

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LỌC NANO HAI BẬC SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO TRONG XỬ LÝ NƯỚC NHIỄM MẶN

Trịnh Văn Giáp¹, Phan Quang Thăng¹, Trần Thị Thu Lan^{1*},
Dương Công Hùng², Nguyễn Như Ngọc³

¹*Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

²*Học viện Kỹ thuật quân sự*

³*Trường Đại học Lâm nghiệp*

TÓM TẮT

Lọc màng nano - Nanofiltration (NF) là công nghệ khử mặn đang được nghiên cứu và ứng dụng để đáp ứng nhu cầu nước ngọt ở nhiều khu vực trên thế giới. Công nghệ NF ra đời muộn hơn đáng kể so với công nghệ thẩm thấu ngược - Reverse Osmosis (RO), nhưng NF đang chứng tỏ là một công nghệ rất phù hợp cho các ứng dụng khử mặn nước nhiễm mặn. NF có hiệu quả khử mặn không cao bằng RO, nhưng NF lại được vận hành ở áp suất thấp, do đó có năng lượng tiêu thụ và chi phí vận hành thấp hơn đáng kể so với RO. Trong nghiên cứu này, một hệ thống NF hai bậc thông minh sử dụng năng lượng mặt trời xử lý nước nhiễm mặn được nghiên cứu, lắp đặt, và khảo sát để đánh giá tính khả thi và hiệu quả kinh tế của công nghệ NF. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm tại Hàm Lương-Bến Tre cho thấy hệ thống khử mặn NF hai bậc có khả năng xử lý nước nhiễm mặn (độ mặn khảo sát lên đến 7.000 mg/L) thành nước sinh hoạt với các chỉ tiêu đáp ứng quy chuẩn của Bộ Y tế. Khi vận hành liên tục bằng năng lượng mặt trời trong 30 ngày, hệ NF hoạt động ổn định ở công suất lọc 610-625 L/h, độ mặn dòng nước lọc ≤ 110 mg/L. Đặc biệt, việc tích hợp công nghệ 4.0 trên hệ NF hai bậc cho phép thao tác, theo dõi và truy suất lịch sử hệ thống từ xa, giúp nâng cao hiệu quả vận hành của hệ thống.

Từ khóa: Bến Tre, điện mặt trời, khử mặn nước mặn, NF.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu đang diễn ra ngày càng mạnh mẽ và theo chiều hướng xấu ảnh hưởng tới rất nhiều khu vực trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Theo báo cáo tổ chức Germanwatch (<https://germanwatch.org>), Việt Nam là một trong 10 quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của biến đổi khí hậu, trong đó đặc biệt là khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Ở khu vực này, trong những năm gần đây tình hình hạn hán, xâm nhập mặn, cùng nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan xuất hiện thường xuyên ở mức độ ngày càng nghiêm trọng. Hạn hán và xâm nhập mặn khiến nước biển lấn sâu vào đất liền, làm cho nguồn nước ngầm và nguồn nước sông bị nhiễm mặn không thể khai thác. Điều này đã và đang gây ra tình trạng khan hiếm nước ngọt nghiêm trọng, tác động rất lớn đến sự phát triển kinh tế - xã hội tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (Lê Đình Xuân, Nguyễn Mạnh Quân, 2016). Xử lý nguồn nước nhiễm mặn thành nước sinh hoạt đang là một trong những giải pháp để giải quyết vấn đề khan hiếm

nước ngọt cho các cộng đồng dân cư ở những khu vực chịu tác động nặng nề của biến đổi khí hậu. Theo Hiệp hội Khử mặn Quốc tế, trên thế giới hiện có hơn 18.000 nhà máy khử mặn nước biển và nước nhiễm mặn đang hoạt động, cung cấp khoảng 86,8 triệu m³ nước ngọt trên ngày để đáp ứng nhu cầu nước sạch của hơn 300 triệu người (Baawain et al., 2015). Công suất khử mặn của thế giới được dự đoán là sẽ tăng gấp đôi vào năm 2030 do nhu cầu nước ngọt ngày càng cao. Các nhà máy khử mặn quy mô lớn trên thế giới chủ yếu sử dụng công nghệ thẩm thấu ngược - RO nhờ những tiến bộ rất lớn trong lĩnh vực khoa học màng.

Ở Việt Nam, dưới ảnh hưởng nặng nề của hạn hán và xâm nhập mặn, nghiên cứu và phát triển các công nghệ khử mặn là vấn đề cấp bách và có ý nghĩa thiết thực. Công nghệ khử mặn thẩm thấu ngược - RO đã được lắp đặt thử nghiệm trong một số hệ thống khử mặn nước biển và nước lợ ở quy mô nhỏ (Ha et al., 2017; Trần Đức Hà, 2020). Tính khả thi về mặt công nghệ và kinh tế của các nhà máy RO khử mặn nước biển và nước lợ ở quy mô lớn đã được

*Corresponding author: thulan180679.vn@gmail.com

kiểm chứng trên thế giới. Tuy nhiên với các hệ thống RO khử mặn ở quy mô nhỏ tại Việt Nam, hiện tượng tắc màng xảy ra rất nhanh do nguồn nước đầu vào không được tiền xử lý kỹ như ở các nhà máy quy mô lớn. Công nghệ RO cũng đòi hỏi quy trình vận hành rất chặt chẽ, yêu cầu người vận hành có trình độ kỹ thuật cao, và các thiết bị của hệ thống RO cần được bảo dưỡng thường xuyên. Những yêu cầu này rất khó đáp ứng được cho các hệ thống khử mặn RO quy mô nhỏ. Do đó, hầu hết tất cả các hệ RO khử mặn nước biển hay nước lợ ở Việt Nam chỉ vận hành được một thời gian ngắn, sau đó phải ngừng hoạt động do vấn đề liên quan đến bản màng và tắc màng. Trong những năm gần đây, lọc màng nano (NF) đang nổi lên là một công nghệ khử mặn có tiềm năng lớn để xử lý nước lợ, nhiễm mặn thành nước sinh hoạt. Nguyên lý hoạt động của công nghệ NF gần giống với công nghệ RO, tuy nhiên NF có hiệu quả khử mặn thấp hơn những áp suất vận hành cũng thấp hơn đáng kể so với RO. Nhờ áp suất vận hành thấp, năng lượng tiêu thụ của quá trình NF giảm đi rất nhiều so với quá trình RO và do đó hiện tượng tắc màng trong quá trình xử lý nước lợ dùng công nghệ NF cũng thấp hơn nhiều so với khi sử dụng công nghệ RO. Trên thế giới, có các nghiên cứu khoa học sử dụng công nghệ NF độc lập để xử lý nước nhiễm mặn tạo nước sinh hoạt, trong đó NF thường là công nghệ tiền xử lý cho quá trình RO xử lý nước biển (Lienas et al., 2011; Abdelkader et al., 2018).

Ở trong nước, giáo sư Trần Đức Hạ và các cộng sự đã nghiên cứu hiệu quả khử mặn của quá trình NF hai bậc ở quy mô phòng thí nghiệm với nguồn nước cấp là nước mặn nhân tạo pha từ nước sạch và muối ăn (Trần Đức Hạ et al., 2009). Nghiên cứu của giáo sư Hạ đã chứng tỏ NF hai bậc có khả năng xử lý nước mặn nhân tạo có độ mặn trong dải 5.000-15.000 mg/L thành nước ngọt đáp ứng yêu cầu của QCVN 01:2009/BYT. Nghiên cứu

này rất có ý nghĩa trong việc chứng tỏ tính khả thi của công nghệ NF hai bậc trong xử lý nước nhiễm mặn có độ mặn không quá cao thành nước sinh hoạt (Trần Đức Hạ et al., 2009). Tuy nhiên, nghiên cứu này mới dừng lại ở quy mô phòng thí nghiệm và sử dụng nước nhiễm mặn là nước nhân tạo, được pha từ muối ăn và nước sạch. Với nước nhân tạo, tác giả không thể đánh giá được nguy cơ tắc màng và ảnh hưởng của tắc màng lên hoạt động của hệ thống NF.

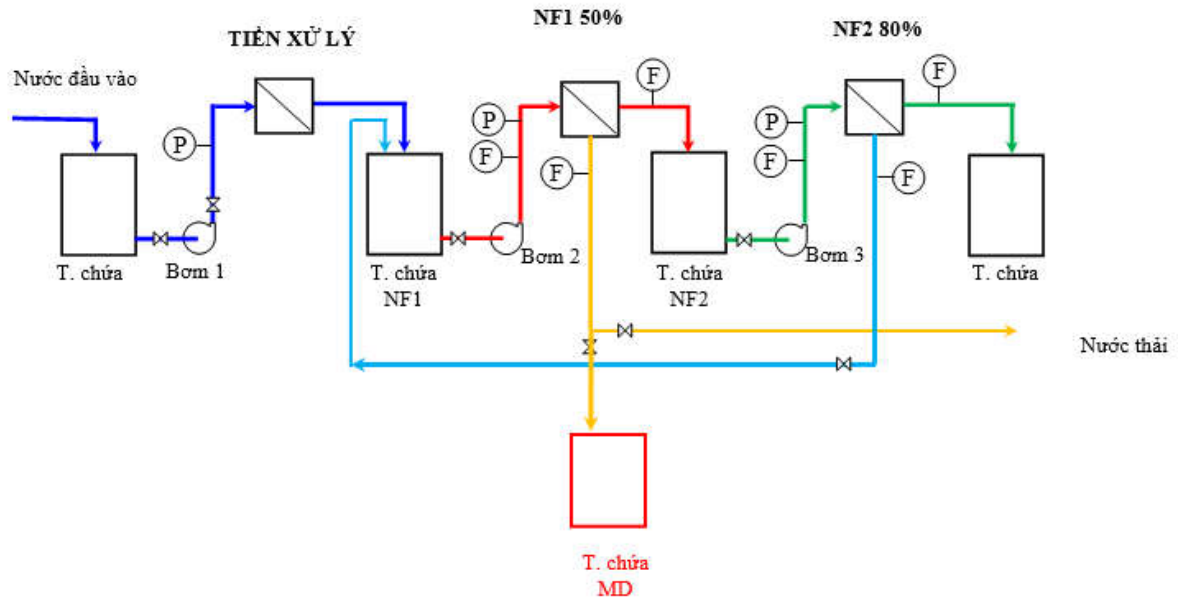
Trong nghiên cứu này, một hệ thống NF hai bậc ở quy mô bán công nghiệp được thiết kế, lắp đặt, và khảo sát với nguồn nước cấp là nước nhiễm mặn tự nhiên lấy từ sông Hàm Lương, huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre. Hệ thống NF được vận hành bằng hệ thống điện mặt trời nhằm tiết kiệm năng lượng và giảm giá thành nước lọc. Đặc biệt hơn, lần đầu tiên ở Việt Nam, hệ thống NF được kết hợp với công nghệ điện toán đám mây để trở thành hệ thống xử lý nước nhiễm mặn thông minh. Tích hợp công nghệ 4.0 giúp nâng cao hiệu quả hệ thống, cho phép người vận hành có thể thao tác, theo dõi, và quản lý hoạt động của hệ NF hai bậc trực tuyến, từ xa. Điều này cho phép hệ NF hai bậc được vận hành bởi người có tay nghề và trình độ chuyên môn cao, giúp tránh được các sự cố kỹ thuật và nhờ đó kéo dài thời gian sử dụng của hệ NF.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

2.1.1. Hệ thống NF hai bậc ở quy mô pilot

Trên cơ sở nguyên lý hoạt động của công nghệ NF và đặc điểm nguồn nước cấp tại Bến Tre, nhóm tác giả đã tiến hành thiết kế hệ thống NF hai bậc tại Ba Tri, Bến Tre bao gồm 3 mô đun màng lọc cho mỗi bậc lọc. Màng NF làm bằng chất liệu TFC với diện tích màng 7,8 m² cho mỗi module lọc (cung cấp bởi FilmTech, Mỹ). Trong đó 3 module của mỗi bậc lọc được bố trí song song và vận hành theo cơ chế cross-flow. Sơ đồ nguyên lý hệ thống được thể hiện trong hình 1.



GHI CHÚ: (F): Lưu lượng kế; (P): Áp kế; NF1 = lọc nano 1; NF2 = lọc nano 2;

Hình 1. Sơ đồ nguyên lý làm việc hệ thống xử lý nước nhiễm mặn hai bậc NF

Nước nhiễm mặn sau tiên xử lý được đưa vào thùng chứa NF bậc 1, từ thùng chứa NF bậc 1 nước được đưa vào module màng NF bậc 1 bằng bơm cao áp. Hệ thống lọc NF bậc 1 hoạt động theo nguyên lý lọc tiếp tuyến (cross-flow) và được giới hạn hiệu suất thu hồi nước là 50% (hiệu suất thu hồi này được lựa chọn để giảm thiểu nguy cơ bẩn và tắc màng cho hệ NF bậc 1). Nước sau khi ra khỏi màng lọc bao gồm 2 dòng là dòng nước sạch và dòng nước đậm đặc. Nước sạch sẽ được đưa vào thùng chứa NF bậc 2, dòng nước đậm đặc sau NF bậc 1 được tiếp tục xử lý trong một quá trình khử mặn khác sử dụng công nghệ tiên tiến (không đề cập trong nghiên cứu này). Nước từ thùng

chứa NF bậc 2 được bơm cao áp đưa vào module màng NF bậc 2 với hiệu suất thu hồi nước 80% (do nước cấp vào NF bậc 2 là nước lọc của NF bậc 1, nên chất lượng đầu vào tốt, ít có nguy cơ gây bẩn và tắc màng). Giống như module màng NF bậc 1 nước ra khỏi màng lọc bao gồm 2 dòng là nước sạch và nước đậm đặc. Nước sạch sau đó sẽ được đưa vào thùng chứa nước sạch, dòng nước đậm đặc sau NF bậc 2 được hồi lưu quay về thùng chứa nước cấp của NF bậc 1.

Dựa trên sơ đồ nguyên lý hoạt động, mô hình NF 2 bậc được đã được thiết kế, xây dựng và lắp đặt tại Ba Tri, Bến Tre như hình 2.



Hình 2. Mô hình hệ thống NF hai bậc xử lý nước nhiễm mặn

2.1.2. Hệ thống pin năng lượng mặt trời

Hệ thống pin năng lượng mặt trời sử dụng

các tấm pin mặt trời với tổng diện tích 60 m², công suất điện thiết kế 14 kWh (cung cấp bởi

LEAPTON, Nhật Bản) được lắp đặt với mục đích cung cấp nguồn điện cho hệ thống khử mặn hai bậc NF (hình 3). Hệ thống sử dụng bộ chuyển đổi quang năng thành điện năng Solar

Edge 16K, nguồn điện tạo ra từ hệ thống sẽ được hòa vào điện lưới quốc gia trong trường hợp công suất điện tạo ra cao hơn công suất điện hệ thống NF hai bậc.



Hình 3. Hệ thống điện năng lượng mặt trời lắp đặt tại Ba Tri, Bến Tre

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Hiệu quả khử mặn của hệ NF bậc 1

Hệ thống NF1 được khảo sát sử dụng nguồn nước pha với độ mặn 2.000-7.000 mg/L, áp suất vận hành 2-8 bar. Giá trị lưu lượng lọc được truy xuất trực tiếp từ hệ thống, độ mặn dòng nước lọc được đo trực tiếp bằng thiết bị đo độ dẫn 30 phút sau khi hệ thống đã vận hành ổn định.

2.2.2. Hiệu quả khử mặn của hệ NF bậc 2

Hệ NF bậc 2 sử dụng nguồn nước sau NF bậc 1 với độ mặn 300-1.000 mg/L. Áp suất vận hành được khảo sát 2-8 bar nhằm phân tích hiệu quả khử mặn hệ thống. Lưu lượng lọc và độ mặn dòng nước lọc của hệ NF bậc 2 được xác định tương tự như đối với hệ NF bậc 1.

2.2.3. Hiệu quả hệ thống pin năng lượng mặt trời

Hệ thống pin năng lượng mặt trời được theo dõi trong thời gian 30 ngày để đánh giá hiệu quả về khả năng cung cấp nguồn điện cho hệ thống. Công suất điện hệ thống được theo dõi trực tuyến qua ứng dụng Solar Edge.

2.2.4. Kết hợp hệ thống điện năng lượng mặt trời và hệ NF thông minh trong xử lý nước nhiễm mặn

Hệ thống pin năng lượng mặt trời được theo dõi trong thời gian 30 ngày để đánh giá hiệu quả về khả năng cung cấp nguồn điện cho hệ thống. Công suất điện hệ thống được theo dõi trực tuyến qua ứng dụng Solar Edge.

2.2.5. Hoạt động của hệ NF với nước nhiễm mặn thực trong thời gian thực nghiệm kéo dài

Để đánh giá mức độ hiệu quả toàn hệ thống trong thời gian dài, hệ thống được vận hành trong thời gian 30 ngày liên tục. Mỗi ngày hệ thống được vận hành từ 7h sáng và kết thúc 19h. Trong thời gian khảo sát, hệ thống sử dụng nguồn nước sông Hàm Lương với độ mặn 1.600-2.000 mg/L (do thời điểm khảo sát vào mùa mưa nên độ mặn của sông thấp, vào thời điểm mùa khô độ mặn sông đạt 6.000-7.000 mg/L). Với độ mặn thấp, hệ thống sử dụng đồng thời 6 module ở hai bậc lọc cho quá trình vận hành nhằm tận dụng công suất tối đa của hệ thống, áp suất vận hành được duy trì 8 bar. Lưu lượng và độ mặn dòng nước lọc được theo dõi và kiểm tra trong suốt quá trình vận hành hệ thống.

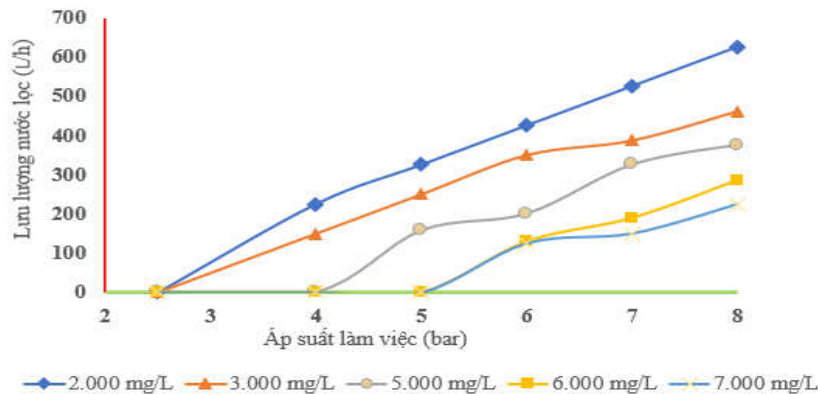
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu quả khử mặn của hệ NF bậc 1

Nồng độ muối của dòng nước cấp và áp suất là hai yếu tố ảnh hưởng chính đến lưu lượng nước sau lọc của hệ NF bậc 1. Quan sát sự thay đổi lưu lượng nước lọc tại áp suất ổn định 8 bar trong suốt quá trình vận hành ở các nồng độ muối khác nhau cho thấy với độ mặn dòng cấp 2.000 mg/L lưu lượng nước lọc thu được là 625 L/h nhưng với độ mặn dòng cấp là 3.000 mg/L thì lưu lượng nước lọc giảm xuống 462 L/h. Sự thay đổi lưu lượng nước lọc cũng được quan sát ở các nồng độ muối khác như 5.000

mg/L (375 L/h) và 6.000 mg/L (287 L/h). Tuy nhiên lưu lượng nước lọc giảm không đáng kể ở các nồng độ muối cao hơn, khi độ mặn tăng từ 6.000 mg/L lên 7.000 mg/L lưu lượng nước

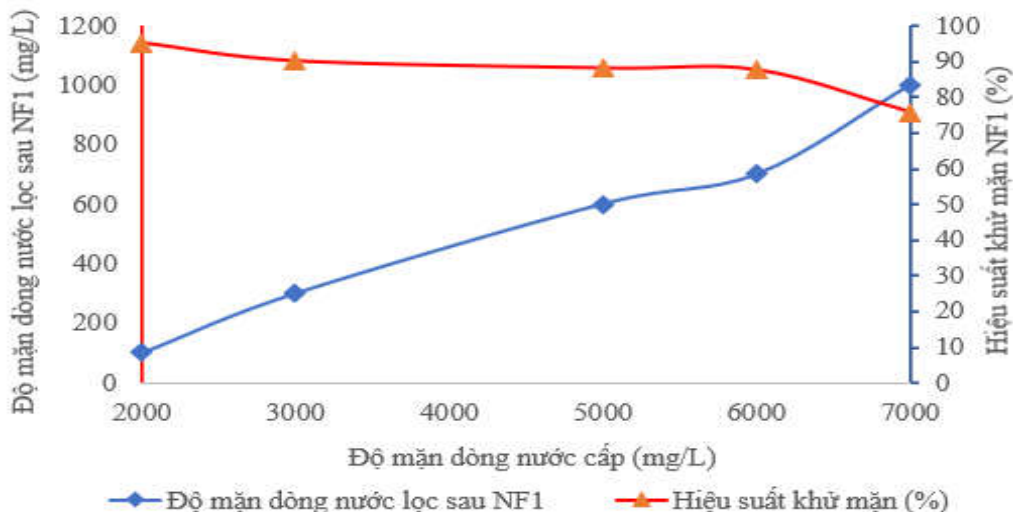
thu được là 225 L/h chỉ giảm 62 L/h. Như vậy tăng độ mặn dòng nước cấp sẽ làm giảm lưu lượng nước lọc thu được (hình 4).



Hình 4. Ảnh hưởng độ mặn và áp suất đến lưu lượng nước lọc ở hệ NF1

Áp suất ảnh hưởng rất lớn đến lưu lượng nước lọc thu được, tại nồng độ muối 2.000 mg/L, lưu lượng nước lọc sẽ tăng từ 0 L/h lên 625 L/h khi áp suất tăng từ 2 - 8 bar. Ở các nồng độ muối khác, sự thay đổi lưu lượng nước lọc cũng xảy ra theo xu hướng tương tự, tăng áp suất vận hành sẽ làm tăng lưu lượng nước thu. Tuy nhiên một điểm cần chú ý là ở nồng độ muối càng cao thì yêu cầu áp suất vận

hành càng cao, với nồng độ muối dòng cấp là 2.000 mg/L thì chỉ cần tại áp suất 2.5 bar là bắt đầu có nguồn nước thu nhưng với nồng độ 7.000 mg/L thì áp suất tối thiểu để thu nước lọc là 5 bar, do đó việc lựa chọn áp suất vận hành phù hợp cho hệ thống cần được tính toán dựa trên yêu cầu về lưu lượng nước lọc thu và độ mặn dòng nước cấp.



Hình 5. Hiệu quả khử mặn hệ NF1 ở dòng cấp với các nồng độ mặn khác nhau

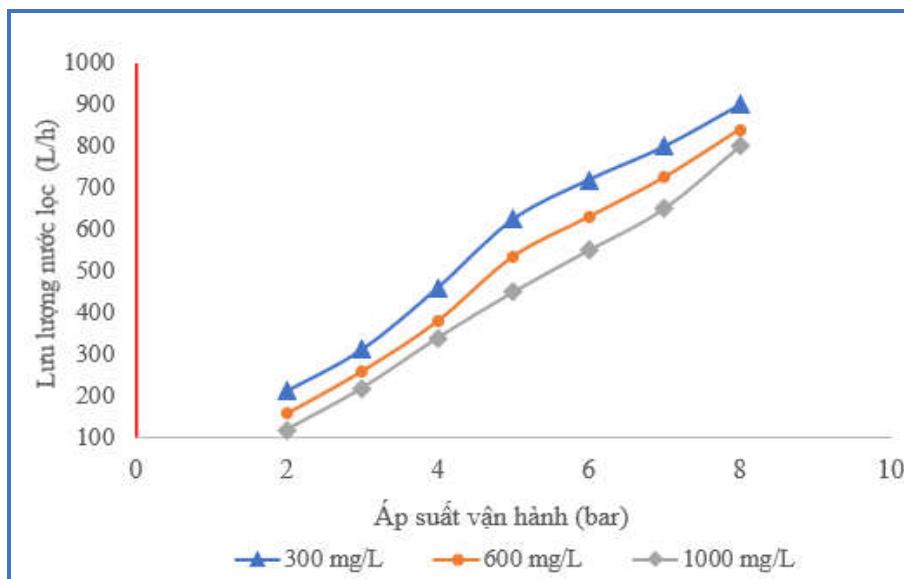
Ảnh hưởng của độ mặn dòng cấp lên hiệu quả khử mặn của hệ NF bậc 1 được thể hiện trên hình 5. Có thể thấy rằng, độ mặn ban đầu của dòng cấp ảnh hưởng không nhiều lên hiệu quả khử mặn của màng lọc, nhưng lại quyết định độ mặn của dòng nước lọc thu được.

Dòng nước cấp với độ mặn cao sẽ cho dòng nước lọc với độ mặn lớn hơn. Điều này là do hiệu quả khử mặn của màng chủ yếu phụ thuộc vào đặc tính cấu trúc của màng và nhiệt độ của dòng nước cấp. Khi không thay đổi màng lọc và nhiệt độ dòng nước cấp, hiệu quả khử mặn

của màng sẽ rất ít thay đổi (như thể hiện trên hình 5). Hiệu quả khử mặn của màng lọc có thể giảm xuống khi độ mặn dòng cấp quá cao, dẫn đến hiện tượng phân cực nồng độ (như quan sát thấy với độ mặn dòng cấp là 7.000 mg/L). Đặc biệt là khi dòng cấp có độ mặn là 7.000 mg/L, dòng nước lọc thu được có độ mặn quá cao (1.000 mg/L), vượt xa tiêu chuẩn cho phép đối với nước sinh hoạt theo QCVN 01-1:2018/BYT. Dựa trên kết quả quá trình khảo sát, có thể nhận thấy với nồng độ muối dòng cấp 2.000 mg/L chỉ cần sử dụng một bậc NF đã cho hiệu quả xử lý cao với trên 90%, nước sau lọc đã đạt các tiêu chuẩn về chất lượng nước sinh hoạt. Tuy nhiên với nồng độ muối cao (3.000-7.000 mg/L) thì độ mặn dòng nước lọc vẫn vượt quá quy chuẩn cho phép vì thế muốn đạt hiệu quả tốt nhất, nguồn nước sẽ phải tiếp tục đưa vào hệ thống NF bậc 2.

3.2. Hiệu quả khử mặn của hệ NF bậc 2

Sau xử lý NF bậc 1, nồng độ muối dòng nước lọc vẫn là 300-1.000 mg/L, vượt quá quy chuẩn cho phép, vì thế dòng nước lọc sau NF bậc 1 được tiếp tục xử lý bằng NF bậc 2. Hiệu quả khử mặn NF bậc 2 được khảo sát với nồng độ muối 300-1.000 mg/L và áp suất lần lượt 2-8 bar (hình 6). Tại áp suất 4 bar lưu lượng nước lọc thu được từ 465 L/h ở nồng độ dòng cấp 300 mg/L sẽ giảm xuống 340 L/h ở nồng độ 1.000 mg/L. Với áp suất 8 bar, lưu lượng nước thu được sẽ thay đổi 900 L/h xuống 800 L/h lần lượt với nồng độ dòng cấp là 300 mg/L và 1.000 mg/L. Sự thay đổi về lưu lượng là không nhiều khi thay đổi nồng độ muối dòng cấp ở hệ NF bậc 2 là do nồng độ muối dòng cấp tương đối thấp, không làm ảnh hưởng nhiều đến sự thay đổi điện tích bề mặt màng NF trong quá trình lọc.



Hình 6. Ảnh hưởng độ mặn và áp suất đến lưu lượng nước lọc ở hệ NF bậc 2

Tuy nhiên kết quả hình 6 cho thấy ảnh hưởng rõ rệt áp suất tới lưu lượng nước thu. Lưu lượng nước thu ở hệ NF bậc 2 tăng tuyến tính theo áp suất, áp suất càng lớn lưu lượng nước lọc càng cao. Ở nồng độ 300 mg/L, tại áp suất 3 bar lưu lượng nước thu được 312 L/h, lưu lượng nước tăng lên 900 L/h khi vận hành áp suất 8 bar. Sự thay đổi cũng được quan sát ở các nồng độ 600 mg/L và 1000 mg/L. Hiệu suất loại muối ở hệ NF bậc 2 lên tới 97% ở áp suất là 8 bar tại độ mặn đầu vào là 300 mg/L

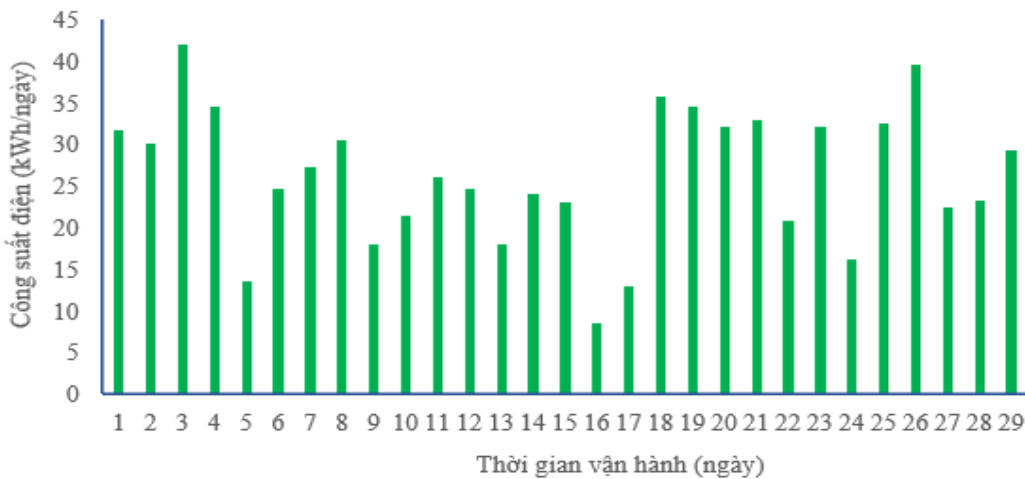
cho thấy việc nồng độ muối thấp thì hiệu quả xử lý tốt và lượng nước thu hồi cao. Theo công bố của nhà sản xuất thì khả năng loại bỏ muối của màng NF có thể đạt từ 85% trở lên tùy vào các yếu tố ảnh hưởng khác. Và ở đây nồng độ muối 400 - 500 mg/L thì hiệu suất xử lý là 93%, và ở nồng độ từ 600 - 800 mg/L hiệu suất là 91%. Còn khi độ mặn còn 1.000 mg/L thì hiệu suất xử lý cũng rất tốt đạt 90%, độ mặn đầu ra giảm còn 105 mg/L thấp hơn 2 lần so với độ mặn cho phép sử dụng trong sinh hoạt

theo QCVN 01-1:2018/BYT.

3.3. Kết hợp hệ thống điện năng lượng mặt trời và hệ NF thông minh trong xử lý nước nhiễm mặn

Hệ thống điện mặt trời được vận hành và theo dõi liên tục trong 30 ngày từ 01/10/2020 đến ngày 29/10/2020. Công suất điện tạo ra được theo dõi trực tuyến thông qua ứng dụng Solar Edge. Kết quả thu được ở hình 7 cho thấy, trong 30 ngày vận hành hệ thống đã sinh ra tổng cộng 766 kWh điện, tuy nhiên sản lượng điện sinh ra có sự biến thiên theo ngày. Lượng điện tạo ra lớn nhất vào các ngày 03 và 26/10 tương ứng là 42 kWh và 32 kWh. Trong

khi đó vào các ngày 16 - 17/10, công suất điện tạo ra 8,5 – 13 kWh. Kết quả này được lý giải bởi một số nguyên nhân do thời điểm khảo sát đang là thời gian vào mùa mưa tại Bến Tre, với đặc điểm thời tiết thay đổi liên tục giữa trạng thái nắng và mưa nhiều. Vào ngày trời nắng, nhiệt độ tại khu vực lắp đặt đạt trên 33°C nên công suất thu điện cao, tuy nhiên vào ngày có mây và mưa nên công suất điện thu được tương đối thấp. Thông thường thời điểm xảy ra xâm nhập mặn thường là mùa khô với bức xạ mặt trời lớn, thời gian chiếu sáng dài nên công suất điện tạo ra cũng sẽ cao hơn so với thời điểm khảo sát.



Hình 7. Công suất điện sinh ra bởi hệ năng lượng mặt trời trong thời gian 30 ngày

Hệ thống NF hai bậc được tự động hóa hoàn toàn với các cảm biến và biến tần kết nối các thiết bị và nguồn điện mặt trời. Quá trình vận hành cho thấy công suất điện tạo ra của hệ thống điện mặt trời cung cấp đủ nguồn điện cho hệ thống NF hai bậc hoạt động (công suất điện tiêu thụ NF hai bậc 2 – 3 kW/h). Từ đó có thể thấy, kết hợp sử dụng nguồn năng lượng mặt trời trong ứng dụng khử mặn nguồn nước nhiễm mặn là một giải pháp dễ thực hiện và đem lại hiệu quả kinh tế cao.

3.4. Hoạt động của hệ NF với nước nhiễm mặn trong thời gian thực nghiệm kéo dài

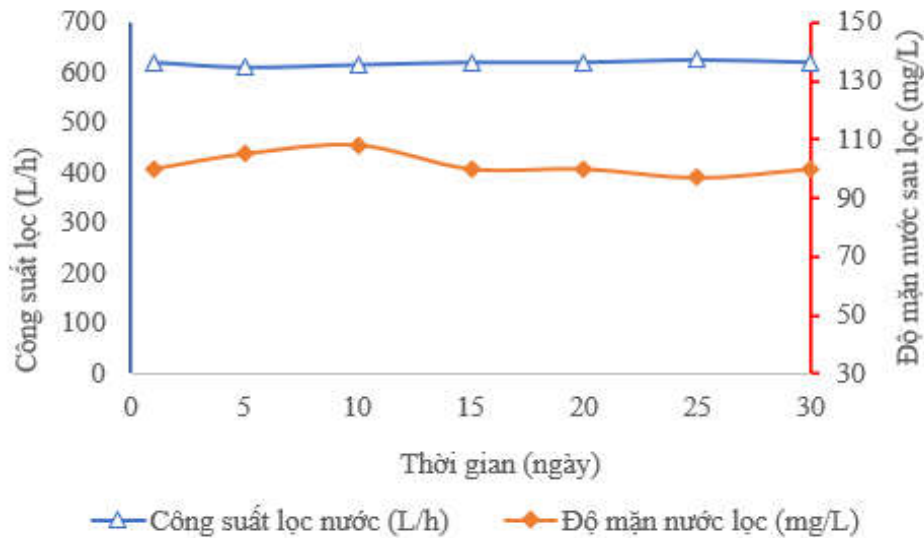
Sau khi đánh giá được ảnh hưởng của các yếu tố chính lên hiệu quả hoạt động hệ NF hai bậc, hệ NF được vận hành với nước cấp là nước nhiễm mặn trong thời gian kéo dài 30 ngày. Nguồn cung nước hệ thống được lấy từ

nhánh sông Hàm Lương – Bến Tre được tiền xử lý bằng phương pháp keo tụ, lọc thô (cát+than) và lọc màng UF trước khi được đưa vào hệ thống NF. Trong 30 ngày vận hành, nguồn nước đưa vào hệ thống NF có độ mặn 1.600-2.000 mg/L. Theo phân tích về độ mặn dòng cấp ở trên và để tận dụng tối đa công suất hệ thống, hai bậc NF sẽ được đồng thời sử dụng và vận hành với áp suất cố định 8 bar.

Các thông số vận hành của hệ NF như là áp suất, lưu lượng bơm, thông lượng lọc, độ mặn của nước lọc được ghi và lưu lại trên đám mây cho phép việc theo dõi và quản lý dữ liệu trực tuyến. Các kết quả lưu lượng nước lọc, độ mặn dòng nước thu đã chứng tỏ hệ NF hai bậc ở quy mô pilot có thể hoạt động ổn định trong thời gian kéo dài 30 ngày (hình 8). Lưu lượng nước lọc thu được ở mỗi bậc lọc dao động

quanh giá trị 610 - 625 L/h, tương ứng với công suất 15 m³ nếu vận hành liên tục trong 24 h, thêm nữa độ mặn dòng nước sau lọc không quá 110 mg/L chứng tỏ nước sau lọc cũng đạt độ tinh khiết rất cao. Qua phân tích chất lượng

mẫu nước sau lọc tại Viện Sức khỏe và Môi trường, cho thấy các chỉ tiêu đều đáp ứng quy chuẩn Việt Nam về chất lượng nước sinh hoạt QCVN 01-1:2018/BYT.



Hình 8. Vận hành hệ thống NF hai bậc trong thời gian 30 ngày sử dụng nước nhiễm mặn từ sông Hàm Lương

Kết quả thu được từ quá trình khảo sát thực nghiệm hệ NF hai bậc trong thời gian kéo dài chứng tỏ tính khả thi của công nghệ NF cho xử lý nguồn nước nhiễm mặn từ đó có thể nhân rộng ứng dụng mô hình xử lý cho nhiều khu vực chịu ảnh hưởng xâm nhập mặn tại Việt Nam.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống NF hai bậc thông minh sử dụng nguồn năng lượng mặt trời ở quy mô pilot được thiết kế, lắp đặt và khảo sát thực nghiệm tại Ba Tri, Bến Tre. Kết quả khảo sát thu được cho thấy hệ thống có khả năng xử lý nước nhiễm mặn ở nồng độ muối cao (lên tới 7.000 mg/L) thành nước sinh hoạt đáp ứng theo quy chuẩn Bộ Y tế QCVN 01-1:2018/BYT. Bên cạnh đó khi vận hành liên tục trong 30 ngày sử dụng nguồn điện năng lượng mặt trời, hệ NF hai bậc hoạt động ổn định ở công suất lọc 610-625 L/h với độ mặn dòng nước lọc ≤ 110 mg/L. Đặc biệt, hệ NF hai bậc tích hợp công nghệ 4.0 cho phép thao tác, theo dõi và truy suất lịch sử hệ thống từ xa, giúp nâng cao hiệu quả vận hành của hệ thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam theo mã số KC.09.39/16-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abdelkader, B. A., Antar, M. A., & Khan, Z (2018). Nanofiltration as a Pretreatment Step in Seawater Desalination: A Review. In Arabian Journal for Science and Engineering (Vol. 43).
2. Baawain, M., Choudri, B. S., Ahmed, M., & Purnama, A (2015). Recent progress in desalination, environmental and marine outfall systems. Environmental and Marine Outfall Systems, 1-347.
3. Trần Đức Hạ, Nguyễn Quốc Hòa, Phạm Duy Đông, Trần Hoài Sơn (2009). Nghiên cứu xử lý nước lợ và nước mặn cung cấp nước ăn uống bằng công nghệ màng lọc Nano NF trên mô hình phòng thí nghiệm. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, 27-34.
4. Trần Đức Hạ, Đặng Thị Thanh Hiền, Nguyễn Quốc Hòa và Nguyễn Thị Hồng Tình (2017). Brackish Water Treatment Research in Pilot Scale Using Dual-Stage Nanofiltration for Domestic/Drinking Water Supply in Thu Bon River Basin. Journal of Science and Technology in Civil Engineering, 11(6) 149-155.
5. Lê Đình Xuân, Nguyễn Mạnh Quân, Phùng Anh Tiến (2016). Salinity intrusion in the Mekong delta: Cause, Impacts and Response solutions. Cục Thông Tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia, 1-50.

6. Llenas, L., Martínez-Lladó, X., Yaroshchuk, A., Rovira, M., & de Pablo, J (2011). Nanofiltration as pretreatment for scale prevention in seawater reverse osmosis desalination. *Desalination and Water Treatment*, 36 (1–3) 310–318.

7. Zhang, H., Quan, X., Fan, X., Yi, G., Chen, S., Yu, H., & Chen, Y (2019). Improving Ion Rejection of Conductive Nanofiltration Membrane through Electrically Enhanced Surface Charge Density. *Environmental Science and Technology*, 53(2) 868–877.

APPLICATION OF A SMART, TWO-STAGES, SOLAR DRIVEN NANOFILTRATION SYSTEM FOR DESALINATION OF BRACKISH WATER

Trinh Van Giap¹, Phan Quang Thang¹, Tran Thi Thu Lan^{1*}, Duong Cong Hung², Nguyen Nhu Ngoc³

¹*Vietnam academy of Science and Technology*

²*Military Technical Academy*

³*Vietnam National University of Forestry*

SUMMARY

Nanofiltration (NF) is a desalination technology that is being researched and applied to supply freshwater to many regions over the world. NF was introduced far later than reverse osmosis (RO), but it has proven to be a suitable technology for brackish water desalination applications. Compared to RO, the NF process exhibits lower salt rejection, but can be operated at a much lower pressure, resulting in a considerable reduction in its energy consumption. In this study, a smart, two-stages, solar driven NF system was installed and trialled to examine the technical and economic viability of the NF technology for fresh water production via desalination of real brackish water sourced from the Ham Luong river in Ben Tre. The experimental results demonstrated that the smart, two-stages, solar driven NF system was able to treat brackish water at high salinity (i.e. up to 7,000 mg/L) to fresh water with quality meeting the Vietnamese domestic water standard. When powered by a solar energy system for 30 days, the smart NF system achieved stable operation with fresh water production of 610 - 625 L/h, and obtained fresh water with salinity ≤ 110 mg/L. Particularly, the smart NF system (i.e. achieved by integrating the 4.0 technology with a conventional membrane filtration process) allows for remote manipulation, monitoring, and operation history retrieval to improve the operating efficiency.

Keyword: Ben Tre, brackish desalination, NF, solar power.

Ngày nhận bài : 11/10/2020

Ngày phản biện : 16/11/2020

Ngày quyết định đăng : 27/11/2020