

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM WAVE THIẾT KẾ HỆ THỐNG KHỬ NƯỚC BIỂN BẰNG CÔNG NGHỆ LỌC THẨM THẤU NGƯỢC

Nguyễn Văn Tuyền^{1,*}, Trần Minh Viên¹, Trần Văn Giàu¹,
Đặng Hữu Thiện¹, Phạm Văn Toàn¹

TÓM TẮT

Nhu cầu cấp nước sinh hoạt ở những vùng ven biển và hải đảo ngày càng được quan tâm trong tình hình nguồn nước cấp khan hiếm. Công nghệ lọc nước bằng phương pháp lọc thẩm thấu ngược (RO) đang được áp dụng phổ biến trong xử lý nước biển thành nước ngọt. Việc lựa chọn loại cột lọc và áp suất phù hợp với tính chất của nước biển đầu vào là vấn đề cần quan tâm khi áp dụng công nghệ này. Nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm của Trường Đại học Cần Thơ từ tháng 6/2021 đến tháng 12/2021. Nghiên cứu sử dụng phần mềm WAVE để mô phỏng lưu lượng dựa theo thông số chất lượng nước đầu vào và tỷ lệ thu hồi nước khác nhau, từ đó lựa chọn các thông số cho loại cột lọc RO phù hợp trong hệ thống xử lý nước biển. Các chỉ tiêu cơ bản đầu vào của hệ thống xử lý đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 10 – MT: 2015/BTNMT. Hệ thống RO với 2 Stages (cột được lắp dạng lọc lại dòng đậm đặc) tỷ lệ thu hồi nước là 12%, với thông số đầu vào: pH = 6,5, độ đục = 0,8 NTU; TSS = 2,7 mg/L; SDI = 3,3; TDS = 31.300 mg/L. Kết quả mô phỏng đầu ra pH = 6,3; độ đục = 0,12 NTU, Chloride = 70,0 mg/L và TDS trung bình là 156 mg/L, đạt QCVN 01-1: 2018/BYT của Bộ Y tế và thông số thiết kế cột RO là Q=100 L/giờ và áp suất P= 41,7 bar.

Từ khóa: Cột lọc RO, thẩm thấu ngược, xử lý nước biển, WAVE Dupont.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc cung cấp nước sinh hoạt cho người dân ở những vùng ven biển và hải đảo đang gặp nhiều khó khăn. Một số nguyên nhân cụ thể như: tình trạng khô hạn kéo dài dẫn đến nước biển xâm nhập, nguồn nước mặt bị nhiễm mặn do nước biển dâng [1]. Ngoài ra, một số tác động của con người như xây đập thủy điện lưu trữ nước ở thượng nguồn sông MeKong đã dẫn đến tình trạng xâm nhập mặn, gây ra việc khan hiếm nước ngọt [2].

Cung cấp nước ở vùng hạn mặn, vùng ven biển và hải đảo đang là nhu cầu cấp thiết [3]. Tình trạng xâm nhập mặn diễn ra sớm, phức tạp và xuất hiện với tần suất nhiều hơn so với trước đây [4]. Theo Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia, từ đầu tháng 2 năm 2020, mực nước trên dòng chính sông MeKong biến đổi chậm. Mực nước tại các trạm thượng nguồn ở mức xấp xỉ và thấp hơn trung bình nhiều năm và cùng kỳ năm 2006 từ 0,10 - 0,70 m [5]. Trong mùa khô, tình trạng xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long ở mức độ sâu hơn và gay gắt hơn so với trung bình nhiều năm [6]. Theo dự báo của Tổ chức Quốc tế về Biến đổi khí hậu thì Việt Nam là một trong 5 nước bị thiệt hại nhiều nhất [3].

Do đó nghiên cứu bảo vệ nguồn nước, giảm bớt sử dụng nước trong sinh hoạt và sản xuất, tái sử dụng các loại nguồn nước, lọc nước biển bằng các công nghệ cao như lọc nano, lọc màng, cải tiến công nghệ xử lý nước tự nhiên,... đang được quan tâm [7].

Việc cung cấp nước sạch ở vùng ven biển đang gặp nhiều khó khăn, phần lớn nước ngọt bị nhiễm phèn và nhiễm mặn, nếu muốn sử dụng thì người dân phải mua với giá cao. Với mong muốn thiết kế hệ thống khử mặn bằng công nghệ lọc với thông số thiết kế và vận hành phù hợp. Nghiên cứu sử dụng phần mềm WAVE để xác định các thông số nhằm thiết kế hệ thống lọc thẩm thấu ngược (RO) phù hợp để xử lý nước mặn thành nước ngọt có giá thành hợp lý, đạt quy chuẩn, góp phần đáp ứng nhu cầu nước tối thiểu và nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân tại địa phương. Để đạt được mục tiêu này, nghiên cứu thực hiện các nội dung sau: i) Đánh giá chất lượng nước biển ven bờ được sử dụng cho mục đích xử lý nước cấp cho ăn uống; ii) Ứng dụng phần mềm WAVE để thiết kế và đánh giá hệ thống lọc RO xử lý nước biển thành nước ngọt công suất thiết kế 100 L/giờ.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ PHƯƠNG TIỆN NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm của Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ
*Email: nvtuyen@ctu.edu.vn

và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Các chỉ tiêu chất lượng nước được phân tích tại Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường chất lượng Cần Thơ. Thời gian thực hiện nghiên cứu từ tháng 6 năm 2021 đến tháng 12 năm 2021.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Đánh giá chất lượng nước biển ven bờ

Phương pháp lấy mẫu: mẫu nước biển được thu trực tiếp tại khu vực cảng ven biển Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang thuộc vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Mẫu được thu vào chai nhựa 1 L và được bảo quản trong thùng lạnh. Các chỉ tiêu pH, độ đục và TSS được phân tích tại phòng thí nghiệm – Trường Đại học Cần Thơ. Các chỉ tiêu tổng rắn hòa tan (TDS), độ cứng, sắt (Fe), chloride (Cl), nitrat (NO₃) được phân tích tại Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường chất lượng Cần Thơ.

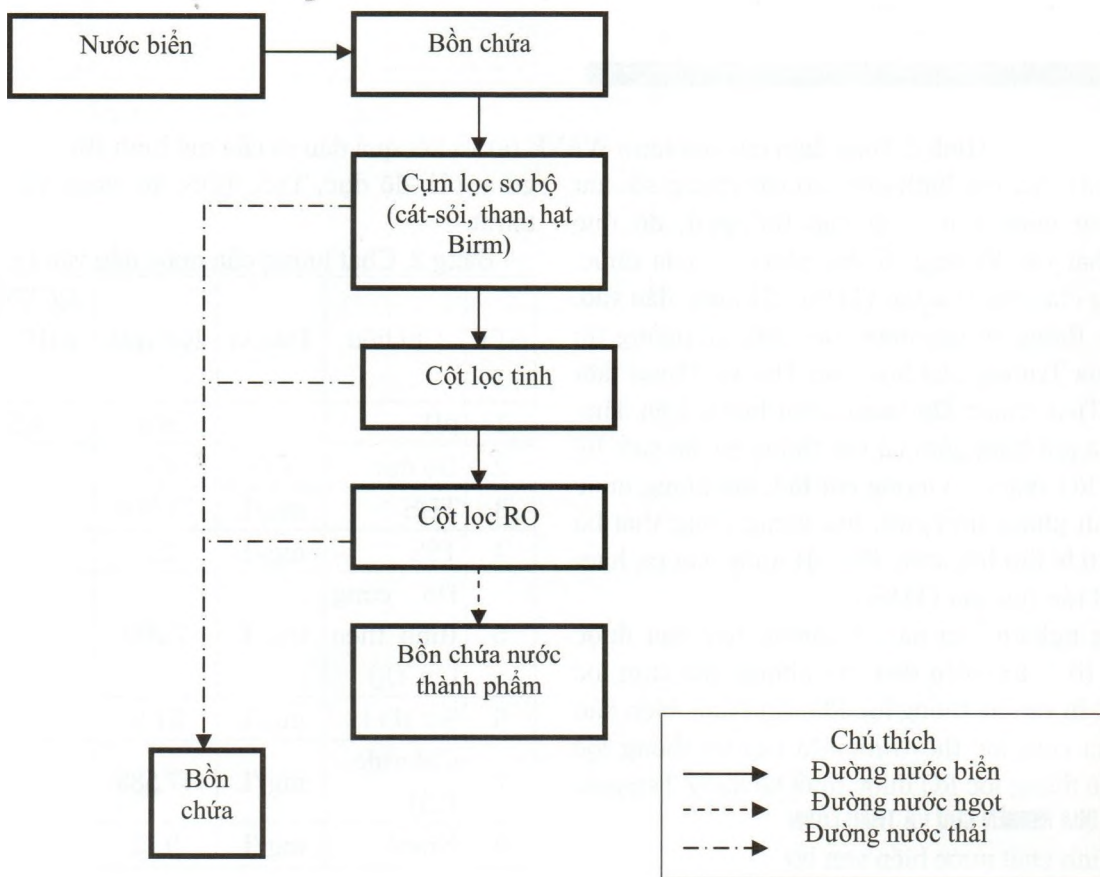
Phương pháp phân tích mẫu và đánh giá chất lượng nước: các chỉ tiêu chất lượng nước của nghiên cứu được phân tích theo các phương pháp được trình bày trong bảng 1 và được đánh giá so với QCVN 10-MT: 2015/BTNMT.

Bảng 1. Các chỉ tiêu và phương pháp phân tích mẫu

| STT | Chỉ tiêu | Đơn vị | Phương pháp |
|-----|--------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 1 | pH | - | Đo trực tiếp |
| 2 | Độ đục | NTU | Đo trực tiếp |
| 3 | TSS | mg/L | TCVN 6625: 2000 |
| 4 | TDS | mg/L | HD 5.6-QT-56 |
| 5 | Độ cứng, tính theo CaCO ₃ | mg/L | SMEWW 2340 C: 2017 |
| 6 | Sắt (Fe) | mg/L | US EPA Method 200.7 |
| 7 | Chloride (Cl) | mg/L | SMEWW 4500-Cl B: 2017 |
| 8 | Nitrat (NO ₃) | mg/L | SMEWW 4500-NO ₃ E: 2017 |

2.2.2. Đề xuất công nghệ xử lý và ứng dụng phần mềm WAVE để thiết kế hệ thống lọc nước biển

Sơ đồ công nghệ của hệ thống xử lý: để có thể xử lý nước biển thành nước ngọt sử dụng cho mục đích ăn uống, nước biển cần phải qua các công đoạn xử lý khác nhau. Quy trình xử lý nước biển thành nước ngọt được đề xuất theo sơ đồ hình 1.

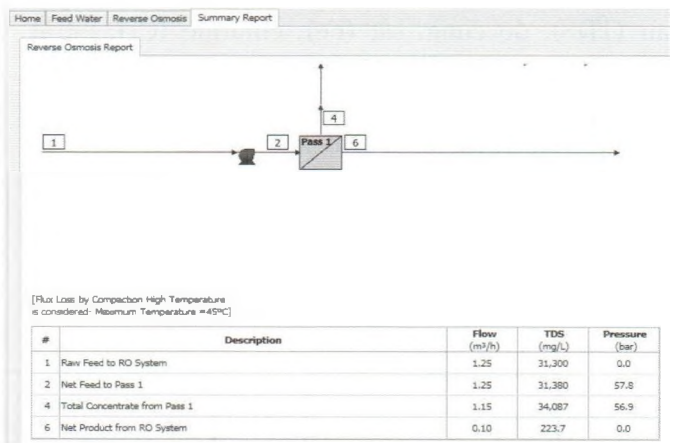
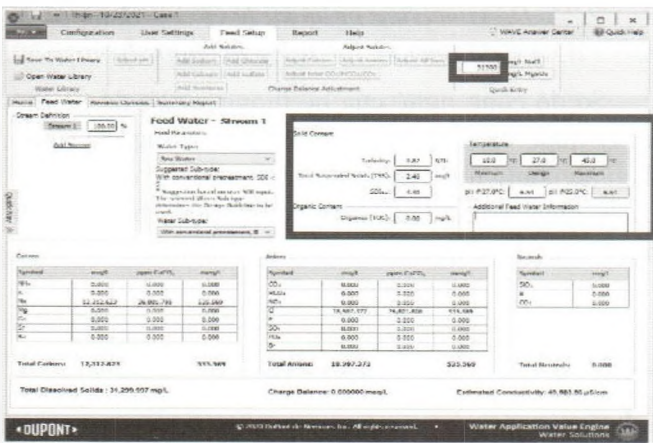


Hình 1. Sơ đồ công nghệ xử lý nước biển thành nước ngọt

Nước biển được đưa vào bồn chứa nước đầu vào, sau đó được bơm qua cụm lọc thô gồm các cột lọc như: cát-sỏi, than hoạt tính, hạt Birm và cột lọc tinh để loại bỏ các tạp chất, cặn lơ lửng trong nước. Cột lọc tinh có chức năng loại bỏ các cặn rắn có kích thước lớn hơn 1 μm . Cột lọc tinh có cấu tạo chính gồm lõi lọc với lỗ rỗng 1 μm và vỏ cột lọc để chứa lõi lọc. Lõi lọc có cấu tạo từ sợi Polypropylene với nhiệt độ hoạt động từ 4 – 79 $^{\circ}\text{C}$, vỏ cột lọc được cấu tạo từ nhựa Acrylonitrin Butadien Styren (ABS) có chiều dài 500 mm, áp suất hoạt động tối đa của cột lọc tinh là 8,6 bar. Sau đó, nước từ cụm lọc thô được bơm tăng áp qua lưu lượng kế để điều chỉnh lưu lượng và áp kế nhằm điều chỉnh áp suất trước khi vào cột lọc

RO. Một phần nước từ cột lọc RO bị cô đặc và được đưa vào bồn chứa nước muối. Phần nước thành phẩm ở đầu ra cột lọc RO đảm bảo chất lượng nước sinh hoạt theo Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt QCVN 01-1: 2018/BYT của Bộ Y tế.

Mô hình WAVE: WAVE (Water Application Value Engine) là công cụ để tích hợp thiết kế hệ thống lọc nước tinh khiết với nhiều công nghệ, bao gồm: siêu lọc (UF), thẩm thấu ngược (RO), trao đổi ion (IX). Cùng chung một giao diện (Hình 2), sử dụng phần mềm WAVE giúp đơn giản hóa quy trình thiết kế và giảm thời gian quản lý hệ thống xử lý nước.



Hình 2. Giao diện của mô hình WAVE (a) và kết quả đầu ra của mô hình (b)

Đầu vào của mô hình gồm có các thông số: lưu lượng dòng nước cần cung cấp (m³/giờ), độ đục (NTU), chất rắn lơ lửng (TSS), nhiệt độ của nước, hàm lượng chất rắn hòa tan (TDS), pH nước đầu vào. Tất cả các thông số này được xác định tại phòng thí nghiệm của Trường Đại học Cần Thơ và Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường chất lượng Cần Thơ. Đầu ra của mô hình gồm có các thông số: áp suất hệ thống lọc RO (bar), số lượng cột RO, lưu lượng nước dòng thành phẩm (m³/giờ), lưu lượng dòng thải bỏ (m³/giờ), tỉ lệ thu hồi nước (%), pH nước đầu ra, hàm lượng chất rắn hòa tan (TDS).

gồm: pH, độ đục, TSS, TDS, độ cứng, sắt, chloride, nitrat.

Bảng 2. Chất lượng của nước đầu vào hệ thống

| STT | Chỉ tiêu | Đơn vị | Kết quả | QCVN 10-MT: 2015/BTNMT [8] |
|-----|--|--------|---------|----------------------------|
| 1 | pH | - | 6,5 | 6,5 – 8,5 |
| 2 | Độ đục | NTU | 0,8 | - |
| 3 | TDS | mg/L | 31.300 | - |
| 4 | TSS | mg/L | 2,7 | - |
| 5 | Độ cứng (tính theo CaCO ₃) | mg/L | 7.200 | - |
| 6 | Sắt (Fe) | mg/L | KPH | 0,5 |
| 7 | Chloride (Cl) | mg/L | 17.585 | - |
| 8 | Nitrat | mg/L | 0,11 | - |

Ghi chú: - : Không quy định; KPH: không phát hiện.

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, các chỉ tiêu chất lượng nước đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 10 - MT: 2015/BTNM. So với chất lượng nước biển tại các khu vực đảo và quần đảo ở Việt Nam chỉ tiêu pH thấp hơn từ 1,14 đến 1,28 lần, chỉ tiêu độ đục thấp hơn từ 1,23 đến 7,36 lần, chỉ tiêu nitrat cao hơn 4,89 lần và thấp hơn 1,08 lần, nhưng đều nằm trong khoảng cho phép của QCVN 10 - MT: 2015/BTNMT [9]. Ngoài ra, khi so với chất lượng nước biển tại các trạm quan trắc ven bờ miền Bắc Việt Nam thì chỉ tiêu pH thấp hơn 1,23 lần và đều nằm trong khoảng cho phép của QCVN 10 -MT: 2015/BTNMT [10]. Chất lượng nước biển ở khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng đặc điểm độ muối dao động từ 11,7 đến 29,3‰ và giá trị trung bình (\pm SD) của độ muối $26,8 \pm 1,8\%$ cho khu vực nước biển ven bờ [11]. Chất lượng nước biển của tất cả khu vực đều có chất lượng không khác biệt. Vì vậy, nghiên cứu này có thể sử dụng kết quả từ bảng 2 làm đại diện cho một mẫu nước biển

ven bờ tại Việt Nam để thiết kế hệ thống xử lý với công nghệ thẩm thấu ngược.

3.2. Ứng dụng phần mềm WAVE để thiết kế và đánh giá hệ thống lọc nước biển

3.2.1. Thiết kế hệ thống lọc thẩm thấu ngược (RO)

Quá trình lọc theo phương pháp thẩm thấu ngược có thể tách dòng nước vào thành 2 dòng riêng biệt: dòng thẩm thấu và dòng đậm đặc. Dòng thẩm thấu là phần chất lỏng đi qua cột chỉ chứa nước sạch tinh khiết, trong khi dòng đậm đặc là dòng chứa những phân tử bị giữ lại ở cột.

Trong nghiên cứu, hệ thống thẩm thấu ngược được thiết kế để xử lý nước biển thành nước ngọt công suất 100 L/giờ. Loại cột lọc RO được chọn có mã hiệu DOW SW30-2540, với thông số kỹ thuật thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Thông số kỹ thuật cột DOW SW30-2540

| Thông số | Đơn vị | Giá trị |
|--|---|-------------------|
| Loại cột | - | Cột DOW SW30-2540 |
| Nhiệt độ hoạt động tối đa | °F (°C) | 133 (45) |
| Áp suất hoạt động tối đa | psi (bar) | 1000 (69) |
| Giảm áp tối đa | psi (bar) | 15 (1) |
| Phạm vi pH hoạt động liên tục | - | 2-11 |
| Phạm vi pH làm sạch trong thời gian ngắn | - | 1-13 |
| Chỉ số mật độ bùn (SDI) tối đa đầu vào | - | 5 |
| Chỉ số gốc Chlorine tự do | ppm | <0,1 |
| Lưu lượng đầu vào tối đa | gpm (m ³ /giờ) | 6 (1,4) |
| Hệ số thẩm thấu của cột, ở nhiệt độ 27°C | gfd/psi (m ³ /m ² .h.bar) | 0,067 (0,002) |
| Lưu lượng dòng thẩm thấu tối đa | gpd (m ³ /giờ) | 700 (0,108) |
| Diện tích cột | m ² | 2,8 |
| Tỉ lệ thu hồi | % | 8 |
| Tổn thất áp suất qua cột | bar | 1 |
| Lưu lượng dòng đậm đặc tối thiểu | gpm (m ³ /giờ) | 1 (0,23) |

(Nguồn: [12])

Hệ thống lọc nước biển với cột lọc RO DOW SW30-2540 được thiết kế dạng 2 Stages (cột được lắp dạng lọc lại dòng đậm đặc) trên phần mềm WAVE, với lưu lượng khoảng 100 L/giờ (tối đa khoảng 150 L/giờ). Hệ thống có thể xử lý tốt nước biển ở độ mặn $22,9\text{‰}$ với TDS = 31.300 mg/L. Nước thành phẩm có thể được sử dụng cho mục đích sinh hoạt hoặc qua khử trùng để uống. Nhờ có khả năng ghép nhiều cột RO nên có thể tối ưu lượng nước đầu ra và tiết kiệm được nguồn nước đầu vào. Công suất của hệ thống được thiết kế

còn khá nhỏ chỉ phù hợp với nhu cầu cấp nước cho hộ gia đình. Khi ghép nhiều cột lại với nhau để tăng dòng thành phẩm thì lượng nước đậm đặc sẽ là nước đầu vào trong cột tiếp sau dẫn đến độ mặn và TDS trong cột tăng lên, nên cần phải tính toán lựa chọn bơm với công suất phù hợp. Sau khi phần mềm WAVE được sử dụng để chạy với những kịch bản khác nhau thì thấy có sự sai lệch về áp suất bơm qua cột và TDS giữa lý thuyết và thực tế.

Đánh giá các thông số thiết kế hệ thống lọc RO bằng phần mềm WAVE:

Trường hợp 1: Với nước đầu vào hệ thống lọc RO có độ đục 0,8 NTU và TSS = 2,7 mg/L thì có thể bơm nước biển trực tiếp vào cột thẩm thấu ngược RO, không cần phải qua cụm lọc thô. Phần mềm WAVE cho phép nguồn nước đi qua cột lọc thẩm thấu ngược RO khi độ đục có giá trị trong khoảng từ 0 đến 1 NTU và từ 0 đến 10 mg/L cho tổng các chất rắn lơ lửng (TSS). Nếu nước biển có độ đục và tổng chất rắn lơ lửng nằm trong khoảng khuyến nghị của WAVE thì có thể trực tiếp qua cột thẩm thấu ngược RO. Khi hệ thống được thiết kế với 1 cột lọc RO DOW SW30-2540, sau khi tiến hành mô hình hóa trên phần mềm WAVE, với nồng độ TDS trong nước biển là 31.300 mg/L cùng với 2 tỉ lệ thu hồi nước là 8% và 12% thì thấy rằng với tỉ lệ thu hồi nước 12% lượng nước đầu vào ít hơn và công suất tiêu thụ điện cũng thấp hơn (tiêu thụ điện ở tỉ lệ thu hồi 8% là 25,2 kW.h/m³ và tỉ lệ thu hồi 12% là 17,6 kW.h/m³). Nhưng ở tỉ lệ thu hồi nước 12% thì áp suất bơm nước qua cột cao hơn so với tỷ lệ 8%. Áp suất qua cột của hai tỷ lệ 8% và 12% lần lượt là 57,8 bar và 60,7 bar cho thấy đã vượt mức áp suất khuyến nghị của WAVE (đối với cột RO SW30-2540 khuyến nghị áp suất cho phép là 55,2 bar). Vì vậy để an toàn và giúp cho hệ thống lọc thẩm thấu ngược RO lâu bị bám cặn cặn thì cụm lọc thô là cần thiết để loại bỏ một phần độ đục và chất rắn lơ lửng trong nước. Mặt khác, cụm lọc thô còn giúp ổn định các thông số chất lượng nước biển đầu vào khác.

Trường hợp 2: Nước biển sau khi được tiền xử lý bằng cụm lọc thô có độ đục và chất rắn lơ lửng lần lượt là 0,56 NTU và 1,2 mg/L. Ở trường hợp này, khi hệ thống được thiết kế với 1 cột RO DOW SW30-2540 thì không đủ lượng nước cấp theo yêu cầu đầu ra là 100 L/giờ vì nồng độ TDS trong nước quá cao (31.300 mg/L). Khi đó áp suất cần thiết của cột ở tỉ lệ thu hồi 12% là 60,7 bar, vượt mức khuyến nghị trong WAVE; và để sản xuất được 1 m³ nước ngọt thì tiêu thụ lượng điện là 17,6 kW.h/m³. Khi nồng độ TDS nước đầu vào khoảng 18.000-20.000 mg/L thì áp suất vẫn trong mức khuyến nghị an toàn trong WAVE. Khi đó hệ thống lọc có thể được thiết kế với 1 cột RO DOW SW30-2540. Bên cạnh TDS thì pH của nước đầu vào cũng cần phải điều chỉnh phù hợp khi vận hành hệ thống lọc RO. Trong nghiên cứu, khi pH của nước đầu vào được điều chỉnh từ 6,54 lên 8,2 thì cần

một lượng hóa chất (NaOH) là 0,1 mg/L. Với tỉ lệ thu hồi nước là 12%, để đạt công suất của hệ thống 100 L/giờ thì lượng nước cấp vào hệ thống là 830 L/giờ. Như vậy để nâng pH =8,2 của nước đầu vào, với thể tích là 830 L thì cần 83 mg NaOH.

Trong nghiên cứu này lượng CO₂ có trong nước đầu vào không được xác định nên không thể biết được lượng CO₂ đã được xử lý sau khi nâng pH lên 8,2. Thực tế khi nâng pH nước trong khoảng lên từ 8,2 sẽ giúp hiệu suất loại bỏ CO₂ của cột RO đạt tốt hơn. Vì nếu pH của nước ở mức nhỏ hơn 6 tức là vẫn duy trì trạng thái CO₂ trong nước. Nếu pH của nước lớn hơn 6 sẽ tạo ra HCO₃⁻ và CO₃²⁻, ở pH từ 8 đến 8,5 trở lên CO₂ sẽ chuyển hóa hoàn toàn thành HCO₃⁻ và CO₃²⁻.

Sau khi tiến hành thử nghiệm các trường hợp bằng phần mềm WAVE với hệ thống được thiết kế gồm 1 cột RO, thì thấy rằng với công suất sản xuất nước thành phẩm là 100 L/giờ thì 1 cột RO DOW SW30-2540 là không đủ, cần phải thêm 1 cột RO để xử lý nước biển với nồng độ TDS là 31.300 mg/L.

Trường hợp 3: Khi chạy mô hình trên phần mềm WAVE với loại màng lọc là DOW SW30-2540 thiết kế 2 Stages với lưu lượng nước dòng thành phẩm theo lưu lượng thiết kế là 100 L/giờ, áp suất tổng hệ thống lọc RO lên tới 41,7 bar (màng 1 là 41,3 bar, màng 2 là 40,8 bar) thì lượng điện tiêu thụ để sản xuất ra 1 m³ là 12,1 kW.h/m³. Có thể nhận thấy được lượng điện tiêu thụ 1 Stages (17,6 kW.h/m³) tiêu tốn hơn so với 2 Stages. Như vậy để tối ưu về tiêu thụ điện năng, nên lựa chọn thiết kế 2 Stages, nhưng sẽ tốn chi phí đầu tư hơn. Bên cạnh đó, nước đầu ra có pH = 6,5 và TDS trung bình là 430,1 mg/L, đạt Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước sạch phục vụ cho mục đích sinh hoạt QCVN 01-1: 2018/BYT. Có thể thấy, với cùng một lượng nước dòng thành phẩm là 100 L/giờ nhưng TDS của nước đầu ra với thiết kế 2 Stages lớn hơn so với thiết kế 1 Stage (238,3 mg/L). Có sự cao hơn về TDS này là vì ở thiết kế 2 Stages một phần lượng nước thải của màng 1 hòa trộn với nguồn nước đầu vào để đi qua màng 2 nên ở màng 2 sẽ có độ mặn và các ion trong nước cao hơn. Nhưng lượng điện của thiết kế 2 Stages tiết kiệm hơn so với thiết kế 1 Stages. Từ đó có thể thấy thiết kế 2 Stages trên cùng loại màng sẽ cho hiệu quả tối ưu, có thể xử lý được lượng nước có TDS cao lên đến 31.300 mg/L, nhưng theo đó chi phí lắp đặt hệ thống 2 Stages sẽ cao hơn so với 1 Stage.

3.2.2. So sánh kết quả của hệ thống xử lý RO trên phần mềm WAVE và mô hình thực tế

Sau khi mô hình thực tế được lắp đặt và vận hành với các thông số thiết kế như trên trong phòng thí nghiệm, tiến hành lấy mẫu và phân tích các chỉ tiêu đầu vào và đầu ra của mô hình. Kết quả đầu ra của mô hình thực tế được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Chất lượng của nước đầu ra của mô hình

| STT | Chỉ tiêu | Đơn vị | Kết quả | QCVN 01-1: 2018/BTNMT [13] |
|-----|---------------|--------|------------|----------------------------|
| 1 | pH | - | 6,3 | 6,0 – 8,5 |
| 2 | Độ đục | NTU | 0,12 | 2 |
| 3 | TDS | mg/L | 156± 4,4 | 1.000 |
| 4 | TSS | mg/L | 1,0 | - |
| 5 | Chloride (Cl) | mg/L | 70,0 ± 2,3 | 250 |

Ghi chú: - : Không quy định

Bảng 4 cho thấy các chỉ tiêu chất lượng nước đều đạt QCVN 01-1: 2018/BYT. Nước biển sau khi xử lý đạt Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

Về hiệu quả xử lý, có thể thấy nồng độ TDS trung bình của nước đầu ra theo mô phỏng trên phần mềm WAVE (430,1 mg/L) lớn hơn so với mô hình thực tế (156 ± 4,4 mg/L). Hiệu suất xử lý TDS thực tế của màng DOW SW30-2540 thiết kế 2 Stages tốt hơn và lượng nước đầu ra tinh khiết hơn so với mô phỏng. Hàm lượng TDS trong khoảng từ 0 đến 170 mg/L đảm bảo nước an toàn với cơ thể và từ 170 mg/L đến dưới 1000 mg/L phù hợp cho mục đích sinh hoạt. Nguyên nhân của sự sai biệt về chất lượng nước đầu ra trong WAVE so với mô hình thực tế có thể do diện tích tiếp xúc, tổn thất áp suất và hằng số thấm của màng RO. Ngoài ra, do việc đơn giản hóa quá trình tính toán, chưa phân tích hết các chỉ tiêu nhập vào phần mềm WAVE nên đã có những khác biệt chất lượng nước. Theo kết quả từ WAVE, để tạo ra được 1 m³ nước cần lượng điện khoảng 12,1 kW.h/m³, dựa theo mức giá điện hiện nay cấp cho mục đích sinh hoạt ở bậc 6 (lượng điện tiêu thụ từ 401 kW.h trở lên) với giá là 2.323 đồng/kW.h thì chi phí vận hành cần thiết để tạo ra 1 m³ nước khoảng 28.108,3 VND cho thiết kế 100 L/giờ.

4. KẾT LUẬN

Các chỉ tiêu chất lượng nước đầu vào đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 10 – MT:

2015/BTNMT và đầu ra đạt QCVN 01-1: 2018/BYT. Hệ thống lọc nước biển sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt theo thiết kế kiểu 2 Stages trên WAVE có thể cung cấp với lưu lượng khoảng 100 L/giờ (tối đa khoảng 150 L/giờ), với nước biển có TDS lên tới 43.000 mg/L. Nhờ có khả năng ghép nhiều cột RO, hệ thống có lượng nước đầu ra tối ưu và tiết kiệm được nguồn nước đầu vào. Trong nghiên cứu, công suất của hệ thống còn khá nhỏ, chỉ phù hợp với nhu cầu cấp nước cho hộ gia đình. Khi ghép nhiều cột lại với nhau để tăng dòng thành phẩm thì dòng đậm đặc được tuần hoàn lại trong cột, dẫn đến độ mặn và TDS ở cột phía sau tăng lên

Theo kết quả mô phỏng trên phần mềm WAVE cho thấy có sự sai lệch áp suất bơm qua cột và TDS giữa lý thuyết và thực tế. Do vậy cần có thêm những nghiên cứu chi tiết hơn, như: cần phân tích nhiều chỉ tiêu hơn cho chất lượng nước đầu vào để có thể xem xét đến một số khả năng gây cáu cặn nguồn nước, từ đó đưa ra các loại hóa chất với liều lượng thích hợp để rửa cột. Cần phân tích thêm chỉ tiêu CO₂ có trong nước để từ đó xem xét việc nâng pH đầu ra như thế nào để dòng nước thành phẩm đạt quy chuẩn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Đình Tuấn (2017). Giáo trình biến đổi khí hậu. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội. <https://www.researchgate.net/publication/334413573>.
2. Lê Tuấn Anh, Hoàng Thị Thủy, Võ Văn Ngoan (2014). Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới sinh kế người dân đồng bằng sông Cửu Long. In Diễn đàn bảo tồn thiên nhiên và văn hoá vì sự phát triển bền vững vùng đồng bằng sông Cửu Long lần thứ 6. <https://doi.org/10.13140/2.1.4761.7606>.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Nxb Bộ Tài nguyên và Môi trường. Tr.65-82.
4. Nguyễn Văn Bé, Văn Phạm Đăng Trí, Trần Thị Lệ Hằng, Nguyễn Thái Ân (2017). Ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến công tác quản lý nguồn tài nguyên nước trong sản xuất nông nghiệp tại huyện Long Phú, tỉnh Sóc Trăng. *Can Tho University, Journal of Science*, số 52, Tr.104. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2017.116>.
5. Tổng cục Khí tượng Thủy văn (2021). Bản tin cập nhật về hiện tượng ENSO và nhận định xu thế khí tượng thủy văn từ tháng 7 đến tháng 12 năm

2021. <https://kttv.gov.vn/Kttvsite/vi-VN/1/ban-tin-cap-nhat-ve-hien-tuong-enso-va-nhan-dinh-xu-the-khi-tuong-thuy-van-tu-thang-7-den-thang-12-nam-2021-post31196.html>

6. Hùng Võ (2020). Xâm nhập mặn năm 2020 dự báo sẽ ở mức độ sâu, gay gắt hơn. <https://www.vietnamplus.vn/xam-nhap-man-nam-2020-du-bao-se-o-muc-do-sau-gay-gat-hon/621783.vnp>.

7. Trần Hiếu Nhuệ (2012). *Cấp thoát nước*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật.

8. QCVN 10-MT: 2015/ BTNMT. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước biển.

9. Cao Thị Thu Trang, Đỗ Công Thung, Lê Văn Nam, Phạm Thị Kha, Nguyễn Văn Bách, Đinh Hải Ngọc (2019). *Đánh giá chất lượng nước các khu vực đảo và quần đảo đá vôi ở Việt Nam. Kỷ yếu Hội nghị: Nghiên cứu cơ bản trong “Khoa học Trái đất và Môi trường”*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội. Tr.450-453.

10. Dương Thanh Nghị, Lê Văn Nam, Phạm Thị Kha, Lê Xuân Sinh, Đinh Hải Ngọc, Cao Thị Thu Trang (2020). Chất lượng môi trường nước biển tại các trạm quan trắc ven bờ miền Bắc Việt Nam năm 2019. *Tạp chí Hóa học*, tập 58(6E12). Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Tr.147-152.

11. Lưu Việt Dũng, Nguyễn Tài Tuệ, Phạm Văn Hiếu, Nguyễn Doanh Khoa, Lê Văn Dũng (2022). Nghiên cứu đặc điểm một số chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*. Số 733, Tr.29-38; doi:10.36335/VNJHM.2022(733).

12. Dupont (2020). Product Data Sheet. <https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/watersolutions/public/documents/en/45-D01519-en.pdf>.

13. QCVN 01-1: 2018/BYT. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

WAVE SOFTWARE APPLICATIONS TO DESIGN REVERSE OSMOSIS SYSTEMS TO CONVERT SEA WATER TO FRESHWATER

Nguyen Van Tuyen¹, Tran Minh Vien¹, Tran Van Giiau¹,
Dang Huu Thien¹, Pham Van Toan¹

¹College of Environment and Natural Resources, Can Tho University

Summary

Currently, supplying water to coastal areas and islands is a necessity due to freshwater scarcity. Water treatment technologies using reverse osmosis (RO) is a water purification process being widely applied to convert seawater into fresh water. Here, the selection of filter column type and pressure suitable for seawater inlet is a matter of deep consideration. This research was conducted in laboratory of Can Tho University from June 2021 to December 2021. Research using WAVE software to simulate flow and pressure based on different input water quality parameters (Turbidity, TSS, TDS) and water recovery rate (%) from which to select the parameters for the type of RO filter column suitable for seawater treatment. The basic input parameters for the treatment system reached QCVN 10 – MT: 2015/BTNMT. A RO system with 2 Stages (installing 2 RO columns SW30-2540 in a row) water recovery rate was 12%, with input parameters such as: turbidity = 0.56 NTU; TSS= 1.2 mg/L; SDI = 3.3 pH = 6.5; TDS = 31,300 mg/L. Simulation output pH = 6.3; Turbidity = 0.12 NTU; Chloride = 70.0 mg/L; TDS = 156 mg/L that were in compliance with QCVN 01-1: 2018/BYT and the design parameter of the RO column was flow Q=100L/h and pressure P=41.7 bar.

Keywords: *WAVE Dupont, reverse osmosis, seawater treatment, RO filter column.*

Người phản biện: PGS.TS. Lê Đức

Ngày nhận bài: 11/3/2022

Ngày thông qua phản biện: 14/4/2022

Ngày duyệt đăng: 22/7/2022