

Ảnh hưởng của bốc hơi nước ngầm đến nguồn bổ cập tự nhiên cho các thấu kính nước nhạt thuộc dải cồn cát ven biển khu vực Nam Trung Bộ

Nguyễn Thành Công¹, Nguyễn Huy Vương^{1*}, Vũ Đình Hùng¹, Phan Việt Dũng¹, Phạm Tuấn¹, Vũ Bá Thao¹, Trần Thị Lựu²

¹Viện Thủy Công, số 3, ngõ 95, phố Chùa Bộc, phường Trung Liệt, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 29/8/2023; ngày chuyển phản biện 31/8/2023; ngày nhận phản biện 12/9/2023; ngày chấp nhận đăng 15/9/2023

Tóm tắt:

Dải cồn cát ven biển Nam Trung Bộ là khu vực có mực nước ngầm nằm nông, thành phần thạch học của đới thông khí chủ yếu là cát hạt mịn đến hạt vừa, có kích thước lỗ rỗng lớn. Tại các dải cồn cát này, thảm phủ thực vật thưa thớt, số giờ nắng trong năm lớn, nhiệt độ không khí và lượng bốc hơi bề mặt cao, các điều kiện trên thuận lợi cho quá trình bốc hơi từ bề mặt nước ngầm. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đo bốc hơi trực tiếp bằng Lysimeter (LS) theo nguyên lý cân bằng nước. Các trạm đo LS được đặt tại Đà Nẵng, Phú Yên và Bình Thuận để quan trắc lượng nước ngầm mất đi do bốc hơi trong điều kiện thực tế với mực nước ngầm được mô phỏng ở độ sâu 0,9 m. Kết quả quan trắc cho thấy, tổng lượng bốc hơi nước ngầm năm 2022 tại trạm Đà Nẵng là 259,9 mm, Phú Yên 335,6 mm và Bình Thuận là 377,0 mm. Với mực nước ngầm được thực nghiệm ở độ sâu 0,9 m thì hàng năm lượng bốc hơi nước ngầm đã làm giảm độ sâu mực nước của tầng chứa nước tại Đà Nẵng, Phú Yên, Bình Thuận lần lượt là 0,64, 0,78 và 0,92 m.

Từ khóa: bốc hơi nước ngầm, cồn cát ven biển, Lysimeter, Nam Trung Bộ.

Chỉ số phân loại: 1.5

1. Đặt vấn đề

Bốc hơi nước ngầm là quá trình chuyển từ thể lỏng sang thể khí của nước ngầm thông qua đới thông khí đi vào khí quyển. Quá trình này diễn ra tại các khu vực có mực nước ngầm nằm nông, độ rỗng của đới thông khí lớn, nhiệt độ bề mặt đất cao, độ ẩm không khí thấp và vận tốc gió lớn. Bốc hơi nước ngầm là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến lượng bổ cập tự nhiên nước ngầm, đặc biệt là đối với các dải cồn cát ven biển.

Khu vực Nam Trung Bộ bao gồm các tỉnh/thành phố: Đà Nẵng, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên, Khánh Hòa, Ninh Thuận và Bình Thuận. Vùng ven biển khu vực này có những dải cồn cát với tổng diện tích vào khoảng 5,415 km². Tại các dải cồn cát ven biển, nước nhạt chủ yếu tồn tại trong tầng chứa nước qh thuộc thành tạo holocen, có nguồn gốc sông (aQ₁³), sông biển (amQ₂³) và biển gió (mvQ₂³). Thành phần thạch học của tầng chứa nước này chủ yếu là cát hạt vừa màu xám trắng, xám vàng, mực nước ngầm nằm nông và thay đổi theo mùa (0,1-3,8 m vào mùa mưa và 1,6-6,2 m vào mùa khô) [1-8].

Khí hậu trên địa bàn nghiên cứu được chia thành 3 tiểu vùng: (1) Tiểu vùng Đà Nẵng - Bình Định có lượng mưa trung bình năm 2000-2500 mm, mùa mưa bắt đầu từ tháng 8 đến tháng 12. Phần lớn tổng lượng mưa diễn ra vào mùa mưa, chiếm 77-88% so với lượng mưa trung bình năm, chủ yếu tập trung vào 4 tháng cuối năm (tháng 9-12, chiếm 72-80%). Số giờ nắng hàng năm khoảng 2042-2200 giờ, các tháng có số giờ nắng nhiều nhất là tháng 5-6 đạt 231,3-256,8 giờ, tháng có số giờ nắng ít nhất là tháng 12 đạt 33-65,8 giờ. Độ ẩm không khí trung bình năm thay đổi từ 79 đến 85%. Nhiệt độ trung bình tháng vào khoảng 26,2°C và thường thay đổi từ 21,4 đến 30,4°C. Lượng bốc hơi bề mặt trung bình năm thay đổi từ 898 đến 1086 mm; (2) Tiểu vùng Phú Yên - Khánh Hòa có lượng mưa trung bình hàng năm từ

1500 đến 2000 mm, lượng mưa tập trung vào tháng 9-12, từ tháng 1-8 lượng mưa phân bố rải rác, đặc biệt từ tháng 2-3 hàng năm lượng mưa đạt mức cực tiểu, chiếm 1-3% so với lượng mưa trung bình hàng năm. Số giờ nắng hàng năm khoảng 2538,4-2506,2 giờ, số giờ nắng nhiều nhất là từ tháng 3-5, đạt 246,1-273,8 giờ. Độ ẩm không khí trung bình năm thay đổi từ 76 đến 81%. Nhiệt độ trung bình tháng vào khoảng 26,9°C và thường thay đổi từ 23,2 đến 29,5°C. Lượng bốc hơi bề mặt trung bình năm thay đổi từ 1372 đến 1444 mm; (3) Tiểu vùng Bình Thuận - Ninh Thuận, lượng mưa trung bình hàng năm khoảng 1100-1700 mm, lượng mưa tập trung vào tháng 5-10, chiếm 80% so với lượng mưa trung bình năm. Từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, lượng mưa phân bố rải rác, đặc biệt từ tháng 2-3 hàng năm lượng mưa đạt mức cực tiểu (khoảng 0,1-1,4 mm). Số giờ nắng hàng năm khoảng 2814,2 đến 2925,3 giờ, tháng có số giờ nắng nhiều nhất là tháng 2-3, đạt 270,2-304,8 giờ/tháng. Độ ẩm không khí trung bình năm thay đổi từ 77 đến 80%. Lượng bốc hơi bề mặt trung bình năm thay đổi từ 1435 đến 1844 mm. Tốc độ gió bình quân hàng năm tại khu vực ven biển Nam Trung Bộ đạt 1,3-3,7 m/s [9-16].

Kết quả điều tra, thu thập số liệu kết hợp tài liệu khảo sát thực tế của nhóm tác giả cho thấy, đây là khu vực có mực nước ngầm nằm nông, thành phần thạch học của đới thông khí có độ rỗng lớn, thảm phủ thực vật thưa thớt, nhiệt độ không khí cao, số giờ nắng trong năm lớn, lượng bốc hơi bề mặt cao, các điều kiện nêu trên rất thuận lợi cho quá trình bốc hơi từ bề mặt nước ngầm.

Trên cơ sở quan trắc lượng bốc hơi nước từ mặt nước ngầm của tầng chứa nước qh trong năm 2022 tại 3 trạm Đà Nẵng, Phú Yên, Bình Thuận (hình 1), nghiên cứu này công bố các quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm với các yếu tố khí hậu, từ đó đánh giá ảnh hưởng của quá trình bốc hơi nước ngầm đến lượng bổ cập tự nhiên cho thấu kính nước nhạt trong các dải cồn cát ven biển Nam Trung Bộ.

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

Effects of groundwater evaporation on the natural recharge to groundwater lenses residing in coastal dunes in Southern Central Vietnam

Thanh Cong Nguyen¹, Huy Vuong Nguyen^{1*},
Dinh Hung Vu¹, Viet Dung Phan¹, Tuan Pham¹,
Ba Thao Vu¹, Thi Luu Tran²

¹Hydraulic Construction Institute, No. 3, Lane 95, Chua Boc Street,
Trung Liet Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

²University of Science, Vietnam National University - Hanoi, 334 Nguyen Trai Street,
Thanh Xuan Trung Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

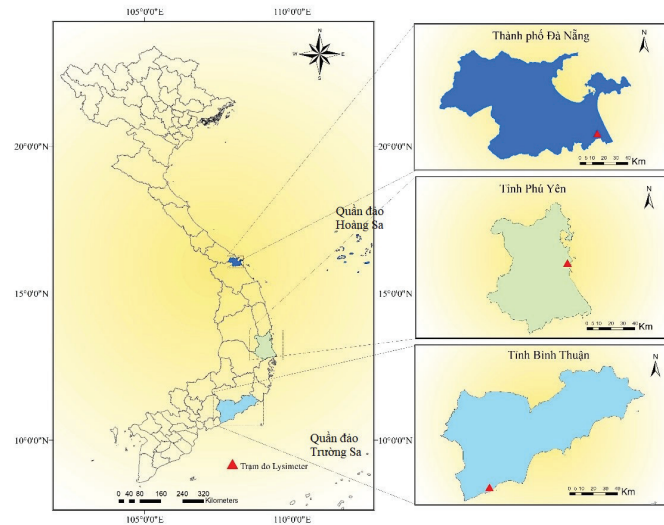
Received 29 August 2023; revised 12 September 2023; accepted 15 September 2023

Abstract:

Groundwater lenses in the coastal dunes along the South Central coast of Vietnam are often of shallow table. The lithologic composition of the vadose zone in these areas is mainly fine to medium-grained sand, characterised by high porosity. The vegetation is sparse, the annual time of sunrise is long, the air temperature and surface evaporation are high. The above-mentioned conditions are favourable for the evaporation of the groundwater. This study utilised direct evaporation measurement by Lysimeter (LS) according to the principle of water balance. The LS measurement is designed to simulate the groundwater level at a depth of 0.9 m to monitor groundwater loss due to evaporation corresponding to the conditions of natural climate and the vadose zones. Monitoring results showed that the total amount of groundwater evaporation in 2022 at three stations Da Nang, Phu Yen and Binh Thuan is 259.9, 335.6, and 377.0 mm, respectively. With the assumed groundwater level at a depth of 0.9 m, the annual amount of groundwater evaporation has caused the reduction in the groundwater level in the aquifer in Da Nang, Phu Yen and Binh Thuan by 0.64, 0.78, and 0.92 m, respectively.

Keywords: coastal dunes, groundwater evaporation, Lysimeter, Southern Central Vietnam.

Classification number: 1.5



Hình 1. Sơ đồ vị trí 3 trạm quan trắc bốc hơi nước ngầm.

2. Phương pháp và nội dung nghiên cứu

2.1. Một số phương pháp ước lượng bốc hơi

Các nguyên tắc vật lý cơ bản của sự bay hơi từ đất liền được hình thành từ thế kỷ XIX và đầu thế kỷ XX. Theo A.P. Vershinin (2009) [17] vòng tuần hoàn của nước trong tự nhiên có mối liên hệ chặt chẽ với sự bay hơi, lý thuyết bay hơi đã được chuẩn hóa bằng toán học (định luật Dalton). Tuy nhiên, định luật Dalton chỉ đúng với mặt nước tự do, trong khi đó bốc hơi từ đất là một quá trình phức tạp hơn nhiều.

Hiện nay có 7 nhóm phương pháp cho phép giải bài toán ước lượng lượng nước bốc hơi từ đất liền. Cụ thể:

Nhóm 1 - Bốc hơi nước từ đất liền quan đến độ ẩm của đất, sự bốc hơi nước phụ thuộc tuyến tính vào độ ẩm, khi đất trở nên khô hơn, tốc độ bay hơi có xu hướng giảm mạnh và sau đó trở nên ít bị thay đổi. Sự phụ thuộc giữa các yếu tố này hình thành nên phương pháp cân bằng năng lượng - nước, Đại diện cho nhóm này là A.I. Budagovsky (1980) [18] và H.L. Penman (1948) [19].

Nhóm 2 - Bốc hơi được coi là số hạng dư của phương trình cân bằng nước cho một vùng đất, chẳng hạn một lưu vực sông, được gọi là phương pháp cân bằng nước, Đại diện cho nhóm này là A.A. Sokolov và cs (1974) [20].

Nhóm 3 - Sự bay hơi phụ thuộc vào lượng mưa và khả năng thoát hơi nước tiềm năng. V.J. Mezentsev (1955) [21] đã phân tích dữ liệu về cân bằng nước ở các lưu vực sông khác nhau, dựa trên các nghiên cứu về quan hệ giữa lượng bốc hơi với lượng mưa và các thành phần cân bằng nước khác.

Nhóm 4 - Nhóm này quan niệm bốc hơi từ đất được xem là quá trình truyền hơi nước từ bề mặt bốc hơi vào khí quyển. A.S. Monin và cs (1954) [22] đã cải tiến phương trình khuếch tán rối để mô tả sự bay hơi này.

Nhóm 5 - Nhóm này nghiên cứu về sự thoát hơi nước của thực vật và chứng minh rằng sự thoát hơi nước của thực vật trong điều

kiện bình thường vượt quá nhu cầu nước thực sự của thực vật. Các nghiên cứu thuộc nhóm này đã chứng minh khá thuyết phục rằng, sự thoát hơi nước phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, tuổi, loại cây trồng, độ ẩm của đất và độ thoáng khí của đất, từ đó đưa ra thuật ngữ “đường cong tiêu thụ nước sinh học” (hay hệ số sinh học) đặc trưng cho mối quan hệ giữa lượng thoát hơi nước và các điều kiện khí tượng. Cách tiếp cận này được áp dụng rộng rãi để phát triển các phương pháp sinh khí hậu.

Nhóm 6 - Phương pháp xây dựng trên cơ sở tư liệu viễn thám. Trong phương pháp này, bốc hơi được xác định là một số hạng còn lại của phương trình cân bằng nước của khí quyển thông qua hiệu số giữa lượng mưa, lượng thoát hơi nước trong khí quyển và sự thay đổi hàm lượng ẩm trong khối không khí phía trên lãnh thổ nghiên cứu. O.A. Drozdov và cs (1965) [23] đã sử dụng phương pháp này để nghiên cứu cân bằng nước tại hồ Great lake.

Nhóm 7 - Các nghiên cứu thuộc nhóm này dựa trên cơ sở thiết lập quan hệ thực nghiệm giữa bốc hơi và các thành phần khí tượng thủy văn. Các công bố của nhóm chủ yếu dựa trên thí nghiệm đặc biệt đo trực tiếp lượng bốc hơi tại khu vực nghiên cứu, như trong nghiên cứu của C.W. Thornthwaite và cs (1957) [24].

Mỗi phương pháp đều có ưu và nhược điểm riêng: Phương pháp cân bằng nước được áp dụng khi ước tính lượng bốc hơi trung bình năm trong thời gian dài; khi ước tính lượng bốc hơi hàng tháng hay theo mùa áp dụng phương pháp cân bằng năng lượng, phương pháp khí động học, hay phương pháp thực nghiệm.

2.2. Phương pháp xác định lượng bốc hơi bằng LS

Hiện nay, có nhiều phương pháp thực nghiệm để xác định lượng bốc hơi nước như: đĩa bốc hơi, ống Pitche, LS..., mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm nhất định. LS xác định lượng bốc hơi có độ chính xác cao, dễ sử dụng. 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: LS cỡ lớn (diện tích bề mặt khoảng 2-10 m² và độ sâu 2-4 m) đến cỡ trung bình (diện tích bề mặt <1 m² và độ sâu tối đa là 1,5 m) được sử dụng để đo tổng lượng bốc hơi, tức là cây trồng cộng với đất [25-30].

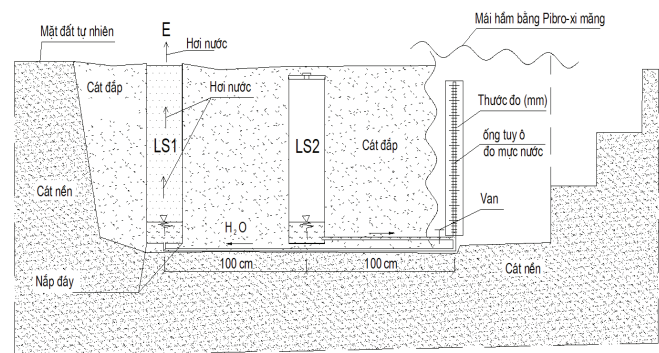
Kết hợp thí nghiệm bốc hơi bằng LS và mô phỏng bằng mô hình Hydrus-1D, T. Yang và cs (2021) [31] đã nghiên cứu sự biến đổi lượng bốc hơi của đất dưới các điều kiện độ sâu nước ngầm khác nhau ở Horqin sandy land, Trung Quốc. Kết quả cho thấy, với sự gia tăng độ sâu của nước ngầm, sự bốc hơi của đất và bổ cập của nước ngầm giảm. Trong nghiên cứu này, việc bổ sung nước ngầm nhỏ hơn 21% lượng bốc hơi của đất đối với độ sâu của nước ngầm được thí nghiệm. Hàm lượng nước trong đất ở độ sâu 60 cm ít bị ảnh hưởng bởi hiệu quả bay hơi khi độ sâu nước ngầm trung bình là 61 cm trong thời gian thử nghiệm, sự bốc hơi của đất không bị ảnh hưởng bởi nước ngầm khi độ sâu nước ngầm sâu hơn 239 cm. Cùng nghiên cứu về tương quan giữa lượng bốc hơi và

mức nước ngầm, Z. Wang và cs (2020) [32] đã thiết lập 2 mô hình tính toán lượng bốc hơi của nước ngầm ngày không mưa, sau đó tính toán mô hình giảm lượng bốc hơi của nước ngầm vào những ngày mưa trên 2 loại đất. Kết quả cho thấy rằng, hệ số bốc hơi bị ảnh hưởng bởi cả độ sâu và khả năng bốc hơi của nước bề mặt, ở độ sâu mực nước ngầm dưới 3 m thì độ bốc hơi rất nhỏ gần như không thay đổi và có thể coi là không bốc hơi.

Trên cơ sở phân tích các kết quả nghiên cứu lý thuyết cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình bốc hơi, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn phương pháp đo bốc hơi bằng LS theo nguyên lý cân bằng nước.

2.3. Thực nghiệm quan trắc bốc hơi bằng LS tại khu vực nghiên cứu

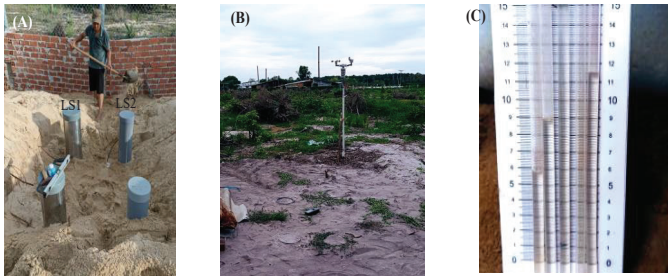
Trong nghiên cứu này, 3 trạm đo LS được bố trí tại Đà Nẵng (tọa độ x=1766701,035, y=552400,212), Phú Yên (tọa độ x=11463365,402, y=586640,119) và Bình Thuận (tọa độ x=1181591,021, y=422582,372). Vị trí trạm quan trắc và sơ đồ thí nghiệm được thể hiện ở hình 1 và 2.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm đo bốc hơi.

Trạm đo LS bao gồm: (1) Máy đo bốc hơi bao gồm 2 ống được làm từ PVC ký hiệu LS1 và LS2 có đường kính 20,0 cm và chiều dài LS1=110 cm, LS2=100 cm. LS1 và LS2 được kết nối ở dưới bằng một đường ống có đường kính 2,1 cm cho phép lưu thông nước với nhau; (2) Panel có thước đo chia vạch 1 mm gắn với ống quan trắc nối với LS2 được làm từ ống nhựa trong suốt đường kính 1 cm; (3) Thiết bị đo khí tượng tự động gồm: lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm không khí, gió...

Nguyên lý hoạt động: Ống chứa mẫu đất (LS1) có nắp đậy ở phía đáy và một đĩa đục lỗ dùng để lắp đặt đường ống nối với ống chứa nước (LS2) đảm bảo nước vào cột đất một cách đồng đều. Ống chứa nước (LS2) được bịt kín ở 2 đầu (trên và dưới) và phía trên cấu tạo bằng nắp vặn để tiếp thêm nước (trong trường hợp lượng bốc hơi lớn). Lượng bốc hơi hàng ngày từ cát trong LS1 luôn được bổ cập bằng lượng nước cấp từ LS2 để đảm bảo mực nước trong LS1 luôn cố định. Lượng nước hao hụt trong LS2 được xác định trên panel thông qua ống nối với LS2 chính là lượng nước bổ sung cho LS1 khi bốc hơi. Lượng nước bổ cập (nước mưa) được ngầm xuống đến mực nước tĩnh trong LS1 sẽ chảy ra ngoài và được thu vào ống đong xác định lượng nước bổ cập (hình 3).



Hình 3. Thi công lắp đặt LS và quan trắc đo đạc các thông số bốc hơi nước. (A) Lắp đặt LS; (B) Trạm đo khí tượng tự động; (C) Thước đo.

Quy trình thí nghiệm gồm 2 bước:

Bước 1: Sau khi lắp đặt xong các thiết bị, mở van khóa, đổ nước vào thùng đo LS2 đến mực nước khoảng 10 cm (tương đương độ sâu 0,9 m nước tính từ bề mặt LS), tiếp tục bổ sung nước vào ống đo cho đến khi đất trong ống LS1 bão hòa mực nước trong 2 ống bằng nhau, sau 30 phút mực nước không đổi ở khoảng đo là 10 cm thì tiến hành khóa van và quan trắc lượng nước hao hụt trong ống LS1 thể hiện trên thước đo. Lượng nước hao hụt này được ghi lại chính xác đến 1 mm, đây chính là lượng bốc hơi trong ống LS1:

$$E_n = H_{t18} - H_{s18} \quad (1)$$

trong đó: E_n : lượng bốc hơi hằng ngày (mm); H_{t18} : mực nước trên thước đo trước khi mở van lúc 18 giờ ngày đo (mm); H_{s18} : mực nước trên thước đo sau khi mở van lúc 18 giờ 20 phút ngày hôm trước (mm).

Bước 2: Thời điểm quan trắc lượng bốc hơi nước thường giảm vào ban đêm khi nhiệt độ không khí giảm từ cao xuống thấp, do đó thời gian quan trắc lượng bốc hơi là 7 giờ sáng và 18 giờ chiều. Đồng thời với quá trình quan trắc trên, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình bốc hơi là nhiệt độ và độ ẩm không khí (trong hầm và ngoài trời) cũng được xác định. Các yếu tố nhiệt độ và độ ẩm không khí thay đổi mạnh trong ngày, thường vào các thời điểm: buổi sáng (nhiệt độ bắt đầu tăng), buổi trưa (nhiệt độ cao nhất), chiều tối (nhiệt độ bắt đầu giảm thấp) và nửa đêm (nhiệt độ thấp nhất) được xác định bằng nhiệt ẩm kế tự động.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày kết quả đo trực tiếp lượng bốc hơi nước từ mực nước ngầm bằng LS và xây dựng mối quan hệ giữa lượng bốc hơi đó với các yếu tố ảnh hưởng như: độ sâu mực nước ngầm, nhiệt độ, lượng bốc hơi bề mặt, nhiệt độ không khí và lượng mưa. Mực nước ngầm trong nghiên cứu này được duy trì cố định ở độ sâu 0,9 m so với bề mặt tự nhiên, lượng nước ngầm mất đi do bốc hơi cũng được dùng để xây dựng quan hệ với biến thiên của mực nước ngầm trong quá trình đo.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Thông số địa chất thủy văn của đới thông khí

Khả năng thoát hơi nước từ mực nước ngầm phụ thuộc vào độ ẩm, hệ số rỗng của đới thông khí và khả năng cung cấp nước của tầng chứa nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, thành phần thạch học của đới thông khí tại khu vực thí nghiệm chủ yếu là cát, kích

thước lỗ rỗng lớn, mức độ lưu thông nước cao, cụ thể các thông số được trình bày ở bảng 1. Về chất lượng nước, kết quả đo trực tiếp của nhóm tác giả tại các giếng đào, khoan của người dân cho thấy, tại trạm Đà Nẵng pH thay đổi từ 5,02-9,4, độ mặn <0,02‰; tại trạm Phú Yên pH thay đổi từ 7,42-12,2, độ mặn 0,01-0,04‰; tại Bình Thuận pH thay đổi từ 5,3-7,5, độ mặn 0,01-0,03‰.

Bảng 1. Các thông số địa chất thủy văn của đới thông khí.

Vị trí thí nghiệm	Thành phần hạt (%)		Độ ẩm W (%)	Khối lượng thể tích γ (g/cm ³)		Khối lượng riêng Δ (g/cm ³)	Hệ số rỗng e	Độ lỗ rỗng n (%)	Hệ số thấm K (cm/s)
	Cát (2-0,05 mm)	Bụi (0,05-0,01 mm)		Khô	Tự nhiên				
Đà Nẵng	97,00	3,00	5,70	1,57	1,66	2,65	0,69	40,8	4,96x10 ⁻³
Phú Yên	99,10	0,90	3,30	1,51	1,56	2,64	0,75	42,8	5,12x10 ⁻³
Bình Thuận	93,80	6,20	8,70	1,55	1,68	2,63	0,70	41,1	4,96x10 ⁻³

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

Thời gian quan trắc lượng bốc hơi từ mực nước ngầm tại các điểm tiến hành theo 4 đợt: đợt 1 từ ngày 17/1/2022 đến ngày 31/1/2022; đợt 2 từ ngày 16/6/2022 đến ngày 30/6/2022; đợt 3 từ ngày 7/9/2022 đến ngày 21/9/2022; đợt 4 từ ngày 5/12/2022 đến ngày 19/12/2022.

Kết quả quan trắc trong năm 2022 cho thấy, tổng lượng bốc hơi nước ngầm tại trạm Đà Nẵng là 259,9 mm, trung bình ngày thay đổi từ 0,13 đến 0,4 mm trong mùa mưa và từ 0,67 đến 1,4 mm trong mùa khô. Tại trạm Phú Yên tổng lượng bốc hơi nước ngầm là 335,6 mm, trung bình ngày thay đổi từ 0,13 đến 0,2 mm trong mùa mưa và từ 1,13 đến 1,47 mm trong mùa khô. Tại trạm Bình Thuận tổng lượng bốc hơi nước ngầm là 377,0 mm, trung bình ngày thay đổi từ 0,58 đến 1,2 mm trong mùa mưa và từ 0,87 đến 1,48 mm trong mùa khô (bảng 2).

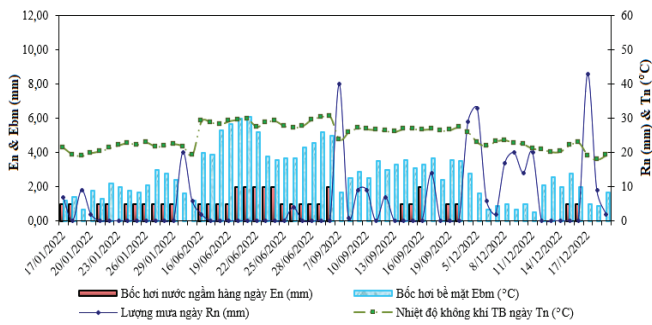
Bảng 2. Lượng bốc hơi tại các trạm quan trắc năm 2022.

Trạm quan trắc	En ngày trong tháng (mm/ngày)				En theo mùa (mm/mùa)		En trung bình năm 2022 (mm)
	Tháng				Mùa khô*	Mùa mưa*	
	1	6	9	12			
Đà Nẵng	0,67	1,40	0,40	0,13	219,1	40,8	259,9
Phú Yên	1,47	1,13	0,20	0,13	315,5	20,1	335,6
Bình Thuận	0,87	1,48	0,58	1,20	187,0	189,9	377,0

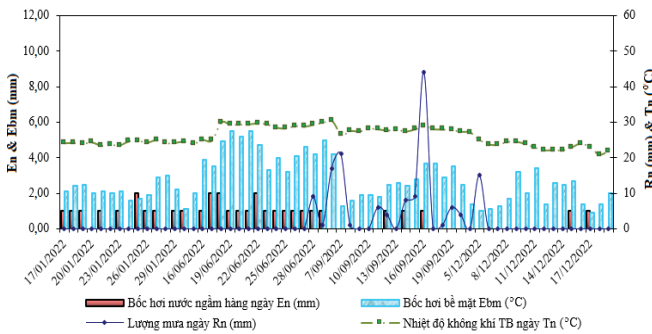
*: số tháng mùa mưa và mùa khô tại các trạm nghiên cứu được trình bày ở mục 1.

3.3. Phân tích quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm và một số yếu tố khí hậu

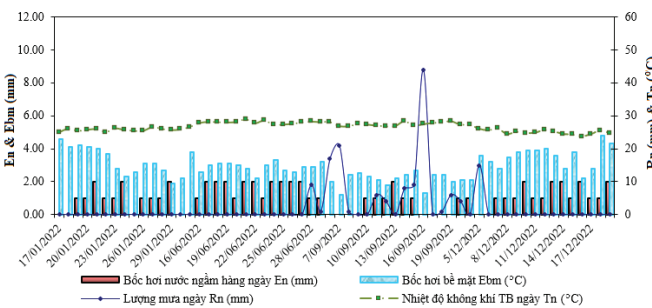
Quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm trung bình ngày E_n (mm) với các yếu tố khí hậu: lượng mưa ngày R_n (mm) [33], nhiệt độ trung bình ngày T_n (°C) và lượng bốc hơi bề mặt E_{bm} (mm) [34] tại 3 trạm quan trắc được thể hiện ở các hình 4-6.



Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm với các yếu tố khí hậu tại trạm Đà Nẵng.



Hình 5. Biểu đồ quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm với các yếu tố khí hậu tại trạm Phú Yên.



Hình 6. Biểu đồ quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm với các yếu tố khí hậu tại trạm Bình Thuận.

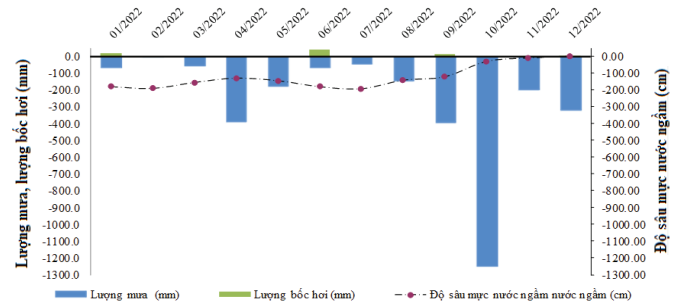
Quá trình bốc hơi nước ngầm diễn ra trong tất cả các ngày không mưa và có mưa nhỏ. Mưa có thể làm giảm nhiệt độ bề mặt của đất, bổ sung độ ẩm cho đất, làm giảm lượng bốc hơi từ nước ngầm. Tuy nhiên, sau thời gian mưa thì lượng bốc hơi mặt đất sẽ tăng cao. Lượng bốc hơi nước ngầm đồng điệu với lượng bốc hơi bề mặt, khác nhau ở chỗ lượng bốc hơi bề mặt diễn ra trong tất cả các ngày, kể cả ngày mưa.

Độ chặt và thành phần cấp phối của đất cũng làm thay đổi tốc độ bốc hơi. Cụ thể: đất cát hạt mịn, cát pha tại Đà Nẵng, Bình Thuận có lượng bốc hơi cao hơn so với cát hạt trung, hạt thô tại Phú Yên. Nguyên nhân do cát tại Phú Yên khá sạch và đều hạt, kích thước lỗ rỗng lớn nên chiều cao mao dẫn của nước ngầm thấp hơn so với khu vực khác, không khí trong các lỗ rỗng cũng làm giảm tác động của nhiệt độ bề mặt xuống sâu.

3.4. Phân tích ảnh hưởng của lượng bốc hơi nước ngầm đến lượng bổ cập tự nhiên cho tầng chứa nước holocen

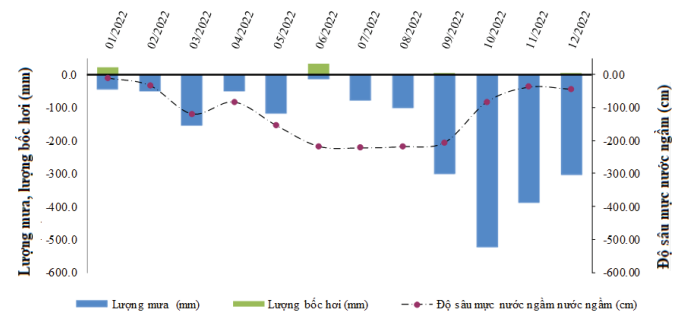
3.4.1. Động thái nước dưới đất của tầng chứa nước tại các trạm quan trắc

Động thái nước dưới đất là một trong các yếu tố quan trọng để xác định nguồn gốc hình thành trữ lượng nước dưới đất cho các tầng chứa nước. Trong nghiên cứu này, động thái nước dưới đất được xác định dựa trên mối quan hệ giữa dao động mực nước ngầm và lượng mưa trong năm 2022. Dựa trên số liệu quan trắc lượng mưa và độ sâu mực nước ngầm tại các trạm quan trắc trong năm 2022, nhóm tác giả đã thành lập quan hệ giữa mực nước ngầm và lượng mưa tháng thể hiện ở các hình 7-9.



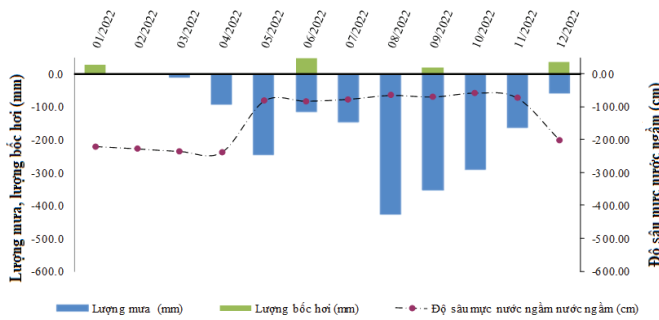
Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa lượng mưa tháng, mực nước ngầm và lượng bốc hơi nước ngầm tại trạm Đà Nẵng.

Quan hệ giữa mực nước ngầm và lượng mưa tại trạm Đà Nẵng tương đối đồng điệu, không thấy sự trễ pha, mực nước ngầm chỉ tăng khi lượng mưa tháng >100 mm. Lượng bốc hơi nước ngầm chủ yếu diễn ra trong mùa khô. Vào mùa mưa, tuy mực nước ngầm dâng cao, song các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình bốc hơi như nhiệt độ (giảm), độ ẩm của đới thông khí (tăng) dẫn tới lượng bốc hơi nước ngầm giảm đi rõ rệt.

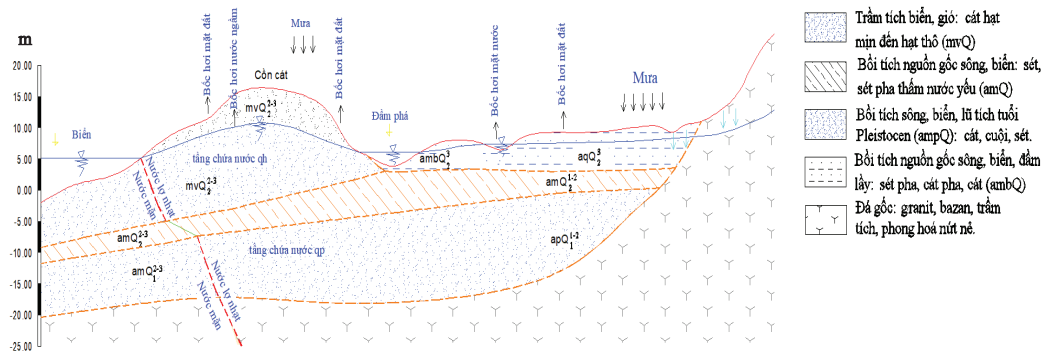


Hình 8. Biểu đồ quan hệ giữa lượng mưa tháng, mực nước ngầm và lượng bốc hơi nước ngầm tại trạm Phú Yên.

Quan hệ giữa mực nước ngầm và lượng mưa tháng tại trạm Phú Yên (hình 8) cho thấy có sự trễ pha. Các tháng mùa khô tuy có mưa, nhưng tổng lượng mưa <100 mm nên không có ý nghĩa trong việc bổ cập nước ngầm. Lượng bốc hơi nước ngầm tăng lên rõ rệt, cùng với đó là lượng khai thác nước ngầm phục vụ sản xuất và sinh hoạt cũng tăng cao dẫn tới mực nước ngầm hạ xuống rất thấp. Các tháng mùa mưa tuy mực nước ngầm dâng cao nhưng điều kiện khí hậu không thuận lợi cho quá trình bốc hơi, dẫn đến lượng bốc hơi tương đối thấp và đồng đều.



Hình 9. Biểu đồ quan hệ giữa lượng mưa tháng, mực nước ngầm và lượng bốc hơi nước ngầm tại trạm Bình Thuận.



Hình 10. Mặt cắt ngang địa chất thủy văn đặc trưng của các dải cồn cát ven biển Nam Trung Bộ.

Diễn biến mực nước ngầm trong dải cồn cát tại trạm Bình Thuận (hình 9) cho thấy, mực nước ngầm giữ ổn định trong suốt mùa mưa, từ tháng 5 đến tháng 11, dù lượng mưa tháng trong mùa mưa có sự biến thiên tương đối lớn từ 160 đến 430 mm. Nguyên nhân là khả năng tích chứa của tầng chứa nước tại đây nhỏ, độ dốc của mực nước ngầm về phía biển lớn, dẫn tới lưu lượng dòng chảy ngầm theo hướng này cao. Mực nước ngầm chỉ dâng lên khi lượng mưa >100 mm. Lượng bốc hơi từ mặt nước ngầm chủ yếu diễn ra từ tháng 12 đến tháng 7 năm sau, lớn nhất là từ tháng 4 đến tháng 7, do trong thời gian đó mực nước ngầm nằm nông và các yếu tố khí hậu thuận lợi cho việc bốc hơi.

3.4.2. So sánh lượng bốc hơi nước ngầm với lượng bổ cập tự nhiên

Nguồn bổ cập tự nhiên cho nước dưới đất có thể được hình thành từ quá trình ngấm xuống của nước mưa, từ dòng ngầm nơi khác hoặc các hồ, đầm ao chảy đến và từ dòng chảy mặt. Bề mặt địa hình các dải cồn cát ven biển Nam Trung Bộ có dạng gò đồi với cao độ vào khoảng 5-20 m, thành phần thạch học chủ yếu là cát hạt mịn đến cát hạt vừa có nguồn gốc trầm tích biển, biển gió, thuộc thành tạo holocen. Tiếp giáp giữa hai dạng địa hình này là các đầm, phá hoặc

sông nhỏ (do dòng chảy từ cồn cát). Khối nước nhạt trong các dải cồn cát này thuộc tầng chứa nước qh, tồn tại dưới dạng thấu kính và nằm cân bằng động với nước biển, nước sông và đầm phá trong khu vực, gương nước ngầm có xu hướng thấp dần về phía biển và phía lục địa (hình 10).

Kết hợp giữa phân tích cấu trúc địa chất thủy văn, động thái nước dưới đất cho thấy, nguồn bổ cập tự nhiên cho thấu kính nước nhạt trong các dải cồn cát ven biển Nam Trung Bộ chủ yếu là từ nguồn mưa ngấm xuống, các nguồn khác không đáng kể. Lượng bổ cập do mưa được xác định theo công thức sau:

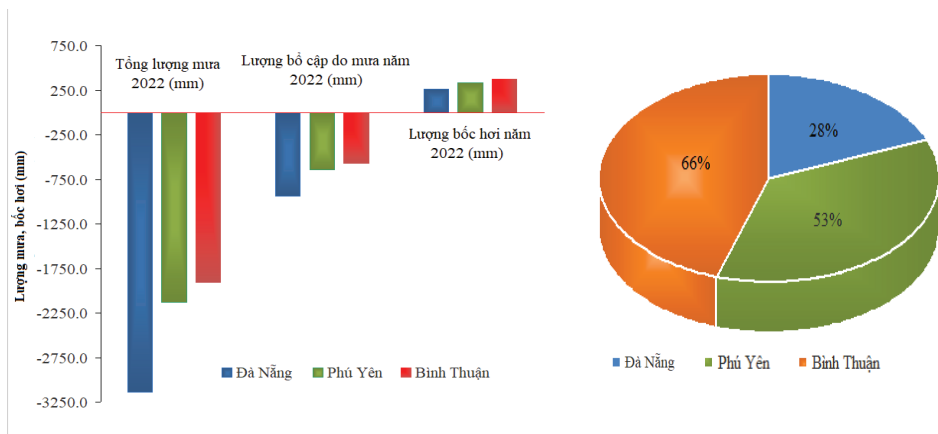
$$H_{bc} = \alpha \times X \quad (2)$$

trong đó: H_{bc} : lượng bổ cập do mưa; X : tổng lượng mưa năm (m); α : hệ số thấm xuyên của nước mưa (phụ thuộc vào thành phần thạch học của tầng phủ), với đất loại cát lấy $\alpha=0,3$.

Kết quả tính lượng bổ cập tự nhiên do mưa được trình bày ở bảng 3, quan hệ giữa lượng bổ cập do mưa và lượng bốc hơi nước ngầm được thể hiện ở hình 11.

Bảng 3. So sánh lượng bốc hơi nước ngầm và lượng bổ cập tự nhiên.

Trạm đo	Tổng lượng mưa 2022 (mm)	Hệ số thấm xuyên α	Tổng lượng bổ cập do mưa 2022 (mm)	Tổng lượng bốc hơi năm 2022 (mm)	% lượng bốc hơi so với lượng bổ cập	Độ lỗ rỗng của tầng chứa nước ngầm (%)	Hạ thấp mực nước của tầng chứa nước do bốc hơi nước ngầm (m)
Đà Nẵng	3136,4	0,3	940,9	259,9	28	40,8	0,64
Phủ Yên	2128,6	0,3	638,6	335,6	53	42,8	0,78
Bình Thuận	1906,5	0,3	571,9	377,0	66	41,1	0,92



Hình 11. Biểu đồ quan hệ giữa lượng bốc hơi nước ngầm và lượng bổ cập do mưa.

Kết quả tính toán cho thấy, hàng năm lượng nước ngầm thất thoát do bốc hơi từ mực nước ngầm giả định là 0,9 m, chiếm 28-66% lượng bổ cập tự nhiên do mưa. Với mực nước ngầm giả định như trên thì hàng năm lượng bốc hơi nước ngầm sẽ làm giảm độ sâu mực nước của tầng chứa nước tại Đà Nẵng, Phú Yên và Bình Thuận lần lượt là khoảng 0,64, 0,78, 0,92 m.

4. Kết luận

Khối nước nhạt trong các dải cồn cát ven biển Nam Trung Bộ thường tồn tại dưới thấu kính nằm cân bằng động với nước biển, nước sông, đầm phá trong khu vực, gương nước ngầm có xu hướng thấp dần về phía biển và phía lục địa.

Nguồn bổ cập tự nhiên chủ yếu là do nước mưa và lượng bổ cập do mưa năm 2022 tại khu vực Đà Nẵng là 940,9 mm, Phú Yên 638,6 mm và Bình Thuận là 571,9 mm.

Trong những tháng mùa khô và đầu mùa mưa, với các trận mưa có tổng lượng mưa dưới 100 mm chỉ có ý nghĩa làm giảm bốc hơi nước bề mặt, không có tác dụng bổ sung cho nước dưới đất.

Với tầng chứa nước có mực nước ngầm phân bố ở độ sâu 0,9 m, lượng bốc hơi từ bề mặt nước ngầm sẽ làm suy giảm độ sâu mực nước của tầng chứa nước khoảng 0,64 m tại Đà Nẵng, 0,78 m tại Phú Yên và 0,92 m tại Bình Thuận, tương ứng từ 28 đến 66% lượng bổ cập tự nhiên do mưa.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo dựa trên các số liệu của đề tài “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp giảm thất thoát nước dưới đất nhằm tăng cường nguồn nước cho các vùng khan hiếm nước ven biển Nam Trung Bộ”, mã số ĐTĐL.CN-68/21 do Bộ Khoa học và Công nghệ quản lý, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam chủ trì thực hiện. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018a), *Groundwater Potential of Da Nang City*, 35pp (in Vietnamese).

[2] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018b), *Groundwater Potential of Quang Nam Province*, 41pp (in Vietnamese).

[3] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018c), *Groundwater Potential of Quang Ngai Province*, 39pp (in Vietnamese).

[4] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018d), *Groundwater Potential of Binh Dinh Province*, 40pp (in Vietnamese).

[5] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018e), *Groundwater Potential of Phu Yen Province*, 29pp (in Vietnamese).

[6] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018f), *Groundwater Potential of Khanh Hoa Province*, 36pp (in Vietnamese).

[7] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018g), *Groundwater Potential of Ninh Thuan Province*, 32pp (in Vietnamese).

[8] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2018h), *Groundwater Potential of Binh Thuan Province*, 36pp (in Vietnamese).

[9] Da Nang City Statistics Office (2022), *Da Nang City Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 620pp (in Vietnamese).

[10] Quang Nam Statistics Office (2022), *Quang Nam Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 616pp (in Vietnamese).

[11] Quang Ngai Statistics Office (2022), *Quang Ngai Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 620pp (in Vietnamese).

[12] Binh Dinh Statistics Office (2022), *Binh Dinh Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 646pp (in Vietnamese).

[13] Phu Yen Statistics Office (2022), *Phu Yen Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 572pp (in Vietnamese).

[14] Khanh Hoa Statistics Office (2022), *Khanh Hoa Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 466pp (in Vietnamese).

[15] Ninh Thuan Statistics Office (2022), *Ninh Thuan Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 508pp (in Vietnamese).

[16] Binh Thuan Statistics Office (2022), *Binh Thuan Statistical Yearbook 2021*, Statistical Publishing House, 554pp (in Vietnamese).

[17] A.P. Vershinin (2009), “Evaporation from land, evapotranspiration”, *Hydrological Cycle*, **II**, pp.124-142.

[18] A.I. Budagovsky (1980), “Soil water evaporation”, *Physics of Soil Waters*, Nauka Press, 450pp.

[19] H.L. Penman (1948), “Natural evaporation from open water, bare soil and grass”, *Proceedings of The Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, **193(1032)**, pp.120-145, DOI: 10.1098/rspa.1948.0037.

[20] A.A. Sokolov, T.G. Chapman (1974), *Methods for Water Balance Computations: An International Guide for Research and Practice*, The Unesco Press, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000011523>, 127pp, accessed 14 April 2023.

[21] V.J. Mezentsev (1955), “More on the calculation of average total evaporation”, *Meteorol. i Gidrol.*, **5**, pp.24-26.

[22] A.S. Monin, A.M. Obukhov (1954), “Basic laws of turbulent mixing in the atmospheric surface layer”, *Proceedings of Geophysics Institute, National Academy of Science, SSSR*, **24(151)**, pp.163-187.

[23] O.A. Drozdov, A.S. Grigor’Eva (1965), *The Hydrologic Cycle in The Atmosphere*, Israel Program for Scientific Translations, 282pp.

[24] C.W. Thornthwaite, J.R. Mather, D.B. Carter (1957), *Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance*, *Climatology*, **X(3)**, https://www.researchgate.net/profile/Jennifer_Stanton2/post/Can_someone_provide_me_an_solved_example_of_water_balance_model_using_Thornthwaite_and_Mather_method/attachment/59d634c579197b80779926ab/AS:381208795074561@1467898668124/download/Thornthwaite-Mather-1957.pdf, accessed 27 October 2023.

[25] 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).

[26] R.G. Allen, T. Howell, W.O. Pruitt, et al. (1991), “Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements”, *Proceedings of The International Symposium on Lysimetry, Honolulu, Hawaii*, 444pp, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:131485267>, accessed 24 June 2023.

[27] 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.

[28] G. 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.

[29] 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.

[30] 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.

[31] 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.

[32] 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.

[33] Vrain (2023), Specialized Rain Measuring System, https://vrain.vn/36/overview?public_map=windy, accessed 8 August 2023.

[34] National Center for Hydro-Meteorological Forecasting (2021), *Data Surface Evaporator, Air Temperature at Da Nang*, <https://www.nchmf.gov.vn/kttv/>, accessed 17 December 2021.