



CÔNG NGHỆ KHỬ MẶN HIỆU QUẢ CẤP NƯỚC SINH HOẠT CHO CÁC CỤM DÂN CƯ NÔNG THÔN ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Phạm Văn Hoàn và Trần Thị Thanh Khương

Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 28/04/2016

Ngày chấp nhận: 29/08/2016

Title:

An effective desalination technology for fresh water supply to rural villages in Mekong Delta region

Từ khóa:

Thẩm thấu ngược, điện thẩm tách, hệ thống khử mặn, nước ngầm nhiễm mặn

Keywords:

Reverse osmosis, electrodialysis, desalination systems, brackish underground water

ABSTRACT

Due to intensive drought and saltwater intrusion, this paper is devoted to analysis, evaluation and selection on the most effective emerging desalination technologies for brackish underground water desalination in order to meet fresh water requirements of rural villages in Mekong Delta. Based on analysis and comparison on the desalination technologies used in Vietnam and worldwide in context of rural villages in Mekong Delta, the paper demonstrated that electrodialysis technology has a greatest potential for application.

TÓM TẮT

Trong tình hình hạn và xâm nhập mặn như hiện nay, nghiên cứu này sẽ phân tích, đánh giá và lựa chọn loại công nghệ khử mặn hiệu quả nhất để làm ngọt hóa nguồn nước ngầm đang bị nhiễm mặn, nhằm đảm bảo việc cấp nước sinh hoạt một cách đầy đủ và an toàn cho các cụm dân cư nông thôn Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Với việc kết hợp phân tích, so sánh các loại công nghệ khử mặn đang được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam và trên thế giới, trong điều kiện và hoàn cảnh của ĐBSCL, nghiên cứu chỉ ra rằng công nghệ điện thẩm tách (Electrodialysis – ED) có tiềm năng ứng dụng cao nhất.

Trích dẫn: Phạm Văn Hoàn và Trần Thị Thanh Khương, 2016. Công nghệ khử mặn hiệu quả cấp nước sinh hoạt cho các cụm dân cư nông thôn Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 45a: 33-42.

1 GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có diện tích khoảng 40.000 km², hàng năm 40 % diện tích bị ảnh hưởng xâm nhập mặn. Dân số vùng ĐBSCL là trên 18 triệu người, trong đó có trên 80% dân số sống ở vùng nông thôn. ĐBSCL có địa hình thấp và bằng phẳng, phần lớn có độ cao trung bình từ 0,7-1,2 m so với mực nước biển và là vùng bị ảnh hưởng nặng nề bởi biến đổi khí hậu, chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi triều cường và xâm nhập mặn. Trong những năm gần đây, tình trạng biến đổi khí hậu diễn ra khốc liệt hơn, việc tích trữ nước của nhiều thủy điện trên dòng sông Mê Kông đã dẫn đến sự xâm nhập mặn sâu và chất lượng nguồn

nước bị suy giảm, vấn đề khan hiếm nước sinh hoạt nông thôn xảy ra ở hầu hết các địa phương thuộc vùng ĐBSCL. Theo đó, dân số bị ảnh hưởng xâm nhập mặn tăng từ 39,5% tại thời điểm 2012, được dự đoán lên 41,4, 45,3 và 47,6% vào các năm 2020, 2030 và 2050 (Đoàn Thu Hà, 2014). Do vậy, đã đến lúc công nghệ khử mặn phải được quan tâm nhiều hơn tại các nhà máy và các trạm cấp nước sinh hoạt.

Việc lựa chọn loại công nghệ khử mặn sao cho phù hợp với điều kiện, hoàn cảnh và mục tiêu ứng dụng ở mỗi vùng và lãnh thổ là cực kỳ quan trọng. Có rất nhiều nghiên cứu trên thế giới đã được thực hiện để so sánh các công nghệ khác nhau. Burn et

al. (2015) thực hiện với so sánh nhiều loại công nghệ khử mặn để cấp nước cho nông nghiệp, và hai loại công nghệ đó là thẩm thấu ngược (RO) và điện thẩm tách (ED) đã được thừa nhận là có tiềm năng ứng dụng cao nhất, tuy nhiên chi phí đầu tư vẫn tương đối cao trong việc cấp nước phục vụ nông nghiệp. Subramani *et al.* (2015) đã tổng hợp khá đầy đủ và chi tiết các công nghệ khử mặn nổi bật hiện nay và đã đề xuất các công nghệ lai (là loại công nghệ kết hợp nhiều loại công nghệ khác nhau) có tiềm năng phát triển nhất. Subramani *et al.* (2011) đã phân tích các phương cách giảm thiểu tiêu thụ năng lượng các công nghệ khử mặn, tuy nhiên, nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào công nghệ RO. Hoag *et al.* (2015) đã so sánh hai loại công nghệ sử dụng xử lý nước lợ đó là RO và màng lọc nano (NF). Mỗi loại có mỗi ưu điểm riêng, nhưng nhìn chung thì RO có nhiều ưu thế hơn. Với quy mô cụm dân cư nông thôn ở Ấn Độ, Wright *et al.* (2014) đã chứng minh rằng công nghệ ED phù hợp hơn công nghệ RO. Trước đó, Rheinlander *et al.* (2009) đã dựa vào số liệu của các nhà máy khử mặn đang hoạt động, cùng với quá trình mô phỏng của mình, đã chứng minh rằng nếu sử dụng năng lượng mặt trời để khử mặn cho vùng nước lợ, công nghệ ED có nhiều ưu điểm hơn công nghệ RO. Có thể thấy rằng, các nghiên cứu này được thực hiện dựa trên các dự án đã triển khai và các mô hình mô phỏng, do vậy kết quả được cung cấp với độ tin cậy rất cao. Mỗi nghiên cứu được thực hiện để kết luận một vấn đề cụ thể hoặc tại một vùng cụ thể, với các điều kiện và hoàn cảnh khác. Do vậy, kết quả nghiên cứu chỉ mang tính chất tham khảo, không thể áp dụng trực tiếp vào thực tế cuộc sống ở ĐBSCL.

Ở Việt Nam, công nghệ khử mặn vẫn chưa được quan tâm đúng mực. Đợt hạn và mặn vừa qua, các nhà máy cung cấp nước sinh hoạt đã không thể xử lý được nồng độ mặn trong nước. Các công nghệ khử mặn ở Việt Nam thường chỉ được áp dụng trong các sản phẩm thương mại với quy mô nhỏ (phổ biến nhất là quy mô hộ gia đình). Công nghệ chưng cất nhiệt đã được áp dụng một số nơi tại ĐBSCL với một hiệu suất không cao. Công nghệ hạt nhựa trao đổi ion cũng được sử dụng để khử mặn, tuy nhiên đây là loại công nghệ lọc nước thông thường, nếu muốn khử mặn thì chi phí đầu tư nâng cấp công nghệ rất cao. Trong đề tài cấp Nhà nước (Trần Đức Hạ, 2010) loại công nghệ NF đã được đề xuất để khử mặn cho vùng nông thôn ven biển. Đây là loại công nghệ hiệu quả trong việc khử mặn, tuy nhiên việc sử dụng loại công nghệ này vẫn còn nhiều giới hạn. Công nghệ ED cũng được quan tâm ở Việt Nam cách đây hơn 10 năm, Nguyễn Hoài Châu *et al.* (2005) đã chế tạo thành công màng trao đổi ion nên hạ giá thành loại công

nghệ này xuống thấp. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành phát sinh các vướng mắc khác về mặt công nghệ, loại công nghệ này không được tiếp tục phát triển ở Việt Nam. Với loại công nghệ RO, các sản phẩm thương mại tại Việt Nam hiện nay thường hay sử dụng với quy mô hộ gia đình và nó cũng chính là loại công nghệ được sử dụng phổ biến nhất hiện nay trên thế giới. Có lẽ vì tính phổ biến của nó nên các nhà nghiên cứu về xử lý nước của Việt Nam cũng mạnh dạn đề xuất loại công nghệ này mà vẫn chưa có một nghiên cứu nào được thực hiện để chứng minh loại công nghệ này phù hợp với điều kiện và hoàn cảnh nông thôn của Việt Nam.

Nghiên cứu này sẽ giới thiệu tổng quan các loại công nghệ khử mặn nổi bật đang được sử dụng trong các nhà máy khử mặn trên thế giới hoặc đang ưu chuộng tại Việt Nam. Hiện nay, có nhiều loại công nghệ khử mặn lai được phát triển, tuy nhiên, hầu hết vẫn đang trong quá trình nghiên cứu, vì thế tính xác thực về hiệu suất là chưa được bảo đảm nên sẽ không được phân tích trong nghiên cứu này. Cụ thể, nghiên cứu này sẽ phân tích ba loại công nghệ sử dụng phổ biến nhất là công nghệ chưng cất, công nghệ thẩm thấu ngược (RO) và công nghệ điện thẩm tách (ED). Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng sẽ đề cập đến loại công nghệ dùng màng nano (NF), do loại công nghệ này đã được giới thiệu và sử dụng tại Việt Nam. Tiếp sau đó, nghiên cứu sẽ thảo luận về những đặc điểm, điều kiện và hoàn cảnh của cụm dân cư nông thôn ĐBSCL, để đề xuất ra các tiêu chuẩn thiết kế mà một hệ thống khử mặn phải đảm bảo. Các tiêu chuẩn đó sẽ được sử dụng để đánh giá loại công nghệ nào là phù hợp nhất với cấp nước sinh hoạt cho cụm dân cư nông thôn ĐBSCL.

Nghiên cứu được trình bày như sau: phần 1 giới thiệu tổng quan về nghiên cứu, phần 2 giới thiệu các loại công nghệ khử mặn tiêu biểu, phần 3 xác định các tiêu chuẩn cho một hệ thống khử mặn cụm dân cư nông thôn ĐBSCL, phần 4 so sánh các loại công nghệ dựa trên các tiêu chuẩn đã được xác lập. Cuối cùng, những thảo luận và kết luận sẽ được trình bày trong phần 5 và 6.

2 CÁC CÔNG NGHỆ KHỬ MẶN

Cách thức khử mặn được phân ra làm hai loại: công nghệ nhiệt (thermal) và công nghệ màng (membrane) (Greenlee *et al.*, 2009). Công nghệ nhiệt vẫn là loại công nghệ chính sử dụng ở vùng Trung Đông, tuy nhiên, công nghệ màng (điển hình là công nghệ thẩm thấu ngược), loại công nghệ đã và đang được phát triển mạnh từ thập niên 60 thế kỷ trước (Loeb and Sourirajan, 1963) lại đang là loại công nghệ phổ biến nhất trong các nhà máy

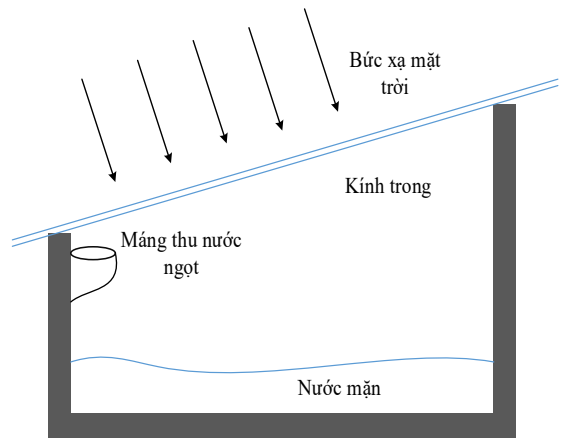
khử muối hiện nay (Gree nlee *et al.*, 2009). Công nghệ khử muối sử dụng màng lọc nhận được sự ưa chuộng hơn công nghệ nhiệt ở những vùng chi phí làm cho việc bốc hơi cao (NREL, 2006). Khử muối sử dụng công nghệ nhiệt đòi hỏi mức năng lượng 7,14 kWh/m³, trong khi công nghệ màng chỉ đòi hỏi thấp hơn 2,6 kWh/m³ (Veerapaneni *et al.*, 2007; Semiat, 2008). Trở ngại chính của việc khử muối đó chính là giá cả (Subramani *et al.*, 2011), và năng lượng tiêu thụ cao được xem là tác nhân quan trọng nhất để đẩy giá cả lên cao (30-50%). Mà tiêu thụ năng lượng cao sẽ dẫn tới việc tăng lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính, kết quả là thúc đẩy quá trình biến đổi khí hậu nhanh hơn và nghiêm trọng hơn (Raluy *et al.*, 2005). Vì vậy, việc giảm tiêu thụ năng lượng là một vấn đề sống còn đối với việc giảm giá thành khử mặn và giảm tác động tiêu cực đến môi trường do sử dụng ít các nguồn nhiên liệu hóa thạch trong quá trình cung cấp năng lượng cho quá trình khử mặn.

Nghiên cứu này chỉ phân tích các công nghệ khử mặn đã và đang được ứng dụng rộng rãi, với hiệu quả kinh tế tốt nhất. Nghiên cứu sẽ không đi vào chi tiết các thiết kế mà chỉ giới thiệu tổng quan về nguyên lý hoạt động của từng loại công nghệ.

2.1 Công nghệ chưng cất

Quy trình hoạt động của hệ thống này như sau, nước mặn được đưa vào bể chứa, được phân tán đồng đều trên toàn bộ diện tích thu bức xạ mặt trời (làm bốc hơi nước). Nhờ có năng lượng mặt trời làm nóng nước, nước sẽ bay hơi và sau đó ngưng tụ lại phía bên trong tấm panel bằng nhựa composite bao quanh, như Hình 1. Những giọt nước cất thu được sẽ chảy xuống phía dưới của thiết bị và theo vòi chảy ra ngoài. Sản phẩm thu được là nước tinh khiết, đã loại bỏ được các vi

khẩn và các mầm bệnh, do đó cũng loại bỏ được các bệnh truyền nhiễm qua môi trường.

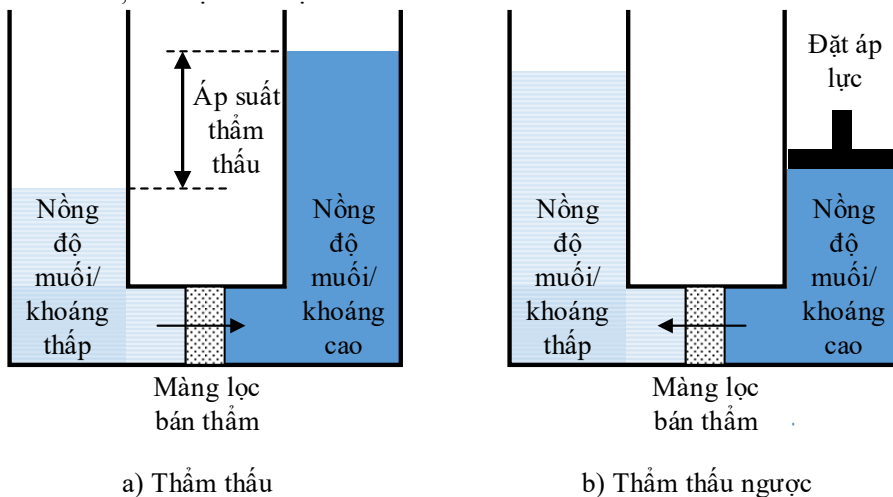


Hình 1: Tổng quan hệ thống khử mặn bằng công nghệ chưng cất

2.2 Công nghệ thẩm thấu ngược - RO

Thẩm thấu là một hiện tượng tự nhiên, nước sẽ dịch chuyển qua màng từ nơi có nồng độ muối/ khoáng thấp đến nơi có nồng độ cao hơn, như Hình 2a. Quá trình dịch chuyển xảy ra cho đến khi nồng độ muối khoáng giữa hai nơi này cân bằng. Và áp suất thẩm thấu sẽ được xác định sau đó.

Công nghệ thẩm thấu ngược dựa trên một nguyên lý ngược lại với cơ chế thẩm thấu thông thường. Một áp lực lớn hơn áp suất thẩm thấu sẽ được tạo ra để đẩy ngược nước từ nơi có hàm lượng muối/ khoáng cao “thấm” qua màng bán thấm để đến nơi không có hoặc có ít muối/ khoáng hơn.

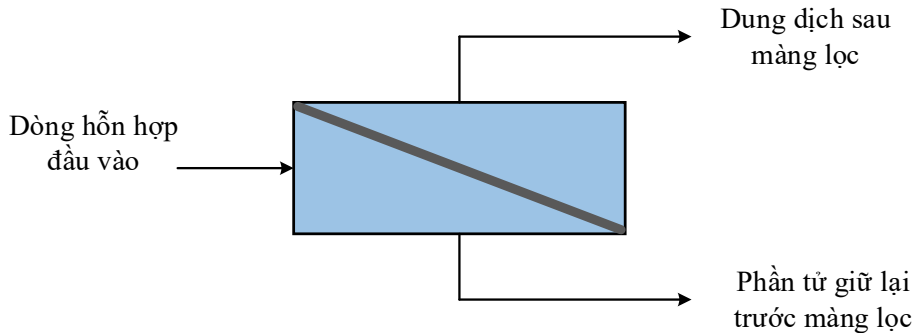


Hình 2: Hiện tượng thẩm thấu và quá trình thẩm thấu ngược

2.3 Công nghệ màng nano - NF

Nguyên lý lọc màng dựa trên sự phân tách các phân tử trong nước qua lớp vách ngăn (màng) nhờ lực tác dụng. Lực tác dụng có thể là chênh lệch áp

suất, điện thế, nồng độ dung dịch, nhiệt độ,... Các thông số cơ bản của quá trình lọc màng: i) Áp lực; ii) Cơ chế phân tách; iii) Cấu trúc màng; và iv) Pha dung dịch



Hình 3: Sơ đồ tổng quan quá trình khử mặn bằng công nghệ màng nano

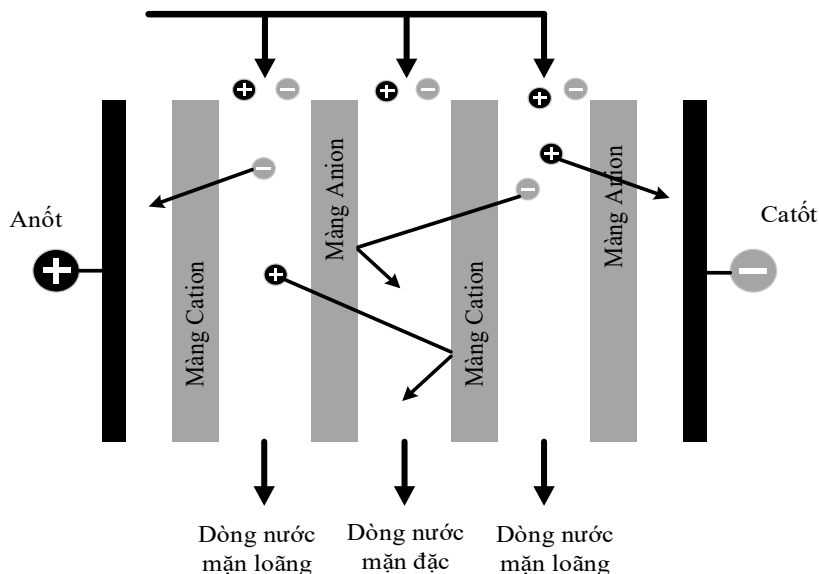
2.4 Công nghệ điện thẩm tách - ED

Về cơ bản, ED là một quy trình điện hoá, trong đó có sự dịch chuyển của các ion qua các màng bán thấm ion chọn lọc – là kết quả của lực hút tĩnh điện giữa ion và 2 điện cực. Ngoài chức năng khử mặn, ED còn có thể loại bỏ được các thành phần ô nhiễm trong nước dưới dạng các ion hoà tan, nhờ lực hút tĩnh điện. Hệ thống ED bao gồm tập hợp các màng, đặt giữa đường đi của dòng điện một chiều phát ra từ 2 điện cực ở hai đầu. Nước muối đi qua giữa các màng đặt.

các miếng đệm plastic và hình thành nên cụm ngăn (membrane stack). Cụm màng này có hàng trăm cặp ngăn, mỗi cặp gồm ngăn loãng (dilute cell) và ngăn đậm đặc (concentrate cell) cạnh nhau. Dòng đậm đặc và loãng được thu qua ống thu riêng, như trong Hình 4.

Nguyên tắc của quá trình ED là tách các ion ra khỏi nước bằng cách đẩy các ion qua lớp màng thấm ion vuông góc với hướng dòng điện và vận tốc dòng muối phải đủ lớn để xáo trộn hoàn toàn. Về cấu tạo, các màng cation và anion đặt xen kẽ nhau giữa hai điện cực âm, dương ngăn cách bởi

Dòng một chiều khi qua nước mặn sẽ kéo các anion về phía cực dương từ một ngăn qua ngăn kế bên. Màng thấm chọn lọc anion (màng A) chỉ cho phép các anion thấm qua (Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}), tuy nhiên các anion sẽ bị giữ lại do màng cation (màng K). Tương tự với các cation theo hướng ngược lại. Màng thấm chọn lọc cation (màng K) chỉ cho phép các cation thấm qua (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+), tuy nhiên các cation sẽ bị giữ lại do màng anion (màng A). Khoảng cách giữa các màng không quá lớn, khoảng 1 mm.



Hình 4: Quá trình điện thẩm tách

Do sự di chuyển của các ion, nước trong một ngăn có hàm lượng ion giảm đi trong khi lượng ion trong ngăn kế bên đậm đặc hơn, như vậy sẽ tạo ra hai dòng: dòng nước mặn loãng và dòng nước mặn đậm đặc.

3 CÁC TIÊU CHUẨN CHO MỘT HỆ THỐNG KHỬ MẶN CỤM DÂN CƯ NÔNG THÔN

Các tiêu chuẩn áp dụng cho một hệ thống khử mặn quy mô cụm dân cư nông thôn ĐBSCL phải thỏa mãn nhu cầu về nước sạch cho người dân, với chất lượng và số lượng theo Quy định của Nhà nước Việt Nam. Hơn nữa, hệ thống khử mặn này phải có hiệu quả kinh tế cao và các đặc tính vận hành phải phù hợp với điều kiện và hoàn cảnh vùng nông thôn ĐBSCL. Nghiên cứu này sẽ thực hiện so sánh dựa trên 6 tiêu chuẩn, được đề xuất bởi Wright *et al.* (2014), mỗi tiêu chuẩn sẽ được giải thích sau đó:

- Tiêu chuẩn 1: Đảm bảo cung cấp lượng nước sạch: 12-24m³/ngày
- Tiêu chuẩn 2: Chất lượng nước: tuân theo Quy chuẩn QCVN 02:2009/BYT, bổ sung thêm Tổng chất rắn hòa tan tối đa (TDS) 1.000mg/lít
- Tiêu chuẩn 3: Hiệu quả thu hồi nước: Cực đại (trên 90%)
- Tiêu chuẩn 4: Năng lượng tiêu thụ: mặt trời và điện lưới
- Tiêu chuẩn 5: Chi phí đầu tư và vận hành thấp nhất
- Tiêu chuẩn 6: Có khả năng bảo trì bởi công nhân vận hành địa phương

3.1 Nhu cầu nước ăn uống (Tiêu chuẩn 1)

Chiến lược Quốc gia cấp nước sạch và vệ sinh nông thôn đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại quyết định 104QĐ/TTG ngày 25/08/2000 đặt ra mục tiêu đến 2020 “tất cả dân cư nông thôn sử dụng nước sạch đạt tiêu chuẩn quốc gia với số lượng ít nhất 60/lít/người/ngày”.

Một trong những phương cách cấp nước nông thôn là xây dựng các hệ thống cấp nước tập trung nhỏ (nổi mạng). Phương cách này tận dụng giếng khoan đường kính nhỏ, giếng đào, thay bơm tay bằng lắp bơm điện đưa lên tháp nước có thể tích nhỏ, độ cao từ (5-7 m), dùng đường ống dẫn đến hộ gia đình, có lắp đồng hồ nước phục vụ khoảng (50-100) hộ gia đình. Phương cách này phù hợp với vùng dân cư ở tập trung như ĐBSCL.

Số người trung bình trong một hộ gia đình ở nông thôn là 4 người. Như vậy, hệ thống thiết kế phải đảm bảo cung cấp 12-24m³/ngày.

3.2 Chất lượng nước (Tiêu chuẩn 2)

Hiện nay, có một số Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống, sinh hoạt. Quy chuẩn QCVN 01:2009/BYT quy định mức giới hạn các chỉ tiêu chất lượng đối với nước dùng để ăn uống, sinh hoạt, nước dùng cho các cơ sở để chế biến thực phẩm. Quy chuẩn này áp dụng đối với các cơ quan, tổ chức, cá nhân và hộ gia đình khai thác, kinh doanh nước ăn uống, bao gồm cả các cơ sở cấp nước tập trung dùng cho mục đích sinh hoạt có công suất từ 1.000 m³/ngày đêm trở lên. Hai quy chuẩn còn lại là Quy chuẩn QCVN 02:2009/BYT dùng cho nước sinh hoạt thông thường, không sử dụng trực tiếp để ăn uống và Quy chuẩn QCVN6-1: 2010/BYT quy định đối với nước thiên nhiên đóng chai, nước uống đóng chai.

Do vậy, với thiết kế 12-24m³/ngày dùng cấp nước sinh hoạt thì chất lượng nước phải tuân thủ Quy chuẩn QCVN 02:2009/BYT. Tuy nhiên, trong Quy chuẩn này chỉ số Tổng chất rắn hòa tan (Total Dissolved Solids – TDS) lại không được đề cập, mà chỉ số này chỉ được đề cập trong Quy chuẩn nước ăn uống QCVN 01:2009/BYT. Với yêu cầu phát sinh hiện nay, nguồn nước ngầm bị nhiễm mặn và chứa đựng nhiều chất rắn hòa tan, hơn nữa, thói quen người dân dùng trực tiếp nước sinh hoạt hoặc chỉ đun sôi sẽ không thể loại bỏ được các chất rắn hòa tan. Vì vậy, chỉ số Tổng chất rắn hòa tan cũng nên được quy định trong Quy chuẩn nước sinh hoạt. Chỉ số này rất quan trọng và được tổ chức Y tế thế giới WHO khuyến cáo là dưới 500 mg/lít. Ở nhiều Bang của Mỹ chỉ số này là 370 mg/lít, đây cũng chính là chỉ số mà nhiều nghiên cứu cho rằng sẽ cho ra một chất lượng nước tốt nhất với sức khỏe và với mùi vị của nước. Tuy nhiên, nghiên cứu này lấy Quy chuẩn nước ăn uống của Việt Nam làm chuẩn (tối đa 1.000 mg/lít).

3.3 Tỷ lệ nước tái sinh (Tiêu chuẩn 3)

Tỷ lệ nước tái sinh được hiểu là tỷ lệ dòng nước đi vào hệ thống khử mặn và dòng nước sản phẩm (đã khử mặn) đi ra. Tỷ lệ nước tái sinh cao ám chỉ đến việc sử dụng nước hiệu quả. Nguồn nước sử dụng là nguồn nước ngầm nên tỷ lệ nước tái sinh phải được đặc biệt quan tâm do chất và lượng nguồn nước ngầm ĐBSCL đang suy giảm một cách báo động. Một số nguyên nhân chính có thể liệt kê sau đây:

- Sử dụng nước ngầm cho nhiều mục đích khác: công nghiệp, nông nghiệp, thủy sản,...
- Người dân sử dụng nước ngầm nhiều hơn trước do nguồn nước mặt ngày càng bị ô nhiễm.
- Một số trạm cấp nước đô thị và công nghiệp với công suất lớn được xây dựng cũng sử dụng

nguồn nước ngầm thay vì sử dụng nước mặt dẫn tới nước ngầm bị khai thác quá mức.

– Do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, sự thay đổi lượng mưa, nước biển dâng và gia tăng nhiệt độ tại khu vực ĐBSCL sẽ làm tăng khả năng bốc hơi, giảm lượng nước ngầm tầng nông, tăng độ mặn của nước ngầm tầng nông, gây tăng nồng độ và các chỉ tiêu ô nhiễm nguồn nước.

Hơn nữa, tỷ lệ nước tái sinh cao đồng nghĩa với dòng nước thải (đậm đặc) ít. Điều này sẽ làm giảm chi phí xử lý loại nước thải này. Vì vậy, tỷ lệ nước tái sinh cực đại phải là một tiêu chuẩn quan trọng để lựa chọn loại công nghệ khử mặn tại vùng nông thôn ĐBSCL.

3.4 Năng lượng (Tiêu chuẩn 4)

Trở ngại chính của việc khử muối đó chính là giá cả (Subramani *et al.*, 2011), và năng lượng tiêu thụ cao được xem là tác nhân quan trọng nhất để đẩy giá cả lên cao (30-50%). Vì vậy, tiết kiệm chi phí năng lượng được nhận định là một phương pháp giảm giá thành hiệu quả nhất đối với các công nghệ khử mặn.

Chất lượng điện lưới nông thôn là một vấn đề đáng lưu tâm. Năm 2015, cả nước có 7709 xã, chiếm 85% tổng số xã trên toàn quốc, đạt tiêu chí số 4 về điện nông thôn trong Bộ tiêu chí Quốc gia về nông thôn mới. Như vậy, vẫn còn số lượng lớn các xã chưa đạt tiêu chí số 4, và chất lượng điện tại các xã này là một điều không ai đảm bảo. Ngay cả khi đạt tiêu chí số 4, thì chất lượng điện cũng chưa thể đảm bảo vận hành an toàn các dây chuyền công nghệ, do hệ thống điện Việt Nam khá yếu và đang trong quá trình nâng cấp. Tuy nhiên, việc nâng cấp hệ thống điện là một công việc dài hạn và tốn rất nhiều tiền của, rất khó hy vọng trong vòng những năm tới tình hình sẽ cải thiện nhiều, do nhu cầu phụ tải tăng nhanh hơn khả năng nâng cấp hệ thống điện của Tập đoàn điện lực Việt Nam. Vì vậy, có thể nhìn nhận rằng chất lượng điện trong nhiều năm tới tại các vùng nông thôn và kể cả nhiều khu vực thành thị sẽ còn khá thấp. Điều này ảnh hưởng lớn đến chi phí đầu tư và vận hành nhà máy khử mặn.

Để giải quyết vấn đề chất lượng điện năng, một trong những giải pháp là đa dạng nguồn phát điện và năng lượng tái tạo được xem như là một trong những giải pháp hiệu quả. Trong Chiến lược phát triển năng lượng tái tạo của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, đã được Chính phủ phê duyệt vào năm 2015 thì điện năng sản xuất từ năng lượng mặt trời tăng từ khoảng 10 triệu kWh năm 2015 lên khoảng 1,4 tỷ kWh vào năm 2020; khoảng 25,4 tỷ kWh vào năm 2030 và khoảng 210 tỷ kWh vào năm 2050. Năng lượng phát xạ mặt

trời tại vùng ĐBSCL được ước tính từ 4-6 kWh/m²/ngày (Bộ Công Thương, 2015). Vì vậy, năng lượng mặt trời chính là nguồn năng lượng phù hợp nhất dùng cho công nghệ khử mặn tại những vùng nông thôn, nơi mà điện lưới chưa có hoặc chất lượng thấp.

Tóm lại, với chất lượng điện năng của lưới điện Việt Nam vẫn còn thấp tại các vùng nông thôn và với nguồn năng lượng mặt trời có trữ lượng lớn tại vùng ĐBSCL, công nghệ khử mặn nên được thiết kế để sử dụng nguồn năng lượng này. Sử dụng năng lượng sạch đồng nghĩa với việc giảm thiểu biến đổi khí hậu, vì vậy sẽ góp phần làm giảm xâm nhập mặn tại vùng ĐBSCL.

3.5 Chi phí đầu tư và vận hành (Tiêu chuẩn 5)

Có một thực tế rằng, công nghệ RO đang là loại công nghệ được ưu chuộng nhất hiện nay. Có nhiều hệ thống khử mặn quy mô vùng nông thôn dùng loại công nghệ này. Ngoài việc đảm bảo chất lượng nguồn nước theo tiêu chuẩn, công nghệ đã được nghiên cứu để giảm thiểu chi phí đầu tư và vận hành. Công nghệ được chứng minh đặc biệt hiệu quả đối với việc khử mặn nguồn nước có nồng độ muối khoáng cao như nước biển, đối với nước lợ thì loại công nghệ này vấp phải sự cạnh tranh quyết liệt từ các loại công nghệ khác như công nghệ ED. Vì vậy, yêu cầu đặt ra là loại công nghệ được lựa chọn để khử mặn nước ngầm cho vùng nông thôn ĐBSCL phải có chi phí tổng (đầu tư và vận hành) thấp hơn loại công nghệ đang sử dụng phổ biến nhất hiện nay (công nghệ RO).

Sử dụng năng lượng tái tạo là một giải pháp, tuy chi phí đầu tư ban đầu lại cao hơn, do phải mua tấm năng lượng mặt trời, bộ điều khiển, bộ chuyển điện và pin lưu trữ, nhưng chi phí vận hành lại thấp hơn (do không phải trả chi phí mua điện lưới). Hơn nữa, một giải pháp khác là lựa chọn loại công nghệ tiêu thụ năng lượng ít. Rõ ràng, tất cả ở đây là một bài toán kinh tế cần phải giải quyết.

3.6 Bảo trì và vận hành (Tiêu chuẩn 6)

Việc tồn tại của một loại công nghệ được sử dụng với quy mô nhỏ, tại vùng nông thôn, phụ thuộc rất lớn vào việc bảo trì và vận hành. Các công nhân vận hành tại địa phương thường chỉ được đào tạo những kỹ năng cơ bản, do vậy, một yêu cầu quan trọng đối với loại công nghệ sử dụng tại vùng nông thôn là không đòi hỏi nhiều kỹ năng bảo trì và vận hành.

4 SO SÁNH VÀ LỰA CHỌN LOẠI CÔNG NGHỆ

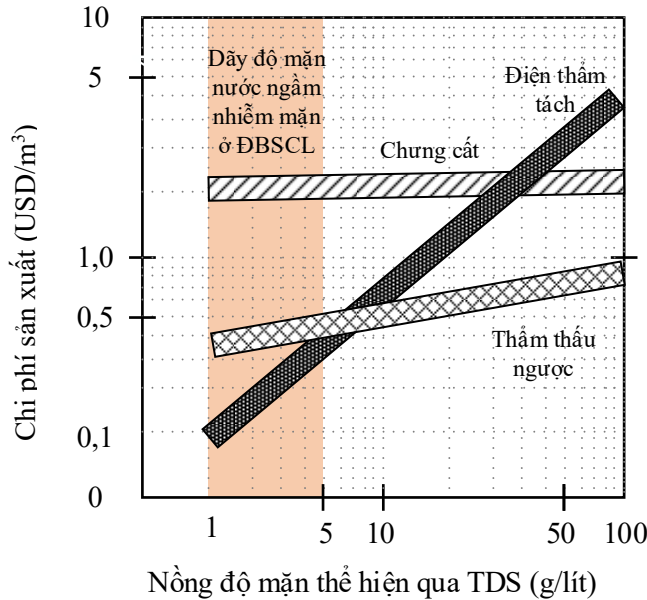
Việc so sánh và sau đó là quyết định lựa chọn loại công nghệ sẽ được dựa trên sự phân tích các kết quả nghiên cứu của các dự án đã được triển

khai trên thế giới, kết hợp với các tiêu chuẩn được thiết lập (phần 3) dựa trên thực tế điều kiện và hoàn cảnh tại ĐBSCL. Loại công nghệ được lựa chọn phải đáp ứng được 6 tiêu chuẩn trên và có hiệu quả kinh tế nhất.

4.1 So sánh hiệu quả kinh tế

Tổng chi phí đầu tư và vận hành là yếu tố đầu tiên và quan trọng nhất để xác định hiệu quả kinh

tế của một loại công nghệ. Từ kết quả nghiên cứu thực tế, Strathmann (1981) đã thể hiện rằng chi phí đầu tư và vận hành hệ thống khử mặn nước lợ với tổng chất rắn hòa tan-TDS- dưới 5000mg/lít, thì sử dụng công nghệ ED có chi phí rẻ hơn loại công nghệ RO. Phần lớn diện tích nước ngầm nhiễm mặn tại ĐBSCL có độ mặn nằm trong giới hạn từ 1.000-5.000mg/lít (Thang *et al.*, 2002), vì thế rất phù hợp với loại công nghệ điện thẩm tách.



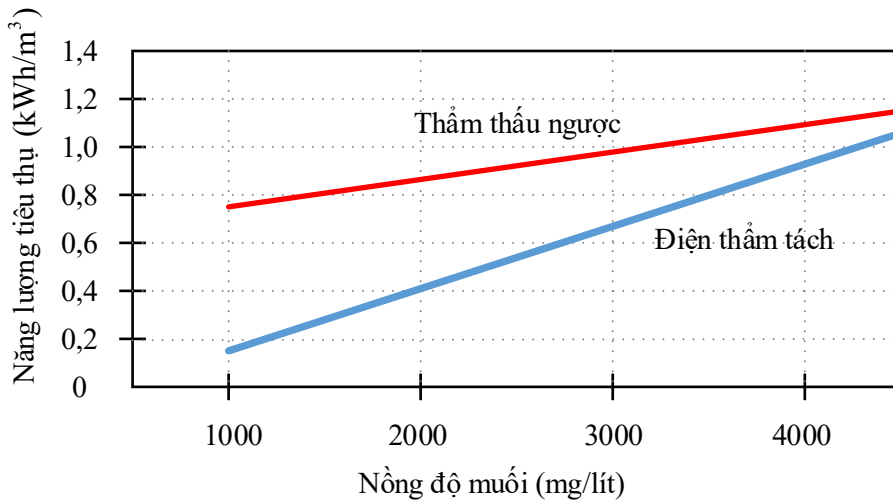
Hình 5: Mối quan hệ giữa chi phí sản xuất (USD/m³) của ba loại công nghệ khử mặn (chung cát, điện thẩm tách và thẩm thấu ngược) với nồng độ muối của nước được khử mặn (Strathmann, 1981)

Bên cạnh đó, một số yếu tố phụ khác góp phần làm giảm tổng chi phí trên cũng được nhận diện như sau:

- Wright *et al.* (2014) đã chứng minh rằng với độ mặn thấp hơn 5000 mg/lít thì công nghệ ED sẽ cần năng lượng ít hơn công nghệ RO (như Hình 6).
- Công nghệ ED cung cấp một tỷ lệ nước tái sinh cao hơn nhiều so với công nghệ RO. Tỷ lệ nước tái sinh cao sẽ làm giảm chi phí xử lý nước thải, và tỷ lệ nước tái sinh cao cũng đồng nghĩa với việc tăng hiệu quả sử dụng nguồn nước.
- Màng ED có chi phí cao hơn màng RO, nhưng tuổi thọ của các loại màng ED dài hơn 2-3 lần tuổi thọ của màng RO. Do vậy, nhìn chung thì màng ED có hiệu quả kinh tế hơn.

- Pasanisi *et al.*, 2002 đã rút ra kết luận từ việc hoạt động của một nhà máy ở Port Hueneme, California là thời gian dừng hoạt động để bảo trì của công nghệ ED ít hơn nửa thời gian bảo trì của công nghệ RO và công nghệ NF. Như vậy, để sản xuất cùng một khối lượng nước sản phẩm trong một năm, công nghệ ED sẽ được thiết kế với dung lượng nhỏ hơn hai loại công nghệ trên, vì thế giá thành sẽ giảm đáng kể.

Công nghệ ED sử dụng nguồn điện một chiều, do vậy rất phù hợp để sử dụng nguồn năng lượng mặt trời (nguồn một chiều). Bởi vì tiêu thụ năng lượng ít hơn công nghệ RO, nên chi phí đầu tư cho hệ thống điện năng lượng mặt trời sẽ ít hơn. Với độ mặn nước đầu vào 2000 mg/lít thì chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống điện năng lượng mặt trời của ED chỉ bằng 1/2 so với RO (Wright *et al.*, 2014).



Hình 6: Mối quan hệ giữa năng lượng tiêu thụ (kWh/m³) của hai loại công nghệ khử mặn (điện thẩm tách và thẩm thấu ngược) với nồng độ mặn của nước được khử mặn (Wright *et al.*, 2014)

4.2 So sánh về chất lượng nước sản phẩm

Dòng nước đi vào hệ thống khử mặn của cả hai loại công nghệ ED và thẩm RO đều cần công đoạn tiền và hậu xử lý (pre- và post-treatment). Trong khi, công đoạn tiền xử lý sẽ loại bỏ các tạp chất lơ lửng và thể sinh bệnh có kích thước lớn hơn 5 μm thì công đoạn hậu xử lý có chức năng khử trùng nước. Công đoạn tiền xử lý là cần thiết vì để bảo vệ màng và chống bám bẩn gây tắc nghẽn màng và phần lớn các thể sinh bệnh sẽ bị loại bỏ sau công đoạn này. Chính vì hai công đoạn trên mà chất lượng nước sản phẩm của hai loại công nghệ trên là tương đương (U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, 2009).

4.3 So sánh về bảo trì và vận hành

Thời gian dừng bảo trì của công nghệ ED là ít nhất (Pasanisi *et al.*, 2002), cách thức bảo trì cũng đơn giản hơn so với loại công nghệ RO và NF (U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, 2009). Có thể được hiểu rằng, mức độ phức tạp trong bảo trì thấp hơn sẽ có cơ hội cao hơn, để hệ thống được bảo trì thành công bởi công nhân địa phương. Vì vậy, công nghệ điện thẩm tách phù hợp hơn với vùng nông thôn, nơi mà kỹ năng của người vận hành là giới hạn.

5 THẢO LUẬN

Ở Việt Nam, công nghệ RO mặc nhiên được cho là phù hợp nhất, bất kể là nó được áp dụng để khử mặn ở nơi nào, nồng độ mặn bao nhiêu, đơn giản bởi vì nó được sử dụng phổ biến nhất trên thế giới. Đây là nhận định thiếu căn cứ khoa học cũng như thực tiễn. Nghiên cứu này thực hiện nhằm xác định loại công nghệ khử mặn nào phù hợp nhất với các cụm dân cư nông thôn vùng ĐBSCL, nơi mà

khán hiếm nguồn nước sạch và chất lượng điện lưới luôn là một vấn đề. Nghiên cứu này hướng sự chú ý đến việc sử dụng hiệu quả nguồn nước ngầm tại chỗ, và công nghệ ED đã thể hiện được ưu thế vượt trội hơn các loại công nghệ khử mặn khác, với tỷ lệ nước tái sinh đạt trên 90%.

Với nguồn năng lượng mặt trời dồi dào tại vùng ĐBSCL, cộng thêm việc chất lượng điện năng tại vùng nông thôn vẫn còn thấp, công nghệ khử mặn tại vùng nông thôn nên sử dụng nguồn năng lượng tái tạo này để vận hành. Một mặt là giảm chi phí vận hành, mặt khác góp phần giảm thiểu biến đổi khí hậu và giúp đạt được chỉ tiêu Quốc gia về sử dụng năng lượng mặt trời trong sinh hoạt và sản xuất. Với bản chất nguồn điện một chiều, năng lượng mặt trời đặc biệt phù hợp với công nghệ ED, vì không cần đầu tư bộ chuyển điện một chiều-xoay chiều nên chi phí đầu tư và vận hành sẽ thấp hơn.

Không những thế, công nghệ ED còn có tiềm năng ứng dụng trong việc khử mặn các nhà máy cấp nước sinh hoạt hiện nay. Có thể nhìn thấy qua đợt hạn và mặn lịch sử vừa qua, do việc đảm bảo nhu cầu nước sinh hoạt của người dân, các nhà máy cấp nước đã phải sử dụng nước nguyên liệu đầu vào có lượng muối khoáng vượt mức cho phép. Kết hợp với việc, công nghệ sử dụng tại các nhà máy cấp nước sinh hoạt không thể khử mặn, vì thế, người dân tại các đô thị (ví dụ như ở Bến Tre) phải sử dụng nước có nồng độ muối/khoáng vượt mức cho phép. Vì vậy, một yêu cầu mới đặt ra là phải khử mặn nguồn nước máy (nước cung cấp từ các nhà máy cấp nước sinh hoạt). Vì lý do diệt trùng trong quá trình vận chuyển qua hệ thống đường ống đến với người dân, nên tính chất của nguồn nước này thường chứa hàm lượng clo cao. Vì vậy,

để khử mặn nguồn nước này cần loại công nghệ ít nhạy cảm với Clo và đó chính là công nghệ ED. Công nghệ RO rất nhạy cảm với Clo nên thông thường nguồn nước trước khi đi vào hệ thống sử dụng công nghệ RO phải được khử Clo, vì thế chi phí đầu tư và vận hành sẽ cao hơn.

Trong Hình 6, Wright *et al.* (2014) đã kết hợp giữa lý thuyết và thí nghiệm để thiết lập mối quan hệ giữa năng lượng tiêu thụ (kWh/m^3) của hai loại công nghệ khử mặn (ED và RO) với nồng độ mặn của nước được khử mặn. Tiêu chuẩn nước sản phẩm mà Wright *et al.* (2014) đã lựa chọn là theo tiêu chuẩn của Tổ chức Y tế thế giới (WHO) với $\text{TDS} \leq 500 \text{mg/lit}$. Và Wright *et al.* (2014) đã kết luận rằng, nguồn nước với nồng độ mặn (biểu thị qua chỉ số TDS) 2000 mg/lit , sau khi được khử mặn ($\text{TDS} \leq 500 \text{mg/lit}$) thì công nghệ ED tiêu thụ năng lượng ít hơn 50% so với loại công nghệ RO. Rõ ràng rằng, với Quy chuẩn nước ăn uống QCVN 01:2009/BYT của Việt Nam ($\text{TDS} \leq 1.000 \text{mg/lit}$ – cao gấp đôi so với WHO) thì năng lượng tiêu thụ của công nghệ ED sẽ còn ít hơn rất nhiều so với công nghệ RO. Như đã trình bày, chi phí năng lượng đóng góp từ 30-50% tổng chi phí vận hành, do vậy, công nghệ ED nên được lựa chọn để khử mặn cho các cụm dân cư nông thôn ĐBSCL.

6 KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực hiện phân tích các loại công nghệ nổi bật hiện đang vận hành trên thế giới, nhằm xác định loại công nghệ khử mặn nào phù hợp nhất với các cụm dân cư nông thôn vùng ĐBSCL, nơi mà khan hiếm nguồn nước sạch và chất lượng điện lưới luôn là một vấn đề. Dựa trên các tiêu chuẩn được thiết lập từ điều kiện và hoàn cảnh thực tiễn tại vùng nông thôn ĐBSCL, công nghệ điện thẩm tách đã được nhận diện là phù hợp nhất. Với chi phí đầu tư và vận hành thấp, việc bảo trì không quá phức tạp, tỷ lệ nước tái sinh cao, không nhạy cảm với chất lượng nước đầu vào, tiêu thụ năng lượng ít nhất và đặc tính vận hành phù hợp với nguồn năng lượng mặt trời dồi dào tại vùng ĐBSCL, nghiên cứu này đề xuất sử dụng công nghệ điện thẩm tách để khử mặn cho các cụm dân cư nông thôn vùng ĐBSCL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Đoàn Thu Hà, 2014. Đánh giá mức độ tổn thương do biến đổi khí hậu tới cấp nước nông thôn vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường. 46: 34-40.

Burn, S., Hoang, M., Zarzo, D., Olewniak, F., Campos, E., Bolto, B., Barron O., 2015. Desalination techniques – A review of the opportunities for desalination in agriculture. Desalination. 364: 2-16.

Subramani, A., Jacangelo, J.G., 2015. Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review. Water research. 75:164-187.

Subramani, A., Badruzzaman, M., Oppenheimer, J., Jacangelo, J.G., 2011. Energy minimization strategies and renewable energy utilization for desalination: A review. Water research. 45:1907-1920.

Hoag, A., Guerra, K., Tiffenbach, A., 2015. Qualitative comparison of reverse osmosis and nanofiltration for treating brackish groundwater in Texas. US Department of the Interior Bureau of Reclamation.

Wright, N.C., Amos G. Winter V., 2014. Justification for community-scale photovoltaic-powered electro dialysis desalination systems for inland rural villages in India. Desalination. 352:82-91.

Rheinlander, J., Geyer, D., 2009. Photovoltaic reverse osmosis and electro dialysis – Application of solar photovoltaic energy production to RO and ED desalination processes. In: Cipolina, A., et al, (Eds), Seawater Desalination, Green Energy and Technology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 189-211.

Trần Đức Hạ, 2010. Nghiên cứu ứng dụng màng lọc nano trong công nghệ xử lý nước biển áp lực thấp thành nước sinh hoạt cho các vùng ven biển và hải đảo Việt Nam. Đề tài cấp Nhà nước. Mã số: ĐTĐL.2010T/31

Nguyễn Hoài Châu, Cao Văn Chung, Lê Xuân Thịnh, 2005. Một số kết quả nghiên cứu xử lý nước nhiễm mặn bằng thiết bị điện thẩm tách tự chế tạo. Tạp chí Khoa học và Công nghệ. 43(2) :114-120.

Bộ Công Thương, 2015. Maps of solar resources and potential in Vietnam.

Strathmann, H., 1981. Membrane separation processes. Journal of Membrane Science. 9:121-189.

U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, 2009. Comparison of advanced treatment methods for partial desalting of tertiary effluents. Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No. 97.

Pasanisi, J., Persechino, J., Reynolds T.K., 2002. Project compares brackish water desalination technologies – Part 2. Water and Waste Digest. Available from: <http://www.wwdmag.com/desalination/project-compares-brackish-water-desalination-technologies-%E2%80%93-part-2>

Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B., Moulin, P., 2009. Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges. Water Research 43: 2317-2348.

Loeb, S., Sourirajan, S., 1963. Seawater demineralization by means of an osmotic membrane. Adv. Chem. Ser. 38: 117-132.

National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2006. Integrated wind energy/desalination system. Final Report SR-500-39485.

Veerapaneni, S., Long, B., Freeman, S., Bond, R.,
2007. Reducing energy consumption for
desalination. *Journal of the American Water
Works Association*. 99(6): 95-106.

Semiat, R., 2008. Energy issues in desalination
processes. *Environmental Science and
Technology*. 42(22): 8193-8201.

Raluy, R.G., Serra, L., Uche, J., 2005. Life cycle
assessment of desalination technologies
integrated with renewable energies. *Desalination*.
183: 81-93.

Thang, T.D., Dan, N.P., Visvanathan, C., 2002.
Impact of saltwater intrusion on Vietnamese
rural coastal communities. *Asian Water*, 18(6).