

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của quá trình bốc hơi nước ngầm đến lượng bổ cập tự nhiên của tầng chứa nước Holocene trong các giếng cát tỉnh Bến Tre, Việt Nam

Nguyễn Huy Vượng¹, Trần Văn Quang^{2*}, Nguyễn Thị Nhỏ^{2,3}, Phạm Tuấn¹, Vũ Bá Thao¹

¹Viện Thủy công, 3 ngõ 95, Chùa Bộc, phường Trung Liet, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Công nghệ Môi trường và Biến đổi Khí hậu, 109 Trần Hưng Đạo, phường Cửa Nam, quận Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam

³Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, phường Trung Liet, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 22/12/2023; ngày chuyển phản biện 26/12/2023; ngày nhận phản biện 16/1/2024; ngày chấp nhận đăng 19/1/2024

Tóm tắt:

Địa hình các giếng cát trên địa bàn tỉnh Bến Tre phân bố thành các dải có chiều dài mỏng chạy song song và dốc thoải về đường bờ biển, với tổng diện tích khoảng 12.179 ha. Các giếng cát này có kích thước khác nhau về chiều rộng và chiều dài, chiều rộng thay đổi từ 100 đến 620 m, chiều dài từ 1.200 đến 7.200 m. Thành phần thạch học trong giếng cát chủ yếu là cát hạt mịn, có kích thước lỗ rỗng lớn. Thảm phủ thực vật thưa thớt, số giờ nắng trong năm nhiều, nhiệt độ không khí và lượng bốc hơi bề mặt cao, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình bốc hơi từ mặt nước ngầm. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đo bốc hơi trực tiếp bằng Lysimeter (LS) theo nguyên lý cân bằng nước. Trạm đo LS được đặt tại xã Tân Thủy, huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre để quan trắc lượng nước ngầm mất đi do bốc hơi, ứng với điều kiện thực tế mực nước ngầm được mô phỏng ở độ sâu 0,5 và 0,9 m. Kết quả quan trắc và tính toán cho thấy, tổng lượng bốc hơi nước ngầm trong thời gian từ 1/6/2022 đến 31/5/2023 vào khoảng 142,5 mm, tương ứng 24,9% lượng bổ cập tự nhiên của thấu kính chứa nước này.

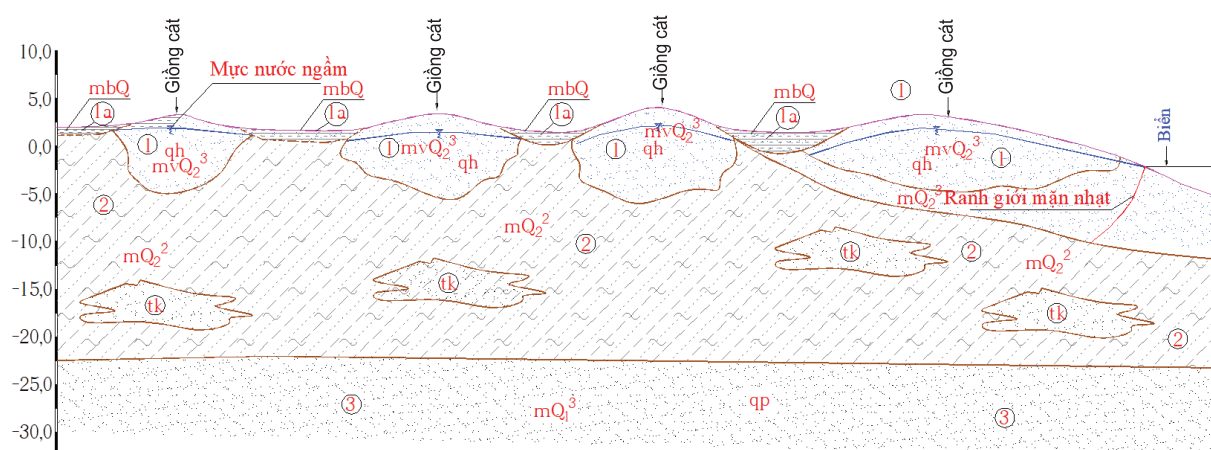
Từ khóa: bốc hơi, giếng cát, lượng bổ cập tự nhiên Bến Tre, Lysimeter, nước ngầm.

Chỉ số phân loại: 2.7

1. Đặt vấn đề

Trong chu trình tuần hoàn của nước thì bốc hơi vừa làm giảm lượng nước bổ cập cho mặt đất từ nước mưa, vừa làm tăng lượng bổ cập do bốc hơi chiếm tới 60% nguồn cung cho nước mưa [1]. Quá trình bốc hơi nước ngầm diễn ra tại các khu vực có mực nước ngầm nằm nông, độ rỗng của đất đá trong đới thông khí lớn, nhiệt độ bề mặt đất cao, độ ẩm không khí thấp và vận tốc gió lớn.

Bến Tre là một tỉnh thuộc vùng Đồng bằng sông Cửu Long, tiếp giáp biển Đông với chiều dài đường biển khoảng 65 km và các tỉnh Tiền Giang, Trà Vinh, Vĩnh Long. Bến Tre có nền nhiệt độ trong nhiều năm dao động 24,1-29,3°C, trung bình là 27,1°C. Trong năm, nhiệt độ cao nhất thường rơi vào tháng 4, tháng 1 có nhiệt độ thấp nhất. Vào mùa khô, số giờ nắng trung bình đạt 8-9 giờ/ngày, mùa mưa trung bình 5-7 giờ/ngày. Trung bình năm có khoảng 2.114 giờ nắng [2].



Hình 1. Sơ họa cấu trúc địa chất thủy văn giếng cát, tỉnh Bến Tre. (1a): sét pha, cát pha; (1): cát hạt mịn đến vừa; (2): sét pha lẫn hữu cơ; (3): cát hạt mịn đến vừa; tk: thấu kính cát pha, cát; qh: tầng chứa nước Holocene; qp: tầng chứa nước pleistocen.

*Tác giả liên hệ: Email: tranquang78@gmail.com

Study on assessing the impact of evaporation on the natural recharge in the Holocene aquifer of sand dunes in Ben Tre province, Vietnam

Huy Vuong Nguyen¹, Van Quang Tran^{2*},
Thi Nho Nguyen^{2,3}, Tuan Pham¹, Ba Thao Vu¹

¹Hydraulic Construction Institute,

3, Lane 95, Chua Boc Street, Trung Liet Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

²Institute of Environment Technology and Climate Changes,

109 Tran Hung Dao Street, Cua Nam Ward, Hoan Kiem District, Hanoi, Vietnam

³Thuyloi University,

175 Tay Son Street, Trung Liet Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

Received 22 December 2023; revised 16 January 2024; accepted 19 January 2024

Abstract:

On the surface of the terrain in Ben Tre province, sand dunes exist in the form of thin strips running parallel and facing the coastline, with a total distributed area of about 12,179 hectares. These sand dunes vary in size, with widths ranging from 100 to 620 meters and lengths from 1,200 to 7,200 m. The predominant geological component in these sand dunes is fine-grained sand with large pore sizes. The vegetation cover on these sand dunes is sparse, with numerous hours of sunlight throughout the year. The air temperature and surface evaporation are high, creating favourable conditions for the evaporation process from the groundwater surface. This study employs the direct evaporation measurement method using Lysimeter (LS) based on the water balance principle. The LS measuring station is located in Tan Thuy commune, Ba Tri district, Ben Tre province, to monitor the groundwater loss through evaporation, simulating real conditions with groundwater levels at depths of 0.5 and 0.9 m. The monitoring and calculations show that the total groundwater evaporation during the period from 1 June 2022 to 31 May 2023 is approximately 142.5 mm, equivalent to 24.9% of the natural recharge of the aquifer.

Keywords: evaporation, groundwater, Lysimeter, sand dunes, the natural recharge in Ben Tre.

Classification number: 2.7

Trên địa mặt địa hình các giồng cát có tổng diện tích phân bố vào khoảng 12.179 ha. Chiều rộng thay đổi 100-620 m, chiều dài thay đổi 1.200-7.200 m. Nước ngọt tồn tại trong giồng cát chủ yếu từ nước mưa, mực nước ngầm thay đổi theo mùa (0,4-2,5 m) (hình 1). Các giồng cát có chiều dày thay đổi 3,5-8,5 m. Lượng bổ cập tự nhiên hàng năm vào khoảng 12 triệu m³, mô đun dòng ngầm khoảng 844 m³/ngày/km² [3]. Như vậy đây là nguồn cung cấp nước có triển vọng.

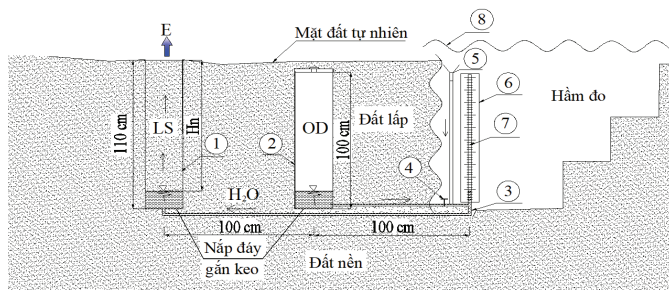
Phân tích điều kiện tự nhiên và đặc điểm địa chất thủy văn của giồng cát cho thấy, các điều kiện nêu trên thuận lợi cho quá trình bốc hơi nước ngầm. Bài báo trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của bốc hơi nước ngầm đến trữ lượng của tầng chứa nước Holocene (qh) trong các giồng cát tỉnh Bến Tre.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Để xác định lượng bốc hơi nước ngầm hiện nay, có nhiều phương pháp thực nghiệm được sử dụng như: đĩa bốc hơi, ống Pitche, LS..., mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm nhất định. Trên thế giới, LS thường được sử dụng để đo lượng bốc hơi trực tiếp bằng cách ghi lại lượng mưa tại một khu vực nhận được và số lượng mất đi qua đất, lượng nước bị mất đi do bốc hơi có thể tính toán được. LS có thể khác nhau về kích thước và độ sâu, chủ yếu phụ thuộc vào mục đích nghiên cứu được sử dụng để đo tổng lượng bốc hơi từ cây trồng và bề mặt đất [4-9].

Trong nghiên cứu này, nhằm xác định trực tiếp lượng bốc hơi nước ngầm chúng tôi sử dụng LS theo nguyên lý cân bằng nước. Trạm đo LS được đặt tại giồng Bông, xã Tân Thù, huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre. Giồng có chiều rộng khoảng 100-350 m, kéo dài hơn 6 km, cao 2,0-3,0 m so với mực nước biển.

Trạm đo này bao gồm 2 bộ thiết bị đo bốc hơi, 1 bộ đo bốc hơi từ mực nước ngầm ở độ sâu 0,5 m, bộ còn lại đo bốc hơi ở độ sâu 0,9 m. Ngoài thiết bị đo bốc hơi, trạm còn có thiết bị đo khí tượng tự động ngoài trời với 4 thông số đo: lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm không khí, gió. Bộ thiết bị đo bốc hơi gồm 1 ống bốc hơi (LS) chứa đất nền tự nhiên và 1 ống đo lượng nước bốc hơi ký hiệu OD (hình 2). Ống LS (1) và ống OD (2) làm từ nhựa PVC có đường kính trong 19,2 cm (diện tích tiết diện 0,116 m²), dài 110 và 100 cm. Ống LS nối thông với OD bằng ống nước D21 (3), giữa ống nối có lắp khóa nước (4), ống cấp nước D21 (5) và dây tuy ô (ống nhựa mềm, đường kính 1 cm) nối với ống quan trắc (7) trên thước đo mực nước (6). Thước đo mực nước dài 1 m, chia vạch 1 mm, phía trên có các ống quan trắc, đường kính 1 cm.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm đo bốc hơi. (1): LS; (2): ống đo; (3): ống nước D21; (4): khóa nước; (5): ống cấp nước; (6): thước đo; (7): ống quan trắc; (8): tấm proximăng.

Nguyên lý hoạt động: ống LS nối thông với ống OD nên khi nước trong cột đất của LS bốc hơi (E) thì mực nước trong ống này giảm xuống, nước từ ống OD chảy sang bổ cấp cho nước ngầm trong LS. Do đường kính, tiết diện 2 ống LS và OD bằng nhau nên lượng bốc hơi E từ LS tương ứng lượng nước hao hụt trong OD. Lượng nước hao hụt này được xác định trên thước đo, trong đó mực nước giảm trên ống quan trắc (7) tương ứng là lượng bốc hơi của LS. Lượng nước hao hụt do bốc hơi được cấp bổ sung qua ống cấp nước (5) để duy trì độ sâu mực nước quan trắc trong các LS.

Lượng bốc hơi hàng ngày E_n được ghi lại trên thước đo chính xác đến 0,5 mm. Lượng bốc hơi này được xác định như sau:

$$E_n = H_{18} - H_{s18} \quad (1)$$

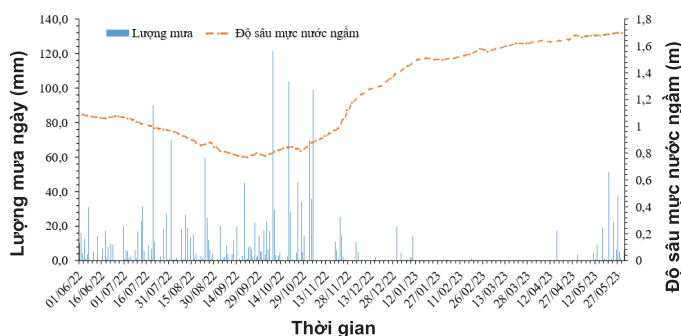
trong đó E_n : lượng bốc hơi hàng ngày (mm); H_{18} : mực nước trên thước đo vào lúc 18 h ngày hôm trước (mm); H_{s18} : mực nước trên thước đo ở thời điểm đo (18 h ngày đo) (mm).

Tương quan giữa lượng bốc hơi nước ngầm với các yếu tố khí hậu và độ sâu mực nước ngầm được xây dựng qua 2 hệ thống LS nghiên cứu bốc hơi tại các độ sâu 0,5 và 0,9 m. Các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa được quan trắc bằng thiết bị đo tự động đặt tại trạm đo, lượng bốc hơi bề mặt được thu thập tại trạm khí tượng thủy văn trong vùng nghiên cứu, mực nước ngầm được đo trực tiếp tại giếng quan trắc cạnh vị trí xây dựng trạm LS.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Động thái nước dưới đất khu vực quan trắc

Động thái nước dưới đất được đánh giá dựa trên số liệu quan trắc mực nước ngầm từ 1/6/2022 đến 31/5/2023 và lượng mưa diễn ra trong thời gian đó, quan hệ giữa lượng mưa và mực nước ngầm (hình 3).



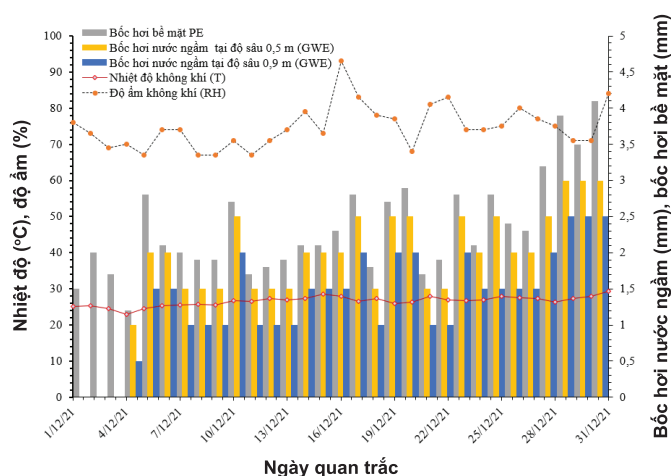
Hình 3. Quan hệ giữa lượng mưa và độ sâu mực nước ngầm trong khoảng thời gian từ 1/6/2022 đến 31/5/2023.

3.2. Kết quả quan trắc lượng bốc hơi từ nước ngầm

Lượng bốc hơi từ mực nước ngầm được đo trực tiếp bằng LS và được tiến hành từ ngày 1/12/2021 đến 31/12/2021. Kết quả quan trắc được thể hiện ở bảng 1; quan hệ giữa các yếu tố khí hậu với lượng bốc hơi nước ngầm được thể hiện ở hình 4.

Bảng 1. Kết quả quan trắc lượng bốc hơi tháng 12/2021.

Thời gian đo	Lượng mưa ngày R_n (mm)	Nhiệt độ không khí (°C)	Độ ẩm không khí RH (%)	Bốc hơi bề mặt PE (mm)	Bốc hơi nước ngầm GWE (mm)	
					Độ sâu 0,5 m	Độ sâu 0,9 m
1/12/2021	0	25,2	76	1,5	0,0	0
2/12/2021	0	25,4	73	2	0,0	0
3/12/2021	0	24,5	69	1,7	0,0	0
4/12/2021	0	23	70	1,2	1,00	0,5
5/12/2021	0	24,6	67	2,8	2,00	1,5
6/12/2021	0	25,4	74	2,1	2,00	1,5
7/12/2021	0	25,6	74	2	1,50	1
8/12/2021	0	25,8	67	1,9	1,50	1
9/12/2021	0,4	25,6	67	1,9	1,50	1
10/12/2021	0	26,7	71	2,7	2,50	2
11/12/2021	0	26,6	67	1,7	1,50	1
12/12/2021	0	27,3	71	1,8	1,50	1
13/12/2021	0,6	27	74	1,9	1,50	1
14/12/2021	0	27,3	79	2,1	2,00	1,5
15/12/2021	0,7	28,6	73	2,1	2,00	1,5
16/12/2021	0,8	28	93	2,3	2,00	1,5
17/12/2021	0	26,6	83	2,8	2,50	2
18/12/2021	0	27,4	78	1,8	1,50	1
19/12/2021	0	26	77	2,7	2,50	2
20/12/2021	0	26,3	68	2,9	2,50	2
21/12/2021	1,4	28	81	1,7	1,50	1
22/12/2021	0,6	27	83	1,9	1,50	1
23/12/2021	0,5	26,8	74	2,8	2,50	2
24/12/2021	0	27	74	2,1	2,00	1,5
25/12/2021	0,3	28	75	2,8	2,50	1,5
26/12/2021	1,1	27,6	80	2,4	2,00	1,5
27/12/2021	0	27,4	77	2,3	2,00	1,5
28/12/2021	0	26,3	75	3,2	2,50	2
29/12/2021	0	27,3	71	3,9	3,00	2,5
30/12/2021	0	27,9	71	3,5	3,00	2,5
31/12/2021	0	29,3	84	4,1	3,00	2,5



Hình 4. Quan hệ giữa bốc hơi nước ngầm và một số yếu tố khí hậu.

Từ kết quả bảng 1 và hình 4 cho thấy, quá trình bốc hơi trong các LS diễn ra liên tục trong tất cả các ngày quan trắc (không có mưa vừa, mưa to) của tháng 12/2021, lượng bốc hơi trung bình hàng ngày của tháng tại độ sâu 0,5 m là 1,84 mm/ngày đêm, tại độ sâu 0,9 m là 1,37 mm/ngày đêm. Bốc hơi diễn ra ngay cả khi trời có mưa nhỏ (lượng mưa 0,5-1,4 mm), do lượng mưa nhỏ chỉ làm ẩm bề mặt đất, không đủ để ngấm xuống bổ cập cho lượng nước trong LS, trong khi nhiệt độ trong LS vẫn cao và áp suất hơi bão hoà nhỏ nên nước ngầm tiếp tục bốc hơi.

3.3. Tương quan bốc hơi nước ngầm và độ sâu mực nước ngầm

J.R. Philip (1957) [10] đã xây dựng tương quan giữa tỷ số lưu lượng bốc hơi nước ngầm (GWE) và lưu lượng bốc hơi tiềm năng (PE). Theo tác giả, lưu lượng bốc hơi nước ngầm là một hàm phân rã theo độ sâu của lưu lượng bốc hơi khả năng PE theo công thức:

$$GWE = PEE^{\alpha Z} \quad (2)$$

trong đó GWE (mm/ngày) là lưu lượng bốc hơi từ mực nước ngầm; PEE (mm/ngày) là lượng bốc hơi tiềm năng (trong nghiên cứu này lượng bốc hơi tiềm năng bằng lượng bốc hơi bề mặt); α là hệ số phân rã; Z(m) là độ sâu.

Tiếp tục phát triển lý thuyết của J.R. Philip (1957) [10], Grilli và cs (1986) [11] đã bổ sung thêm ngưỡng bốc hơi:

$$GWE = \begin{cases} PE & GWE > PE \\ PEE^{\alpha(Z-Z_0)} & GWE < PE \end{cases} \quad (3)$$

Bảng 2. Giá trị ngưỡng Z_0 của một số loại đất theo N. Shah và cs (2007) [13].

Loại đất	Cát	Đất mùn lẫn cát	Cát lẫn mùn	Cát pha mùn	Cát pha	Đất mùn	Bụi sét	Sét lẫn mùn	Đất mùn lẫn bụi	Bụi	Sét bụi lẫn mùn	Sét
Z_0 (m)	0,18	0,22	0,4	0,35	0,26	0,55	0,37	0,5	0,72	0,70	0,5	0,54

trong đó Z_0 là độ sâu tại đó lượng bốc hơi nước ngầm bằng lượng bốc hơi bề mặt.

E. Johnson và cs (2010) [12] bằng kết quả thí nghiệm hiện trường đối với các loại đất sét pha, cát pha đã đưa ra mối quan hệ tương quan giữa lượng bốc hơi nước ngầm và độ sâu:

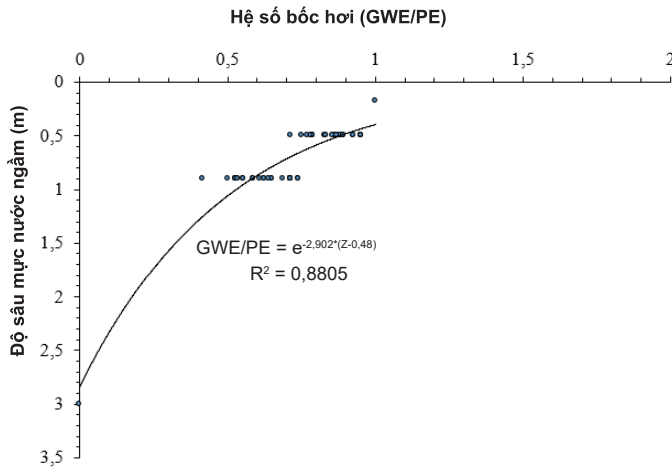
$$\frac{GWE}{PE} = \begin{cases} 1 & Z \leq 0,122 \text{ m} \\ e^{-3,575(z-1,224)} & 0,122 < Z \leq 0,85 \text{ m} \\ 0,065z^{-0,79} & Z > 0,85 \text{ m} \end{cases} \quad (4)$$

Giá trị ngưỡng Z_0 của các loại đất khác nhau tại Hillsborough, Florida được N. Shah và cs (2007) [13] xác định dựa trên kết quả thực nghiệm và mô hình số (HYDRUS). Giá trị ngưỡng Z_0 của các loại đất được thể hiện ở bảng 2.

Theo nghiên cứu của T. Yang và cs (2021) [14] cho thấy, lượng bốc hơi nước ngầm giảm theo độ sâu của nước ngầm. Ở độ sâu khoảng 2,39 m thì không xảy ra quá trình bốc hơi nước ngầm, lượng bốc hơi nước ngầm làm mất đi khoảng 79% lượng bổ cập tự nhiên. Cùng nghiên cứu về tương quan giữa lượng bốc hơi và mực nước ngầm, Z. Wang và cs (2020) [15] đã thiết lập 2 mô hình tính toán lượng bốc hơi của nước ngầm ngày không mưa, sau đó tính toán mô hình tính toán giảm lượng bốc hơi của nước ngầm vào những ngày mưa trên đất cát phù sa có thành phần hạt cát 86,3%, bụi 11,7%, sét 2,0%, Kết quả cho thấy, hệ số bốc hơi bị ảnh hưởng bởi cả yếu tố độ sâu, khả năng bốc hơi của nước bề mặt và chỉ ra rằng, ở độ sâu mực nước ngầm dưới 3,0 m thì độ bốc hơi rất nhỏ, gần như không thay đổi và có thể coi là không bốc hơi.

Trong nghiên cứu này, tương quan giữa mực nước ngầm theo độ sâu được xây dựng dựa trên kết quả lượng bốc hơi nước ngầm tại các ngày không mưa, độ sâu $Z_0=0,18$ m, là độ sâu mà tại đó lượng bốc hơi nước ngầm bằng lượng bốc hơi bề mặt được lấy theo N. Shah và cs (2007) [13]. Độ sâu mà tại đó không xảy ra quá trình bốc hơi nước ngầm được lấy bằng 3,0 m theo Z. Wang và cs (2020) [15]. Sử dụng các thông số nêu trên kết hợp với kết quả quan trắc lượng bốc

hơi nước ngầm tại các độ sâu 0,5 và 0,9 m, chúng tôi đã xây dựng tương quan giữa hệ số bốc hơi (GWE/PE) và độ sâu mực nước ngầm thể hiện tại hình 5 và công thức 5.



Hình 5. Tương quan giữa hệ số bốc hơi và độ sâu mực nước ngầm tại vị trí thí nghiệm.

$$\frac{GWE}{PE} = \begin{cases} 1 & Z \leq 0,48 \text{ m} \\ e^{-2,902 \cdot (Z-0,48)} & Z > 0,48 \text{ m} \end{cases} \quad (5)$$

3.4. Tính toán lượng bốc hơi nước ngầm

Lượng bốc hơi nước ngầm từ thấu kính nước nhạt trong các giồng cát tại khu vực nghiên cứu được tính toán theo công thức 5, trong đó lượng bốc hơi tiềm năng được lấy bằng lượng bốc hơi bề mặt (số liệu thu thập từ Trạm Khí tượng Thủy văn quốc gia), độ sâu mực nước ngầm là kết quả quan trắc tương ứng với thời gian đo bốc hơi từ mực nước ngầm. Lượng bốc hơi nước ngầm chỉ tính cho các ngày có mưa nhỏ hơn 3 mm [16]. Kết quả tính toán lượng bốc hơi nước ngầm được thể hiện ở bảng 3.

Tổng lưu lượng bốc hơi nước ngầm của thấu kính nước nhạt trong khoảng thời gian từ 1/6/2022 đến 31/5/2023 vào khoảng 142,5 mm. Lượng bốc hơi nước ngầm tại các tháng mùa mưa (tháng 6/2022 đến 11/2022) chiếm khoảng 71% tổng lượng bốc hơi, do trong thời gian này mực nước ngầm nằm nông mặc dù các yếu tố khí hậu khác không thuận lợi cho bốc hơi nước ngầm. Trong các tháng mùa khô từ tháng 12 đến tháng 5 năm sau, mặc dù các yếu tố khí hậu khác thuận lợi cho bốc hơi nước ngầm. Tuy nhiên, do mực nước ngầm nằm sâu, nên lượng bốc hơi nước ngầm chỉ chiếm khoảng 29% tổng lượng bốc hơi từ mực nước ngầm.

Bảng 3. Lượng bốc hơi nước ngầm theo ngày trong khoảng thời gian từ 1/6/2022 đến 31/5/2023.

Ngày	Tháng, năm											
	6/2022	7/2022	8/2022	9/2022	10/2022	11/2022	12/2022	1/2023	2/2023	3/2023	4/2023	5/2023
1		0,71		0,90		1,39		0,29	0,14	0,26	0,13	0,27
2			0,69	1,43			0,98	0,26	0,22	0,30	0,13	0,26
3			0,73					0,21	0,33	0,35	0,14	0,21
4		0,50	0,81	0,92				0,18	0,36	0,28	0,14	0,21
5			1,23	1,33		1,74	0,65	0,32	0,33	0,33	0,16	0,16
6		0,82	0,99	0,95		0,96	0,64	0,29	0,26	0,18	0,16	0,24
7		0,89	1,38		0,92	0,87	0,50	0,22	0,19	0,27	0,14	0,21
8	0,81					0,64	0,52	0,19	0,26	0,29	0,17	0,18
9	0,88	1,06	1,09	1,53		0,84	0,51	0,12	0,29	0,36	0,16	0,14
10			1,34	1,10		0,98	0,47		0,32	0,23	0,17	0,15
11	0,84	0,93			0,86	0,78	0,58	0,21	0,20	0,25	0,13	
12	0,74				1,06	0,88	0,63	0,14	0,18	0,27	0,09	0,12
13			0,99	1,32		0,71	0,52	0,11	0,15	0,25	0,11	
14	0,83				1,34	1,14	0,48	0,13	0,13	0,28	0,13	0,18
15	1,00	0,84	0,91	1,55	1,52	0,95	0,40	0,21	0,29	0,26	0,15	0,16
16		0,83		1,49	1,09	1,00	0,26	0,18	0,43	0,25		0,18
17	0,73		0,92	1,42	1,36	0,93	0,47	0,19	0,33	0,23	0,10	
18		0,84		1,10	0,69	0,67	0,59	0,17	0,19	0,21	0,12	0,18
19	0,80		1,45				0,59	0,18	0,17	0,25	0,15	0,20
20			1,36	1,47			0,44	0,16	0,16	0,17	0,25	0,15
21	0,81		1,28	1,67	0,95	0,28	0,40	0,18	0,19	0,14	0,20	
22		0,85	1,16		1,00		0,32	0,29	0,23	0,14	0,20	0,09
23		0,73	1,11		0,74		0,48	0,30	0,19	0,12	0,17	0,17
24	0,53	0,85				0,34	0,43	0,30	0,21	0,16	0,17	
25	0,63	0,81		1,07		0,36	0,36	0,30	0,31	0,18	0,21	0,15
26	0,78	0,73			1,13	0,42	0,27	0,19	0,25	0,15	0,24	
27	0,97			1,10		0,39	0,24	0,16	0,22	0,13	0,25	
28	0,69	0,80	0,84	1,53		0,40	0,35	0,24	0,25	0,15	0,19	
29	1,25		0,79			0,46	0,29	0,23		0,21	0,17	0,11
30		1,21	0,95		0,95	0,49		0,18		0,14		0,16
31	0,00		0,90		1,64		0,29	0,22		0,14		0,03
Tổng	12,29	13,40	20,93	21,85	15,26	17,60	12,66	6,35	6,78	6,91	4,54	3,90

3.5. Ảnh hưởng lượng bốc hơi nước ngầm đến trữ lượng động của thấu kính nước nhạt trong các giồng cát tỉnh Bến Tre

Trữ lượng động tự nhiên của thấu kính nước (Q_d) được tính theo công thức:

$$Q_d = \alpha \times X \times F \quad (6)$$

trong đó X là tổng lượng mưa năm (mm); F là diện tích phần diện tích của thấu kính nước; α là hệ số thấm xuyên của nước mưa (phụ thuộc vào thành phần thạch học của tầng phủ), với đất loại cát lấy $\alpha=0,3$.

Lượng bổ cập tự nhiên của thấu kính nước phụ thuộc vào lượng mưa X , lượng mưa cung cấp cho thấu kính nước trong khoảng thời gian từ 1/6/2022 đến 31/5/2023 vào khoảng 142,5 mm là $0,3 \times 1908,3 = 572,49$ mm.

Như vậy, trong khoảng thời gian 12 tháng qua một mùa mưa và một mùa mưa lượng bốc hơi nước ngầm là 142,5 mm, chiếm khoảng 24,9% trữ lượng động tự nhiên của thấu kính nước.

4. Kết luận

Nguồn gốc hình thành trữ lượng động tự nhiên của thấu kính nước trong các giồng cát trên địa bàn tỉnh Bến Tre chủ yếu được hình thành từ nguồn nước mưa rơi trên bề mặt.

Bốc hơi nước ngầm từ thấu kính nước diễn ra trong tất cả các ngày không mưa và cả những ngày có mưa nhỏ, nhất là sau mưa 3 ngày. Tổng lượng bốc hơi nước ngầm trong khoảng thời gian từ 1/6/2022 đến 31/5/2023 vào khoảng 142,5 mm, tương ứng 24,9% trữ lượng động tự nhiên của thấu kính nước nhạt.

Dựa trên các số liệu thực tế thí nghiệm của đề tài và các nghiên cứu trên thế giới, đã xây dựng được công thức tính toán lượng bốc hơi nước ngầm theo các độ sâu nghiên cứu khác nhau tại khu vực nghiên cứu.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo dựa trên các số liệu nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu các giải pháp khai thác hiệu quả nguồn nước trong các giồng cát để cấp nước sinh hoạt vùng ven biển tỉnh Bến Tre và phụ cận”, mã số ĐTDL.CN-35/21 do Bộ Khoa học và Công nghệ quản lý, đơn vị chủ trì thực hiện là Viện Công nghệ Môi trường và Biến đổi Khí hậu. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Oki, S. Kanae (2006), “Global hydrological cycles and world water resources”, *Science*, **313**(5790), pp.1068-1072, DOI: 10.1126/science.1128845.
- [2] Ho Chi Minh City Institute of Natural Resources Geography (2018), *Research and Evaluate The Impact of Climate Change and Sea Level Rise on Coastal Erosion, Water Resources and Agricultural Production, Propose Solutions and Adaptation Models in Thanh Phu District, Ben Tre Province*, Technical report, 55pp (in Vietnamese).
- [3] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018), *Thematic Reports 'Groundwater Potential of Ben Tre Province'*, 26pp (in Vietnamese).
- [4] W.A. Dugas, W.L. Bland (1989), “The accuracy of evaporation measurements from small Lysimeters”, *Agric. For. Meteorol.*, **46**(1-2), pp.119-129, DOI: 10.1016/0168-1923(89)90116-0.
- [5] American Society of Civil Engineers (1991), “Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements”, *Proceedings of The 1991 ASCE Specialty Conference on Lysimeters for Evapotranspiration and Environmental Measurements*, 444pp.
- [6] G. Rana, N. Katerji (2000), “Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: A review”, *Eur. J. Agron.*, **13**(2-3), pp.125-153, DOI: 10.1016/S1161-0301(00)00070-8.
- [7] G.E. Blight (2002), “Measuring evaporation from soil surfaces for environmental and geotechnical purposes”, *Water SA*, **28**(4), pp.381-394, DOI: 10.4314/wsa.v28i4.4911.
- [8] A. Facchi, D. Masseroni, E.F. Miniotti (2017), “Self-made microlysimeters to measure soil evaporation: A test on aerobic rice in northern Italy”, *Paddy Water Environ.*, **15**(3), pp.669-680, DOI: 10.1007/s10333-016-0566-7.
- [9] N.T.T. Thuan, C.D. Ly, H.T. Hang (2020), “Estimating the crop coefficient for crops cultivated in upstream area of Xuan Huong lake, Dalat city”, *Dalat Univ. J. Sci.*, **10**(2), pp.28-41, DOI: 10.37569/DalatUniversity.10.2.580(2020) (in Vietnamese).
- [10] J.R. Philip (1957), “Evaporation, and moisture and heat fields in the soil”, *J. Atmos. Sci.*, **14**(4), pp.354-366, DOI: 10.1175/1520-0469(1957)014<0354:EAMAHF>2.0.CO;2.
- [11] Grilli, Vidal (1986), “Evaporation from salt flats: Methodology to evaluate renewable water resources”, *Application in Regions I and II. Magazine of The Chilean Society of Hydraulic Engineering*, 15pp.
- [12] E. Johnson, J. Yáñez, C. Ortiz, et al. (2010), “Evaporation from shallow groundwater in closed basins in the Chilean altiplano”, *Hydrol. Sci. J.*, **55**(4), pp.624-635, DOI: 10.1080/02626661003780458.
- [13] N. Shah, M. Nachabe, M. Ross (2007), “Extinction depth and evapotranspiration from ground water under selected land covers”, *Groundwater*, **45**(3), pp.329-338, DOI: 10.1111/j.1745-6584.2007.00302.x.
- [14] T. Yang, M. Ala, D. Guan, et al. (2021), “The effects of groundwater depth on the soil evaporation in Horqin sandy land, China”, *Chinese Geogr. Sci.*, **31**(4), pp.727-734, DOI: 10.1007/s11769-021-1220-x.
- [15] Z. Wang, Y. Xu, G. Dong, et al. (2020), “Methods for calculating phreatic evaporation on bare grounds on rainy and dry days”, *Hydrol. Res.*, **51**(6), pp.1221-1237, DOI: 10.2166/nh.2020.017.
- [16] T.C. Nguyen, H.V. Nguyen, D.H. Vu, et al. (2023), “Effects of groundwater evaporation on the natural recharge to groundwater lenses residing in coastal dunes in Southern Central Vietnam”, *Vietnam Journal of Science and Technology - MOST*, **65**(11), pp.16-22, DOI: 10.31276/VJST.65(11).16-22 (in Vietnamese).