

## NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC LỢ VÀ NƯỚC MẶN ĐỂ CẤP NƯỚC ĂN UỐNG BẰNG CÔNG NGHỆ CÓ MÀNG LỌC NANO (NF) TRÊN MÔ HÌNH PHÒNG THÍ NGHIỆM

Trần Đức Hạ<sup>1</sup>, Nguyễn Quốc Hòa<sup>2</sup>, Phạm Duy Đông, Trần Hoài Sơn<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Nhằm lựa chọn được công nghệ xử lý nước mặn và nước lợ hợp lý, góp phần giải quyết nạn khan hiếm nước sạch cũng như thích ứng với sự biến đổi khí hậu, nâng cao điều kiện sống của nhân dân vùng ven biển và hải đảo, nghiên cứu ứng dụng màng lọc nano (NF) trong công nghệ xử lý nước biển thành nước cấp sinh hoạt và ăn uống đang được nhóm nghiên cứu triển khai trên cơ sở nghiên cứu thực nghiệm bằng mô hình trong phòng thí nghiệm, với nước mặn nhân tạo có nồng độ muối từ 5 - 35 ‰ theo các 2 hướng công nghệ sau:

Nước muối → Lọc cát → Siêu lọc → Lọc nano bậc 1 → Lọc nano bậc 2 → nước sạch  
Nước muối → Lọc cát → Siêu lọc → Lọc nano → Lọc trao đổi ion → nước sạch

- Hướng nghiên cứu theo sơ đồ công nghệ (1) có khả năng xử lý nước muối đáp ứng yêu cầu của QCVN 01:2009/BYT với nồng độ dưới 15 ‰: Hiệu suất khử muối của màng lọc nano tỷ lệ nghịch với hệ số thu hồi nước sạch và áp suất làm việc của màng lọc.

- Theo hướng nghiên cứu sơ đồ (2) thì khả năng của hệ làm việc được với nồng độ muối đầu vào (trước NF) không quá 12,5 ‰ và nước sau xử lý đạt yêu cầu của QCVN 01:2009/BYT.

**Từ khóa:** màng lọc nano (NF), nước mặn và nước lợ, nước cấp sinh hoạt

**Summary:** In order to select technology for brackish and salt water appropriate, to contribute to solve water scarcity as well as adapt to climate change, improving the living conditions of people in coastal and island, research on nano filtration (NF) application in salt water treatment technology into drinking water doing by researchers in laboratory, with artificial seawater salt concentration from 5 - 35 ‰ in two following processes:

Salt water → sand filter → UF → NF1 → NF2 → Water

Salt water → sand filter → UF → NF → ion exchange → water

First results show that: Diagram (1) is able to treat salt water to meet the requirements of QCVN 01:2009/BYT to salt concentrations less than 15 ‰: Desalination performance of nano filtration is inversely proportional to the recovery of clean water and a working pressure of the membrane

According to diagram (2) the system's ability to work with the influent salt concentration (before NF) less than 12.5 ‰ and water after treatment is satisfy the requirements of QCVN 01:2009/BYT.

**Keywords:** nano filtration, brackish and salt water, drinking water

Nhận ngày 25/6/2012, chỉnh sửa ngày 25/7/2012, chấp nhận đăng ngày 30/8/2012

<sup>1</sup>PGS.TS, Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: tranducha53@gmail.com

<sup>2</sup>ThS, Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng.

<sup>3</sup>KS, Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng.

## 1. Giới thiệu chung

Chiến lược Quốc gia cấp nước sạch và vệ sinh nông thôn đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại quyết định 104/QĐ/TTG ngày 25/08/2000 đặt ra mục tiêu đến 2020 là “tất cả dân cư nông thôn sử dụng nước sạch đạt tiêu chuẩn quốc gia với số lượng ít nhất 60 lít/người/ngày”, đồng thời cũng nêu rõ cần thử nghiệm và phát triển công nghệ xử lý nước biển và nước lợ thành nước ngọt để cấp nước cho vùng bị nhiễm mặn trong tương lai. Như vậy, tìm kiếm công nghệ và triển khai lắp đặt các công trình, thiết bị xử lý nước biển và nước lợ để cung cấp nước cho các cụm dân cư, đô thị ven biển và hải đảo là một nhiệm vụ cấp bách và cần thiết, đặc biệt là trong tình hình biến đổi khí hậu như hiện nay.

Các loại màng lọc NF (nanofilter) và thẩm thấu ngược RO (Reveses osmosis) được sử dụng rộng rãi trên thế giới để khử muối trong nước lợ và nước mặn nên được triển khai nghiên cứu để xử lý nước cấp sinh hoạt cho dân cư vùng ven biển. Ứng dụng màng lọc nano trong công nghệ xử lý nước mặn và nước lợ thành nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt là một công nghệ hợp lý, góp phần giải quyết thiếu nước sạch đối với nhân dân vùng ven biển và hải đảo, nhất là trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay.

Màng lọc nano là loại màng có kích thước lỗ nhỏ ( $10^{-7}$  cm =  $10\text{Å}$ ), phân tử lượng bị chặn từ 200-500 g/mol. NF thích hợp cho quá trình làm mềm nước, loại bỏ một số chất hữu cơ tan, chì, sắt, niken, thủy ngân (II), các vi khuẩn gây bệnh... NF có thể loại bỏ được khoảng 95% ion kim loại hóa trị 2 và khoảng 40 - 60% các ion hóa trị 1 /1,2,5/. Áp suất động lực của màng lọc nano thường là <40atm, thấp hơn so với màng thẩm thấu ngược. Đây là loại màng bất đối xứng, tổ hợp composite. Độ dày màng gồm lớp đỡ 150  $\mu\text{m}$ , lớp da màng 1  $\mu\text{m}$ . Đặc tính màng là: kích thước lỗ xốp <2nm; áp suất động lực từ 15 đến 25 bar, tốc độ lọc > 0,05m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.ngày<sup>-1</sup>.bar<sup>-1</sup>. Màng lọc nano được ứng dụng để xử lý nước lợ, làm mềm nước, loại bỏ chất hữu cơ, sản xuất nước siêu tinh khiết... mà không nhờ các phản ứng hóa học.

## 2. Mục đích và phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Mục đích nghiên cứu

Mục đích của nghiên cứu này là ứng dụng màng lọc nano trong các dây chuyền công nghệ xử lý nước lợ và nước biển thành nước dùng cho ăn uống và sinh hoạt trên cơ sở nghiên cứu trên mô hình phòng thí nghiệm, với nước mặn và nước lợ nhân tạo có nồng độ muối từ 5 - 35‰ theo các 2 hướng công nghệ sau:

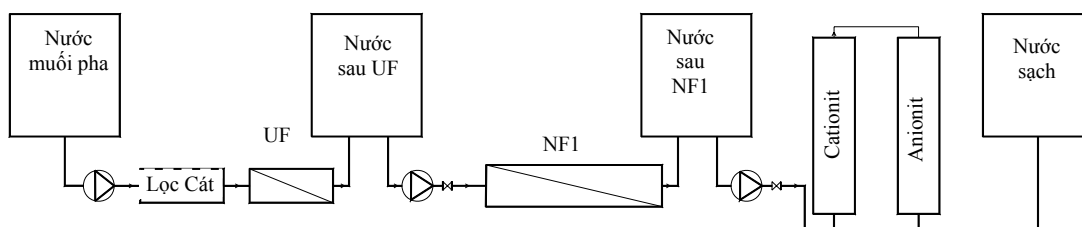
- Nước muối → Lọc cát → Siêu lọc → Lọc nano → Lọc trao đổi ion → nước sạch
- Nước muối → Lọc cát → Siêu lọc → Lọc nano bậc 1 → Lọc nano bậc 2 → nước sạch

### 2.2 Phương pháp thực nghiệm

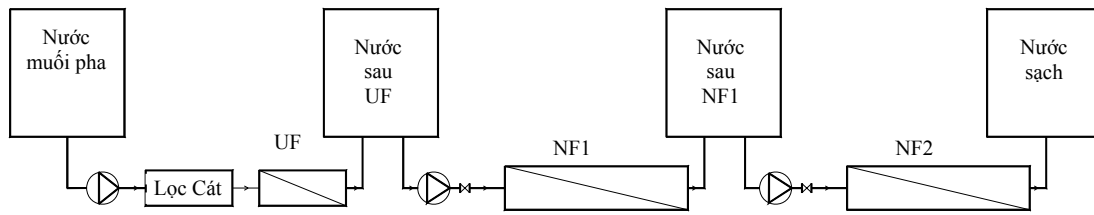
#### a. Chuẩn bị nước mẫu thí nghiệm:

Mẫu nước mặn và nước lợ để thí nghiệm được chuẩn bị trong bằng cách pha muối ăn (NaCl) với nước máy theo các nồng độ muối là: 7,5‰; 12,5‰; 17,5‰; 22,5‰; 27,5‰; 32,5‰.

#### b. Mô hình thí nghiệm: Mô hình thí nghiệm được thể hiện trên các hình 1 và 2 sau đây:



Hình 1. Mô hình thí nghiệm khử mặn sử dụng màng NF kết hợp trao đổi ion cho công nghệ a



**Hình 2. Mô hình thí nghiệm khử mặn sử dụng màng NF hai bậc cho công nghệ b**

Các thiết bị của các mô hình thí nghiệm này gồm:

- Cột lọc cát thạch anh, vỏ composit D= 250 mm, H=1400 mm với chiều cao lớp cát thạch anh  $H_{\text{cát}} = 800$  mm và chiều cao lớp sỏi đỡ  $H_{\text{sỏi}} = 200$  mm có máy bơm JEM 037: Q= 700 - 1000 L/h, H= 2-3 bar kèm theo.

- Bộ siêu lọc UF (Ultra Filtration) vỏ nhựa tổng hợp D= 160 mm; H= 130 mm, màng Motimo loại OUF-4 dạng sợi rỗng kích thước lỗ 0,2 $\mu$ m, vật liệu PVDF. Lưu lượng dòng ra từ 5000 -7000L/ngày.

- Bộ màng NF (Nano Filtration) với đặc điểm: màng NF Nitto Denko ESNA1-LF 4040, dải pH từ 3- 10, áp suất làm việc từ 4 - 41 bar và nhiệt độ < 40°C; công suất lọc > 6 m<sup>3</sup>/ng; hiệu suất loại bỏ CaCl<sub>2</sub> từ 92 - 96%, hiệu suất loại bỏ muối MgSO<sub>4</sub> trên 97 % và hiệu suất loại bỏ muối trung bình > 89 %. Màng NF quấn xoắn, ống nước thu được đặt tại trung tâm. Bơm trực đứng CDLF: Q= 2000 l/h; H= 8 bar kèm theo các bộ màng.

- Cột lọc Cationit bằng vật liệu composit chịu được áp lực và ăn mòn hóa học, đường kính D= 250 mm, H=1400 mm, loại nhựa cationit sử dụng là Lewatit S108 (loại R-H) chiều cao là 800 mm, chiều cao lớp sỏi đỡ là 200 mm.

- Cột lọc anionit bằng vật liệu composit chịu được áp lực và ăn mòn hóa học, đường kính D= 250 mm, H=1400 mm, loại nhựa anionit sử dụng là Lewatit M500 (loại R-OH) chiều cao là 800 mm, chiều cao lớp sỏi đỡ là 200 mm.

*c. Quy trình thí nghiệm:*

- Thí nghiệm 1: Mẫu nước mặn nhân tạo (chuẩn bị theo các nồng độ nêu trên) chứa trong bồn nhựa 500 lít (bồn chứa 1) được bơm qua cột lọc cát áp lực để loại bỏ các tạp chất có kích thước lớn, nước sau lọc cát được dẫn qua thiết bị lọc UF (công suất 2m<sup>3</sup>/h) để tách các phần tử có kích thước nhỏ như chất keo, chất tan... sau đó được chứa vào bồn chứa số 2. Từ bồn chứa số 2, nước mẫu được bơm vào bộ NF bậc 1 để khử muối, nước sau lọc NF bậc 1 được chứa vào bồn số 3. Với hàm lượng muối còn cao thì tiếp tục bơm nước từ bồn chứa 3 để xử lý tiếp được trên bộ màng NF bậc 2.

- Thí nghiệm 2: Trình tự thí nghiệm 2 được tiến hành tương tự như trình tự thí nghiệm 1, tuy nhiên đối với thí nghiệm 2 thì sau lọc NF bậc 1, nước mẫu được xử lý bậc hai bằng hệ thống trao đổi ion (cation và anion).

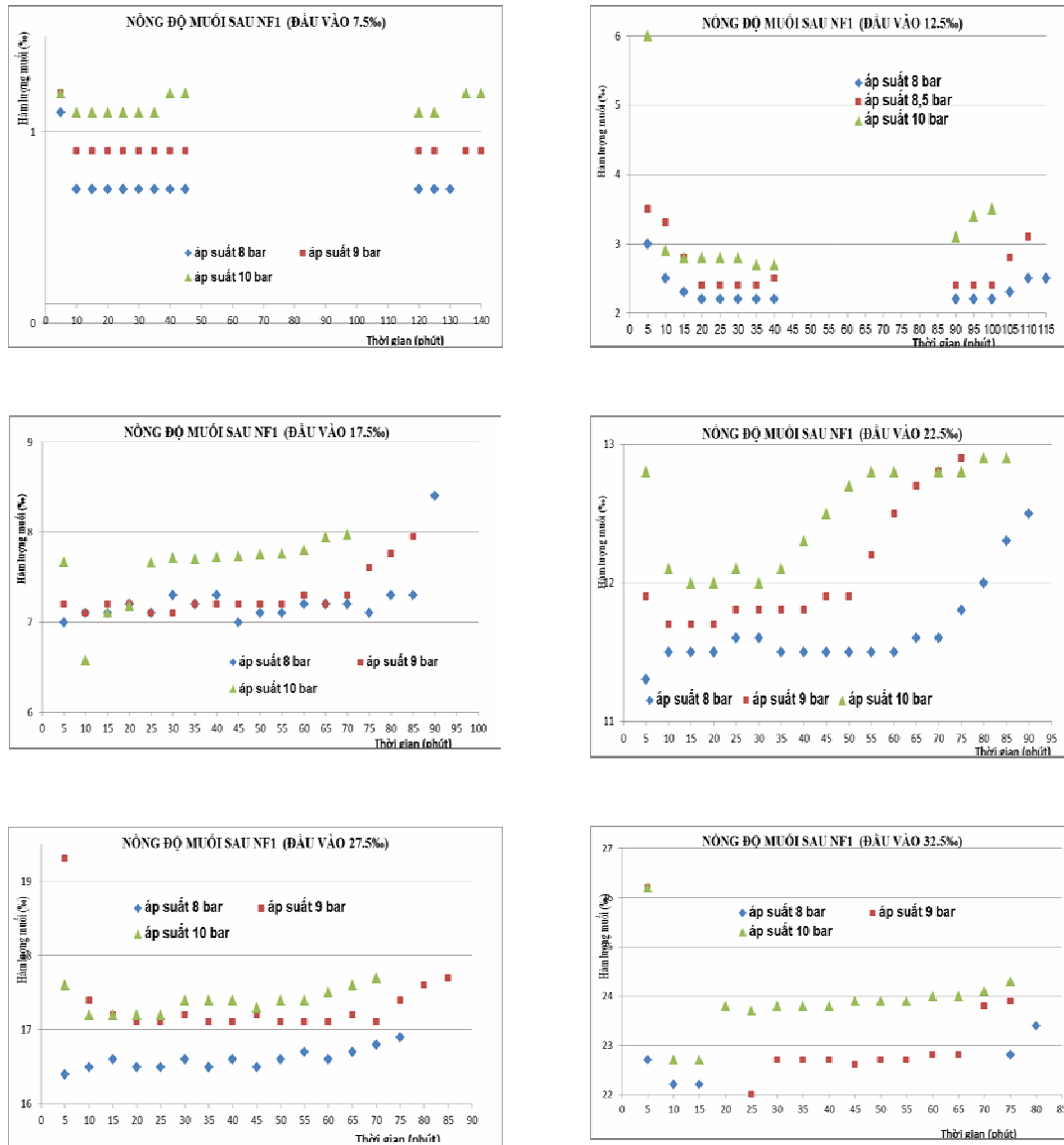
Các thí nghiệm được thực hiện lần lượt với các nồng độ muối đã xác định như trên. Điều kiện thực nghiệm là cố định nồng độ muối và thay đổi áp suất làm việc của màng NF là: 8; 9; 10 bar.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1 Đánh giá khả năng khử muối với các nồng độ đầu vào khác nhau bằng hệ thống xử lý NF một bậc

Các kết quả xử lý nước có nồng độ muối đầu vào khác nhau và áp suất làm việc của màng NF thay đổi được thể hiện trên hình 3.

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG



**Hình 3.** Kết quả thử nghiệm mô hình công nghệ a với nồng độ muối đầu vào và áp suất làm việc của màng NF thay đổi

- Thí nghiệm với nồng độ muối 7,5%, thay đổi áp suất làm việc của màng NF

Trong thí nghiệm này, nồng độ muối đầu vào (trước xử lý) được chuẩn bị với nồng độ cố định là 7,5%, sau khử muối bậc 1 bằng NF thì trong khoảng thời gian 5 phút đầu nồng độ muối giảm rõ rệt từ 7,5 % xuống khoảng 1,1 - 1,2%, sau đó nồng độ muối hầu như không biến đổi và duy trì ổn định từ 0,7 - 1,1% tương ứng với từng chế độ áp suất làm việc của NF. Với P = 8 bar, nồng độ muối ổn định là 0,7%, tỉ thu hồi đạt 10%; còn ở P=9 bar, nồng độ muối tăng không đáng kể và ổn định ở 0,9%, hệ số thu hồi đạt 15%; ở P = 10 bar, nồng độ muối tăng hơn và ổn định quanh khoảng nồng độ từ 1,1 - 1,2%, hệ số thu hồi đạt được khá là cao 32%. Hiệu quả khử muối của bộ NF1 đạt 85,33% - 90,67%. Tuy nhiên, nước sau xử lý bậc 1 bằng NF có hàm lượng muối NaCl (độ mặn) vượt quy định cho nước ăn uống vùng dân cư ven biển là 0,494‰ theo yêu cầu của QCVN 01:2009/BYT- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống.

*- Thí nghiệm với nồng độ muối 12,5‰, thay đổi áp suất làm việc của màng NF*

Với nồng độ muối đầu vào là 12,5‰, sau khử muối bằng màng NF bậc 1 thì trong khoảng thời gian 5 phút đầu, khi áp suất làm việc của màng là  $P = 8 - 9$  bar, nồng độ muối giảm mạnh xuống khoảng từ 3,0 - 3,5‰ sau đó giảm nhẹ và dao động trong khoảng từ 2,2 - 2,5‰ đối với trường hợp  $P = 8$  bar, còn khi  $P = 9$  bar thì sau 90 phút lọc nồng độ muối tăng lên đến 3,1‰. Ở áp suất  $P = 10$  bar, thời gian để đạt nồng độ muối ngưỡng 2,9‰ là 10 phút và dao động quanh khoảng từ 2,7 - 2,8‰ sau đó nồng độ muối có xu hướng tăng từ đến 3,5‰ sau khoảng thời gian làm việc là 85 phút.

Tỉ lệ thu hồi lần lượt là: 10%; 12% và 18% tương đương với áp suất qua màng là 8bar, 9bar và 10bar. Hiệu suất khử muối của modul NF1 đạt 72% - 80%. Tuy nhiên, hàm lượng muối trong nước sau xử lý bằng màng NF bậc 1 vẫn cao, không đạt quy định của QCVN 01:2009/BYT.

*- Thí nghiệm với nồng độ muối 17,5‰, thay đổi áp suất làm việc của màng NF*

Khi nồng độ muối đầu vào tăng lên 17,5‰, thì nồng độ muối sau xử lý bậc 1 bằng NF đều lớn hơn 7‰ và hiệu suất đạt được tối đa là 60%, tương ứng với  $P=8$  bar, tỉ lệ thu hồi là 8%. Khi  $P = 10$  bar, thì tỉ lệ thu hồi đạt được cao nhất là 15% và nồng độ muối dao động từ 7,7 - 7,97‰, khi đó hiệu suất khử muối chỉ đạt 56%. Với nồng độ 17,5‰, trong cả 3 trường hợp, sau khoảng 60 tiến hành thí nghiệm trên mô hình nồng độ muối đều có xu hướng tăng rõ rệt và bất đầu chu kỳ rửa màng.

*- Thí nghiệm với nồng độ muối 22,5‰, thay đổi áp suất làm việc của màng NF*

Tương tự như với nồng độ 17,5‰, khi nồng độ muối đầu vào là 22,5‰, nồng độ muối sau xử lý NF bậc 1 rất cao và nằm trong khoảng từ 11,5 - 12‰. Đối với trường hợp  $P = 8$  bar và  $P = 9$  bar, thì trong khoảng thời gian 50 phút đầu thí nghiệm, nồng độ muối khá ổn định ở khoảng 11,5‰, tương ứng với hiệu suất khử muối là 49% và tỉ lệ thu hồi nước cũng chỉ đạt được 6% ( $P=8$  bar) và 11% ( $P=9$  bar) sau đó nồng độ muối nước sau xử lý tăng mạnh.

Ở trường hợp  $P = 10$  bar, tỉ lệ thu hồi đạt 13%, song nồng độ muối sau xử lý NF bậc 1 chỉ đạt ở khoảng 12,1‰ trong khoảng thời gian hoạt động của màng là 35 phút, sau đó tăng nhẹ và ổn định trong khoảng 13‰, tương đương với hiệu suất thu hồi là 42%.

*- Thí nghiệm với nồng độ muối 27,5‰, thay đổi áp suất làm việc của màng NF*

Ở nồng độ muối đầu vào là 27,5‰, với trường hợp  $P = 8$  bar nồng độ muối nước sau xử lý có nồng độ xấp xỉ 17‰, tỉ lệ thu hồi đạt 6% và hiệu suất khử muối là 38%.

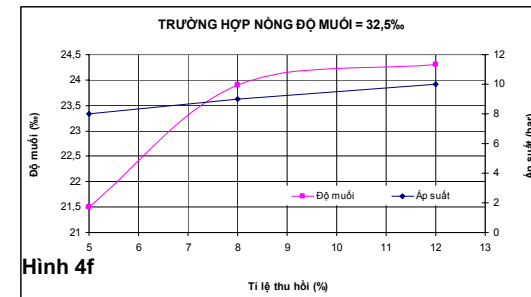
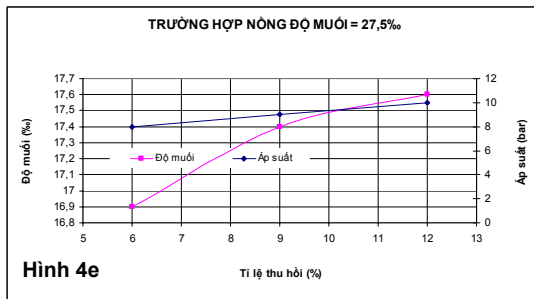
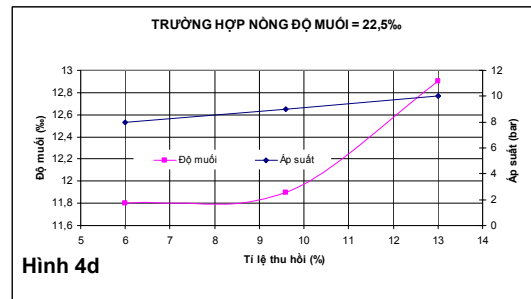
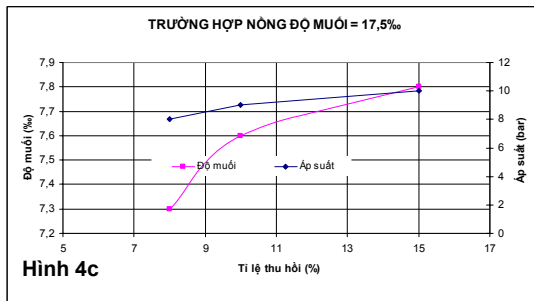
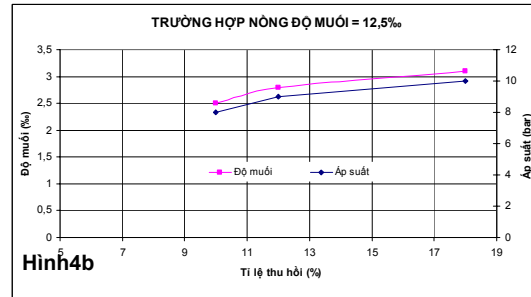
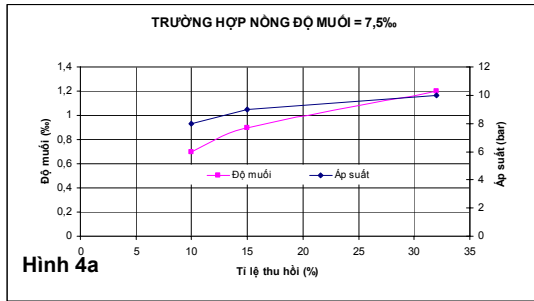
Với  $P = 9$  bar, thì trong khoảng 10 phút đầu thí nghiệm, nồng độ muối giảm và ổn định ở khoảng 17,2‰, và sau khoảng 70 phút thí nghiệm, nồng độ muối có xu hướng tăng cao, trong trường hợp này tỉ lệ thu hồi nước cũng chỉ đạt được khoảng 8% và hiệu suất khử mặn đạt 37,5%.

Trong trường hợp  $P = 10$  bar, tương tự như trường hợp  $P = 9$  bar, song nồng độ muối có tăng cao hơn một chút so với trường hợp  $P = 9$  bar. Tỉ lệ thu hồi trong trường hợp này đạt tối đa là 10% và hiệu suất khử mặn là 36,7%.

*- Thí nghiệm với nồng độ muối 32,5‰, thay đổi áp suất làm việc của màng NF*

Ở nồng độ muối đầu vào là 32,5‰, nồng độ muối nước sau xử lý có nồng độ xấp xỉ 22‰, tỉ lệ thu hồi đạt tối đa là 10% và hiệu suất khử muối rất thấp, chỉ đạt 32%. Tỉ lệ nước thải và nước sạch là 8,25 lần.

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG



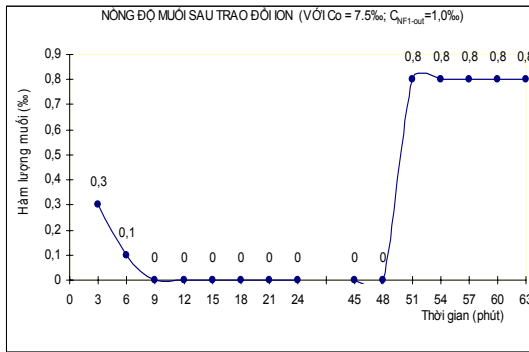
**Hình 4.** Mối qua hệ giữa nồng độ muối trong nước sau xử lý - áp suất - tỷ lệ thu hồi

Từ các biểu đồ trên cho thấy rất rõ về mối quan hệ giữa nồng độ muối của nước sau xử lý - áp suất - tỷ lệ thu hồi: khi áp suất càng cao thì tỷ lệ thu hồi càng lớn và tỷ lệ nghịch với nồng độ muối sau xử lý; nồng độ muối đầu vào tỷ lệ nghịch với tỷ lệ thu hồi và khả năng khử muối càng kém hiệu quả.

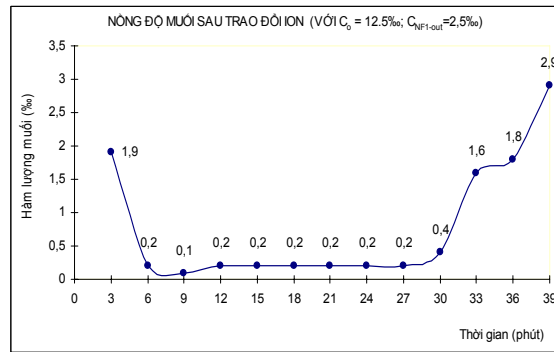
### 3.2 Đánh giá khả năng khử muối bậc 2 bằng trao đổi ion

Trong trường hợp nồng độ muối ban đầu là 7,5‰, sau xử lý bậc 1 bằng NF nồng độ khoảng 1,0‰, được xử lý tiếp bậc 2 bằng hệ trao đổi ion thì khả năng loại muối là khá triệt để, hiệu suất khử muối đạt xấp xỉ 100%. Tuy nhiên, với tốc độ lọc là 6 lít/phút thì sau khoảng thời gian 50 phút hoạt động nồng độ muối tăng nhanh và gần đạt đỉnh nồng độ đầu vào của hệ. Thể tích nước sạch thu hồi: 300 lít.

Trong trường hợp nước thí nghiệm có nồng độ muối đầu vào  $C_o = 12,5‰$  và nồng độ muối đầu ra sau NF bậc 1 là  $C_{NF1-out} = 2,5‰$  được xử lý bậc 2 bằng hệ trao đổi ion thì khả năng loại muối là khá triệt để, hiệu suất khử muối đạt xấp xỉ 92%. Nồng độ muối nước sau xử lý là 0,2‰, đảm bảo các quy định của QCVN 01:2008/BYT. Tuy nhiên, với tốc độ lọc là 6 lít/phút thì sau khoảng thời gian 30 phút hoạt động nồng độ muối tăng nhanh và sau 10 phút, nồng độ muối vượt quá nồng độ đầu vào hệ. Nguyên nhân của hiện tượng này là có thể một phần  $Na^+$  và  $Cl^-$  tách ra làm tăng nồng độ muối trong nước sau xử lý. Thể tích nước sạch thu hồi: 180 lít.

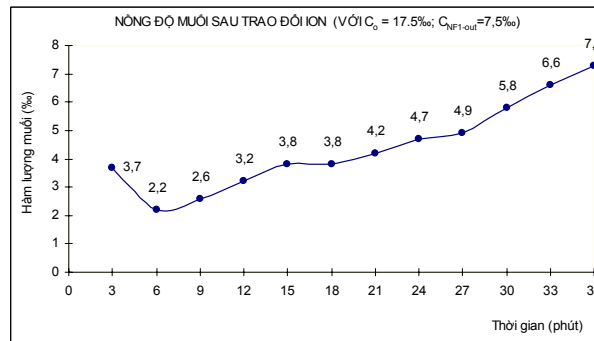


**Hình 5.** Khả năng khử muối bằng trao đổi ion với nồng độ muối  $C_o = 7,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 1,0‰$



**Hình 6.** Khả năng khử muối bằng trao đổi ion với nồng độ muối  $C_o = 12,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 2,5‰$

Trong trường hợp nồng độ muối  $C_o = 17,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 7,5‰$ , được xử lý bậc 2 bằng hệ trao đổi ion thì khả năng loại muối là khá triệt để, hiệu suất khử muối là 70%. Tuy nhiên, nồng độ muối nước sau xử lý thấp nhất là 2,2‰, không đảm bảo QCVN 01:2008/BYT.



**Hình 7.** Khả năng khử muối bằng trao đổi ion với nồng độ muối  $C_o = 17,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 7,5‰$

Như vậy, từ các kết quả thí nghiệm trên cho thấy:

- Nếu kết hợp khử mặn bằng NF kết hợp với trao đổi ion thì khả năng khử mặn của hệ trao đổi ion (bậc 2) chỉ có hiệu quả (đảm bảo quy định của QCVN01:2008/BYT) khi nồng độ muối đầu vào hệ khoảng 2,5‰ (đã được khử mặn bậc 1 bằng NF với  $C_o = 12,5‰$ ). Điều này cũng đúng với quy luật chung trong các phản ứng trao đổi ion [1].

- Hiệu quả sử dụng hệ trao đổi ion thấp, số chu kỳ hoàn nguyên lớn (khoảng 50 phút/lần với nồng độ  $C_o = 7,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 1,0‰$ ) và thể tích nước sạch thu được thấp dẫn đến chi phí đầu tư, vận hành có thể lớn.

### 3.3 Đánh giá khả năng khử muối bằng màng NF bậc 2:

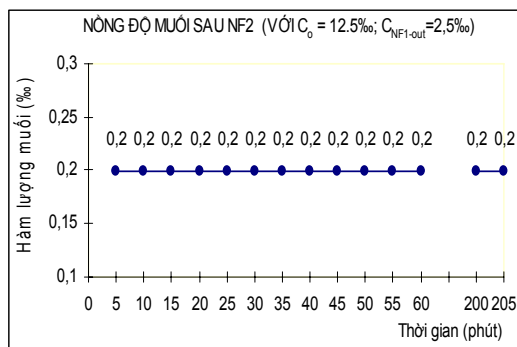
Tiến hành thí nghiệm với 2 trường hợp:

Trường hợp 1:  $C_o = 12,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 2,5‰$  và trường hợp 2:  $C_o = 17,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 7,5‰$

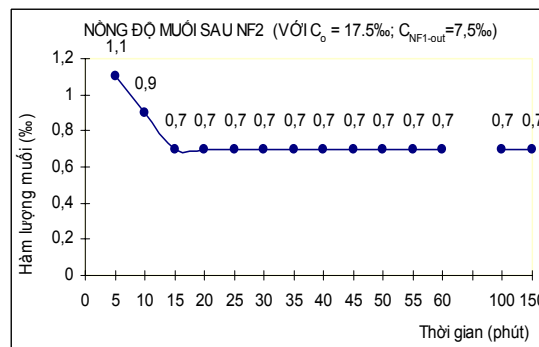
Trong trường hợp nước thử nghiệm có nồng độ muối đầu vào  $C_o = 12,5‰$  và sau NF bậc 1 là  $C_{NF1-out} = 2,5$  thì hiệu suất khử muối NF bậc 2 đạt 80%, tỉ lệ thu hồi là 56% với áp suất qua màng là  $P = 8$  bar. Với chất lượng nước sau khử muối có hàm lượng muối là 0,2‰, đảm bảo quy định của QCVN01:2008/BYT.

Trong trường hợp nồng độ muối  $C_o = 17,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 7,5$  thì sau NF bậc 2, hiệu suất khử muối đạt 93%, tỉ lệ thu hồi đạt 20% với áp suất qua màng là  $P = 9$  bar. Tuy nhiên, chất lượng nước sau khử muối có hàm lượng muối là 0,7‰, vượt quá giới hạn cho phép của QCVN01:2008/BYT.

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG



**Hình 8.** Khả năng khử muối bậc 2 bằng màng NF với nồng độ muối  $C_0 = 12,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 2,5‰$



**Hình 9.** Khả năng khử muối bậc 2 bằng màng NF với nồng độ muối  $C_0 = 17,5‰$ ,  $C_{NF1-out} = 7,5‰$

Như vậy, việc áp dụng NF để khử mặn đối với nước lợ và nước ven biển để cấp nước sinh hoạt đảm bảo QCVN 01:2008/BYT thì chỉ có hiệu quả tốt đối với nồng độ muối trong nước không quá 15‰. Trong trường hợp nồng độ muối vượt quá 15‰ thì phải áp dụng phương án công nghệ khác hoặc tăng số bậc lọc NF.

### 4. Kết luận

- Hiệu suất khử muối của màng lọc NF tỷ lệ nghịch với nồng độ muối của dung dịch đầu vào và hệ số thu hồi nước sạch của màng lọc; với dung dịch đầu vào có nồng độ muối 5 - 10 ‰ thì hiệu suất khử mặn của màng NF đạt tối đa 90 % và với dung dịch đầu vào có nồng độ muối 10 - 15 ‰ thì hiệu suất khử mặn của màng đạt tối đa 83%. Ngoài ra, hiệu suất khử muối của màng lọc nano tỷ lệ nghịch với hệ số thu hồi nước sạch và áp suất làm việc của màng lọc.

- Kết quả nghiên cứu theo sơ đồ công nghệ (a) với việc xử lý nước muối bằng NF và trao đổi ion cho thấy khả năng của hệ làm việc được với nồng độ muối đầu vào (trước NF) không quá 12,5 ‰ và nồng độ muối trong nước sạch sau quá trình trao đổi ion đạt yêu cầu của QCVN 01:2009/BYT, tuy nhiên chu kỳ rửa hoàn nguyên hạt trao đổi ion ngắn sẽ là trở ngại lớn đối với việc vận hành hệ thống.

- Kết quả nghiên cứu theo sơ đồ công nghệ (b) với việc xử lý nước muối bằng NF hai bậc cho thấy nồng độ muối trong nước sau xử lý chỉ đáp ứng quy định của QCVN 01:2009/BYT với nồng độ muối đầu vào dưới 15 ‰.

Những kết quả bước đầu trong phòng thí nghiệm là cơ sở lựa chọn sơ đồ công nghệ có ứng dụng màng lọc nano để xử lý nước lợ và nước biển cho mục đích cấp nước ăn uống trong nghiên cứu ở hiện trường.

### Tài liệu tham khảo

1. Trần Đức Hạ, Trần Thị Hiền Hoa, Nguyễn Quốc Hòa, Trần Công Khánh, Trần Thị Việt Nga, Lê Hiền Thảo (2011), *Cơ sở hóa học và vi sinh vật học trong kỹ thuật môi trường*, NXB Giáo dục VN.
2. Courfia K. Diawara, "Nanofiltration Process Efficiency in Water Desalination", *Separation & Purification Reviews*, 37(2008)302-324.
3. Harrison, C.J., Gouellec, Y.A.L., Cheng, R.C., Childress, A.E., "Bench-Scale Testing of Nanofiltration for Seawater Desalination", *Journal of Environmental Engineering* 133(2007)1004-1014.
4. J. Palmeri et al, "Process modeling of brackish and seawater nanofiltration", *Desalination and Water Treatment*, 9 (2009) 263-271.
5. R. P. Lakshminarayan, M. Cheryan, N. Rajagopalan, "Consider nanofiltration for membrane separations", *Chem. Eng. Prog.* 90 (1994) 68-74.