



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
2-0002101

(51)⁷ **C02F 1/56, 3/00**

(13) **Y**

(21) 2-2015-00034

(22) 06.02.2015

(45) 25.09.2019 378

(43) 25.05.2016 338

(73) **TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA - ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ
CHÍ MINH (VN)**

268 Lý Thường Kiệt, phường 14, quận 10, thành phố Hồ Chí Minh

(72) **Bùi Xuân Thành (VN), Nguyễn Thành Tín (VN), Thái Minh Quân (VN)**

(54) **PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI Y TẾ BẰNG MÀNG SINH HỌC
(MEMBRANE BIO REACTOR, MBR) KẾT HỢP GIÁ THỂ DI ĐỘNG (SPONGE)**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp xử lý nước thải y tế bằng màng sinh học (Membrane Bio Reactor, MBR) kết hợp giá thể di động (sponge) phân tán đồng đều cùng bùn hoạt tính, phương pháp này bao gồm các bước:

(i) cấp nước thải chưa xử lý vào bể xử lý bên trong có bố trí bùn hoạt tính, giá thể di động và cụm màng sinh học, nước thải sẽ được xử lý bằng bùn hoạt tính và giá thể di động; và

(ii) hút nước thải đã xử lý vào trong màng MBR bằng bơm bố trí phía sau màng MBR, giá thể và bùn hoạt tính được giữ lại trong bể xử lý, nước thải trong màng MBR là nước thải đã xử lý. Bằng cách điều khiển hoạt động gián đoạn của bơm bố trí sau màng MBR, và bổ sung giá thể di động vừa làm giá thể để hình thành màng sinh học xử lý nước vừa có tác dụng cọ sát, làm sạch bề mặt ngoài của màng MBR, giúp giảm tần suất vệ sinh màng, tăng năng suất và hiệu quả xử lý nước thải.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến là việc ứng dụng giá thể di động (sponge) vào công nghệ màng sinh học (MBR: Membrane Bio Reactor) để xử lý nước thải y tế. Việc thêm giá thể di động sponge vào bể MBR có thể làm giảm bản màng, áp suất qua màng (TMP) trong bể xử lý có bổ sung giá thể di động sponge luôn tăng thấp hơn bể xử lý chỉ chứa MRB thông thường. Việc cho giá thể di động sponge vào bể MBR còn làm tăng hiệu quả khử nitơ nhờ quá trình thiếu khí xảy ra bên trong các sponge.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Theo khảo sát tại 5 thành phố lớn ở Việt Nam, công nghệ xử lý nước thải bệnh viện tại Việt Nam có thể được chia thành 5 nhóm như Bảng 1 sau:

Bảng 1. Các nhóm công nghệ xử lý nước thải bệnh viện tại Việt Nam

Loại	Tên công nghệ	Mô tả	Tỷ lệ sử dụng (%)
I	Hệ thống hiếu khí thông thường	Ia: Nước thải – Thu gom- Song chắn rác – Lắng (có hoặc không có keo tụ) – Bể hiếu khí – Lắng 2 – Khử trùng	56,9
		Ib: Nước thải – Thu gom- Song chắn rác – Lắng – Lọc sinh học nhỏ giọt – Lọc – Khử trùng	
II	Bể phản ứng sinh học CN 2000	Nước thải – Song chắn rác – Bể điều hòa – Tiền xử lý – Bể xử lý sinh học kết hợp thiết bị CN2000 – Lắng – Khử trùng	10,8
III	Công nghệ sinh học màng (MBR)	Nước thải – Song chắn rác – Bể điều hòa – Bể sinh học màng (MBR) – Bể chứa nước sạch – Khử trùng	9,8
IV	Bể kỵ khí/ tự hoại – xử lý hóa lý	Nước thải – Thu gom - Bể lắng và bể kỵ khí – Keo tụ tạo bông – Lắng – Khử trùng	15,7

V	Công nghệ tiên tiến AAO, SBR, lọc than hoạt tính	Nước thải – Lắng – Công nghệ AAO: Bể kỵ khí – Bể thiếu khí – Bể hiếu khí – Bể lắng – Khử trùng	6,9
		Hiếu khí – Lắng – Lọc than hoạt tính	
		Bể SBR: Bể phản ứng sinh học theo mẻ	

Tuy nhiên, công nghệ xử lý hiếu khí nhóm I thường sinh nhiều bùn thải hơn là các công nghệ MBR hay lọc sinh học. Công nghệ nhóm I, II, IV có chi phí đầu tư khá thấp, tuy nhiên hiệu quả xử lý nitơ không cao, đặc biệt là amoni thường vượt tiêu chuẩn. Do đó, việc nghiên cứu, tìm ra một công nghệ phù hợp, khắc phục được các nhược điểm của các công nghệ hiện tại là điều cần thiết.

Ngo và cộng sự đã nghiên cứu về bể sinh học màng nhúng chìm có bọt biển (SSMBR) để có được kết quả là hiệu quả loại bỏ nitơ, phospho, COD và bản màng ít hơn. Trong nghiên cứu này, khối bọt biển polyester-urethan, kích thước 1 cm, chiếm 10% thể tích được sử dụng. Kết quả là hiệu quả loại bỏ COD đạt 97%. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra quá trình nitrat hóa - khử nitrat trong bể làm cho độ pH giảm xuống 4,8 đến 5,5. Nguyên nhân chủ yếu của việc giảm độ pH là quá trình nitrat hóa làm giảm độ kiềm. Hiệu quả loại bỏ amoni của việc chỉnh pH (khoảng trung tính) và không chỉnh pH khác nhau, tương ứng là trên 88% và 79%. Trong khi hiệu quả loại bỏ phospho không thay đổi, trên 98% [H. H. Ngo, W. Guo, and W. Xing, "Evaluation of a novel sponge-submerged membrane bioreactor (SSMBR) for sustainable water reclamation," *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 7, pp. 2429–2435, 2008].

Khan và cộng sự đã so sánh hiệu quả của hệ thống MBR và Sponge-MBR (Sponge chiếm 15% thể tích bể) để xử lý nước thải tổng hợp. Kết quả cho thấy hiệu quả loại bỏ COD, TN và TP của hệ thống Sponge-MBR là 98%, 89% và 58%, trong khi đó hiệu quả của hệ thống MBR tương ứng là 98%, 74%, và 38%. Như vậy, hiệu quả xử lý COD của 2 mô hình là như nhau, nhưng hiệu quả loại bỏ TN của mô hình Sponge-MBR tăng 15%, hiệu quả loại bỏ TP tăng 20% [S. Jamal Khan, S. Ilyas, S. Javid, C. Visvanathan, and V. Jegatheesan, "Performance of suspended and attached growth MBR systems in treating high strength synthetic wastewater," *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 9, pp. 5331–5336, 2011].

Nguyen và cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước sponge đến hiệu quả xử lý của hệ thống. Bọt biển sử dụng trong nghiên cứu có 3 kích thước khác nhau (1x1x1 cm, 2x2x2 cm, 3x3x3 cm). Các bể phản ứng được vận hành trong điều kiện yếm khí trong giai đoạn đầu và điều kiện sục khí trong giai đoạn sau. Kết quả cho thấy không có khác biệt đáng kể trong tỷ lệ loại bỏ hữu cơ và chất dinh dưỡng giữa các loại bọt biển. Miếng bọt biển kích thước trung bình (2x2x2 cm) có hiệu suất tốt nhất cả về tăng trưởng sinh khối và loại bỏ các chất ô nhiễm. Trong điều kiện yếm khí, hiệu quả loại bỏ COD, TN và TP đã lên đến 70%, 45% và 55%, tương ứng, và cải thiện đáng kể trong điều kiện hiếu khí (ví dụ như hơn 90% TOC, 95% COD, 65% TN và 90% TP). Sinh khối bên ngoài tăng trưởng nhanh hơn trong điều kiện yếm khí trong khi sinh khối bên trong chiếm ưu thế trong điều kiện hiếu khí [T. T. Nguyen, H. H. Ngo, W. Guo, A. Johnston, and A. Listowski, "Effects of sponge size and type on the performance of an up-flow sponge bioreactor in primary treated sewage effluent treatment," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 5, pp. 1416–1420, 2010].

Ngoài ra, việc bổ sung giá thể di động sponge vào bể MBR được chứng minh là có hiệu quả giảm bẩn màng. Xu hướng bẩn màng trong bể phản ứng MBR có bổ sung giá thể thấp hơn nhiều so với bể phản ứng MBR thông thường. Sombatsompop và các cộng sự, đã kết luận mức độ bẩn màng phụ thuộc vào năng lượng va chạm giữa các giá thể di chuyển tự do và màng sợi rỗng. Va chạm giữa giá thể và màng làm tăng lực ma sát, giảm thiểu sự hình thành các màng sinh học trên bề mặt sợi màng rỗng. Năng lượng va chạm của giá thể và sợi rỗng phụ thuộc và tốc độ di chuyển của giá thể cũng như tốc độ dòng khí. Dòng thấm tỉ lệ thuận với năng lượng va chạm của giá thể [K. Sombatsompop, C. Visvanathan, and R. Ben Aim, "Evaluation of biofouling phenomenon in suspended and attached growth membrane bioreactor systems," *Desalination*, vol. 201, no. 1–3, pp. 138–149, 2006].

Mặc dù, trong các tài liệu nêu trên đã nêu đến các vấn đề xử lý nước thải bằng công nghệ MBR kết hợp sponge, các nghiên cứu nêu trên chỉ thực hiện trên nước thải nhân tạo mô phỏng hoặc nước thải có mức độ ô nhiễm thấp, không phức tạp. Nước thải y tế có thành phần phức tạp, điển hình là chứa các kháng sinh, tổng lượng nitơ cao nhưng lại có độ kiềm thấp. Điều này khiến cho việc xử lý nước thải y tế vẫn là một

thách thức, và không thể áp dụng hoàn toàn các phương pháp nêu trên để xử lý triệt để nước thải y tế.

Do đó, có nhu cầu về phương pháp xử lý nước thải y tế một cách hiệu quả, có điều kiện vận hành ổn định.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp xử lý nước thải y tế bằng màng sinh học kết hợp giá thể di động, theo đó các tác giả đã tìm ra điều kiện vận hành tối ưu để có thể xử lý hiệu quả nước thải y tế.

Cụ thể, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xử lý nước thải y tế bằng màng sinh học (Membrane Bio Reactor, MBR) kết hợp giá thể di động (sponge) phân tán đồng đều cùng bùn hoạt tính, phương pháp này bao gồm các bước:

(i) cấp nước thải y tế chưa xử lý vào bể xử lý bên trong có bố trí bùn hoạt tính, giá thể di động và cụm màng sinh học, nước thải sẽ được xử lý bằng bùn hoạt tính và giá thể di động; và

(ii) hút nước thải đã xử lý vào trong màng MBR bằng bơm, giá thể và bùn hoạt tính được giữ lại trong bể xử lý, nước thải trong màng MBR là nước thải đã xử lý; trong đó:

- giá thể di động sponge làm bằng polyetylen có độ rỗng 98%, kích thước 2x2x2cm, chiếm 20% thể tích của bể;
- độ pH của môi trường bể xử lý được theo dõi liên tục và điều chỉnh ở độ pH trung tính;
- bơm được dùng để tạo lực hút nước thải từ bên ngoài màng MBR vào trong màng MBR được hoạt động gián đoạn theo chu trình 8 phút vận hành và 2 phút nghỉ để ngăn nghẹt tắc màng;
- không khí được sục vào đáy bể xử lý để duy trì nồng độ oxy hòa tan (DO) ít nhất là 5mg/L
- áp suất qua màng MBR được theo dõi thường xuyên, khi chênh lệch áp suất $\Delta P > 40$ Kpa, thì tiến hành rửa màng để làm sạch bề mặt ngoài của màng MBR;
- bùn lắng tại đáy bể xử lý được lấy ra sau mỗi 45 ngày vận hành;
- màng MBR là màng vi lọc sợi rỗng có kích thước lỗ rỗng là 0,2 μ m;

- nước thải y tế có tổng nitơ đầu vào nằm trong khoảng từ 19,6 đến 57,1 đồng thời có độ kiềm trong nước nằm trong khoảng từ 160 đến 230 mgCaCO₃/L; và
- mật độ sinh khối ban đầu trong bể xử lý là 5000 mg/L.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

- Hình 1. Cấu tạo của màng sinh học dùng trong giải pháp hữu ích.
- Hình 2. Môđun màng sợi rỗng Motimo dùng trong giải pháp hữu ích.
- Hình 3. Giá thể sponge dùng trong giải pháp hữu ích.
- Hình 4. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của MBR.
- Hình 5. Nồng độ COD vào, ra và hiệu suất xử lý của các mô hình giai đoạn.
- Hình 6. Cân bằng nitơ cho hệ thống.
- Hình 7. Hiệu quả khử tổng phospho (TP).
- Hình 8. Hiệu quả xử lý tổng chất rắn phân tán (TSS).
- Hình 9. Hiệu quả loại bỏ Coliforms.
- Hình 10. Sự thay đổi áp suất chuyển màng (TMP) theo thời gian.
- Hình 11. Tốc độ tăng TMP ở các giai đoạn vận hành.
- Hình 12. Các thành phần trở lực màng.
- Hình 13. Môđun màng lấy ra khỏi bể trước khi đo trở lực và rửa màng (GD1) của bể có sponge và không có sponge.
- Hình 14. Độ hấp thu của nước tại bước sóng 254nm.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Dưới đây giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết

Hệ thống Sponge-MBR là một hệ thống MBR có bổ sung giá thể sponge chuyển động lơ lửng trong hỗn hợp bùn hoạt tính. Trong hệ thống này quá trình tăng trưởng bám dính của sinh khối phát triển song song với sinh khối tăng trưởng lơ lửng trong bể bùn hoạt tính, và khả năng phân tách chất lỏng/rắn của màng lọc.

Cơ chế xử lý chất hữu cơ của hệ thống Sponge-MBR là nhờ vào sự phân hủy sinh học các chất hữu cơ có thể phân hủy sinh học cũng giống như cơ chế của quá trình xử lý sinh học thông thường. Nhưng trong hệ thống Sponge-MBR còn có sự kết hợp giữa các sinh khối lơ lửng trong hỗn hợp bùn hoạt tính mà còn có sự tăng cường của các sinh khối bám dính bên trên, bên trong các giá thể trong cùng một bể, giúp tăng hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm có trong nước thải. Sau đó, nhờ vào màng lọc

tách các sinh khối và các hạt lơ lửng có trong bể phản ứng ở lại, duy trì được nồng độ sinh khối trong bể, dòng thấm qua màng có chất lượng tốt hơn so với bể lắng thông thường.

Các vi sinh vật trong màng sinh học thường có hoạt tính cao hơn vi khuẩn trong bùn hoạt tính. Để cho các vi khuẩn có thể hấp phụ lên bề mặt các giá thể, cần có các polyme ngoại bào (EPS) gắn kết các vi sinh vật tạo màng sinh học vào giá thể. Màng sinh học hiếu khí là một hệ các vi sinh vật tùy tiện. Ở ngoài cùng của màng là lớp vi khuẩn hiếu khí mà dễ thấy là trực khuẩn *Bacillus*, ở giữa là các vi khuẩn tùy tiện như *Alkaligenes*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* và cả *Bacillus*. Lớp sâu bên trong màng là các vi sinh vật kỵ khí khử lưu huỳnh và nitrat như *desulfovibrio*. Phần cuối cùng của lớp màng là các động vật nguyên sinh và một số sinh vật khác.

Lớp màng sinh học (vi sinh vật) chia làm ba lớp: lớp màng kỵ khí ở bên trong, lớp màng hiếu khí ở bên ngoài và lớp màng thiếu khí ở giữa. Oxy hòa tan trong nước chỉ khuếch tán vào gần bề mặt màng sinh học, bên trong thiếu khí và sâu vào trong là kỵ khí (Hình 1).

Quá trình nitrat hóa diễn ra trên bề mặt sponge, trong khi điều kiện thiếu khí và kỵ khí bên trong sponge tạo môi trường thích hợp cho quá trình khử nitơ. Quá trình này gọi là nitrat hóa và khử nitrat đồng thời (SND). Thời gian lưu bùn (SRT) cao làm tăng thêm các vi sinh vật có tốc độ phát triển chậm và tạo nên sự liên kết hiệu quả giữa vi sinh và bề mặt giá thể. Quá trình SND xảy ra trong các giá thể do sinh khối trong các lỗ xốp có nồng độ oxy thấp. Điều này giải thích hiệu quả loại bỏ nitơ cao trong bể MBR có bổ sung sponge.

Màng sử dụng trong giải pháp này là màng MF với môđun màng dạng sợi rỗng mua được từ hãng Motimo (Trung Quốc) được chế tạo từ vật liệu polyvinyliden florua (PVDF). Màng sợi rỗng Motimo được chế tạo từ vật liệu PVDF với những tính chất nổi trội như: có thể chịu được hóa chất, tẩy rửa dễ dàng, độ bền cơ học cao, mềm dẻo không gãy đứt, chống tắc nghẽn, lưu lượng dòng hút cao, tiêu thụ năng lượng thấp. Các thông số môđun màng được thể hiện trong Bảng 2.

Kích thước khung màng thí nghiệm: $a = 150\text{mm}$, $b = 105\text{mm}$, $c = 225\text{mm}$

Bảng 2. Thông số môđun màng

Thông số	Giá trị
----------	---------

Loại màng	Sợi rỗng
Vật liệu	PVDF
Thông lượng thiết kế (Flux)	2 – 12 L/m ² .h (LMH)
Kích thước lỗ lọc (pore size)	0,2 µm
Áp suất vận hành đề nghị	< -40 kPa
Nhiệt độ	5 – 45°C
Giá trị pH	2 - 10
Diện tích bề mặt môđun màng	0,5 m ²

Bảng 3. Thông số cơ bản của giá thể sponge

Thông số	Giá trị
Vật liệu	Polyetylen
Độ rỗng (%)	98
Kích thước (L×W×H) (mm)	20×20×20
Phần trăm thể tích bề (%)	20

Trước hết, nước thải y tế được thu gom vào trong bể chứa điều hòa để tách loại các rác kích cỡ lớn và làm đồng đều chất lượng nước thải trước khi đem đi xử lý. Nước thải y tế từ bể điều hòa được cấp vào bể xử lý. Trong bể xử lý có bố trí cụm màng MBR, các sponge, ống sục khí, van xả bùn đáy, bơm hút nổi thông với cụm màng MBR, các cảm biến áp lực trên cụm màng, thiết bị bổ sung hóa chất cần thiết. Bùn hoạt tính chứa các vi sinh vật được bổ sung vào bể trong lần vận hành đầu tiên. Bùn hoạt tính ban đầu được lấy từ bể thiếu khí của hệ thống xử lý nước thải bệnh viện, trong điều kiện hệ thống này đang hoạt động bình thường. Bùn này được tiếp tục nuôi bằng nước thải của bệnh viện trong 7 ngày trước khi cho vào bể xử lý MBR. Nồng độ sinh khối ban đầu MLSS của bùn tại thời điểm cho vào bể MBR là khoảng 5000 mg/L. Bùn hoạt tính cung cấp vi sinh vật ban đầu để thực hiện các quá trình khử sinh học, lọc sinh học trên bề mặt bùn, bề mặt các sponge. Tiếp theo, dưới sức hút của bơm, nước được hút qua thành màng MBR, đi vào trong lòng cụm ống màng lọc MBR và đi ra ngoài. Cặn rắn lơ lửng được giữ trên bề mặt

ngoài của thành màng MBT sẽ được loại bỏ nhờ sự chuyển động của sponge và sự sục khí ở đáy bể. Nhờ có mật độ sinh khối ban đầu lớn, thời gian lưu bùn dài tới 45 ngày nên phương pháp theo giải pháp hữu ích có thể xử lý triệt để, hiệu quả nước thải y tế, thậm chí cả các chất kháng sinh, tồn dư khó xử lý.

Bơm được hoạt động gián đoạn, ngừng bơm khi trở lực qua màng lớn trên $\Delta P > 40 \text{ Kpa}$.

Thông lượng qua màng ảnh hưởng đến thời gian lưu của nước, tùy theo kích thước bể xử lý, lưu lượng xả mà thông lượng được điều chỉnh, chẳng hạn như là 2, 4 hoặc 6 LMH.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Xử lý nước thải bệnh viện trên mô hình MBR (để so sánh) và MBR có kết hợp giá thể Sponge. Thông số vận hành cụ thể như sau:

- Thông lượng là 2, 4 và 6 (LMH) tương đương với các thời gian lưu nước (HRT) là 22, 11, 7,3 giờ.
- Thời gian lưu bùn là 45 ngày.
- Nồng độ sinh khối ban đầu là MLSS khoảng 5.000 mg/L
- Cấp khí: điều chỉnh hệ thống phân phối khí sao cho khí sục mạnh để tránh hiện tượng nghẹt màng và cung cấp $\text{DO} > 5\text{mg/l}$.
- Độ pH trong bể được theo dõi thường xuyên theo ngày, đảm bảo pH nằm trong khoảng trung tính.
- Trong quá trình vận hành, áp suất qua màng được theo dõi thường xuyên, khi chênh lệch áp suất $\Delta P > 40 \text{ Kpa}$, thì tiến hành rửa màng.
- Việc kiểm soát, hạn chế nghẹt màng được thực hiện bằng cách điều chỉnh thời gian bơm và thời gian nghỉ của bơm đầu ra. Bơm đầu ra hoạt động theo chu kỳ 8 phút chạy, 2 phút nghỉ.

Bể xử lý có thông số như trong Bảng 4 sau

Bảng 4. Các thông số kích thước bể MBR

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Kích thước = L x R x H	m	0,28 x 0,14 x 0,55

2	Thể tích hữu ích (phần chứa nước)	Lít	22
---	-----------------------------------	-----	----

Màng MBR là cụm màng kích thước khung màng: $a = 150\text{mm}$, $b = 105\text{mm}$, $c = 225\text{mm}$, mua từ hãng Motimo (Trung Quốc), với các thông số như đã nêu trên.

Nước thải y tế được lấy từ hồ ga thu gom nước thải của bệnh viện Bưu Điện 2 (Đường Trường Sơn - Cư xá - Bắc Hải - phường 15 - quận 10 - Tp. HCM). Để tăng tính ổn định của tính chất nước thải, nước thải được lấy vào cùng một thời điểm trong ngày là 9 giờ sáng. Tính chất nước thải được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Tính chất nước thải bệnh viện Bưu Điện 2

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị trung bình (min-max)
1	pH	-	6,82 – 8,21
2	COD	mg/L	123 (38 – 224)
4	TSS	mg/L	75,1 (26,8 – 124,6)
5	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	mg/L	23,3 (9 – 38,4)
6	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	mg/L	0 – 0.1
7	TKN	mg/L	32,3 (19,6 – 57,1)
8	TP	mg/L	3,3 (1,3 – 5,5)
9	Độ kiềm	mgCaCO_3/L	160 - 230

Đặc tính nước thải bệnh viện là nồng độ TKN đầu vào khá cao (19,6 – 57,1), nhưng độ kiềm trong nước khá thấp. Trong khi, theo lý thuyết để nitrat hóa 1g amoni, cần 1 lượng độ kiềm là 7,14g. Do đó, trong quá trình vận hành, để pH không bị hạ thấp, nước thải đầu vào được bổ sung độ kiềm bằng cách cho thêm 200 mg NaHCO_3/L . Bể bùn hoạt tính luôn được kiểm tra pH nhằm đảm bảo pH luôn nằm trong khoảng trung tính.

Bùn hoạt tính ban đầu được lấy từ bể thiếu khí của hệ thống xử lý nước thải bệnh viện Quận 8, trong điều kiện hệ thống này đang hoạt động bình thường. Bùn được lấy về trong 2 can 30 lít được chứa trong thùng 100 lít, nuôi bằng nước thải của bệnh viện Bưu Điện 2 trong 7 ngày trước khi cho vào bể MBR. Nồng độ MLSS của bùn tại thời điểm cho vào bể MBR là khoảng 5000 mg/l.

Đánh giá hiệu quả xử lý

Hiệu quả xử lý COD

Nồng độ đầu vào, đầu ra và hiệu quả xử lý COD của hai mô hình qua các giai đoạn vận hành được trình bày ở bảng 6 và hình 5. Nồng độ COD đầu vào của nước thải y tế nằm trong khoảng rộng là 38-224 mg/L, nồng độ đầu ra của hai mô hình luôn thấp hơn 30 mg/L (giá trị COD tối đa cho phép của nước thải y tế theo QCVN 28:2010/BTNMT (Cột A) là 50mg/L), và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình ($p > 0,05$). Nồng độ COD đầu ra trung bình tương ứng với GĐ1, GĐ2, GĐ3 của mô hình Sponge-MBR là 11, 12, 16 mg/L, nồng độ đầu ra tương ứng của mô hình MBR là 16, 15, 16 mg/L. Hiệu suất loại bỏ COD của hai mô hình là như nhau, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình ($p > 0,05$) của 2 mô hình trong cùng 1 giai đoạn vận hành. Hiệu suất loại bỏ COD trung bình của mô hình Spong-MBR qua các GĐ vận hành là 89,2, 88,1, 85,3%, hiệu suất tương ứng của mô hình MBR là 84,3, 85,8, 84,5%.

Bảng 6. Hiệu quả xử lý COD

Thông số	Đơn vị	2 LMH		4 LMH		6 LMH	
		Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR
COD vào	mg/L	137±35 ^a		105±31 ^{a,b}		118±40 ^b	
COD ra	mg/L	11±11 ^a	16±17 ^a	12±6 ^a	15±7 ^a	16±11 ^a	16±8 ^a
Hiệu suất	%	89,2 ±9 ^a	84,3±10 ^a b	88,1±6 ^a b	85.8±6 ^{ab}	85,3±10 ^a b	84,5±10 b

Dùng phần mềm Minitab 16 phân tích phương sai đơn giản (One Way ANOVA) để chỉ ra có hay không sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình.

Chữ cái a, b và c chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình theo hàng ngang ($p < 0,05$).

Kết quả xử lý COD của hai mô hình đều chưa cho thấy được sự khác nhau về hiệu quả xử lý qua các giai đoạn vận hành của hai mô hình. Điều này có thể được giải thích là do vận hành theo thông lượng qua màng, nhưng nước thải đầu vào có nồng độ COD thấp dẫn đến tải trọng hữu cơ (OLR) trong các giai đoạn vận hành rất thấp (0,15-

0,39 kgCOD/m³.ngày), tỷ lệ F/M thấp, thời gian lưu nước là 22 giờ, 11 giờ và 7,3 giờ là rất cao, đủ thời gian cho việc oxy hóa chất hữu cơ trong nước thải.

Kết quả nghiên cứu của Wen và cộng sự (2004), cũng xử lý nước thải bệnh viện bằng hệ thống MBR với màng sợi rỗng, kích thước lỗ màng 0,4µm, nồng độ nước thải đầu vào 49-277,5mg/L. Kết quả cho thấy nồng độ COD đầu ra luôn thấp hơn 30mg/L. Hiệu quả loại bỏ COD đạt 80%.

Nếu xét hiệu quả loại bỏ COD trung bình qua các giai đoạn của hai mô hình thì ta nhận thấy rằng hiệu quả xử lý của mô hình Sponge-MBR ổn định và cao hơn mô hình MBR. Cụ thể, hiệu quả loại bỏ COD của mô hình Sponge-MBR cao hơn MBR qua 3 GD tương ứng là 4,9, 2,3, 0,8%.

Hiệu quả xử lý nitơ và cân bằng nitơ của hệ thống

Bảng 7 thể hiện nồng độ đầu ra của các chỉ tiêu nitơ qua các giai đoạn vận hành của hệ thống Sponge-MBR và MBR. Kết quả cho thấy, hiệu quả loại bỏ NH₄⁺-N của mô hình Sponge-MBR và MBR không có khác biệt có ý nghĩa thống kê qua các giai đoạn. Cụ thể là nồng độ NH₄⁺-N đầu vào dao động trong khoảng 9-38,4 mg/L, trong khi nồng độ trung bình đầu ra của mô hình Sponge-MBR qua các giai đoạn là 0,5, 0,3, 0,2 mg/L, với hiệu suất loại bỏ tương ứng là 100, 99, 99%. Còn đối với mô hình MBR có nồng độ NH₄⁺-N trung bình đầu ra là 0,4, 0,5, 1, với hiệu suất loại bỏ tương ứng là 99, 98, 96%. Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0/05$) trong hiệu quả loại bỏ NH₄⁺-N qua giai đoạn vận hành với thời gian lưu nước là tương ứng là 22, 11, 7,3 giờ. Đồng thời nồng độ NO₂⁻-N đầu ra ở các giai đoạn vận hành cũng rất thấp, nồng độ NO₂⁻-N < 0,3 mg/L ở cả hai mô hình trong các giai đoạn vận hành. Điều này chứng tỏ HRT trên 7,3 giờ là đủ để cho quá trình nitrat hóa diễn ra hoàn toàn.

Bảng 7. Nồng độ đầu ra các chỉ tiêu nitơ trong quá trình vận hành

	GD1 (2 LMH)		GD2 (4 LMH)		GD3 (6 LMH)	
	Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR
TKN (mg/L)	2,1±2 ^{ab}	2,4±2 ^{ab}	5,1±7 ^{ab}	5,4±6 ^a	1,5±2 ^b	2,6±2 ^{ab}
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0,5±1 ^a (100±2%) ^a	0,4±1 ^a (99±3%) ^a	0,3±1 ^a (99±2%) ^a	0,5±1 ^a (98±3%) ^a	0,2±1 ^a (99±3%) ^a	1±1 ^a (96±5%) ^a

NO ₃ ⁻ N (mg/L)	16,7±6 ^b	18,8±6 ^b	16,5±9 ^b	19±10 ^b	21,5±6 ^{ab}	26±6 ^a
NO ₂ ⁻ N (mg/L)	0,2±0 ^a	0,1±0 ^a	0,3±0 ^a	0,1±0 ^a	0,3±0 ^a	0,2±0 ^a
TN (mg/L)	18,5±7 ^c (44,7±22%) ^a	20,8±8 ^{bc} (33,8±26) ^a	21,9±7 ^{abc} (35,9±13%) ^a	24,5±8 ^{ab} (28,4±14) ^a	23,3±5 ^{abc} (26,2±12%) ^{ab}	28,7±6 ^a (9,6±9%) ^b

Dùng phần mềm Minitab 16 phân tích phương sai đơn giản (One Way ANOVA) để chỉ ra có hay không sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình.

Chữ cái a, b và c chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình theo hàng ngang ($p < 0,05$).

Hiệu quả loại bỏ NH₄⁺-N cao không đồng nghĩa với việc hiệu quả loại bỏ TN sẽ cao vì quá trình loại bỏ TN ra khỏi nước thải trong hệ thống bùn hoạt tính diễn ra theo hai cơ chế chính. Một là tích lũy trong sinh khối và bị loại bỏ ra khỏi hệ thống thông qua việc tăng sinh khối, xả bùn; Hai là loại bỏ nitơ qua con đường nitrat hóa và khử nitrat. Trong cơ chế thứ hai, theo Nah và cộng sự (2000) thì quá trình khử nitrat là bước giới hạn tốc độ của quá trình khử nitơ.

Theo bảng 7 thì mô hình Sponge-MBR có hiệu quả loại bỏ TN là 44,7±22% ở GD1, 35,9±13% ở GD2, 23,3±12% ở GD3 với nồng độ TN đầu ra tương ứng là 18,5±7, 21,9±7, 23,3±5 mg/L. Trong khi hiệu quả loại bỏ TN tương ứng của mô hình MBR là 33,8±26%, 28,4±14%, 9,6±9% với nồng độ TN đầu ra tương ứng là 20,8±8, 24,5±8, 28,7±6 mg/L. Nhìn chung, hiệu quả khử TN của mô hình Sponge-MBR luôn cao hơn MBR trong các giai đoạn vận hành và càng tăng thông lượng, tức giảm HRT, tăng tải thì hiệu quả loại bỏ TN càng giảm. Để phân tích rõ hơn hiệu quả, cũng như cơ chế loại bỏ nitơ của hệ thống ta dựa vào cân bằng nitơ của hệ thống.

Bảng 8. Kết quả cân bằng nitơ của hệ thống tại các thông lượng khác nhau

	2 LMH		4 LMH		6 LMH	
	Sponge MBR	MBR	Sponge MBR	MBR	Sponge MBR	MBR
TN tích lũy	6,6	7,5	3,8	7,6	2,9	3,4

(mg/L)	(18,7%)	(22,5%)	(10,2%)	(20,5%)	(9,6%)	(11,3%)
TN khử nitrat (mg/L)	16 (33,6%)	4,3 (13%)	9 (25,3%)	2,1 (6,1%)	4,7 (15,4%)	0,1 (0,3%)
TN loại bỏ (mg/L)	18,2 (52,3 %)	11,8 (35,4%)	12,8 (35,5%)	9,7 (26,6%)	7,6 (25%)	3,5 (11,6%)
TN ra (%)	47,7	64,6	64,7	73,4	75	88,5

Kết quả cân bằng nitơ (Bảng 8 và hình 6) của hai hệ thống cho ta thấy TN bị loại bỏ của hệ thống Sponge-MBR cao hơn MBR ở GĐ1 là 16,9%, GĐ2 8,9%, GĐ3 13,4%. Tổng lượng nitơ bị loại bỏ và TN bị loại bỏ do khử nitrat giảm dần theo sự tăng dần của thông lượng hay sự giảm dần của thời gian lưu ở cả 2 mô hình.

Đối với mô hình Sponge-MBR thì TN bị khử nitrat luôn lớn hơn TN tích lũy, trong khi ở mô hình MBR thì ngược lại, TN bị loại bỏ thông qua tích lũy luôn lớn hơn TN khử nitrat trong tất cả các giai đoạn vận hành. Lượng TN bị khử theo con đường tích lũy vào sinh khối của hệ thống MBR cao hơn hệ thống Sponge-MBR là do sự khác nhau trong lượng bùn rút ra. Cùng một thể tích bùn rút ra thì lượng bùn rút ra của hệ thống MBR lớn hơn hệ thống Sponge-MBR, Đồng thời, lượng bùn rút ra lớn thì nồng độ sinh khối của hệ thống MBR thấp hơn hệ thống Sponge-MBR làm cho tỷ số F/M của hệ thống MBR cao hơn hệ thống Sponge-MBR. Khi đó, tốc độ sinh bùn của bể MBR cao hơn hệ thống Sponge-MBR làm cho lượng nitơ bị tích lũy trong hệ thống MBR cao hơn. Trong khi đó, lượng TN bị khử trong hệ thống Sponge-MBR luôn cao hơn hệ thống MBR là do có sự kết hợp của quá trình nitrat hóa bên ngoài và trên bề mặt giá thể Sponge và quá trình khử nitrat do điều kiện thiếu khí bên trong các giá thể Sponge. Tức là có hiện tượng nitrat hóa và khử nitrat đồng thời.

Hiệu quả xử lý phospho tổng

Hiệu quả loại bỏ TP của hai mô hình được thể hiện trong bảng 9 và hình 7. Kết quả phân tích ANOVA cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0.05$) giữa các giá trị TP trung bình ở dòng ra và hiệu quả xử lý trung bình của hai mô hình qua các giai đoạn. Cơ chế loại bỏ TP chủ yếu thông qua tích lũy trong sinh khối và được loại bỏ ra khỏi hệ thống thông qua bùn xả bỏ. Như vậy, hiệu quả loại bỏ TP phụ thuộc vào lượng sinh khối sinh ra và lượng bùn xả bỏ. Trong hai giai đoạn đầu, hiệu quả loại bỏ TP trung bình của mô hình Sponge-MBR là 27,5 và 21,5%, thấp hơn hệ

thống MBR với 29,2 và 25,7%. Điều này là do trong hai giai đoạn này, lượng bùn rút ra từ hệ thống MBR cao hơn hệ thống Sponge-MBR. Tuy nhiên, trong GD3 hiệu quả loại bỏ TP trung bình của hệ thống Sponge-MBR lại cao hơn hệ thống MBR 5,3%. Điều này là do lượng sinh khối trong hệ thống Sponge-MBR trong GD3 tăng nhanh, nồng độ sinh khối trong Sponge đạt cực đại, nồng độ sinh khối lơ lửng tăng làm cho lượng bùn rút ra trong GD này cũng tăng.

Bảng 9. Hiệu quả loại bỏ TP tại các thông lượng khác nhau

Thông số	Đơn vị	2 LMH		4 LMH		6 LMH	
		Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR
TP vào	mg/L	3,7±0,9 ^a		3,2±1 ^a		3±0,9 ^a	
TP ra	mg/L	2,7±0,9 ^a	2,6±0,9 ^a	2,5±0,8 ^a	2,4±0,8 ^a	2,2±0,8 ^a	2,3±0,8 ^a
Hiệu suất	%	27,5 ±11,7 ^a	29,2 ±16,3 ^a	21,5 ±10,5 ^a	25,7 ±13,4 ^a	25,5± 10,8 ^a	20,2 ±15,2 ^a

Dùng phần mềm Minitab 16 phân tích phương sai đơn giản (One Way ANOVA) để chỉ ra có hay không sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình.

Chữ cái a, b và c chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình ($p < 0,05$).

Hiệu quả loại bỏ SS và Coliforms

Cơ chế loại bỏ TSS của hệ thống chủ yếu là cơ chế vật lý, TSS được giữ lại bởi màng lọc có kích thước lỗ màng là 0,2 μm . Hình 8 thể hiện hiệu quả loại bỏ SS của hai hệ thống qua 3GD vận hành. Nồng độ TSS đầu vào thường không ổn định và dao động từ 26,8 đến 124,6 mg/L, tuy nhiên nồng độ đầu ra luôn đạt ổn định, thường đạt 0 mg/L, chỉ một vài giá trị là 0,1 hay 0,2 mg/L. Điều này chứng tỏ màng MF hoạt động tốt, hiệu suất loại bỏ TSS của cả hai hệ thống đều là 100%.

Theo kích thước của vi sinh vật thì lọc micro có thể loại bỏ phần lớn các VSV gây bệnh. Trong nghiên cứu này, đối tượng nghiên cứu là nước thải bệnh viện nên chỉ tiêu vi sinh là một chỉ tiêu quan trọng. Các chỉ tiêu vi sinh có tầm quan trọng đối với nước thải bệnh viện là Coliforms, các VSV gây bệnh: Salmonella, Shigella. Vivrio

cholera, v.v.. Tuy nhiên, do không có điều kiện phân tích hết các chỉ tiêu vi sinh nên trong phạm vi nghiên cứu này, chỉ đánh giá hiệu quả xử lý đối với chỉ tiêu Coliforms.

Hình 9 thể hiện hiệu quả loại bỏ Coliforms của hai hệ thống. Nồng độ Coliforms của nước thải đầu vào dao động trong khoảng $4,4 \times 10^4$ - $2,3 \times 10^6$ MPN/100mL, trong khi nồng độ Coliforms trong dòng ra của hai hệ thống luôn thấp hơn $4,4 \times 10^4$ MPN/100mL, thấp hơn nồng độ tối đa cột B, QCVN 28:2010/BTNMT. Hiệu quả loại bỏ Coliforms trung bình của hệ thống Sponge-MBR và MBR tương ứng là 2,74 log và 3,03 log, nếu tính hiệu quả theo % thì hiệu quả loại bỏ Coliforms của hai hệ thống đều là 98,8%.

Hiệu suất xử lý COD, TN, TP

Hiệu quả xử lý đối với 2 trường hợp được thể hiện trong Bảng 10 sau:

Bảng 10. Hiệu quả xử lý của MBR và MBR kết hợp giá thể Sponge

Hiệu suất (%)	2LMH		4LMH		6LMH	
	Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR	Sponge-MBR	MBR
COD	89,2±9 ^a	84,3±10 ^{ab}	88,1±6 ^{ab}	85,8±6 ^{ab}	85,3±10 ^{ab}	84,5±10 ^b
NH ₄ ⁺ -N	100±2 ^a	99±3 ^a	99±2 ^a	98±3 ^a	99±3 ^a	96±5 ^a
TN	44,7±22 ^a	33,8±26 ^a	35,9±13 ^a	28,4±14 ^a	26,2±12 ^{ab}	9,6±9 ^b
TP	27,5±11,7 ^a	29,2±16,3 ^a	21,5±10,5 ^a	25,7±13,4 ^a	25,5±10,8 ^a	20,2±15,2 ^a
<i>Ghi Chú: Chữ cái a, b và c chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các cặp giá trị trung bình theo hàng ngang (p < 0,05)</i>						

Qua kết quả ở các giai đoạn cho thấy, việc bổ sung giá thể Sponge giúp cho hiệu quả xử lý của bể Sponge-MBR ổn định và cao hơn bể MBR thông thường. Hệ thống Sponge-MBR hạn chế tốc độ bẩn màng tốt hơn so với hệ thống MBR.

Đặc tính bẩn màng của hệ thống Sponge-MBR và MBR

Sự thay đổi áp suất chuyển màng (TMP)

Sự thay đổi của áp suất chuyển màng (TMP) trong quá trình vận hành của hai mô hình được thể hiện trong Hình 10. Ở GD1, thông lượng vận hành của cả hai mô hình là 2 LMH, giai đoạn này kéo dài 85 ngày, TMP của mô hình Sponge-MBR tăng từ 0,6 kPa đến 3,2 kPa, trong khi đó TMP của mô hình MBR tăng từ 0,6 kPa lên 28,6 kPa. GD2 có thông lượng vận hành là 4 LMH, TMP của mô hình Sponge-MBR tăng

từ 4,3 kPa lên 7,7 kPa, TMP của mô hình MBR tăng từ 4,8 kPa lên 26,9 kPa trong 30 ngày. Đến GD3, thông lượng vận hành của hai mô hình là 6 LMH, TMP của mô hình Sponge-MBR tăng từ 6,4 kPa lên 14,4 kPa, TMP của mô hình MBR tăng từ 13,9 kPa lên 44,2 kPa trong 35 ngày vận hành.

TMP có xu hướng tăng theo thời gian vận hành và tăng theo thông lượng vận hành. Thời gian vận hành càng tăng thì TMP càng tăng. Cùng một môđun màng, thông lượng càng tăng thì TMP càng tăng.

Ở GD1, TMP của mô hình Sponge-MBR khá ổn định và tăng rất chậm qua thời gian vận hành 85 ngày. Trong khi đó TMP của mô hình MBR cũng tăng chậm và ổn định trong 33 ngày đầu, sau đó TMP tăng nhanh đột biến, đến ngày 40 thì TMP tăng chậm lại đến ngày 68 rồi tiếp tục tăng nhanh đến ngày 85.

Ở GD2 và GD3, TMP của mô hình Sponge MBR tăng chậm, và ổn định trong suốt giai đoạn vận hành, không có sự tăng đột biến TMP. Trong khi đó TMP của mô hình MBR tăng khá nhanh và tăng đều theo thời gian vận hành.

Hình 11 cho thấy tốc độ tăng TMP theo thời gian (kPa/ngày) của hai hệ thống trong 3GD vận hành. Ta thấy rằng, tốc độ TMP của hệ thống Sponge-MBR luôn thấp hơn so với hệ thống MBR. Tốc độ tăng TMP của mô hình Sponge-MBR so với MBR tương ứng với 3 GD vận hành là 11 lần, 6,2 lần và 3,8 lần. Như vậy, kết quả này cho thấy hệ thống Sponge-MBR hạn chế tốc độ bẩn màng tốt hơn so với hệ thống MBR.

Trở lực màng

Hình 12 thể hiện các thành phần trở lực màng đo được sau các giai đoạn vận hành (GD1: 85 ngày, GD2: 30 ngày, GD3: 35 ngày). Kết quả đo trở lực cho ta thấy giá trị các thành phần trở lực màng của hệ thống Sponge-MBR luôn thấp hơn rất nhiều so với hệ thống MBR và ít thay đổi qua các giai đoạn vận hành. Các giá trị trở lực màng do các chất hấp thụ hòa tan (R_f) và trở lực bản thân màng (R_m) của mô hình MBR không đáng kể và ít thay đổi qua các giai đoạn vận hành ở cả hai hệ thống, trong khi đó giá trị trở lực màng do lớp bánh bùn của hệ thống MBR rất cao, chính thành phần trở lực này làm cho trở lực màng tổng tăng cao. Trở lực màng tổng của hệ thống MBR trong các giai đoạn vận hành lần lượt là $4,93 \times 10^{13}$ (1/m), $4,85 \times 10^{13}$ (1/m), $9,95 \times 10^{13}$ (1/m), trong khi đó, trở lực màng tổng của hệ thống Sponge-MBR qua các giai đoạn là: $3,07 \times 10^{12}$ (1/m), $2,87 \times 10^{12}$ (1/m), $3,62 \times 10^{12}$ (1/m).

Bảng 11 thể hiện tỷ lệ % các thành phần trở lực màng đo được sau mỗi giai đoạn vận hành. Kết quả đo trở lực cho thấy thành phần trở lực chủ yếu của hệ thống Sponge-MBR là trở lực của bản thân màng (R_m), chiếm 74,3, 77 và 48,3% qua các GD vận hành, trong khi thành phần gây trở lực chủ yếu của hệ thống MBR là trở lực của lớp bánh bùn (R_c) chiếm 84,99, 88,66, 91,06% tương ứng với các GD vận hành.

Bảng 11. Tỷ lệ % các thành phần trở lực màng

	2 LMH		4 LMH		6 LMH	
	Sponge- MBR	MBR	Sponge- MBR	MBR	Sponge- MBR	MBR
R_c (%)	14,1	84,99	13,41	88,66	17,98	91,06
R_f (%)	11,53	1,2	9,69	0,51	33,7	2,84
R_m (%)	74,3	13,8	77	10,9	48,3	6,2

Các kết quả trên cho thấy, việc bổ sung giá thể di động Sponge vào hệ thống MBR đem lại hiệu quả giảm thành phần trở lực do lớp bánh bùn một cách rõ rệt. Hình 12 cho thấy tương ứng với các GD1, GD2, GD3, hệ thống Sponge-MBR giảm thành phần trở lực do lớp bánh bùn là 98,97%, 99,1%, 99,28%.

Chỉ số UVA_{254}

Hình 14 thể hiện kết quả đo độ hấp thu của mẫu nước trong bể phản ứng và mẫu nước dòng thấm đầu ra. Kết quả cho thấy độ hấp thu mẫu bên trong bể luôn cao hơn dòng thấm qua màng. Điều này chứng tỏ màng đã giữ lại 1 phần các hợp chất hữu cơ. Các hợp chất bị giữ lại trên màng là nguyên nhân gây ra bẩn màng.

Phân tích One Way ANOVA trong các giai đoạn vận hành, cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các giá trị trung bình của chỉ số UVA_{254} bên trong bể và dòng thấm qua màng của hai hệ thống. Chỉ số UVA_{254} trung bình của mẫu trước khi qua màng của hệ thống MBR, Sponge MBR và sau khi qua màng tương ứng là $0,214 \pm 0,041$ 1/cm, $0,108 \pm 0,045$ 1/cm, $0,175 \pm 0,031$ 1/cm, $0,083 \pm 0,028$ 1/cm.

Kết quả cho thấy trong 25 ngày vận hành đầu tiên, chỉ số UVA_{254} trong bể và dòng thấm qua màng của hệ thống Sponge-MBR thấp hơn hệ thống MBR rất rõ rệt. Giai đoạn này trùng với giai đoạn sinh khối chuyển từ lơ lửng sang trong Sponge của mô hình Sponge-MBR. Kết quả này cho thấy, lượng EPS được tiết ra từ vi sinh vật trong giai đoạn đầu vận hành khác cao. Ở mô hình Sponge-MBR chỉ số UVA_{254} đo

được thấp là do giai đoạn này, các vi sinh vật tiết EPS liên kết với giá thể, giảm lượng EPS hòa tan. Điều này làm giảm bản màng sinh học do vi sinh gây ra đối với hệ thống Sponge-MBR.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Giải pháp được đề cập đến là phương pháp sinh học màng kết hợp với giá thể sponge để xử lý nước thải y tế. Ưu điểm của việc sử dụng quá trình MBR có bổ sung thêm giá thể sponge như sau:

Hiệu suất loại bỏ TN của nước thải y tế trong quá trình MBR có bổ sung thêm các giá thể sponge là khá tốt, cao hơn từ 8,9% đến 16,9%.

Về hiệu quả loại bỏ TP của hệ thống MBR và MBR-sponge cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa.

Hiệu quả loại bỏ COD trung bình qua các giai đoạn của hai mô hình thì ta nhận thấy rằng hiệu quả xử lý của mô hình Sponge-MBR ổn định và cao hơn mô hình MBR. Cụ thể, hiệu quả loại bỏ COD của mô hình Sponge-MBR cao hơn MBR qua 3 giai đoạn tương ứng là 4,9, 2,3, 0,8%.

Hệ thống Sponge-MBR hạn chế tốc độ bản màng tốt hơn so với hệ thống MBR. Tốc độ tăng TMP của mô hình Sponge-MBR so với MBR tương ứng với 3 GD vận hành là 11 lần, 6,2 lần và 3,8 lần

Với những ưu điểm của màng sinh học với kích thước lỗ rỗng khoảng $0,2\mu\text{m}$ có thể loại bỏ tốt các cặn lơ lửng và vi khuẩn. Đối với các bể phản ứng sinh học thông thường, không có sponge thì mật độ sinh khối trong bể $\text{MLSS} = 3000 - 3500 \text{ mg/L}$, thời gian lưu bùn khoảng 15 ngày. Nhưng với bể sinh học màng thì mật độ sinh khối MLSS lớn hơn, khoảng 5000 mg/L và thời gian lưu bùn cũng lâu hơn là 45 ngày. Mật độ sinh khối và thời gian lưu bùn lâu hơn sẽ tạo điều kiện phát triển cho vi sinh, do đó làm tăng hiệu quả xử lý. Ngoài ra với việc áp dụng quá trình sinh học màng kết hợp giá thể sponge thì lượng bùn sinh ra sẽ ít hơn (50%) so với các bể phản ứng sinh học màng thông thường, do đó giảm bớt một phần chi phí xử lý bùn.

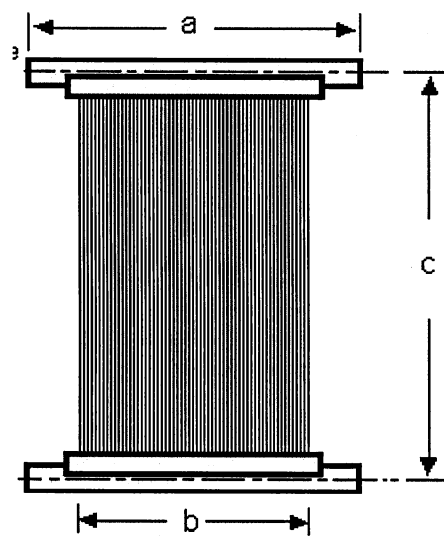
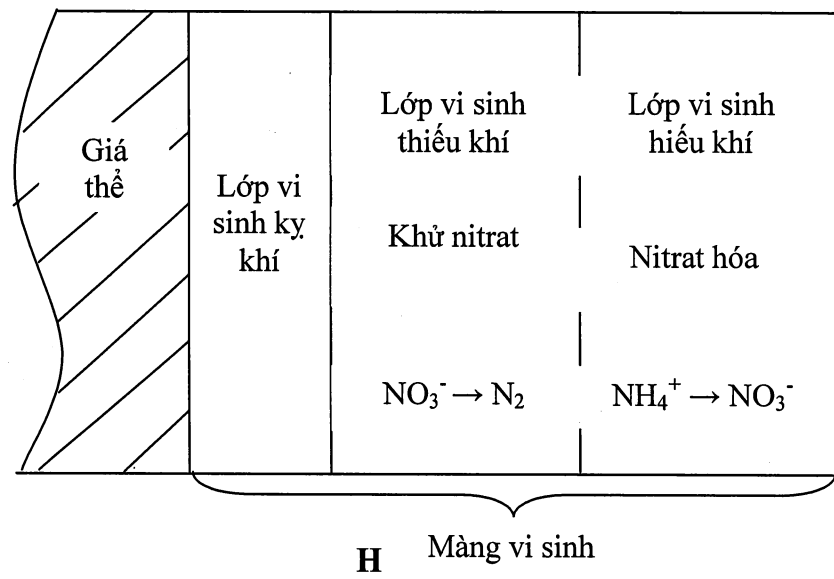
YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xử lý nước thải y tế bằng màng sinh học (Membrane Bio Reactor, MBR) kết hợp giá thể di động (sponge) phân tán đồng đều cùng bùn hoạt tính, phương pháp này bao gồm các bước:

(i) cấp nước thải y tế chưa xử lý vào bể xử lý bên trong có bố trí bùn hoạt tính, giá thể di động và cụm màng sinh học, nước thải sẽ được xử lý bằng bùn hoạt tính và giá thể di động; và

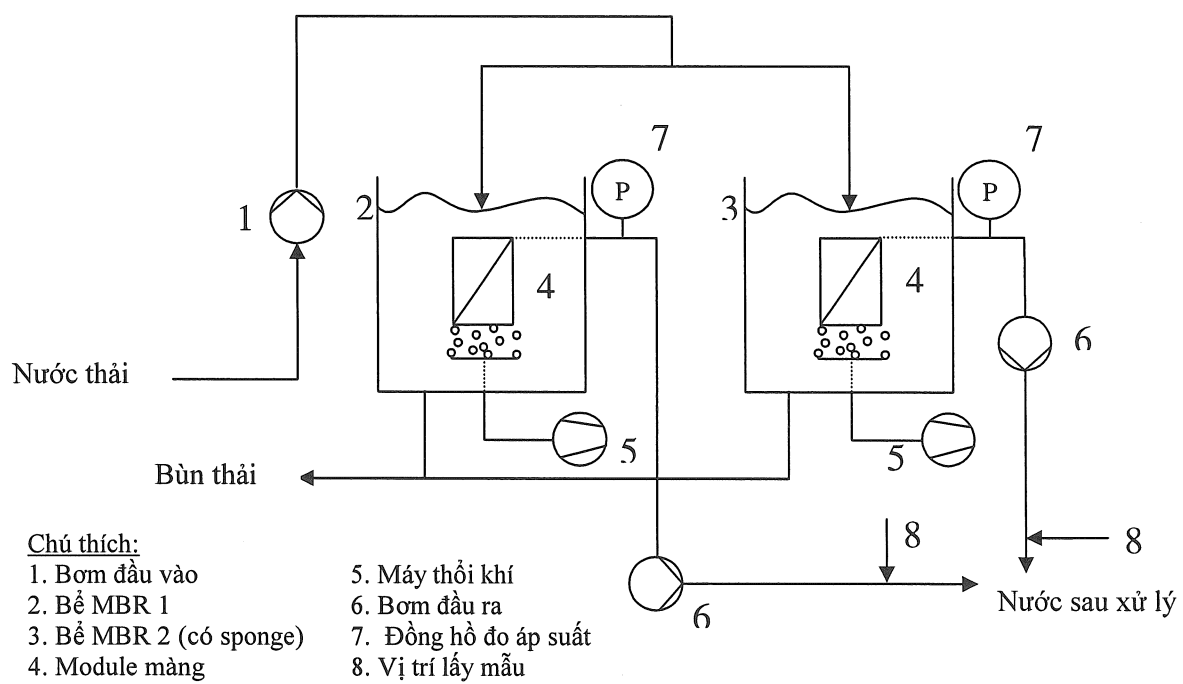
(ii) hút nước thải đã xử lý vào trong màng MBR bằng bơm, giá thể và bùn hoạt tính được giữ lại trong bể xử lý, nước thải trong màng MBR là nước thải đã xử lý; trong đó:

- giá thể di động sponge làm bằng polyetylen có độ rỗng 98%, kích thước 2x2x2cm, chiếm 20% thể tích của bể;
- độ pH của môi trường bể xử lý được theo dõi liên tục và điều chỉnh ở độ pH trung tính;
- bơm được dùng để tạo lực hút nước thải từ bên ngoài màng MBR vào trong màng MBR được hoạt động gián đoạn theo chu trình 8 phút vận hành và 2 phút nghỉ để ngăn nghẹt tắc màng;
- không khí được sục vào đáy bể xử lý để duy trì nồng độ oxy hòa tan (DO) ít nhất là 5mg/L
- áp suất qua màng MBR được theo dõi thường xuyên, khi chênh lệch áp suất $\Delta P > 40$ Kpa, thì tiến hành rửa màng để làm sạch bề mặt ngoài của màng MBR;
- bùn lắng tại đáy bể xử lý được lấy ra sau mỗi 45 ngày vận hành;
- màng MBR là màng vi lọc sợi rỗng có kích thước lỗ rỗng là 0,2 μ m;
- nước thải y tế có tổng nitơ đầu vào nằm trong khoảng từ 19,6 đến 57,1 đồng thời có độ kiềm trong nước nằm trong khoảng từ 160 đến 230 mgCaCO₃/L; và
- mật độ sinh khối ban đầu trong bể xử lý là 5000 mg/L.

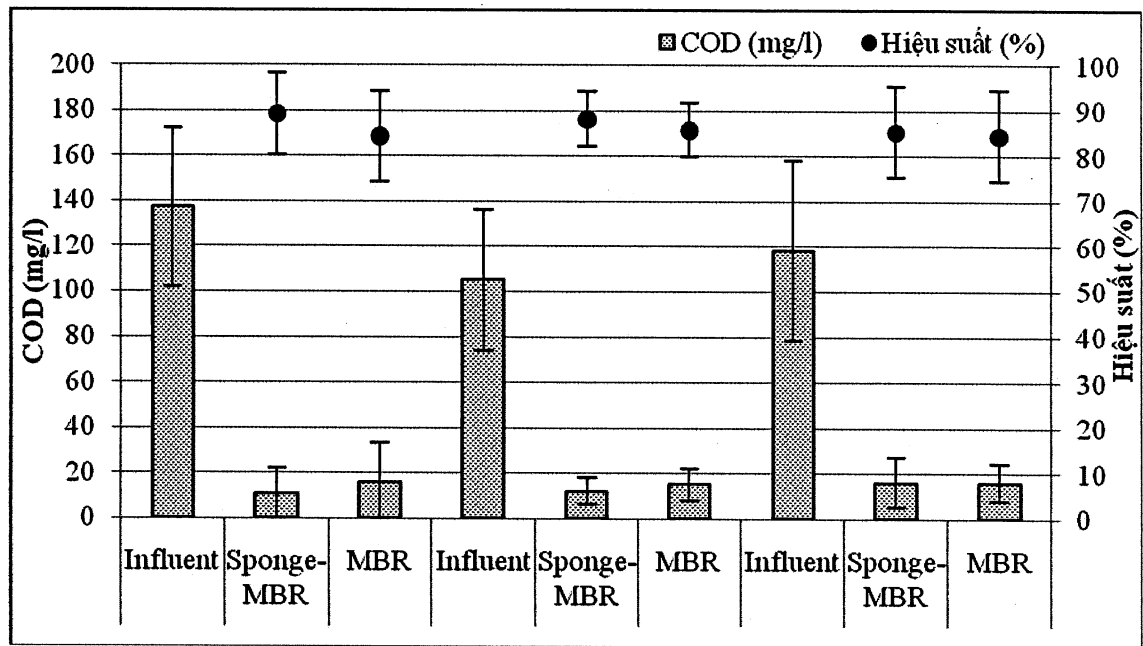
**Hình 2**



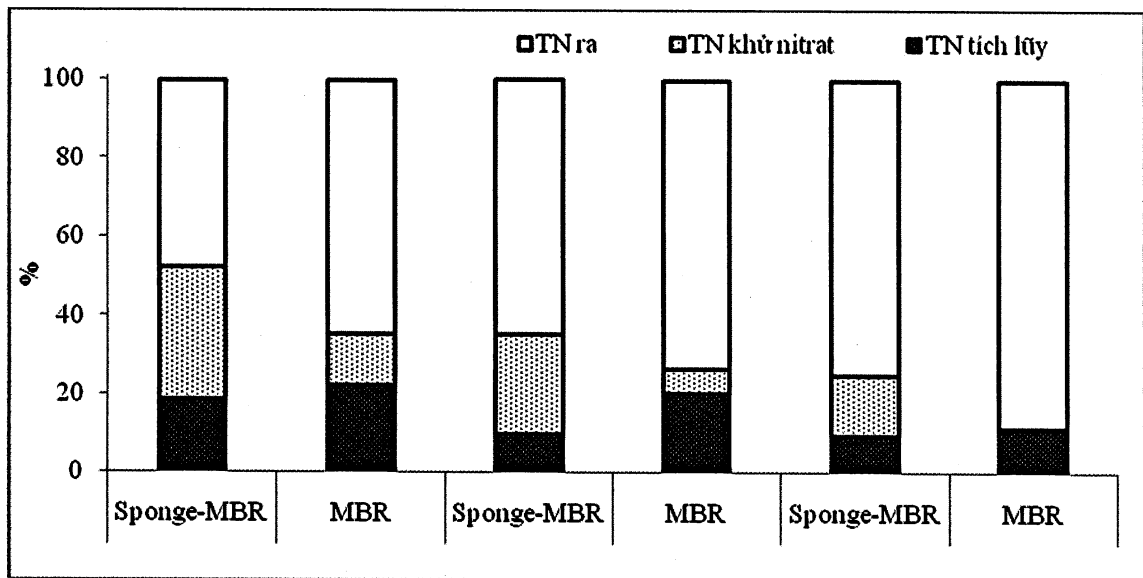
Hình 3



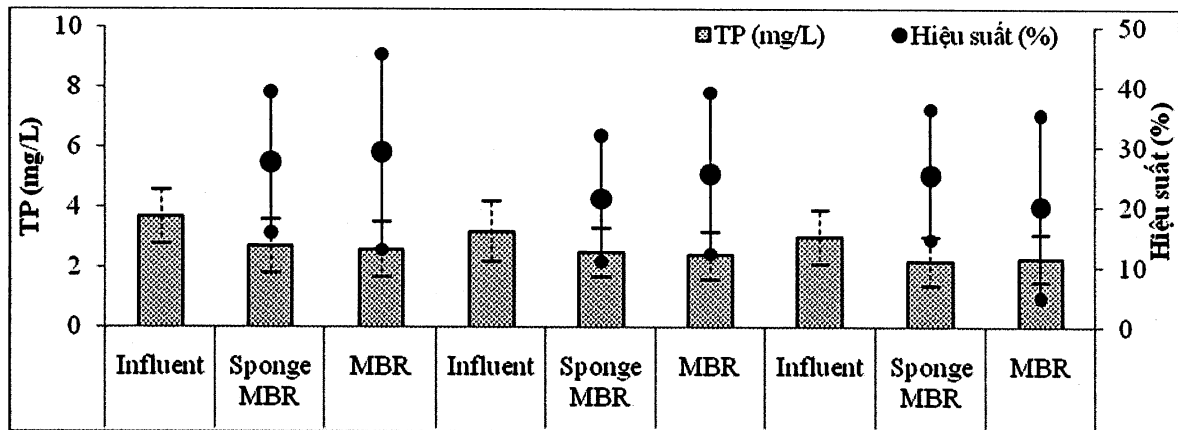
Hình 4



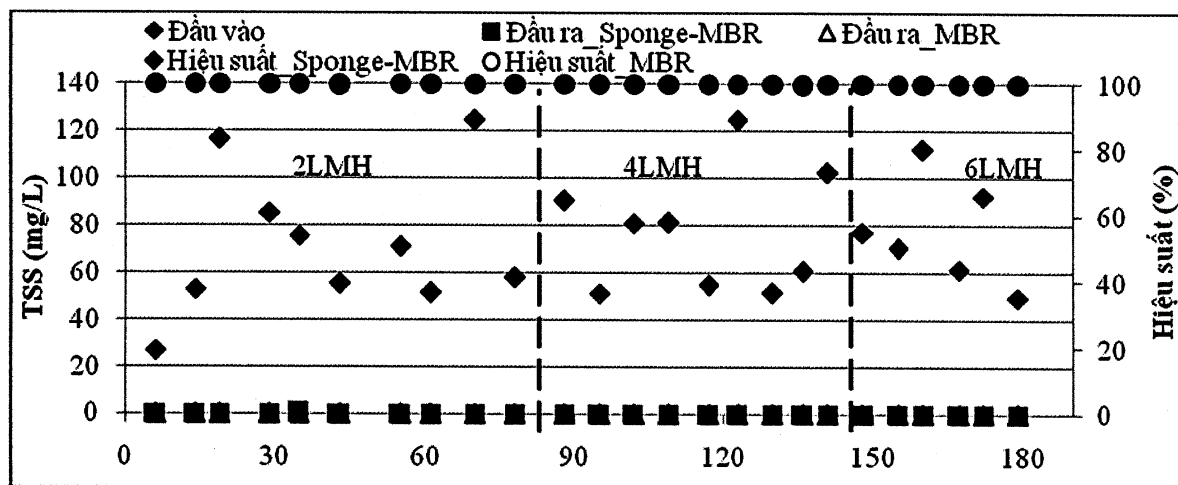
Hình 5



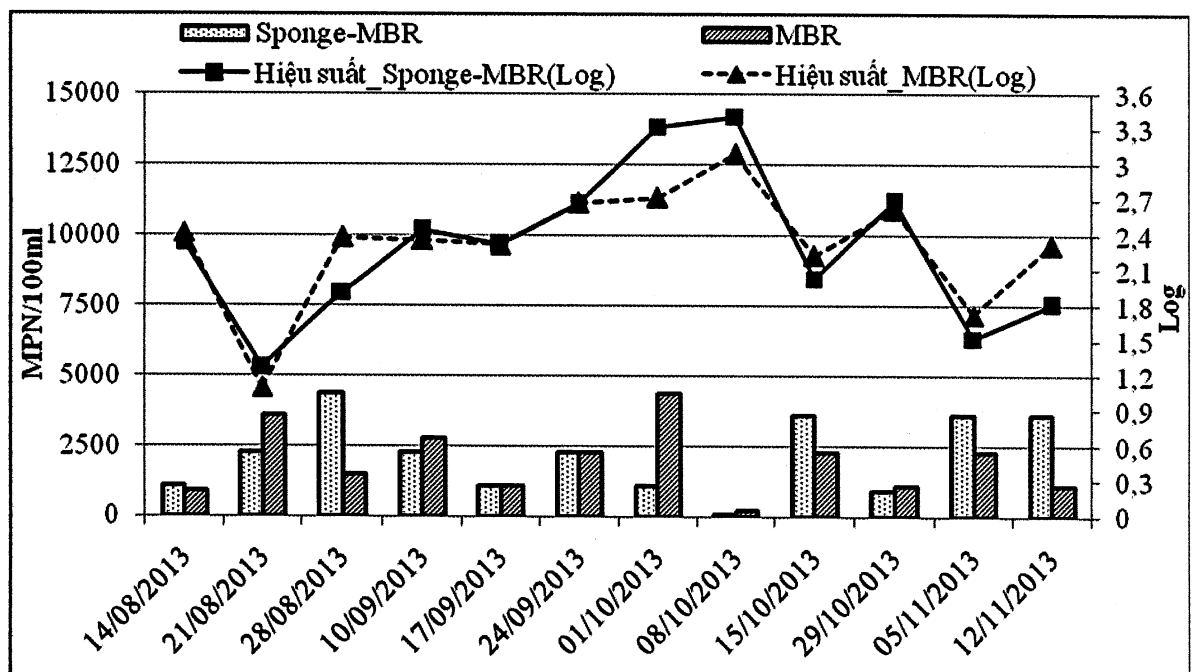
Hình 6



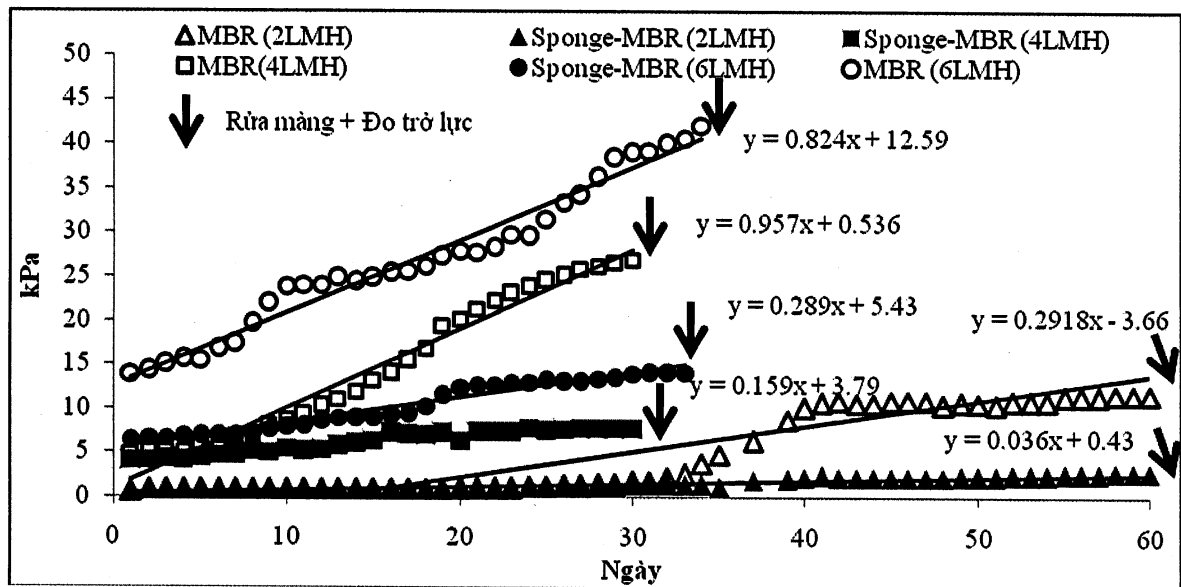
Hình 7



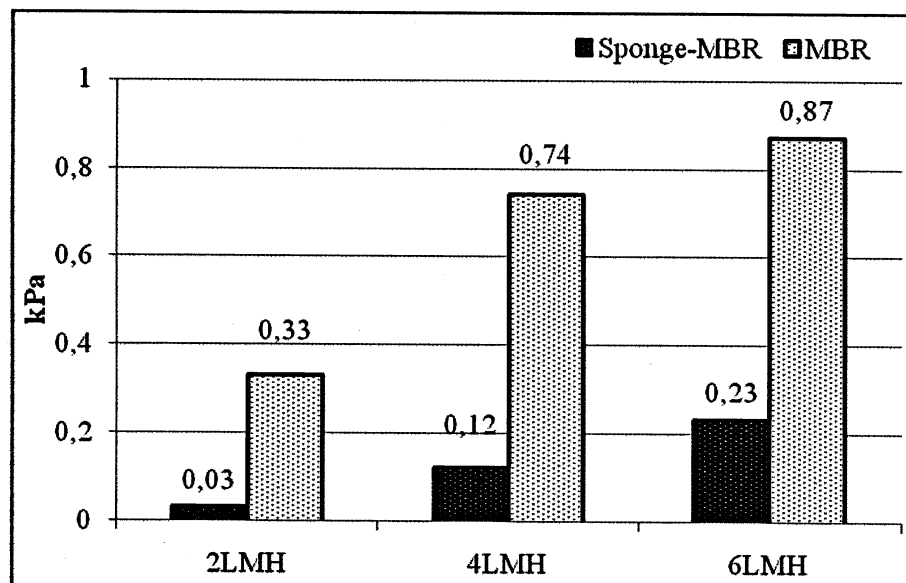
Hình 8



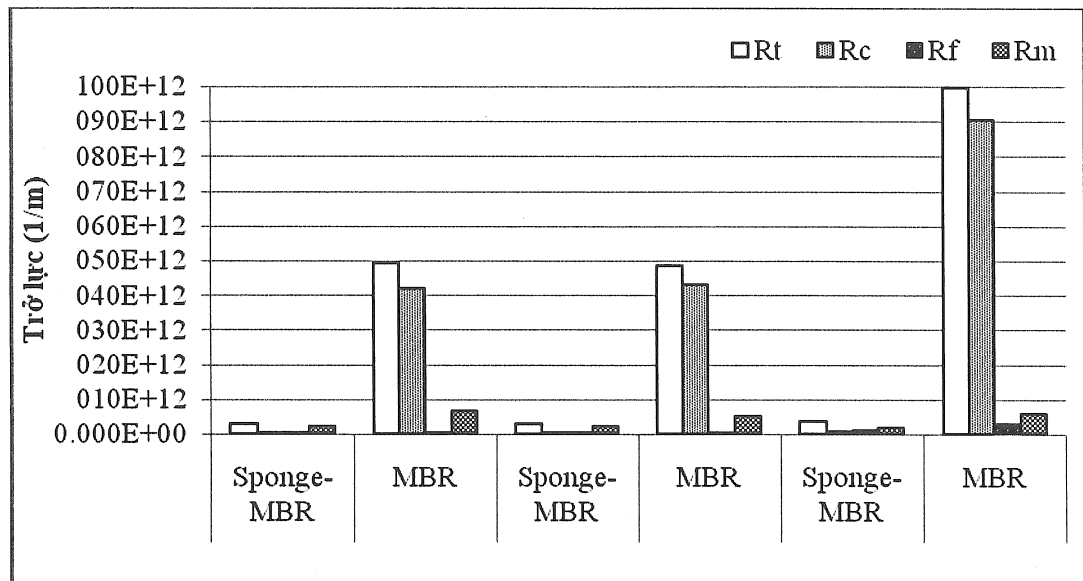
Hình 9



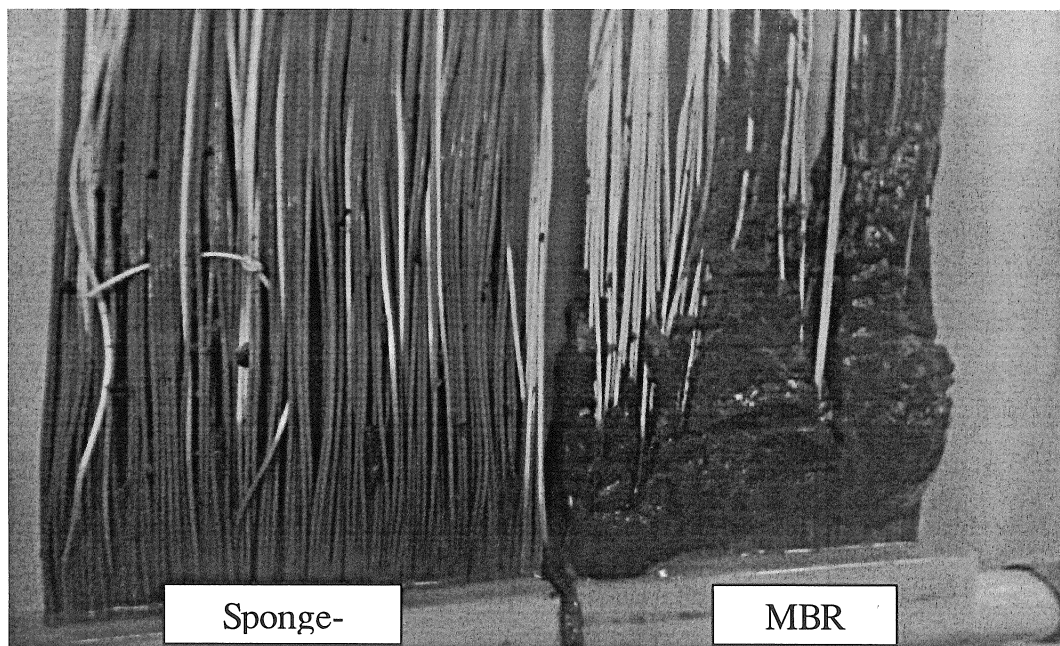
Hình 10



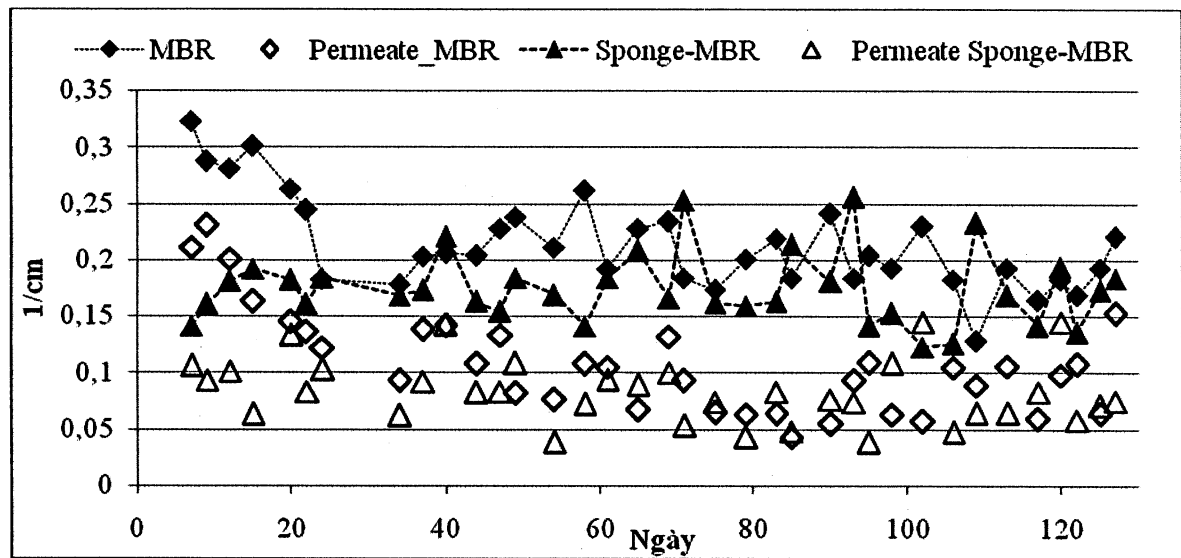
Hình 11



Hình 12



Hình 13



Hình 14