

THỬ NGHIỆM SẢN XUẤT NƯỚC NGỌT BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHUN SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

EXPERIMENTAL PRODUCTION OF FRESH WATER BY SPRAYING METHOD USING SOLAR ENERGY

Nguyễn Hữu Nghĩa^{*}, Huỳnh Văn Thọ¹, Lương Đức Vũ¹,
Nguyễn Văn Phúc¹, Khổng Trung Thắng¹, Đoàn Phạm Tuyên²,
Trần Thanh Tú³

1. Trường Đại học Nha Trang

2. Trường Cao đẳng nghề Trà Vinh

3. Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ

Tác giả liên hệ: Nguyễn Hữu Nghĩa, Email: nghianh@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/03/2025; Ngày phản biện thông qua: 04/04/2025; Ngày duyệt đăng: 20/05/2025

TÓM TẮT

Nước ngọt sử dụng cho sinh hoạt và tưới tiêu tại các vùng bị xâm nhập mặn, vùng ven biển và hải đảo là vấn đề được nhiều người quan tâm hiện nay. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thử nghiệm sản xuất nước ngọt từ nước biển bằng phương pháp phun sử dụng năng lượng mặt trời. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong khoảng thời gian từ 8 giờ – 16 giờ, cường độ bức xạ đo được từ 300 – 1200 W/m², diện tích tấm thu năng lượng mặt trời là 2 m², lượng nước ngọt thu được từ 0,5 - 1,12 lít/h, lượng điện tiêu thụ trung bình 0,433 kWh/lít. Kết quả thực nghiệm này đã mở ra hướng nghiên cứu sản xuất nước ngọt từ nước biển sử dụng năng lượng mặt trời nhằm giảm chi phí nước ngọt ở các vùng bị nhiễm mặn.

Từ khóa: Năng lượng mặt trời, buồng phun bay hơi, khử mặn, chưng cất nước.

ABSTRACT

Today, many people are concerned about the water used for living and irrigation in salty areas, coastal areas and islands. The article presents the results of the experimental research on the production of fresh water from seawater by spraying using solar energy. The research results show that in the period from 8 to 16 hours, the radiation intensity measured from 300 - 1200 W/m², the solar collector area is 2 m², the amount of fresh water obtained is from 0.5 – 1.12 liters/h, the average electricity consumption is 0.433 kWh/liter. This experimental result suggests the research on the production of fresh water from salt water using solar energy to reduce the cost of fresh water in salty areas.

Keywords: Solar energy, spraying evaporation chamber, desalination, water distillation.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự khan hiếm về nước sử dụng cho sinh hoạt và tưới tiêu tại các vùng bị xâm nhập mặn, vùng ven biển và hải đảo gây ra ít nhiều những khó khăn cho người dân ở khu vực này. Đây cũng là hướng nghiên cứu của nhiều nhà khoa học nhằm tìm kiếm các giải pháp để đáp ứng được nhu cầu về nước sử dụng [1-12], bên cạnh những nghiên cứu

dùng màng lọc để khử mặn như Trần Thị Thu Hiền và cộng sự [2] đã nghiên cứu khử mặn bằng công nghệ màng lọc nano, Đặng Xuân Hiền [3] nghiên cứu ứng dụng công nghệ màng thẩm thấu ngược, Phạm Văn Toàn [10] nghiên cứu ứng dụng màng lọc nano (NF) và màng lọc thẩm thấu ngược (RO), Lê Thanh Sơn và cộng sự [9] nghiên cứu sử dụng màng đệm khí để khử mặn và cho thấy hiệu

quả. Nghiên cứu khử mặn bằng phương pháp chưng cất, trong đó chú ý đến việc sử dụng nguồn nhiệt là năng lượng mặt trời (NLMT) để tiết kiệm năng lượng cũng được nhiều nhà khoa học quan tâm, điển hình có Trần Xuân An và cộng sự [1] đã nghiên cứu ảnh hưởng của góc nghiêng và bộ ngưng tụ phụ đến sản lượng của thiết bị chưng cất nước, kết quả cho thấy, sản lượng nước chưng cất đạt $4,9 \text{ kg/m}^2$, ứng với bức xạ trung bình 635 W/m^2 ; Lê Xuân Phong và cộng sự [7] đã nghiên cứu mô phỏng và thực nghiệm thiết bị chưng cất nước sử dụng NLMT dạng bậc thang kết hợp bộ ngưng tụ phụ, sản lượng nước chưng cất cho ra $4,265 \text{ kg/m}^2$, với bức xạ trung bình trung bình 586 W/m^2 ; Nguyễn Minh Phú và cộng sự [8] đã nghiên cứu chưng cất nước ngọt bằng NLMT có cấp nhiệt bổ sung bằng Collector ống nhiệt ống chân không; kết quả, lượng nước sạch thu được trung bình $4 \text{ lít/m}^2/\text{ngày}$; Hoàng Văn Việt và cộng sự [11],[12] nghiên cứu thiết bị chưng cất nước sử dụng NLMT dạng bồn đơn kết hợp ống thủy tinh chân không, kết quả sản lượng nước chưng cất đạt $5,86 \text{ kg/m}^2$, ứng với bức xạ trung bình 516 W/m^2 , Nguyễn Hữu Nghĩa và cộng sự [6] nghiên cứu thiết bị sản xuất nước ngọt có sử dụng buồng phun bay hơi lưu lượng trung bình từ $300 - 400 \text{ ml/h}$, cho thấy hiệu quả cao. Việc nghiên cứu sử dụng công nghệ phun bay hơi để khử mặn được nhiều nhà khoa học nước ngoài thực hiện [13-21], điển hình như nghiên cứu của Benan Cai và cộng sự [13] đã nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình hóa hơi đến quá trình khử mặn bằng phương pháp phun bay hơi; Farshid Fathinia và cộng sự [14],[15] đã nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của các thông số vận hành như độ quá nhiệt, áp suất, vòi phun đến hiệu quả của quá trình khử mặn bằng phun bay hơi; M. Maria Antony Raj và

cộng sự [16] đã nghiên cứu tổng quan về quá trình khử mặn bằng phương pháp phun bay hơi, nghiên cứu đã so sánh các hệ thống khử muối bay hơi nhanh khác nhau dạng 1 cấp, nhiều cấp, một cấp với tấm thu nhiệt NLMT dạng tấm phẳng, dạng khử ẩm kết hợp bay hơi nhanh, chưng cất bằng NLMT kết hợp bay hơi nhanh, cho thấy lượng nước chưng cất thu được đối với diện tích tấm thu nhiệt 2 m^2 đạt khoảng $8,5 \text{ lít/ngày}$; Penghua Guo và cộng sự [17] đã nghiên cứu hệ thống chưng cất khử muối dạng phun bay hơi và cho thấy hiệu quả cao; Qi Chen và cộng sự [18] nghiên cứu khử muối bằng phương pháp bay hơi nhanh có sử dụng NLMT làm nguồn nhiệt kết hợp với việc bổ sung thêm vật liệu chuyển pha dạng viên nang, kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả sản xuất nước tăng $23,1\%$, năng lượng tiêu thụ giảm $18,3\%$; Raid Alrowais và cộng sự [19] đã nghiên cứu thiết bị khử muối bằng phun bay hơi kết hợp với thiết bị tạo rỗng xốp giúp tăng 34% sản lượng nước ra; S.A. El-Agouz và cộng sự [20] đã khử mặn bằng phun bay hơi một cấp, sử dụng tấm thu NLMT 1 m^2 , kết quả năng suất đạt $9 \text{ lít/m}^2/\text{ngày}$, tổng chất rắn hòa tan của nước ngọt là 40 ppm , chi phí mỗi lít là $0,029 \text{ USD/lít}$; Kiran C H và cộng sự [21] đã nghiên cứu khử muối bằng NLMT sử dụng vật liệu đổi pha và bơm chân không, kết quả cho thấy với bức xạ từ $312,5 \text{ W/m}^2 - 925 \text{ W/m}^2$, năng suất chưng cất đạt $1,5 - 2,2 \text{ lít/ngày}$ với diện tích $0,54 \text{ m}^2$.

Kết quả tổng quan cho thấy, nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã tiến hành để tìm ra giải pháp khử mặn nước biển để thu nước ngọt, trong đó nghiên cứu sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun bay hơi sử dụng NLMT cho thấy hiệu quả cao, hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu thử nghiệm theo theo phương pháp này ở Việt Nam, đặc biệt

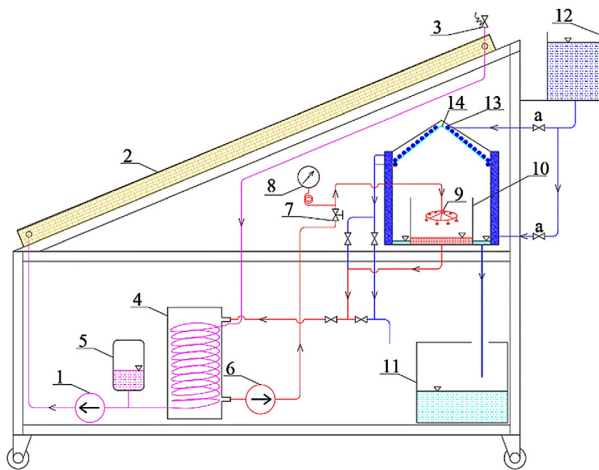
phía Nam có nhiều tiềm năng về bức xạ mặt trời. Vì vậy, việc nghiên cứu thử nghiệm sản xuất nước ngọt từ nước biển bằng phương pháp phun sử dụng NLMT là rất cần thiết.

II. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, vật liệu và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các thông số làm

việc của thiết bị sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun sử dụng NLMT (Hình 1 và 2). Vật liệu nghiên cứu: nước biển lấy tại vùng biển Nha Trang – Khánh Hòa, có độ mặn ban đầu từ $30 \div 35 \text{ ‰}$, nước sản xuất ra dùng để tưới tiêu có độ mặn $< 0,5 \text{ ‰}$. Phạm vi nghiên cứu: nhiệt độ làm việc từ $50 \div 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$; năng suất: $0,5 \div 1,2 \text{ lít/h}$.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý làm việc của thiết bị

Chú thích:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Bơm tuần hoàn | 8. Đồng hồ hiển thị áp suất |
| 2. Dàn collector mặt trời | 9. Cùm vòi phun |
| 3. Van xả khí | 10. Buồng phun |
| 4. Bình gia nhiệt | 11. Bình chứa nước ngọt sau khi ngưng |
| 5. Bình giãn nở | 12. Bình chứa nước biển |
| 6. Bơm phun | 13. Dàn ống xoắn ngưng tụ ẩm |
| 7. Van điều chỉnh áp suất phun | 14. Tấm lưới dẫn hướng thu ẩm ngưng tụ |

Nguyên lý hoạt động: Nước sạch được sử dụng như chất tải nhiệt, tuần hoàn khép kín nhận nhiệt từ tấm thu NLMT (2) và gia nhiệt cho nước mặn tại bình gia nhiệt (4). Tại đây, nước mặn được gia nhiệt nóng lên và được bơm phun (6) nâng lên áp suất cao và phun nước mặn dạng sương vào buồng phun (10), buồng phun có kết cấu gồm 03 bình lồng nhau, tại đây có một phần nước bay hơi lên trên, phía trên có dàn ống ngưng tụ (13) làm mát, hơi nước ngưng tụ và chuyển



Hình 2. Thiết bị thực nghiệm

a. Van điều chỉnh lưu lượng

Van chặn

, đường nước nóng

, đường nước biển có nhiệt độ cao

, đường nước biển vào có nhiệt độ thấp

, nước ngọt sau ngưng tụ

sang trạng thái lỏng chảy xuống bình chứa nước ngọt (11). Áp suất phun có thể điều chỉnh được thông qua van (7), phần nước chưa bay hơi được tuần hoàn về lại bình gia nhiệt (4) hoặc xả bỏ khi nồng độ muối cao. Van (a) để điều chỉnh lượng nước làm mát cho dàn ngưng tụ ống xoắn (13) và áo nước làm mát. Các thông số chính của hệ thống thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Thông số thiết bị chính

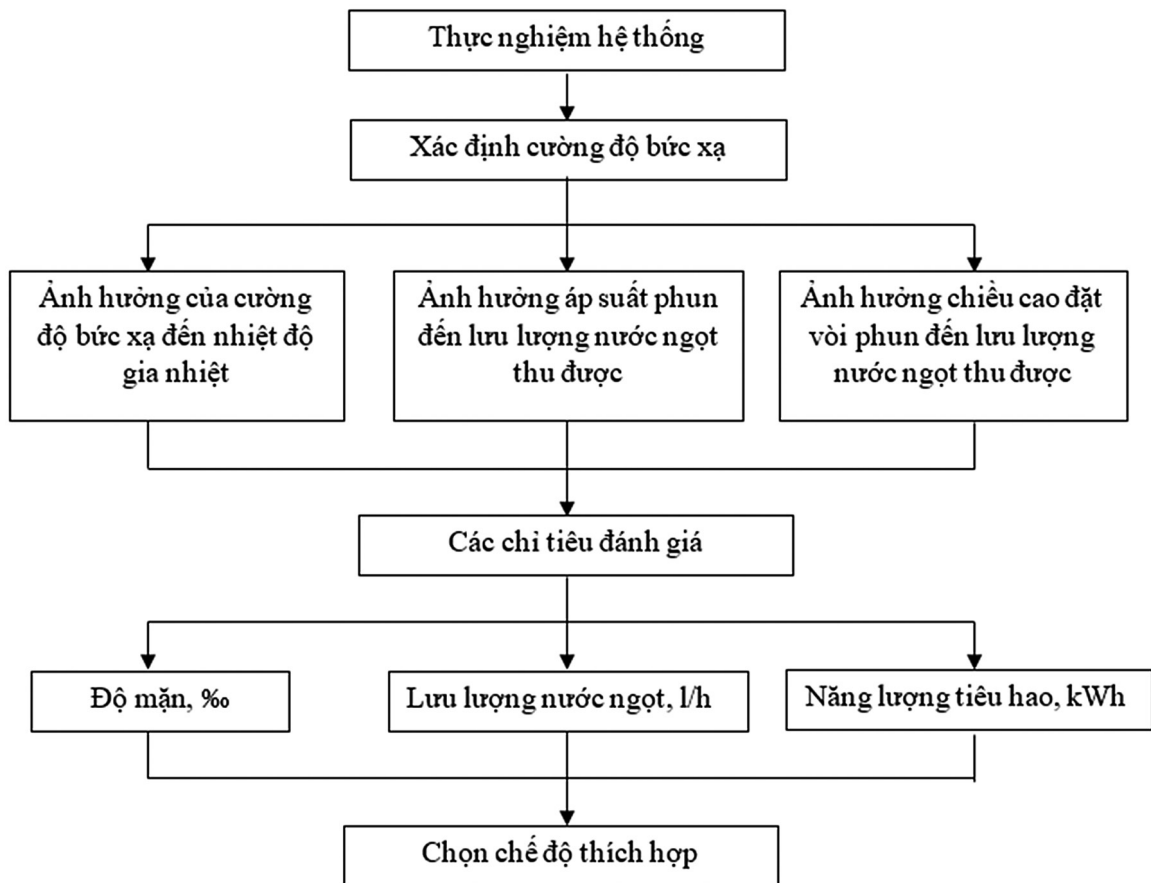
STT	Thiết bị	Thông số
1	Buồng phun bay hơi gồm 03 bình đặt lồng vào nhau: - Bình thứ 1 được bố trí ngoài cùng đóng vai trò áo nước làm mát, giúp giải nhiệt cho hơi nước bên trong.	Đường kính, $D_1 = 520$ mm, Chiều cao, $H_1 = 650$ mm, Vật liệu Inox 304, dày 1,2mm
	- Bình thứ 2 được bố trí phía trong bình thứ 1, tạo khe hở để chứa nước làm mát (giải nhiệt cho hơi bên trong)	Đường kính, $D_2 = 480$ mm, Chiều cao, $H_2 = 630$ mm, Vật liệu Inox 304, dày 1,2mm
	- Bình thứ 3 được bố trí phía trong cùng, đóng vai trò là buồng phun bay hơi	Đường kính, $D_{bp} = 300$ mm, Chiều cao, $H_{bp} = 320$ mm, Vật liệu Inox 304, dày 1,2mm
2	Bình gia nhiệt	Đường kính, $D_{gn} = 210$ mm, Chiều cao, $H = 400$ mm, Ống trao đổi nhiệt bằng titan, diện tích $F=0,48m^2$, đường kính ngoài $d=21$ cm, chiều dài $l = 7,3$ m
3	Bộ ngưng tụ gồm: - Ống xoắn	Đường kính ống, $d_{ox} = 6$ mm, Chiều dài ống, $l_{ox} = 5$ m Vật liệu Inox 304, dày 1 mm
	- Áo nước	Đường kính, $d = 480$ mm, Chiều cao, $h = 530$ mm, Vật liệu Inox 304, dày 1,2mm
4	Tấm thu NLMT dạng tấm phẳng, Model MGS-2000BLT hãng sản xuất Megasun	- Kích thước: $D \times R \times C$: 2000 x 1000 x 80 mm - Diện tích kính hấp thụ: $F = 2m^2$
5	Bơm phun: dạng bơm ly tâm, bơm nước nóng, hãng sản xuất Rheken – Nhật Bản. Khi phun ở áp suất $p_{dur} < 2,5$ bar, sử dụng bơm có thông số sau:	Công suất: 200 W, cột áp tối đa: 25 mH ₂ O, lưu lượng tối đa: 2,0 m ³ /h.
	Khi phun ở áp suất $p_{dur} = 2,5 \div 5$ bar, sử dụng bơm có thông số sau:	Công suất: 1100 W, cột áp tối đa: 50 mH ₂ O, lưu lượng tối đa: 6,0 m ³ /h
6	Bơm tuần hoàn: sử dụng bơm nước nóng, dạng bơm ly tâm, hãng sản xuất Rheken – Nhật Bản	Công suất: 200 W, cột áp tối đa: 25 mH ₂ O, lưu lượng tối đa: 2,0 m ³ /h.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp lý thuyết: tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước về thiết bị sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun sử dụng NLMT, phân tích, đánh giá.

- Phương pháp thực nghiệm: chạy thử

thực nghiệm sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun sử dụng NLMT, ở các chế độ khác nhau; Đo lượng nước thu được, độ mặn và năng lượng tiêu hao; Phân tích đánh giá kết quả thu được để chọn ra chế độ làm việc thích hợp, sơ đồ bố trí được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ bố trí thực nghiệm

- Dụng cụ đo:

+ Đo độ mặn của nước bằng bút đo độ mặn AR8012, hãng sản xuất Smart sensor, dải đo từ 0,00 ppt – 9,99 ppt, 10,0 ppt - 50 ppt, độ phân giải 0,01 ppt, 0,1 ppt, độ chính xác: $\pm 3\%$.

+ Đo áp suất bằng đồng hồ áp suất dầu WISE P258, vật liệu inox, chuẩn CE Châu Âu.

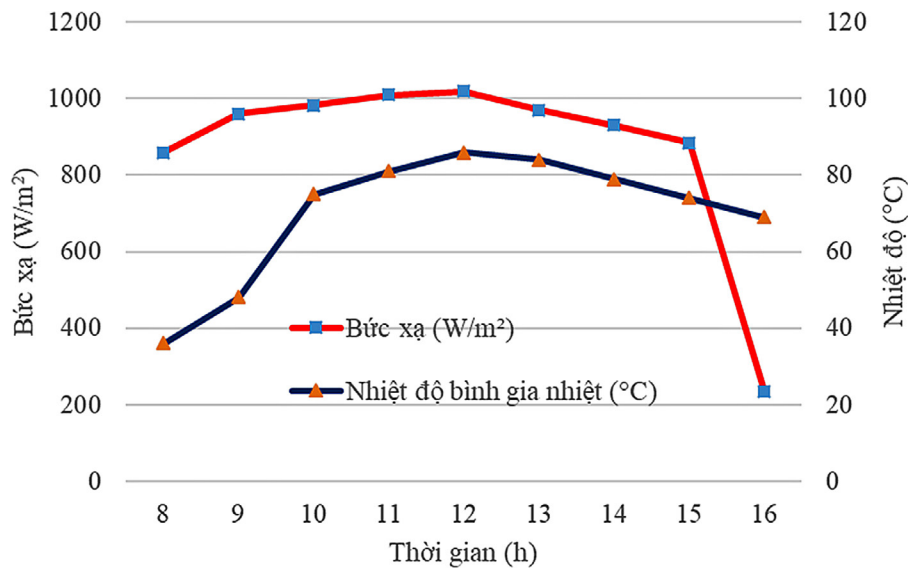
+ Đo nhiệt độ bằng thiết bị đo nhiệt độ EXTECH TM500, 12 đầu đo nhiệt độ, hãng sản

xuất Extech - Đài Loan, độ phân giải $0,1^{\circ}/1^{\circ}$, độ chính xác: $\pm 0,4\%$.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của cường độ bức xạ đến nhiệt độ gia nhiệt và khả năng sản xuất nước ngọt

3.1.1. Kết quả thử nghiệm khả năng làm nóng nước tại bình gia nhiệt:



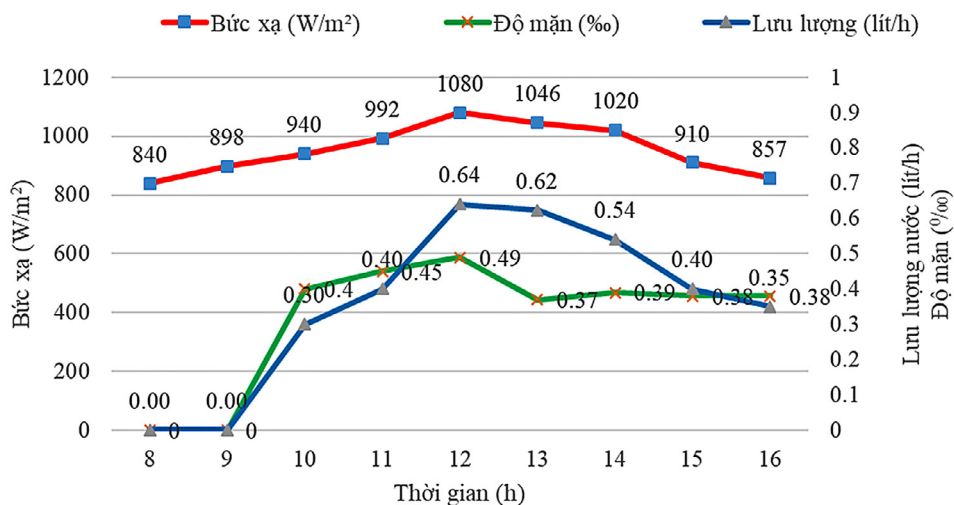
Hình 4. Biến đổi cường độ bức xạ và nhiệt độ bình gia nhiệt theo thời gian

Kết quả thử nghiệm trên Hình 4 cho thấy, cường độ bức xạ thay đổi trong khoảng khá lớn từ $300 \div 1200 W/m^2$ trong khoảng thời gian từ 8 ÷ 16 giờ, nhiệt lượng bức xạ này được cung cấp để làm nóng gián tiếp nước biển ở bình gia nhiệt, làm nhiệt độ nước biển tăng từ nhiệt độ ban đầu khoảng $30^{\circ}C$ lên đến hơn $80^{\circ}C$ tại thời điểm 12 giờ có cường độ bức xạ lớn nhất đạt $1019 W/m^2$. Với nhiệt độ này đủ để thực hiện thử nghiệm cho quá trình phun bay hơi để sản xuất nước ngọt từ

nước biển. Kết quả này tương đồng với kết quả ở các nghiên cứu [7], [8], [11], [12].

3.1.2. Kết quả thử nghiệm khả năng sản xuất nước ngọt

Chế độ vận hành: khi nhiệt độ bình gia nhiệt đạt $60^{\circ}C$ bơm phun chạy, bắt đầu phun bay hơi khi nhiệt độ bình gia nhiệt giảm xuống $55^{\circ}C$ bơm dừng, áp suất phun $p = 1,5$ bar, chiều cao đặt vòi phun $h = 7,5$ cm. Kết quả thử nghiệm được thể hiện ở Hình 5:



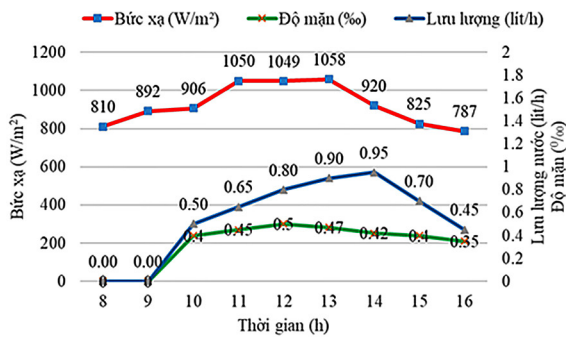
Hình 5. Kết quả thử nghiệm ở $p = 1,5$ bar, $h = 7,5$ cm

Kết quả cho thấy, trong khoảng thời gian từ 8 giờ đến 16 giờ cường độ bức xạ mặt trời dao động từ $840 \div 1080 \text{ W/m}^2$, bức xạ đạt lớn nhất vào khoảng 12 giờ. Sau khoảng hơn 1 giờ gia nhiệt bằng nước nóng tuần hoàn từ tấm thu NLMT, nhiệt độ bình gia nhiệt đạt trên 60°C và hệ thống phun đã hoạt động. Sau 14 giờ, cường độ bức xạ có xu hướng giảm. Lưu lượng nước ngọt sản xuất được lớn nhất đạt 0,64 lít/h vào thời điểm giữa trưa, độ mặn đạt mức yêu cầu $< 0,5 \text{ ‰}$. Với kết quả nghiên cứu trên thì lưu lượng này còn khá thấp so với yêu cầu, điều

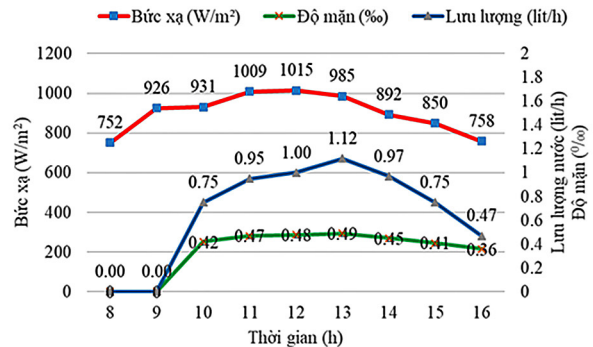
này có thể được giải thích vì khi phun ở áp suất thấp, các hạt ẩm phun ra có kích thước lớn, quá trình bay hơi chậm, dẫn đến lượng nước ngọt ngưng tụ thu được chưa cao. Vì vậy, cần có các thử nghiệm ở các chế độ khác để có được thông số thích hợp cho hệ thống.

3.2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của áp suất phun đến quá trình sản xuất nước ngọt

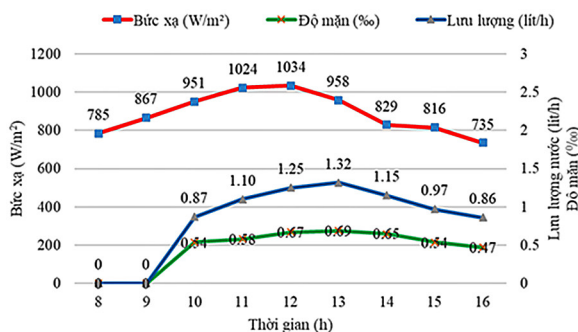
Kết quả thử nghiệm khi vận hành với áp suất phun $p = 2 \div 5 \text{ bar}$, $h = 7,5 \text{ cm}$ được thể hiện ở Hình 6.



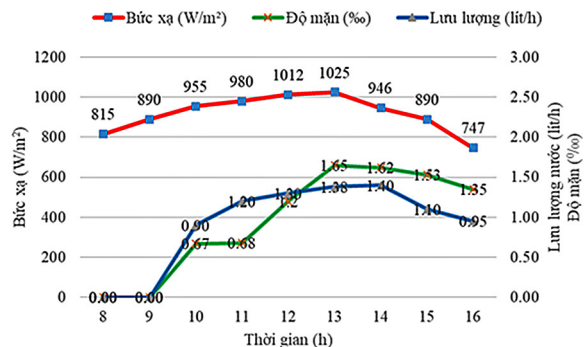
Kết quả thử nghiệm ở $p=2\text{bar}$, $h=7,5\text{cm}$



Kết quả thử nghiệm ở $p=3\text{bar}$, $h=7,5\text{cm}$



Kết quả thử nghiệm ở $p=4\text{bar}$, $h=7,5\text{cm}$



Kết quả thử nghiệm ở $p=5\text{bar}$, $h=7,5\text{cm}$

Hình 6. Kết quả thử nghiệm ở $p = 2 \div 5 \text{ bar}$, $h = 7,5 \text{ cm}$

Kết quả thử nghiệm cho thấy, ở $p = 3 \text{ bar}$, cường độ bức xạ mặt trời dao động từ khoảng $750 \div 1015 \text{ W/m}^2$, bức xạ đạt lớn nhất vào khoảng 12 giờ; lưu lượng nước ngọt sản xuất được tăng dần theo cường độ bức xạ, đạt lớn nhất là 1,12 lít/h vào lúc 13 giờ, độ mặn ở các thời điểm đều đạt mức yêu cầu $< 0,5 \text{ ‰}$. Điều này có thể giải thích, khi tăng áp suất phun, các hạt ẩm được phun ra có kích thước nhỏ, tạo thuận lợi cho quá trình bay hơi nên lượng nước

ngọt thu được tăng.

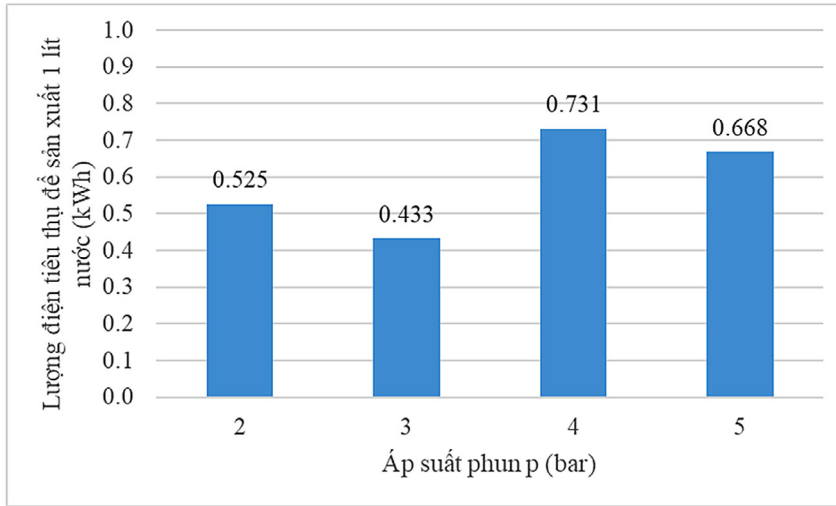
Tuy nhiên, khi tăng áp suất phun $p = 4 \text{ bar}$, ở cường độ bức xạ mặt trời dao động từ khoảng $730 \div 1034 \text{ W/m}^2$, bức xạ đạt lớn nhất vào khoảng 12 giờ; lưu lượng nước ngọt sản xuất được tăng dần theo cường độ bức xạ, đạt lớn nhất là 1,32 lít/h vào lúc 13 giờ với độ mặn ở các thời điểm khá cao, có thời điểm lên đến 0,69 ‰. Với kết quả nghiên cứu trên thì lưu lượng nước ngọt sản xuất được khá cao so với

yêu cầu, tuy nhiên độ mặn nước ngọt ra vượt hơn so với mức cần. Điều này cho thấy, khi tăng áp suất phun thì lưu lượng nước ngọt thu được tăng, điều này có thể được giải thích là khi áp suất phun tăng, có hạt sương được phun ra có kích thước nhỏ hơn nên dễ bay hơi và khi ngưng tụ lại thu được lượng nước ra cao hơn, đồng thời khi tăng áp suất phun thì dòng phun

được nâng cao hơn nên có phần nước có độ mặn cao bị kéo theo, bay ra và lẫn vào khoang nước ngọt, làm nước ra có độ mặn cao. Kết quả thử nghiệm khi tăng áp suất phun $p = 5$ bar cho thấy, cũng cho kết quả tương tự.

3.3. Lượng điện năng tiêu thụ để sản xuất 1 lít nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện ở Hình 7:



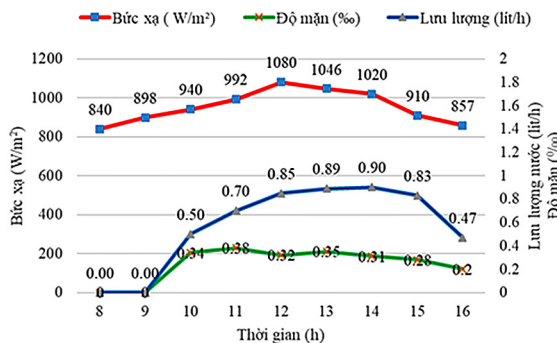
Hình 7. Lượng điện năng tiêu thụ theo áp suất phun

Kết quả cho thấy, lượng điện tiêu thụ trung bình để sản xuất 1 lít nước ngọt ở các áp suất từ 2÷5 bar dao động trong khoảng từ 0,4 đến 0,7 kWh/lít, lượng điện tiêu thụ ở $p = 3$ bar là thấp nhất. Sở dĩ có kết quả này bởi vì ở áp suất $p = 3$ bar, sử dụng bơm phun có công suất $P = 200$ W, còn muốn tạo áp suất phun lớn hơn phải dùng bơm có công suất lớn hơn, đồng thời lượng điện tiêu tốn cũng nhiều hơn trong khi lượng nước ngọt sản xuất ra không tăng nhiều,

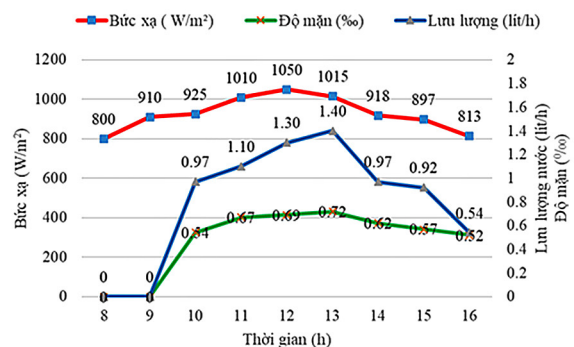
ở áp suất $p=2$ bar lượng nước ngọt sản xuất ra ít hơn trong khi lượng điện tiêu thụ tương đương với khi phun ở $p=3$ bar. Từ các kết quả trên cho thấy, chế độ làm việc $p = 3$ bar, $h = 7,5$ cm là phù hợp.

3.4. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chiều cao đặt vòi phun đến quá trình sản xuất nước ngọt

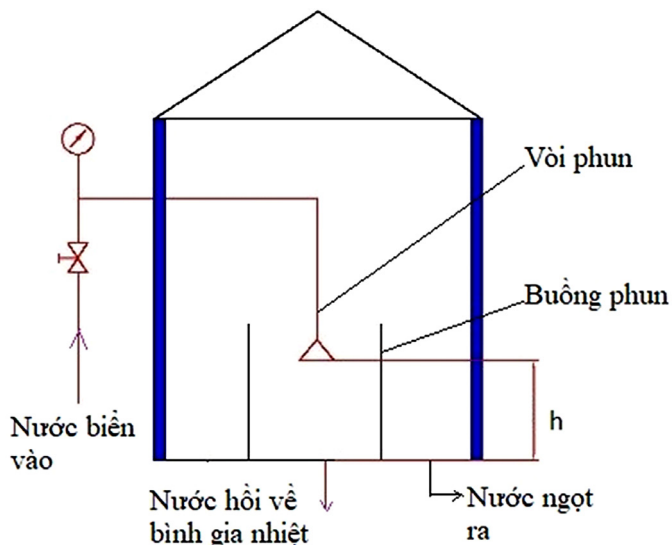
Kết quả thử nghiệm khi vận hành với chiều cao $h = 5$ cm và 10 cm được thể hiện ở Hình 8:



Kết quả thử nghiệm ở $p = 3$ bar, $h = 5$ cm



Kết quả thử nghiệm ở $p = 3$ bar, $h = 10$ cm



Chiều cao bố trí vòi phun

Hình 8. Kết quả thử nghiệm ở $p = 3 \text{ bar}$; $h = 5 \text{ cm}$ và 10 cm

Kết quả thử nghiệm ở $p = 3 \text{ bar}$, $h = 5 \text{ cm}$ cho thấy, cường độ bức xạ mặt trời dao động từ khoảng $850 \div 1080 \text{ W/m}^2$, lưu lượng nước ngọt sản xuất được tăng dần theo cường độ bức xạ, đạt lớn nhất là $0,9 \text{ lít/h}$ vào lúc 14 giờ, độ mặn ở các thời điểm đều đạt mức yêu cầu $< 0,5 \text{ ‰}$. Với kết quả nghiên cứu trên thì lưu lượng nước ngọt sản xuất được chưa cao. Điều này có thể được giải thích khi hạ thấp vòi phun, vùng phun sương hạ thấp xuống một phần ẩm không bay được ra khỏi buồng phun nên không thể ngưng tụ và chảy về bình chứa nước ngọt. Vì vậy, chế độ này lưu lượng nước ngọt sản xuất ra thấp hơn so với thử nghiệm khi $h = 7,5 \text{ cm}$. Khi thử nghiệm ở $p = 3 \text{ bar}$, $h = 10 \text{ cm}$ cho thấy, cường độ bức xạ mặt trời dao động từ khoảng $810 \div 1050 \text{ W/m}^2$, lưu lượng nước ngọt sản xuất được tăng dần theo cường độ bức xạ, đạt lớn nhất là $1,4 \text{ lít/h}$ vào lúc 13 giờ, độ mặn ở các thời điểm đều cao hơn $0,5 \text{ ‰}$. Với kết quả nghiên cứu ở chế độ này, lưu lượng nước ngọt sản xuất ra cao, tuy nhiên độ mặn lại vượt mức cho phép. Kết quả này có thể được giải thích: khi vòi phun được nâng cao, vùng phun sương sẽ cao hơn và có nhiều hạt ẩm có chứa muối bị cuốn bay theo dòng hơi và ra ngoài buồng phun, và lẫn vào khoang nước ngọt, làm nước sản xuất ra có độ mặn cao.

Như vậy, từ các kết quả nghiên cứu trên, có thể thấy ở chế độ làm việc $p = 3 \text{ bar}$; $h = 7,5 \text{ cm}$ là phù hợp nhất để thiết bị sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun sử dụng NLMT làm việc hiệu quả, lưu lượng nước lớn nhất thu được đạt $1,12 \text{ lít/h}$. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của M. Maria Antony Raj và cộng sự [16] và Kiran C H và cộng sự [21].

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Từ các kết quả thử nghiệm, tác giả rút ra được một số kết luận như sau:

+ Cường độ bức xạ tại khu vực thí nghiệm đo được từ $300 - 1200 \text{ W/m}^2$ trong khoảng thời gian từ 8 giờ – 16 giờ, nhiệt lượng bức xạ này được cung cấp để làm nóng gián tiếp nước biển ở bình gia nhiệt, làm nhiệt độ nước biển tăng từ nhiệt độ ban đầu khoảng 30°C lên đến hơn 80°C .

+ Áp suất phun ảnh hưởng nhiều đến lượng nước ngọt sản xuất ra, khi áp suất phun thấp, các hạt ẩm phun ra có kích thước lớn, quá trình bay hơi chậm, dẫn đến lượng nước ngọt ngưng tụ thu được thấp; tuy nhiên khi tăng áp suất phun thì dòng phun được nâng cao hơn nên các hạt ẩm có độ mặn cao bị cuốn theo bay ra và lẫn vào khoang nước ngọt, làm nước ra có độ mặn cao.

+ Chiều cao đặt vòi phun cũng ảnh hưởng nhiều đến lượng nước ngọt sản xuất ra: khi hạ thấp vòi phun, vùng phun sương hạ thấp xuống, một phần ẩm không bay được ra khỏi buồng phun nên không thể ngưng tụ và chảy về bình chứa nước ngọt, làm giảm lượng nước thu được; khi vòi phun được nâng cao, vùng phun sương sẽ cao hơn và có nhiều hạt ẩm có chứa muối bị cuốn bay theo dòng hơi, ra ngoài buồng phun và lẫn vào khoang nước ngọt, làm nước sản xuất ra có độ mặn cao.

+ Nhóm nghiên cứu đã xác định thông số thích hợp cho thiết bị sản xuất nước ngọt bằng phương pháp phun sử dụng NLMT làm việc ở $p = 3 \text{ bar}$; $h = 7,5 \text{ cm}$, lưu lượng nước lớn nhất thu được đạt 1,12 lít/h với mức năng lượng tiêu hao khoảng 0,433 kWh/lít.

- Kiến nghị: Kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở dữ liệu để tính toán thiết bị chưng cất

nước ở nhiệt độ không cần đun sôi và kết hợp với năng lượng tái tạo để tiết kiệm năng lượng. Cần tiếp tục nghiên cứu sử dụng điện mặt trời (pin mặt trời) hoặc điện gió để cung cấp điện cho bơm tuần hoàn và bơm phun nhằm tiết kiệm năng lượng. Nghiên cứu giải pháp chưng cất nước cho những ngày ít nắng và ban đêm để đảm bảo được lượng nước ngọt cung cấp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là một phần kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường (Mã số: TR2023-13-51) “*Thiết kế cải tiến thiết bị khử mặn để sản xuất nước ngọt bằng buồng phun bay hơi sử dụng năng lượng mặt trời*”. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Nha Trang đã hỗ trợ kinh phí, tạo điều kiện về thời gian và cơ sở vật chất để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Xuân An, Lê Xuân Phong, Hoàng Văn Viết, Nguyễn Thế Bảo (2016), “Đánh giá ảnh hưởng của góc nghiêng và bộ ngưng tụ phụ đến sản lượng của thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 1+2, ISSN 0866-7056.
2. Trần Thị Thu Hiền, Cao Văn Hoàng, Nguyễn Thị Liễu, Đặng Xuân Hiền, Trần Đức Thảo (2018), “Nghiên cứu khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng tới quá trình khử mặn bằng công nghệ màng lọc nano”, *Tạp chí Khoa học - Trường ĐH Quy Nhơn*, ISSN: 1859-0357, Tập 12, Số 1, 2018, Tr. 29-35.
3. Đặng Xuân Hiền (2009), “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ màng thẩm thấu ngược trong quá trình khử mặn phục vụ cấp nước cho sinh hoạt vùng duyên hải và hải đảo”, *Tạp chí Hóa học và Ứng dụng*, số 12(96).
4. Phạm Văn Hoàn, 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*, số 45 trang 33-42.
5. Ngô Duy Nam, Phạm Văn Chiến (2015), “Tính toán thiết kế mô hình thiết bị chưng cất nước ngọt từ nước biển trong môi trường áp suất thấp”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ giao thông vận tải*, số 17-11/2015, 47-51.
6. Nguyễn Hữu Nghĩa, Lương Đức Vũ, Võ Đình Đạt (2022), “Thiết kế, chế tạo thiết bị khử mặn nước biển bằng buồng phun bay hơi”, *Journal of educational equipment: Applied research*, Volume 2, Issue 269 (July 2022), ISSN 1859 - 0810
7. Lê Xuân Phong, Hoàng Văn Viết, Nguyễn Thế Bảo (2016), “Mô phỏng số thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời dạng bậc thang kết hợp bộ ngưng tụ phụ”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 1+2 năm 2016, ISSN 0866-7056.
8. Nguyễn Minh Phú, Hoàng Thị Nam Hương, Nguyễn Thị Minh Trinh (2017), “Nghiên cứu chưng cất nước ngọt bằng năng lượng mặt trời có cấp nhiệt bổ sung bằng Collector ống nhiệt ống chân không”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 6, 2017, ISSN 0866-7056.
9. Lê Thanh Sơn, Nguyễn Trần Dũng, Nguyễn Trần Điện (2020), “Ảnh hưởng của nhiệt độ và chiều dày của lớp đệm khí đến hiệu quả khử mặn của mô đun chưng cất màng đệm khí”, *TNU Journal of Science and Technology*, 225 (02), 17-23. ISSN: 1859-2171.
10. Phạm Văn Toàn, Trần Minh Viên, Huỳnh Long Toàn, Nguyễn Văn Tuyển, Văn Phạm Đăng Trí (2023), “Đánh giá công nghệ xử lý nước nhiễm mặn sử dụng năng lượng mặt trời cung cấp nước ngọt quy mô hộ

- gia đình”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, Tập 59, Số Chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu: 104-113.
11. Hoàng Văn Việt, Lê Xuân Phong, Nguyễn Thanh Dũng, Trần Xuân An, Nguyễn Thế Bảo (2015), “Lý thuyết tính toán và thực nghiệm thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời dạng single basin kết hợp ống thủy tinh chân không”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 6, 2015, ISSN 0866-7056.
 12. Hoàng Văn Việt, Nguyễn Thế Bảo (2015), “Mô phỏng số thiết bị chưng cất nước sử dụng năng lượng mặt trời dạng single basin kết hợp ống thủy tinh chân không”, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 6, 2015, ISSN 0866-7056.
 13. Benan Cai, Yongguang Yin, Yulong Zheng, Wei Wang, Hongfang Gu, Jianan Yao, Haijun Wang (2019), “Mathematical study of spray flash evaporation in a spray-assisted seawater desalination chamber”, *Desalination* 465 (2019) 25–37.
 14. Farshid Fathinia, Mehdi Khiadani, Yasir M. Al-Abdeli (2019), “Experimental and mathematical investigations of spray angle and droplet sizes of a flash evaporation desalination system”, *Powder Technology* 355 542–551.
 15. Farshid Fathinia, Mehdi Khiadani, Yasir M. Al-Abdeli, Abdellah Shafieian (2019), “Performance improvement of spray flash evaporation desalination systems using multiple nozzle arrangement”, *Applied Thermal Engineering* 163 (2019) 114385.
 16. M. Maria Antony Raj, K. Kalidasa Murugavel, T. Rajaseenivasan, K. Srithar (2015), “A review on flash evaporation desalination”, *Desalination and Water Treatment* (2015) 1 – 10.
 17. Penghua Guo, Tiantian Li, Peiwen Li, Yaxin Zhai, Jingyin Li (2020), “Study on a novel spray-evaporation multi-effect distillation desalination system”, *Desalination* 473 (2020) 114195.
 18. Qi Chen, Guoying Xu, Peng Xia (2021), “The performance of a solar-driven spray flash evaporation desalination system enhanced by microencapsulated phase change material”, *Thermal Engineering* 27 (2021) 101267.
 19. Raid Alrowais, Chen Qian, Muhammad Burhan, Doskhan Ybyraiymkul, Muhammad Wakil Shahzad, Kim Choon Ng (2020), “A greener seawater desalination method by direct-contact spray evaporation and condensation (DCSEC): Experiments”, *Applied Thermal Engineering* 179 (2020) 115629.
 20. S.A. El-Agouz, G.B. Abd El-Aziz, A.M. Awad. (2014), “Solar desalination system using spray evaporation”, *Energy* 76 (2014) 276-283.
 21. Kiran C H, Chetanakumara Veerabhadrappe U, Chethan H N, Madhu M S, Maruthi H T (2018), “Solar Desalination Using Phase Change Materials and Vacuum Pump”, *Journal of Applied Science and Computations*, Volume 5 Issue 5 May-2018, ISSN 0076-5131.