chế độ lọc này. Tuy nhiên, nếu lọc theo chế độ liên tục, thời gian lọc sẽ trùng với với các chu trình làm việc tiếp theo. Trong khi đó, nếu lọc theo chế độ làm việc - tạm dừng, thì thời gian lọc cần thiết sẽ phải kéo dài thêm 20 phút, khi đó sẽ làm cho chu trình làm việc bị chậm lại. Do vậy, đối với thời gian lọc ngắn nên áp dụng mô hình lọc liên tục.

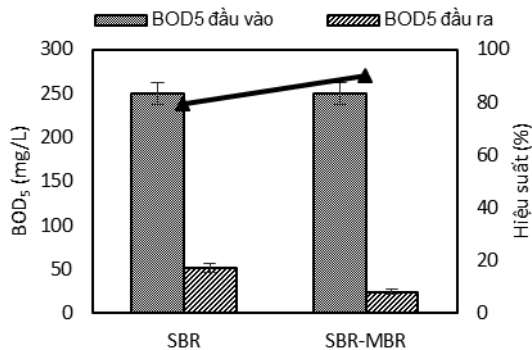
### 3.4. Đánh giá hiệu quả xử lý chất ô nhiễm

#### Hiệu quả xử lý chất hữu cơ (COD, BOD<sub>5</sub>)

Đối với cả hai hệ thống, hàm lượng COD và BOD<sub>5</sub> đầu vào trung bình khoảng 420 và 250 mg/L. Qua kết quả trên hình 8 và 9, có thể nhận thấy rằng, hiệu quả xử lý COD và BOD<sub>5</sub> của hệ tích hợp SBR-MBR cao hơn hệ SBR.



Hình 8. Hiệu quả xử lý COD của hệ thống SBR và SBR-MBR



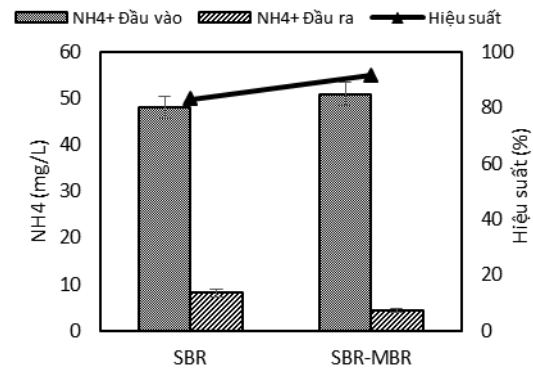
Hình 9. Hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub> của hệ thống SBR và SBR-MBR

Cụ thể, hiệu quả xử lý COD của hệ tích hợp đạt 90,4% tương ứng với COD dòng ra 40 mg/L, hiệu quả xử lý BOD<sub>5</sub> đạt khoảng 90%, tương ứng với BOD<sub>5</sub> dòng ra là 25 mg/L. Trong khi đó, đối với hệ SBR, hiệu quả xử lý COD, BOD<sub>5</sub> lần lượt là 78,6; 79,2% tương ứng đầu ra 90; 52 mg/L. Như vậy, hệ thống SBR-MBR có khả năng xử lý COD, BOD<sub>5</sub> tốt hơn. Điều này có thể giải thích do hiệu quả sử dụng kết hợp màng lọc (MBR) nên đã giảm thiểu hiện tượng sinh khối vi sinh vật bị rửa trôi; do vậy tốc độ sử dụng cơ chất (thực hiện quá trình oxy hóa các hợp chất hữu cơ) tăng lên giúp tăng hiệu quả xử lý so với quá trình SBR thông thường.

#### Hiệu quả xử lý Amoni (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Nước thải sinh hoạt sử dụng trong quá trình nghiên cứu có hàm lượng amoni khá cao. Hàm lượng amoni trung bình dao động trong khoảng từ 36-54 mg/L. Đối với hệ thống SBR, hiệu quả xử lý amoni đạt 82,91%, hàm lượng

amoni trong nước sau xử lý có giá trị 8,2 mg/L. Đối với hệ SBR-MBR, hàm lượng amoni trong nước sau xử lý chỉ còn 4,3 mg/L, đạt hiệu quả xử lý 91,6%. Như vậy, do hệ thống SBR-MBR duy trì hàm lượng bùn cao hơn nên khả năng tăng hiệu quả của quá trình nitrat hóa trong giai đoạn hiếu khí tốt hơn.



Hình 10. Hiệu quả xử lý NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của hệ thống SBR và SBR-MBR

#### Hiệu quả xử lý Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Hiệu quả khử NO<sub>3</sub><sup>-</sup> của các giai đoạn được thể hiện trong Bảng 2.

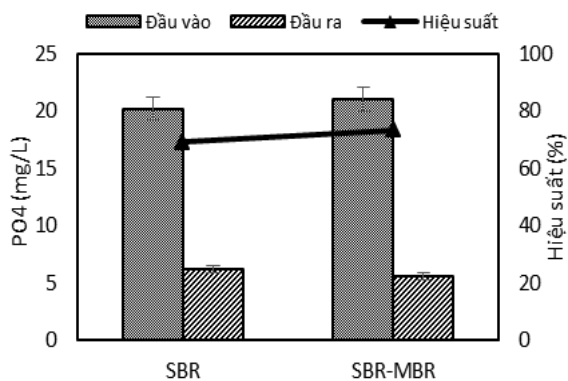
Bảng 2. Hiệu quả xử lý nitrat

STT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> đầu vào (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> đầu ra (mg/L)
Hệ SBR	0,1	4,5
Hệ SBR-MBR	0,1	4,1

Hàm lượng nitrat đầu vào của NTSH thường rất thấp (chỉ khoảng 0,1 mg/L). Trong giai đoạn sục khí, hàm lượng nitrat tăng nhanh do quá trình oxy hóa amoni bởi vi sinh vật. Sau đó, trong giai đoạn thiếu khí diễn ra quá trình khử nitrat, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> chuyển thành N<sub>2</sub>, kết thúc chu trình xử lý nitơ [4]. Kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này cho thấy, hiệu quả xử lý nitrat của 2 hệ thống tương đương nhau. Hiệu quả xử lý nitrat vẫn được đảm bảo khi tích hợp lọc màng.

#### Hiệu quả xử lý Photphat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Hiệu quả xử lý photphat được thể hiện trên hình 11.

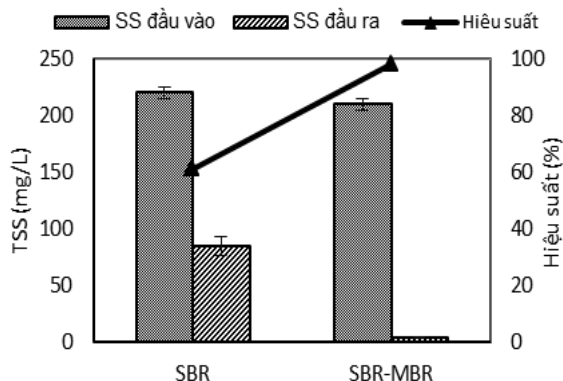


Hình 11. Hiệu quả xử lý  $PO_4^{3-}$  của hệ thống SBR và SBR-MBR

Đối với hệ SBR, hiệu quả xử lý photphat tương đối thấp chỉ khoảng 69,3%, tương ứng với hàm lượng photphat dòng ra là 6,2 mg/L. Mặc dù thực hiện quá trình tách sinh khối bằng màng lọc, hiệu quả xử lý photphat cũng tăng không đáng kể, chỉ đạt 73,3%, photphat trong dòng nước sau xử lý 5,6 mg/L. Quá trình xử lý photphat bằng phương pháp sinh học thường được thực hiện trong hệ thống có kết hợp các điều kiện yếm khí - hiếu khí luân phiên nhằm tạo điều kiện cho sự phát triển của các vi khuẩn có khả năng hấp thụ photpho cao.

#### Hiệu quả xử lý SS

Hiệu quả xử lý SS của các giai đoạn được thể hiện trên hình 12.



Hình 12. Hiệu quả xử lý chất rắn lơ lửng của hệ thống SBR và SBR-MBR

Hiệu quả xử lý SS của hệ thống tích hợp SBR-MBR cao hơn đáng kể so với hệ thống SBR. Cụ thể, sau quá trình xử lý sinh học và

giai đoạn lắng, hàm lượng SS đầu ra trong hệ SBR vẫn còn khá lớn khoảng 85 mg/L, tương ứng với hiệu suất tách loại SS chỉ 61,4%. Tuy nhiên khi tiến hành xử lý nguồn nước thải này bằng hệ tích hợp SBR-MBR, hàm lượng SS trong dòng ra rất thấp, hiệu suất tách loại đạt tới 98%. Kết quả cho thấy rõ vai trò của màng lọc trong việc tách loại sinh khối, giúp đảm bảo dòng ra có hàm lượng chất rắn lơ lửng thấp, làm tăng độ trong và tăng chất lượng nước sau xử lý. Khi tiến hành đo độ đục của mẫu nước đầu ra của hai hệ thống SBR và SBR-MBR, độ đục của nước thải sau xử lý bằng hệ tích hợp SBR-MBR chỉ khoảng 0,55 NTU; trong khi độ đục của hệ SBR còn khá cao, khoảng 15,6 NTU.

#### 4. KẾT LUẬN

Công nghệ tích hợp SBR-MBR xử lý NTSH có hiệu quả xử lý đối với COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SS lần lượt là 90,4; 90,0; 91,6; 77,3; 98,0%. Với hiệu suất xử lý này, đối với các giá trị ô nhiễm ở mức phổ biến của NTSH, nước thải sau xử lý hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt (QCVN14:2008/BTNMT), đặc biệt đối với chỉ tiêu chất rắn lơ lửng (SS). So với công nghệ SBR thông thường, công nghệ tích hợp có khả năng lưu giữ lượng sinh khối trong bể phản ứng tốt hơn, giúp hệ thống đạt hiệu quả xử lý cao và ổn định trong thời gian dài; đồng thời yêu cầu diện tích lắp đặt hệ thống nhỏ hơn. Như vậy, công nghệ tích hợp SBR-MBR là một công nghệ phù hợp để xử lý nước thải sinh hoạt phát sinh từ các tòa nhà chung cư cao tầng đạt hiệu quả cao.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài cấp Viện Ứng dụng công nghệ “Nghiên cứu phát triển công nghệ tích hợp SBR-MBR ứng dụng xử lý nước thải cho các tòa nhà chung cư cao tầng” do Trung tâm Công nghệ vật liệu chủ trì.



## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] 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.
- [2] Metcalf & Eddy, 2003. Wastewater engineering treatment and reuse, 4th Ed. McGraw Hill.
- [3] 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, Tập 52, Phần A: 72-79.
- [4] Simon Judd. The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment.
- [5] Tae-Hyun Bae, Sung-Soo Han, Tae-Moon Tak, 2003. Membrane sequencing batch reactor system for the treatment of dairy industry wastewater. Process Biochemistry, 39: 221- 231.
- [6] Xiang Tu, Sheng Zhang, Lirong Xu, Mingchuan Zhang, Jianrong Zhu. Performance and fouling characteristics in a membrane sequence batch reactor (MSBR) system coupled with aerobic granular sludge.
- [7] 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.

---

*Thông tin liên hệ:*    **Chu Xuân Quang**

Điện thoại: 0912417741; Email: cxquang@most.gov.vn

Trung tâm Công nghệ vật liệu - Viện Ứng dụng công nghệ.



