

MÔ PHỎNG VÀ KIỂM NGHIỆM HỆ THỐNG LỌC NƯỚC BIỂN CÓ TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO CHO VÙNG BIỂN ĐẢO CÔNG SUẤT 200-300LÍT/GIỜ

EXPERIMENT ON A DESALINATION SYSTEM INTEGRATED WITH RENEWABLE ENERGY WITH CAPACITY OF 200-300 LITERS/HOUR

Đoàn Anh Tuấn¹, Huỳnh Thị Minh Thư²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, datuan@dut.udn.vn

²Công ty CP Đầu tư & Phát triển Năng lượng Mặt trời Bách khoa

Tóm tắt - Nước sạch và năng lượng đang là vấn đề nan giải đối với các vùng hải đảo, đặc biệt những đảo nhỏ ở nước ta và các nơi không có nguồn nước ngọt hoặc khó vận chuyển nước ngọt từ đất liền ra đảo. Trước thực trạng đó, bài báo này trình bày việc nghiên cứu xây dựng hệ thống lọc nước biển có thể tích hợp sử dụng năng lượng tái tạo, được thiết kế và phát triển. Kết quả thực nghiệm cho thấy, hệ thống có thể xử lý nước có nồng độ muối của nước biển, khoảng 3,1% đến 3,3%, cho ra nước sạch có tổng chất rắn hòa tan (TDS) thấp hơn 1000 ppm, thỏa mãn nồng độ theo tiêu chuẩn về nước sinh hoạt. Kết quả cũng cho thấy hệ thống có thể thu được nước sạch khoảng 200-300 lít/giờ với suất tiêu hao năng lượng khoảng 4 kWh/m³.

Từ khóa - lọc nước biển; năng lượng tái tạo; năng lượng mặt trời; công nghệ thẩm thấu ngược; biển đảo.

Abstract - Clean water and energy have been big issues for remote islands and coastline areas of Vietnam. Therefore, by considering the current situation, the paper designs and develops a small and mobile desalination system, which can integrate with renewable energy. The results of testing system show that the system can treat feed water from 3.1% to 3.3% of salinity to produce clean water lower than 1000ppm of total dissolved solids (TDS), which satisfies the TDS requirements of National technical regulations of Vietnam on domestic water quality. The capacity is about up to 300 liters of clean water per hour. In addition, the energy-consumption rate of the proposed system is about 4 kWh per 1 m³ of clean water produced.

Key words - desalination; renewable energy; solar energy; reverse osmosis; remote islands.

1. Đặt vấn đề

Các vùng hải đảo, đặc biệt những đảo nhỏ, khó khăn về nguồn nước sạch luôn là một thực tế thường xuyên và đặt ra những vấn đề nan giải trong cấp nước, đặc biệt vào mùa khô. Trong khi đó, khả năng vận chuyển nước từ đất liền cung cấp cho đảo được xem xét và đánh giá khá tốn kém vì các đảo ở xa đất liền, phương tiện đi lại khó khăn và thời tiết đôi lúc không thuận lợi; không những vậy, do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, tình hình mưa bão và lũ lụt ngày càng trở nên khó dự đoán. Do vậy, yêu cầu về một giải pháp cấp nước sạch tại chỗ là hết sức cần thiết cho các đảo.

1.1. Công nghệ lọc nước biển

Hiện có nhiều phương pháp khử mặn khác nhau, nhưng có 2 công nghệ chính: Chưng cất và sử dụng màng lọc thẩm thấu.

- **Chưng cất:** Dựa trên nguyên lý về sự bốc hơi của nước, thường sử dụng nguồn cung cấp nhiệt lượng như năng lượng mặt trời, hoặc bằng cách đốt các loại vật liệu dễ cháy khác: củi, than, dầu ... để thực hiện.

- Sử dụng **màng lọc thẩm thấu** để tách nước tinh khiết và các chất hòa tan: Sử dụng nguồn áp lực để đẩy ép nước mặn qua một màng lọc với các lỗ đủ nhỏ sao cho chỉ có nước đi qua và gạt bỏ lại tất cả các loại muối và tạp chất.

Tại Việt Nam, từ nhiều năm nay đã có những nỗ lực khiếm tốn nhằm lọc nước biển, cung cấp cho các đảo xa thiếu nước nhưng hiệu quả còn hạn chế. Ví dụ điển hình là nhà máy xử lý nước biển thành nước ngọt sử dụng công nghệ thẩm thấu ngược (Reverse Osmosis - RO), có công suất 200 m³/mỗi ngày đêm, với vốn đầu tư 1 triệu USD do công ty Doosan của Hàn Quốc xây tặng đảo Bé (xã An Bình), huyện đảo Lý Sơn, Quảng Ngãi. Sau thời gian đầu cấp nước miễn phí, nhà máy đứng trước khó khăn lớn vì giá nhiên liệu khá cao, khiến giá nước ngọt sản xuất ra từ nhà máy cao hơn giá

người dân mua từ các đảo lớn gần đó [1]. Trong một nỗ lực khác, để không phụ thuộc vào nhiên liệu, nhóm nghiên cứu thuộc Khoa Cơ khí - Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công thiết bị chưng cất nước ngọt từ nước biển, sử dụng năng lượng mặt trời thụ động [2]. Tuy vậy, công nghệ này cho công suất khá thấp, cần nhiều diện tích, không gian, không phù hợp với các đảo nhỏ. Gần đây, nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Bà Rịa-Vũng Tàu cũng đã nghiên cứu và phát triển một máy lọc nước biển nhỏ công suất tối đa 100 lít/giờ, công suất trung bình là 50 lít/giờ sử dụng công nghệ thẩm thấu ngược (Reverse Osmosis-RO). Với công suất này, máy chỉ thích hợp cho các tàu đánh cá, nhà dân.

Hiện nay, công nghệ thẩm thấu ngược đã được phổ biến áp dụng trong khử mặn nước biển phổ biến trên thế giới. Trong hệ thống khử mặn này, để vượt qua màng RO, nước cấp cần phải đạt được một áp suất nhất định. Áp suất này được tăng áp bởi bơm cao áp - thiết bị tiêu thụ năng lượng chủ yếu trong hệ thống RO truyền thống. Do đó, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm giảm thiểu năng lượng tiêu thụ hệ thống bằng cách giảm tiêu hao năng lượng bơm cao áp. Một trong những phương pháp được đánh giá cao là phương pháp thu hồi năng lượng [3, 4, 5]. Trong phương pháp này, năng lượng dòng nước xả (vốn còn rất cao sau màng RO) được thu hồi để hỗ trợ bơm tăng áp trong việc tăng áp cho dòng nước cấp; do vậy, năng lượng cần thiết để vận hành hệ thống được giảm đáng kể.

1.2. Công suất hệ thống khử mặn dùng RO

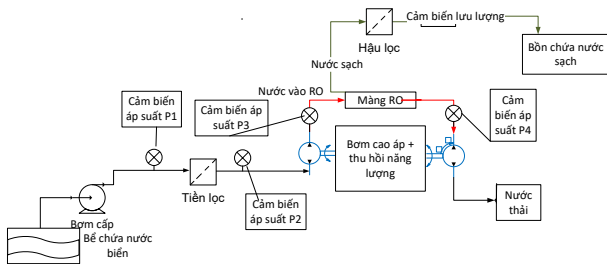
Do chi phí sản xuất 1 m³ nước sạch giảm dần khi công suất hệ thống càng lớn, hầu hết các hệ thống xử lý nước biển đều có công suất từ trung bình đến lớn. Thêm nữa, nhu cầu công suất nhỏ ở các nước phát triển là rất ít. Vì vậy, không nhiều nhà sản xuất tập trung vào việc phát triển hệ

thống công suất nhỏ, hoặc nếu có thì giá thành khá cao. Tuy vậy, hệ thống công suất lớn đòi hỏi lượng lớn năng lượng để hoạt động, không phù hợp cho các vùng biển, hải đảo Việt Nam, những nơi vốn khan hiếm về năng lượng.

Trước yêu cầu đó, đề tài đã và đang nghiên cứu và phát triển một hệ thống lọc nước biển quy mô nhỏ với công suất khoảng 200 đến 300 lít/giờ, tiêu hao năng lượng thấp, có thể tích hợp nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời/gió vốn dồi dào ở nước ta. Trong hệ thống, các công nghệ mới về tối ưu năng lượng được áp dụng, như: thu hồi năng lượng và biến tần để tối ưu năng lượng tiêu thụ cho bơm cao áp. Trong bài báo này, ngoài các kết quả mô phỏng thiết kế cấu hình màng thẩm thấu RO, các kết quả thử nghiệm hệ thống lọc nước cũng được trình bày để kiểm nghiệm kết quả hoạt động của hệ thống.

2. Sơ đồ hoạt động hệ thống

Sơ đồ hoạt động hệ thống lọc nước biển được mô tả như trong Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hoạt động hệ thống lọc nước biển

Nước cấp đầu vào được đưa đến tiền lọc bằng một bơm cấp. Nước được xử lý qua các bộ tiền lọc với đường kính lọc nhỏ nhất là 5 micron. Sau đó, bơm cao áp tăng áp lực để đưa nước đi qua màng thẩm thấu ngược RO. Nước sau khi qua màng RO được chia thành 2 dòng: nước sạch tiếp tục qua các thiết bị hậu lọc để cung cấp cho người sử dụng; nước thải ra được đưa đến thiết bị thu hồi năng lượng hỗ trợ bơm cao áp và xả ra ngoài.

Trong thử nghiệm này, các thông số của hệ thống được kiểm soát và lưu trữ để tối ưu vận hành:

- Cảm biến áp suất P1 và P2 có dải đo từ 0-10 bar được sử dụng để đo áp lực ở trước và sau tiền lọc, để theo dõi các tiền lọc.
- Cảm biến áp suất P3 và P4 có dải đo từ 0-100 bar được sử dụng để đo áp lực ở trước và sau màng RO, để theo dõi màng RO.
- Lưu lượng nước sạch tại ngõ ra (công suất lọc) được ghi nhận và theo dõi.

Bên cạnh đó, các vấn đề an toàn khác được kiểm soát để bảo vệ thiết bị trong hệ thống.

3. Thiết kế và lựa chọn cấu hình màng lọc

Với yêu cầu công suất lọc ngõ ra khoảng 200-300 lít/giờ, hệ thống được mô phỏng để lựa chọn được cấu hình màng lọc tối ưu về chi phí, kích thước (không gian) cũng như hiệu suất.

3.1. Điều kiện mô phỏng

Hệ thống được mô phỏng sử dụng phần mềm ROSA với điều kiện ban đầu như sau:

- Nước ngõ vào có tổng lượng chất hòa tan (TDS):

~32000 ppm;

- Loại màng lọc được lựa chọn sử dụng trong hệ thống là loại có đường kính 3,9 inch, chiều dài 40 inch với áp suất 55 bar.

- Bơm cao áp có lưu lượng nước vào khoảng 850 lít/giờ; hiệu suất bơm 80%.

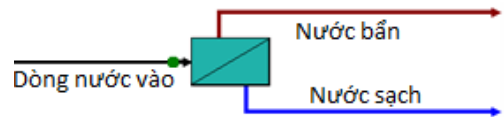
- Công suất điện của bơm cao áp trong phần mềm được tính theo công thức:

$$P = \text{áp suất} \times \text{lưu lượng vào} / \text{hiệu suất bơm}$$

3.2. Kết quả mô phỏng

Phương án 1: Cấu hình dùng một màng lọc

Cấu hình hệ thống chỉ có 1 màng lọc, giao diện hệ thống được mô tả như Hình 2.



Hình 2. Mô phỏng trường hợp dùng cấu hình 1 màng lọc

Dòng nước biển cấp vào được lọc qua 1 màng lọc thẩm thấu ngược RO và được chia thành 2 dòng: nước sạch cấp cho người sử dụng và nước bẩn được thải ra ngoài.

Sau khi chạy mô phỏng, kết quả thu được như Hình 3.

Project Information:													
Case-specific:													
System Details													
Feed Flow to Stage 1		0.85 m³/h		Pass 1 Permeate Flow		0.20 m³/h		Osmotic Pressure:					
Raw Water Flow to System		0.85 m³/h		Pass 1 Recovery		23.74 %		Feed 26.09 bar					
Feed Pressure		55.00 bar		Feed Temperature		35.0 C		Concentrate 34.48 bar					
Flow Factor		0.85		Feed TDS		32000.01 mg/l		Average 30.28 bar					
Chem. Dose		None		Number of Elements		1		Average NDP 24.61 bar					
Total Active Area		7.34 M²		Average Pass 1 Flux		27.50 l/mh		Power 2.58 kW					
Water Classification: Seawater with Conventional pretreatment, SDI < 5													
Stage	Element	#PV	#Els	Feed Flow (m³/h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	SW30-4040	1	1	0.85	54.66	0.00	0.85	54.62	0.20	27.50	0.00	55.00	293.45

Hình 3. Kết quả mô phỏng cấu hình dùng một màng lọc

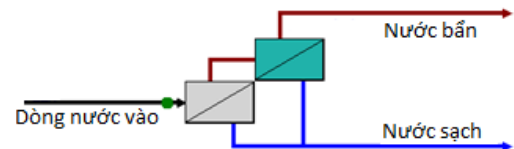
Kết quả mô phỏng cho thấy:

- Tỷ lệ thu hồi nước là 23,74 %, tương ứng lưu lượng nước sạch thu được là 200 lít/giờ tại áp suất 55 bar; thông thường, lưu lượng này có sai số trong khoảng +/-10%; nghĩa là, lưu lượng sẽ trong khoảng 180-220 lít/giờ.

- Suất tiêu hao năng lượng là 12,76 kWh/m³.

Phương án 2: Cấu hình dùng hai màng lọc

❖ Cấu hình dùng hai màng lọc nối tiếp



Hình 4. Cấu hình hai màng lọc nối tiếp

Project Information:													
Case-specific:													
System Details													
Feed Flow to Stage 1	0.85 m³/h		Pass 1 Permeate Flow	0.32 m³/h		Osmotic Pressure:							
Raw Water Flow to System	0.85 m³/h		Pass 1 Recovery	37.38 %		Feed	26.09 bar						
Feed Pressure	55.00 bar		Feed Temperature	35.0 C		Concentrate	42.19 bar						
Flow Factor	0.85		Feed TDS	32000.01 mg/l		Average	34.14 bar						
Chem. Dose	None		Number of Elements	2		Average NDP	26.52 bar						
Total Active Area	14.68 M²		Average Pass 1 Flux	21.53 l/mh		Power	1.80 kW						
Water Classification: Seawater with Conventional pretreatment, SDI < 5													
Stage	Element	#PV	#Els	Feed Flow (m³/h)	Feed Pres (bar)	Reater Flow (m³/h)	Conc Flow (m³/h)	Conc Pres (bar)	Perm Flow (m³/h)	Avg Flux (l/m²h)	Perm Pres (bar)	Boat Pres (bar)	Perm TDS (mg/L)
1	SW30-4040	1	1	0.85	54.66	0.00	0.85	54.69	0.00	27.50	0.00	35.00	2920.43
2	SW30-4040	1	1	0.85	54.28	0.00	0.53	54.25	0.11	15.57	0.00	0.00	580.80

Hình 5. Kết quả mô phỏng cấu hình hai màng lọc nối tiếp

Dòng nước biển cấp vào được lọc qua 2 màng lọc thẩm

thấu ngược RO và được chia thành 2 dòng: nước sạch cấp cho người sử dụng và nước bẩn được thải ra ngoài.

Sau khi chạy mô phỏng, kết quả thu được như Hình 5.

Kết quả mô phỏng cho thấy:

- Tỷ lệ thu hồi nước là 37,19 %, tương ứng lưu lượng nước sạch thu được là 320 lít/giờ tại áp suất 55 bar.

- Suất tiêu hao năng lượng là 5,14 kWh/m³.

❖ Cấu hình dùng hai màng lọc mắc song song

Cấu hình hệ thống gồm 2 ống chịu áp mắc song song, mỗi ống chứa 1 phần tử màng lọc.

Project Information:												
Case-specific:												
System Details												
Feed Flow to Stage 1			0.85 m ³ /h		Pass 1 Permeate Flow			0.29 m ³ /h		Osmotic Pressure:		
Raw Water Flow to System			0.85 m ³ /h		Pass 1 Recovery			34.49 %		Feed 26.09 bar		
Feed Pressure			55.00 bar		Feed Temperature			35.0 C		Concentrate 40.55 bar		
Flow Factor			0.85		Feed TDS			35000.01 mg/l		Average 33.52 bar		
Chem. Dose			None		Number of Elements			2		Average NDP 23.81 bar		
Total Active Area			14.68 M ²		Average Pass 1 Flux			19.97 lmh		Power 2.58 kW		
Water Classification: Seawater with Conventional pretreatment, SDI < 5												
Stage	Element	#FV #Ea	Feed Flow (m ³ /h)	Feed Press (bar)	Reconc Flow (m ³ /h)	Conc Flow (m ³ /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m ³ /h)	Arg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	SW30-4040	2 1	0.85	54.66	0.00	0.56	54.64	0.29	19.97	0.00	55.00	437.54

Hình 6. Kết quả thí nghiệm cấu hình hai màng lọc mắc song song

Kết quả mô phỏng cho thấy:

- Tỷ lệ thu hồi nước là 34,49%, tương ứng lưu lượng nước sạch thu được là 290 lít/giờ tại áp suất 55 bar.

- Suất tiêu hao năng lượng là 8,78 kWh/m³.

Nhận xét

- Với cấu hình dùng 1 màng lọc, tỷ lệ thu hồi nước khá thấp. Trong điều kiện thực tế, tỷ lệ thu hồi có thể bị giảm do nhiều yếu tố như: màng lọc bị dơ bẩn... Do vậy, dùng 1 màng lọc rủi ro sẽ cao hơn, nếu màng bị tắc nghẽn, hoặc phải tốn nhiều thời gian cho việc súc rửa.

- Với cấu hình dùng 2 màng lọc, công suất lọc ở cả 2 trường hợp đều có phần cao hơn so với yêu cầu ban đầu. Tuy nhiên, trong điều kiện thực tế, phần chênh lệch này sẽ đảm bảo hệ thống lọc đáp ứng nhu cầu và giảm thời gian cho việc súc rửa màng. Hơn nữa, lưu lượng nước ngõ ra còn có thể được điều chỉnh tối ưu theo yêu cầu nhờ vào hệ thống biến tần điều khiển hoạt động của bơm cao áp.

- Với cùng mức tiêu hao năng lượng cho bơm cao áp (cùng áp suất mô phỏng), cấu hình hai màng lọc RO nối tiếp cho tỷ lệ thu hồi cao hơn; do đó, suất tiêu hao năng lượng cho trường hợp cấu hình nối tiếp sẽ thấp hơn (5,14 kWh/m³ so với 8,78 kWh/m³).



Hình 7. Hệ thống lọc nước biển thử nghiệm với kích thước 1625 x 540 x 1040(mm)

Vì những lý do trên, cấu hình sử dụng 2 màng lọc RO mắc nối tiếp sẽ được chọn. Ngoài ra, để tiết kiệm không gian máy lọc, 2 màng lọc sẽ được đặt trong 2 ống chịu áp như trên Hình 7.

4. Kết quả thí nghiệm & thảo luận

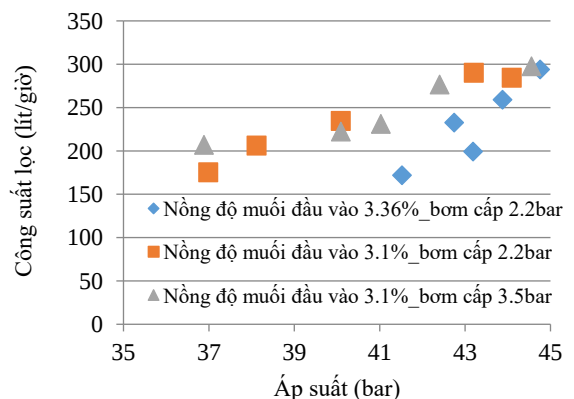
Thí nghiệm được thực hiện với 2 trường hợp có nồng độ muối của nước đầu vào tương ứng là 3,1% và 3,36%. Nồng độ này tương đương với dải nồng độ muối trong nước biển. Ngoài ra, để đánh giá sự ảnh hưởng của bơm cấp đối với hệ thống, 2 loại bơm cấp với cột áp là 2,2bar và 3,5bar được thử nghiệm để so sánh cho trường hợp khi nồng độ muối 3,1%.

❖ Công suất lọc của máy

Áp suất sau bơm cao áp ảnh hưởng nhiều đến công suất lọc hệ thống. Kết quả trong Hình 8 cho thấy:

- Lưu lượng nước sạch ngõ ra của máy lọc tăng lên, khi áp suất sau bơm cao áp tăng lên.

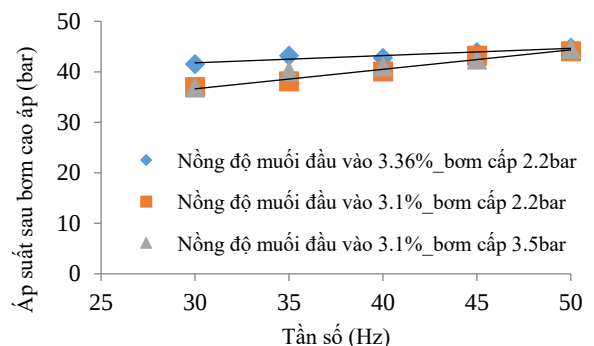
- Với điều kiện trong thí nghiệm này, công suất lọc của máy dao động từ 175 lít/giờ đến gần 300 lít/giờ, với áp suất trong từ 37 bar đến 45 bar. Kết quả này tương đối phù hợp với kết quả mô phỏng khi chọn cấu hình màng lọc.



Hình 8. Ảnh hưởng của áp suất bơm cao áp đối với công suất lọc

❖ Áp suất sau bơm cao áp

Trong hệ thống này, biến tần được sử dụng để tối ưu năng lượng tiêu hao cho hệ thống. Tần số hoạt động biến tần sẽ tác động trực tiếp đến áp suất tạo ra sau bơm cao áp, cũng chính là yếu tố ảnh hưởng lượng nước ngõ ra thu được như đã đề cập trên.



Hình 9. Ảnh hưởng của tần số biến tần đến áp suất bơm cao áp

Từ Hình 9, ta có thể thấy rằng:

- Áp suất ngõ ra bơm cao áp gần như tuyến tính với sự

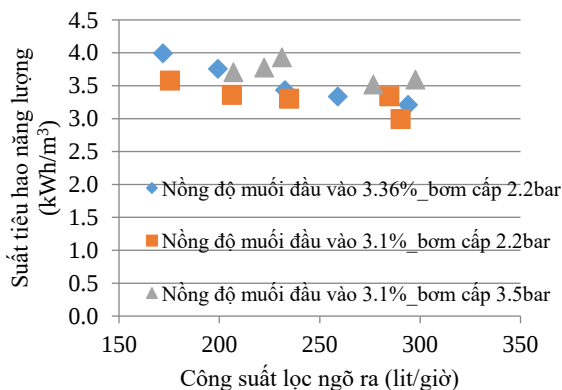
thay đổi của tần số hoạt động biến tần.

- Với cùng một nồng độ muối đầu vào, hệ số tuyến tính này gần như không đổi: áp suất tạo ra từ bơm cao áp gần như không phụ thuộc vào áp suất đầu vào bơm cao áp.

- Với nồng độ muối càng cao, áp suất bơm cao áp càng cao và áp suất sẽ ít thay đổi khi tần số biến tần thay đổi.

❖ Suất tiêu hao năng lượng

Năng lượng tiêu hao trong hệ thống chủ yếu cho bơm cấp và bơm cao áp. Trong đó, bơm cao áp sẽ bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như: nồng độ muối ngõ vào, cấu hình màng lọc RO, công suất ngõ ra yêu cầu...; trong khi đó, bơm cấp chỉ cần đảm bảo nước vào đủ áp suất qua các tiền lọc và thất thoát trên đường ống từ nơi cấp nước vào. Trong thí nghiệm này, với cùng nồng độ muối ngõ vào, hai loại bơm cấp khác nhau được chọn để so sánh.



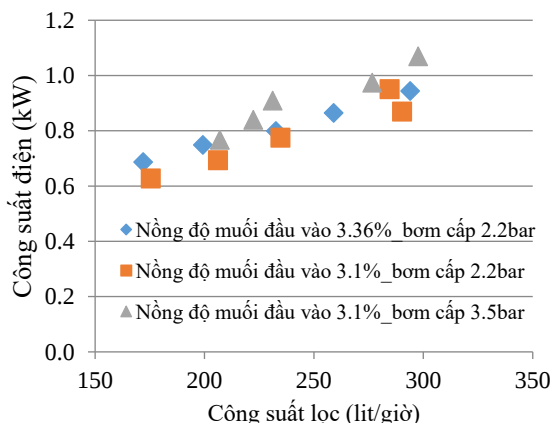
Hình 10. Suất tiêu hao năng lượng hệ thống

Từ Hình 10, kết quả cho thấy:

- Suất tiêu hao năng lượng trung bình của máy lọc thí nghiệm nằm trong khoảng 3 đến 4 kWh/m³ nước sạch.

- Trong thí nghiệm này, khi sử dụng bơm cấp có cột áp cao hơn, suất tiêu hao năng lượng cũng có phần cao hơn với cùng một công suất lọc và điều kiện đầu vào. Vì vậy, việc lựa chọn bơm cấp vừa đủ nhu cầu cũng là một cách tiết kiệm năng lượng cho toàn hệ thống.

❖ Nguồn năng lượng cho hoạt động của hệ thống



Hình 11. Công suất điện hệ thống

Từ thí nghiệm, với công suất lọc được thiết kế, công suất điện cần thiết cho hệ thống hoạt động là vào khoảng 1kW, như kết quả trong Hình 11. Với yêu cầu này, thiết bị lọc nước có thể tích hợp tốt với năng lượng tái tạo, ví dụ như năng lượng mặt trời. Hệ thống này có thể kết hợp với hệ thống năng lượng mặt trời di động hoặc cố định, ở các khu vực không có điện lưới.

- Hệ thống gắn với nguồn năng lượng mặt trời di động

Với hệ thống năng lượng mặt trời di động cấp nguồn công suất khoảng 1.5 kWp (gồm 6 tấm pin 250Wp), theo điều kiện trung bình tại Việt Nam với 4 giờ nắng, hệ thống lọc nước biển có thể hoạt động cho công suất 1,5m³/ngày. Với công suất này, hệ thống có thể cung cấp cho khoảng 50 người (với tiêu chuẩn trung bình 30 lít/ngày/người).

- Hệ thống gắn với nguồn năng lượng mặt trời cố định

Trung bình hệ thống lọc có thể cho công suất 6m³/ngày (công suất 250lit/giờ) khi hoạt động liên tục 24/24h. Công suất hệ thống năng lượng điện mặt trời tương ứng là khoảng 6 kWp. Hệ thống cấp nguồn mặt trời này hoàn toàn khả thi khi lắp cố định cho các đảo, phục vụ nước sạch được đến khoảng 200 người dân.

5. Kết luận

Thiết bị lọc nước biển di động với khả năng tích hợp được năng lượng tái tạo, phù hợp cho các khu vực hải đảo và ven biển Việt Nam, đã được nghiên cứu, phát triển và thử nghiệm. Kích thước hệ thống cơ động, nhỏ gọn phù hợp trong điều kiện giao thông khó khăn ở các vùng này. Mặc dù sản phẩm hiện chỉ ở mức độ nghiên cứu và phát triển, nhưng kết quả cho thấy, Việt Nam hoàn toàn có thể làm chủ công nghệ và phát triển các giải pháp cung cấp nước sạch, nhằm phục vụ tốt hơn cho đời sống nhân dân, đồng thời, góp phần bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu.

Với công cụ điều khiển và giám sát thử nghiệm này, hệ thống trạm sục cho phép chủ động nâng cấp và ứng dụng các công nghệ tiên tiến nhất cho việc phục hồi ốc quy tại Việt Nam. Việc ứng dụng hệ thống quản lý giám sát quá trình phục hồi ốc quy đã góp phần lớn trong việc cải thiện hiệu suất công việc và giảm thời gian lao động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bá Thanh, 2013, “Hậu nhà máy triệu đô ở đảo Bê”, *Báo Quảng Ngãi*.
- [2] Đình Vương Hùng, 2014, “Thiết bị chưng lọc nước ngọt từ nước biển, sử dụng năng lượng mặt trời”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*.
- [3] P. Geisler, F.U. Hahnenstein, W. Krumm, T. Peters, 1999, “Pressure exchange system for energy recovery in reverse osmosis plants”, *Desalination* 122 (1999), pp 151-156.
- [4] Eli Oklejas Jr., Wil F. Pergande., 2005, “Integration of advanced high-pressure pumps and energy recovery equipment yields reduced capital and operating costs of seawater RO systems”, *Desalination* 184, pp 241-246.
- [5] Tzyy Haur Chong, Siew-Leng Loo, Anthony G. Fane, William B. Krantz, 2015, “Energy-efficient reverse osmosis desalination: Effect of retentate recycle and pump and energy recovery device efficiencies”, *Desalination*, được chấp nhận Tháng 1, 2015.