



Characteristics of hydrochemical and $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ stable isotopic composition to study saltwater intrusion in coastal aquifers in Danang city



Thao Bach Nguyen ^{1,*}, Nhan Duc Dang ², Bang Duc Dao ¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Institute for Nuclear Sciences and Technology, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:
Received 12th Dec. 2022
Revised 27th Mar. 2023
Accepted 11st Apr. 2023

Keywords:

Coastal aquifer,
Da Nang city,
Ground water origin,
Hydrochemical,
Stable isotopic.

ABSTRACT

The situation of saltwater intrusion in coastal aquifers in Da Nang city is greatly affected by urban planning, exploitation and water resources use. This article presents research data on hydrogeochemical characteristics and stable isotope composition, thereby determining the origin of groundwater in aquifers then study on saltwater intrusion. The relationship between $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ during rainy season shows that the water in the Holocene aquifer in Da Nang coastal area has isotopic composition similar to regional meteorological water and does not mix with seawater, the main source recharges to the aquifer is rainwater. During dry season, $\delta^{18}\text{O}$ in groundwater is low but $\delta^2\text{H}$ is enriched by recharged rainwater from higher attitude area and also affected by exchange with leakage water from landfills. The saline water in this aquifer tends to be washed by rainwater leading to the phenomenon of paleness and the area of salt water in the aquifer is gradually shrinking. These research results are very important in propose a solution for ground water extraction plan and control saltwater intrusion for groundwater.

Copyright © 2023 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: nguyenbachthao@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(2).01



Đặc điểm thủy địa hóa và thành phần đồng vị bền $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ trong nghiên cứu xâm nhập mặn các tầng chứa nước lỗ hổng khu vực ven biển Thành phố Đà Nẵng

Nguyễn Bách Thảo ^{1,*}, Đặng Đức Nhận ², Đào Đức Bằng ¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Viện Khoa học Kỹ thuật Hạt nhân, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
Nhận bài 12/12/2022
Sửa xong 27/3/2023
Chấp nhận đăng 11/4/2023

Từ khóa:
Nguồn gốc,
Nước dưới đất,
Thành phần đồng vị bền,
Thủy địa hóa,
Ven biển thành phố Đà Nẵng.

TÓM TẮT

Tình hình diễn biến xâm nhập mặn nước dưới đất khu vực thành phố Đà Nẵng chịu tác động rất lớn bởi công tác quy hoạch đô thị và khai thác, sử dụng tài nguyên nước. Bài báo đưa ra các số liệu nghiên cứu về đặc điểm thủy địa hóa và thành phần đồng vị bền $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ từ đó xác định nguồn gốc của nước dưới đất trong các tầng chứa nước lỗ hổng khu vực ven biển thành phố Đà Nẵng phục vụ nghiên cứu xâm nhập mặn nước dưới đất. Mối quan hệ giữa $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ cho thấy nước vào mùa mưa, dưới đất các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ khu vực ven biển thành phố Đà Nẵng có thành phần đồng vị tương đồng với nước khí tượng khu vực và không có pha trộn với nước biển, nguồn bổ cập chính cho tầng chứa nước là nước mưa. Mùa khô, $\delta^{18}\text{O}$ trong nước bị cạn kiệt nhưng $\delta^2\text{H}$ lại có xu hướng được làm giàu do nguồn bổ cập cho nước dưới đất từ các tầng chứa nước ven rìa có cao độ tuyệt đối mực nước lớn hơn, ngoài ra còn có thể ảnh hưởng bởi quá trình trao đổi sinh học với nước rỉ thải. Nước mặn trong tầng này có xu hướng được rửa mặn bởi nước mưa dẫn đến hiện tượng nhạt hóa và diện tích nước mặn trong tầng chứa nước đang dần thu hẹp. Những kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong việc xây dựng phương án khai thác nước dưới đất hợp lý đáp ứng nhu cầu sử dụng nước đồng thời kiểm soát xâm nhập mặn cho nước dưới đất.

© 2023 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenbachthao@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(2).01

1. Mở đầu

Nước dưới đất là một loại tài nguyên đặc biệt, có vai trò quan trọng trong đời sống của con người. Tại các khu vực ven biển, nguồn tài nguyên này đang có nguy cơ bị đe dọa do hiện tượng xâm nhập mặn vào các tầng chứa nước. Theo Ghassemi và nnk (1995), thế giới mất đi 10 hecta đất trồng trọt mỗi phút, trong đó 3 hecta do xâm nhập mặn. Nhiều công trình nghiên cứu chỉ ra rằng, hiện tượng tầng chứa nước bị nhiễm mặn là do sự ảnh hưởng của quá trình thủy triều, nước biển dâng, quá trình khai thác nước dưới đất quá mức (Adriano và nnk., 2016; Nguyễn và nnk., 2018; Hoang và nnk., 2018).

Theo thống kê của Shi và Ashbindu (2003), các vùng ven biển luôn có mật độ dân cư lớn, trung bình toàn thế giới là 100 người/km², chiếm khoảng 40% dân số trên 7,6% tổng diện tích lục địa. Việt Nam có đường bờ biển dài hơn 3.200 km, là một trong số các nước đứng đầu có mật độ dân cư vùng ven biển cao, với khoảng 320 người/km², trong đó, các thành phố lớn luôn có mật độ đông hơn cả, trung bình trên 800 người/km². Ở đó, nhu cầu sử dụng nước cho sinh hoạt, sản xuất không ngừng tăng lên cùng với sự phát triển kinh tế-xã hội. Do vậy, khả năng xâm nhập của nước mặn vào các tầng chứa nước (TCN), các thấu kính nước nhạt đang có nguy cơ ngày càng gia tăng, đặc biệt trong điều kiện biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD) hiện nay, mà nước ta là một trong các quốc gia chịu ảnh hưởng mạnh mẽ nhất, đặc biệt tại các thành phố lớn tập trung đông dân cư (Hoang và nnk., 2018).

Khu vực thành phố Đà Nẵng có 74 km đường bờ biển và mật độ dân cư đông nhất cả nước, đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong phát triển kinh tế và du lịch. Do đó, thành phố Đà Nẵng đang phải đối mặt với các vấn đề về thiếu hụt nguồn nước cho các hoạt động phát triển kinh tế, khai thác quá mức dẫn đến cạn kiệt và ô nhiễm nguồn nước. Trong đó, vấn đề xâm nhập mặn nước dưới đất là một thách thức lớn (Đỗ và Phạm, 2002). Để hạn chế các tác động tiêu cực nêu trên, cần xác định nguồn gốc của nước dưới đất và nghiên cứu cơ chế xâm nhập mặn nước dưới đất. Dựa vào đặc điểm thủy địa hóa và thành phần đồng vị bền $\delta^{18}\text{O}$ và $\delta^2\text{H}$ ta có thể thu nhận được thông tin về nguồn hình thành nước dưới đất trong các tầng chứa nước, từ đó xác định được nguồn gốc xâm nhập

mặn cho nước dưới đất.

2. Khái quát vùng nghiên cứu

2.1. Đặc điểm địa chất thủy văn

Vùng nghiên cứu gồm ba dạng địa hình: núi, đồng bằng và cồn cát ven biển. Khu vực ven biển tồn tại năm tầng chứa nước, đó là tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Đệ tứ không phân chia (q), tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Holocen (qh), tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Pleistocen (qp) được chia ra thành lớp trên (qp₂) và lớp dưới (qp₁), tầng chứa nước khe nứt vỉa trầm tích Neogen (n), tầng chứa nước khe nứt karst, khe nứt vỉa trầm tích lục nguyên và trầm tích biển chất (E-C) (theo cơ sở nào để phân ra 5 tầng chứa nước?).

Tầng chứa nước q phân bố rải rác trên bề mặt với diện tích nhỏ khoảng 3÷5 km². Thành phần thạch học hỗn tạp gồm sét, sét pha, cát pha, cuội sỏi lẫn dăm đá gốc. Tầng chứa nước được xếp vào loại nghèo nước với lưu lượng Q=0,84 l/s, tỷ lưu lượng q = 0,05 l/sm. Động thái biến đổi mạnh theo mùa, về mùa khô nhiều giếng đào bị cạn kiệt.

Tầng chứa nước qh phân bố không đều với tổng diện tích khoảng 160 km², đặc điểm địa chất thủy văn khác nhau theo từng khu vực. Thành phần thạch học chủ yếu là cát thạch anh hạt từ mịn tới trung, cát pha, sét pha, kết cấu rời rạc có khả năng chứa nước tốt. Động thái nước dưới đất biến đổi mạnh theo mùa với biên độ thay đổi từ 0,45÷3,0 m tại Liên Chiểu Hải Châu đến 1,8÷11,2 m tại khu vực Sơn Trà Ngũ Hành Sơn. Mức độ chứa nước của tầng từ trung bình tới giàu, tỷ lưu lượng thay đổi từ 0,04÷3,65 l/sm. Tầng qh lộ ra trên mặt nên chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi quá trình nhiễm mặn do hoạt động thủy triều; đặc biệt tại khu vực sông Cầu Đỏ, Cẩm Lệ, hơn 50% diện tích tầng chứa nước qh bị nhiễm mặn. Loại hình hóa học của nước dưới đất tầng chứa nước này chủ yếu là Clorua-Natri.

Tầng chứa nước qp phân bố với diện tích khoảng 360 km², thành phần thạch học gồm cát thạch anh từ mịn tới thô, cát chứa sạn sỏi, cuội sỏi. Lớp chứa nước qp₂ có tỷ lưu lượng q=0,32 l/sm, mức độ chứa nước trung bình. Trong khi đó lớp chứa nước qp₁ có mức độ chứa nước phong phú hơn từ trung bình tới giàu, tỷ lưu lượng thay đổi từ 0,03÷3,32 l/sm.

Các tầng chứa nước khe nứt trong vùng nghiên cứu có diện tích phân bố khoảng 40 km² phần

lớn chúng bị phủ bởi các trầm tích trẻ hơn. Thành phần thạch học chủ yếu gồm đá vôi hoa hóa, đá phiến xerixit, đá phiến sét và đá phiến thạch anh. Tầng chứa nước được xếp mức độ chứa nước từ nghèo tới trung bình.

Với các đặc điểm địa chất thủy văn đã trình bày trên, tầng chứa nước có ý nghĩa trong khai thác là tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Đệ tứ Holocen và Pleistocen. Tuy nhiên, cả hai tầng chứa nước đều đã có dấu hiệu bị nhiễm mặn, do đó cần có các nghiên cứu chi tiết về nguồn gốc xâm nhập mặn để đưa ra các phương án khai thác hợp lý.

2.2. Hiện trạng xâm nhập mặn nước dưới đất

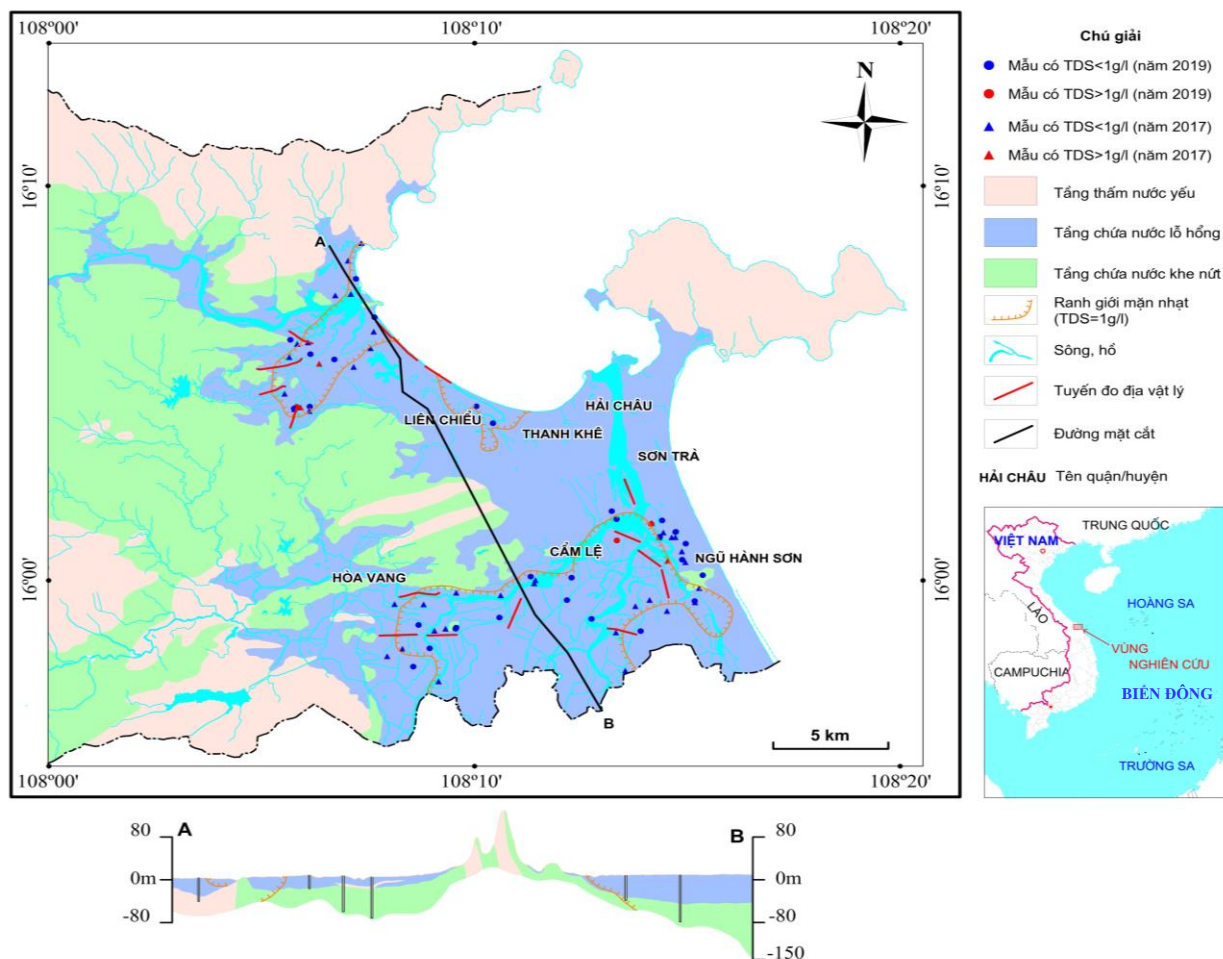
Hiện trạng xâm nhập mặn tầng chứa nước qh và qp tại thời điểm 2020 theo kết quả từ mô hình xâm nhập mặn (Nguyễn và nnk., 2018, 2023) chỉ ra rằng, diện tích mặn của tầng chứa nước qh giảm nhanh hơn so với tầng chứa nước qp vì ngoài mặt

đi do quá trình khai thác, chảy sang vùng khác thì tầng chứa nước trên mặt còn chịu ảnh hưởng của quá trình bổ cập do mưa gây nhạt hóa tầng chứa nước. Tuy nhiên, tầng chứa nước trên mặt chịu sự ảnh hưởng lớn của sông và biển, do đó tại các khu vực dọc sông Hàn, sông Cu Đê, sông Đồ Toàn và ven biển, diện tích mặn tăng lên theo chuỗi thời gian tính toán của mô hình. Trên Hình 1 thể hiện những vùng có TDS lớn hơn 1 g/l của hai tầng chứa nước qh và qp. Theo đó, tổng diện tích nhiễm mặn tầng chứa nước qh là 41,8 km² và tầng qp là 53,4 km².

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Lấy mẫu và phân tích mẫu

Các mẫu nước được lấy tại 35 lỗ khoan trong hai đợt, bao gồm: đợt 1 thực hiện trong cuối mùa khô (tháng 5/2019) và đợt 2 thời điểm cuối mùa



Hình 1. Bản đồ, mặt cắt địa chất thủy văn của khu vực thành phố Đà Nẵng và các vị trí lấy mẫu phân tích (theo Đỗ và Phạm, 2002)

mưa (tháng 12/2020) phân tích các cation và anion chính, TDS và thành phần đồng vị bền $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$. Trước khi lấy mẫu nước tại các lỗ khoan, mực nước của tầng chứa nước được đo, từ đó tính toán thể tích nước trong lỗ khoan. Tiến hành bơm tối thiểu 3 lần thể tích nước tích đọng trong lỗ khoan cho đến khi độ pH và nhiệt độ của nước không thay đổi sử dụng thiết bị đo hiện trường WTW Multi 197i.

Đầu tiên, khoảng 100 mL nước ngầm được lọc qua màng polycarbonat dạng lưới 0,45 μm để loại bỏ các chất lơ lửng sau đó chia thành hai phần. Một phần được axit hóa bằng HNO_3 (65%, loại PA, Merck, Đức) đến độ pH khoảng 1÷2. Các mẫu này được định lượng các cation NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} và Mg^{2+} . Một phần khác được giữ không axit hóa để xác định Cl^- , NO_3^- và SO_4^{2-} . Nước biển được lấy mẫu cách bờ 20 m.

Nước mưa được thu thập hai tháng một lần bằng cách sử dụng một thiết bị được chế tạo theo khuyến nghị của IAEA (2002). Thiết bị được lắp đặt trên nóc khuôn viên của Trạm khí tượng thủy văn thành phố Đà Nẵng nằm gần khu vực nghiên cứu. Các mẫu nước mưa, nước biển và nước ngầm để xác định thành phần đồng vị ổn định được bảo quản trong chai nhựa HDPE nắp đậy dung tích 50 mL và chúng được bảo quản lạnh cho đến khi

phân tích trong phòng thí nghiệm. Vị trí của các giếng lấy từ các mẫu đó đã được chọn xung quanh ranh giới nước mặn từ bản đồ địa chất thủy văn năm 2012 theo tài liệu nghiên cứu của Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung (Hình 1).

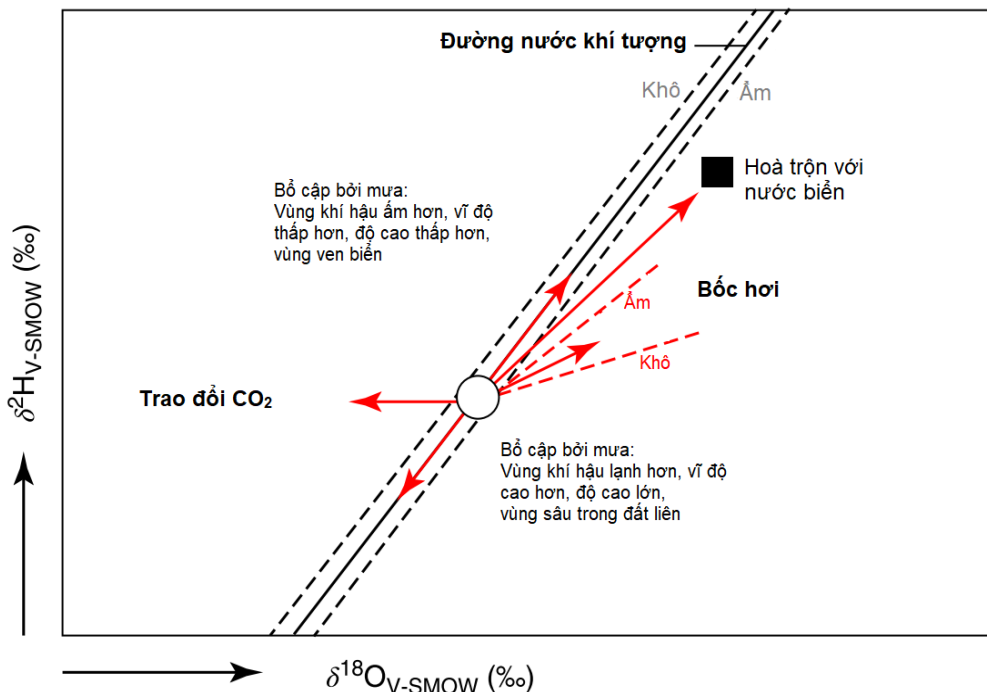
3.2. Nghiên cứu thành phần đồng vị bền

Công thức xác định thành phần đồng vị của oxy-18 và deuteri (được ký hiệu là $\delta^{18}\text{O}$ và $\delta^2\text{H}$) biểu diễn mức độ giàu hơn hoặc nghèo hơn theo đồng vị nặng so với mẫu chuẩn và được định nghĩa:

$$\delta^2\text{H} = \left(\frac{{}^2R_{\text{sample}}}{{}^2R_{\text{std}}} - 1 \right) \times 1000, \quad (1)$$

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{{}^{18}R_{\text{sample}}}{{}^{18}R_{\text{std}}} - 1 \right) \times 1000, \quad (2)$$

Trong đó: ${}^2R_{\text{sample}}$, ${}^2R_{\text{std}}$, ${}^{18}R_{\text{sample}}$, ${}^{18}R_{\text{std}}$ - tỷ số giữa độ phổ biến đồng vị nặng và đồng vị nhẹ của hydro và oxy $[{}^2\text{H}]/[{}^1\text{H}]$ và $[{}^{18}\text{O}]/[{}^{16}\text{O}]$ tương ứng trong mẫu nước nghiên cứu và mẫu chuẩn. Mẫu chuẩn được sử dụng trong phân tích này là Mẫu chuẩn nước biển trung bình tại Viên (VSMOW 2) được chuẩn bị và cung cấp bởi Phòng thí nghiệm Thủy văn Đồng vị tại Cơ quan Năng lượng Nguyên



Hình 2. Mối quan hệ giữa thành phần đồng vị của $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ trong các loại nước có nguồn gốc khác nhau (dịch từ Craig, 1961).

từ Quốc tế (IAEA) có trụ sở tại Viên (Áo). Hình 2 trình bày đặc điểm của mối quan hệ giữa hai thành phần đồng vị của hydro và oxy trong phân tử của các loại nước khác nhau: nước mưa, nước bốc hơi (sông, hồ), nước pha trộn với nước biển,... (Tweed và nnk., 2019). Hình 2 là cơ sở khoa học để xác định nguồn gốc nguồn tài nguyên NĐĐ.

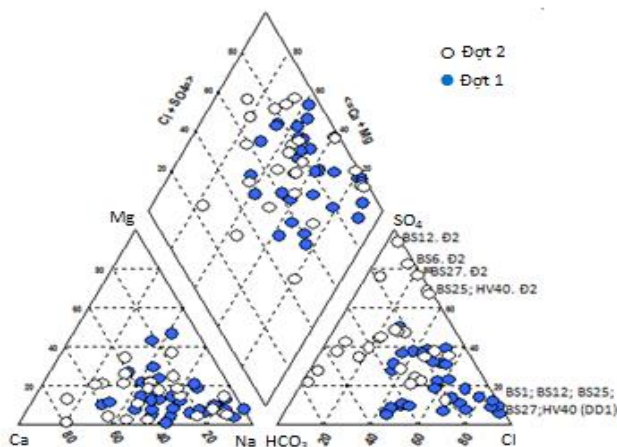
4. Kết quả và thảo luận

4.1. Thành phần hóa học nước dưới đất khu vực nghiên cứu

Hình 3 trình bày giản đồ Piper biểu diễn thành phần hóa học của các mẫu nước thu gom trong hai đợt trên địa bàn nghiên cứu thuộc thành phố Đà Nẵng.

Từ Hình 3 nhận thấy theo các chỉ tiêu thủy địa hóa chính thì nước dưới đất trên khu vực nghiên cứu được phân loại là loại nước Na-Ca-Cl-SO₄. Nước trong một số giếng khoan có nồng độ ion chloride (Cl⁻) cao hơn 40 lần so với mức quy định tại QCVN 09: 2015/BTNMT về chất lượng nước dưới đất. Hàm lượng Cl⁻ trong một số giếng cho thấy nước dưới đất đang bị xâm nhập mặn. Tuy nhiên, lý do nồng độ ion chlorua cao trong các mẫu nước giếng kể trên sẽ được bàn luận tiếp dưới đây trên cơ sở của các chỉ thị khác, trong đó có chỉ thị về thành phần đồng vị của nước.

4.2. Nguồn bổ cập nước dưới đất các tầng chứa nước lỗ hổng khu vực nghiên cứu

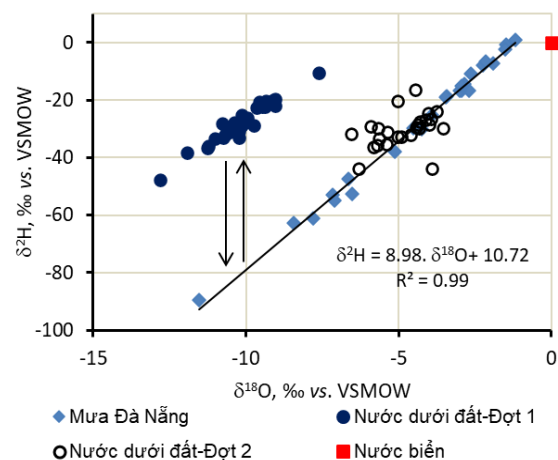


Hình 3. Giản đồ Piper thể hiện thành phần hóa học (theo các chỉ tiêu chính) của các mẫu nước dưới đất thu gom trong hai đợt vào tháng 5/2019 (đợt 1, điểm tròn kín màu xanh) và vào tháng 12/2020 (đợt 2, điểm tròn mở).

Hình 4 cho thấy thành phần đồng vị ($\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$) trong nước dưới đất và trong nước mưa trên địa bàn nghiên cứu thu thập vào tháng 5/2019 (cuối mùa khô-đầu mùa mưa) và vào tháng 12/2020 (cuối mùa mưa-đầu mùa khô).

Mô hình mô tả đường nước khí tượng khu vực (LMWL) thành phố Đà Nẵng theo kết quả phân tích các mẫu nước mưa thu thập trong thời gian 2019÷2020 là: $\delta^2\text{H} = 8,98. \delta^{18}\text{O} + 10,72, \text{‰}$ vs. VSMOW, với $R^2 = 0,99$. Như vậy, LMWL tuân theo mô hình có độ dốc là 8,98 và giao điểm là 10,72‰. Các giá trị của mẫu nước trong khu vực có sự khác biệt với Đường nước khí tượng toàn cầu (GMWL) với lần lượt là 8 và 10‰ (Craig, 1961). Điều này được giải thích do điều kiện thời tiết đặc trưng của thành phố Đà Nẵng, quanh năm ẩm ướt và nhiệt độ không khí cao.

Thành phần đồng vị trong nước dưới đất vào mùa khô được thể hiện bằng các ký hiệu hình tròn kín (Hình 4) cho thấy quan hệ $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ có xu hướng khác biệt với thời điểm mùa mưa. Mùa khô, $\delta^{18}\text{O}$ trong nước bị cạn kiệt nhưng $\delta^2\text{H}$ lại có xu hướng được làm giàu. Giải thích cho xu hướng này là do nguồn bổ cập cho nước dưới đất từ các tầng chứa nước ven rìa có cao độ địa hình lớn hơn, sau thời gian nước vận động từ bề mặt đến vị trí nghiên cứu thành phần đồng vị trong nước mưa đã giảm. Bên cạnh đó, nước dưới đất vận động từ nguồn bổ cập ra khu vực ven biển theo độ dốc thủy lực có khả năng thấm qua các khu vực bãi chôn lấp chất thải. Đặc điểm này được các nhà thủy văn



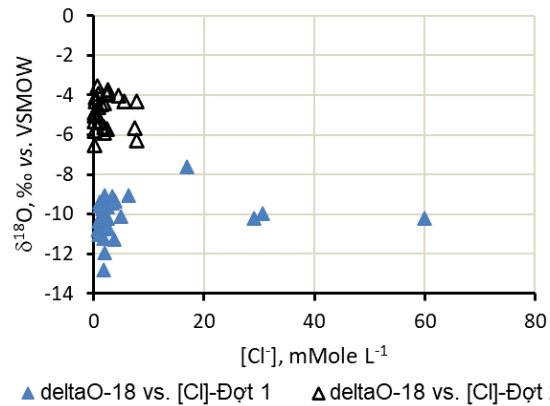
Hình 4. Thành phần đồng vị trong nước dưới đất và nước mưa khu vực thành phố Đà Nẵng thu gom vào tháng 5/2019 (đợt 1) và tháng 12/2020 (đợt 2).

đồng vị nghiên cứu và cho rằng do có trao đổi đồng vị giữa nước mưa và khí methane (CH_4) có nguồn gốc từ phân hủy sinh học rác thải, tan trong nước bề cấp (25 mg/L, trong điều kiện 25°C, áp suất 1 atm, độ muối 18 ppt (Blound và Price, 1982). Khí sunfua (H_2S) và khí metan (CH_4) giàu thành phần đồng vị deuteri (Hacley và nnk., 1996; Clark và Fritz, 2013), nhưng thành phần đồng vị $\delta^{18}\text{O}$ không được làm giàu nên giá trị $\delta^{18}\text{O}$ trong các mẫu nước dưới đất là ngang bằng với $\delta^{18}\text{O}$ trong nước mưa. Qua công tác khảo sát cho thấy một bãi chôn lấp rác thải cách vị trí các điểm lấy mẫu từ 5÷7 km về phía Tây Bắc. Nước rò rỉ từ bãi chôn lấp có chứa H_2S và CH_4 là sản phẩm của quá trình phân hủy sinh học. Đây có thể là nguyên nhân làm thay đổi thành phần đồng vị của các mẫu nước thời điểm mùa khô. Sự rò rỉ của nước các bãi chôn lấp sẽ càng nghiêm trọng hơn trong mùa khô do không có lượng nước bề cấp từ nước mưa vào các tầng chứa nước. Quá trình trao đổi đồng vị deuteri giữa nước mưa và CH_4 cũng như H_2S ($^1\text{H}_2\text{O} + \text{C}^2\text{H}^1\text{H}_3 \leftrightarrow ^2\text{H}^1\text{HO} + \text{C}^1\text{H}_4$ và $^1\text{H}_2\text{O}_{\text{mưa}} + ^2\text{H}_1\text{HS} \leftrightarrow ^2\text{H}^1\text{HO}_{\text{mưa}} + ^1\text{H}_2\text{S}$) trong nước rỉ bãi thải được biểu thị bằng hai mũi tên thuận nghịch trên Hình 4.

Số liệu thành phần đồng vị trong nước dưới đất về mùa mưa (đợt 2) cho thấy thành phần đồng vị của cả $\delta^{18}\text{O}$ và $\delta^2\text{H}$ đều được làm giàu (điểm tròn mở trong Hình 4). Do đó, nước dưới đất trên địa bàn nghiên cứu được bổ cấp trực tiếp từ nước mưa khu vực vì thành phần đồng vị của các mẫu nước hầu hết nằm trùng với đường nước mưa khu vực (LMWL) thành phố Đà Nẵng. Chỉ có duy nhất một điểm nằm dưới đường LMWL có thể nhận định về khả năng ảnh hưởng của nước biển làm cho thành phần đồng vị tại vị trí đó được làm giàu.

Mối tương quan giữa thành phần đồng vị $\delta^{18}\text{O}$ và nồng độ ion chlorua trong các mẫu nước dưới đất thu góp trên địa bàn thành phố Đà Nẵng được thể hiện trong Hình 5.

Từ Hình 5 nhận thấy giá trị $\delta^{18}\text{O}$ trong các mẫu nước dưới đất nghiên cứu vào mùa khô dao động trong khoảng hẹp $-10,11 \pm 0,98$ ‰, trong khi $[\text{Cl}^-]$ thay đổi trong khoảng rộng, từ 28,4 đến 2130 mg/L (60 mMol/L). Về mùa mưa, giá trị $\delta^{18}\text{O}$ trong các mẫu nước cũng chỉ thay đổi trong khoảng hẹp $-4,81 \pm 0,85$ ‰ trong khi nồng độ $[\text{Cl}^-]$ có khoảng thay đổi khá rộng, từ 1,41÷274,64 mg/L. Như vậy, trong trường hợp này mối tương quan giữa tỷ số $[\text{Na}^+]/[\text{Cl}^-]$ và $[\text{Cl}^-]$ của các mẫu nước nằm bên dưới đường nước biển là do nước muối từ trong



Hình 5. Mối tương quan giữa $\delta^{18}\text{O}$ và $[\text{Cl}^-]$ trong các mẫu nước dưới đất trên địa bàn thành phố Đà Nẵng (2019-2020) cho thấy không có nước biển xâm nhập vào tầng chứa nước.

các lỗ rỗng của các hạt trầm tích khuếch tán vào nước bề cấp. Lớp trầm tích này hình thành từ thời kỳ biển thoái có tuổi địa chất Holocene nên trong các lỗ hổng luôn giữ nước muối. Do vậy, đây là quá trình rửa mặn, không phải là xâm nhập mặn.

5. Kết luận

Trên cơ sở đánh giá điều kiện tự nhiên-địa chất thủy văn và các nghiên cứu phương pháp đồng vị trong nước và trên thế giới, nhóm tác giả đã lựa chọn đồng vị $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ và để nghiên cứu nguồn gốc nước dưới đất tại thành phố Đà Nẵng. Kết hợp với điều tra thực địa, kết quả phân tích mẫu hóa, mẫu đồng vị trong hai đợt vào mùa khô và mùa mưa hai năm 2019÷2020, nhóm tác giả đưa ra các mối quan hệ để xác định nguồn gốc nhiễm mặn như sau:

- Nước dưới đất trong các trầm tích lỗ hổng Holocene và Pleistocen trên địa bàn nghiên cứu được bổ cấp từ nước mưa khu vực nhưng chịu ảnh hưởng của gió mùa và gió Mậu dịch nên nguồn gốc độ ẩm gây mưa trong không khí trên khu vực có giá trị thành phần đồng vị cũng thay đổi theo mùa (mùa mưa khác mùa khô). Hơn nữa, nguy cơ nước rỉ từ bãi thải tập trung cũng có ảnh hưởng lớn đến thành phần đồng vị của nước dưới đất và mức độ ảnh hưởng cũng phụ thuộc vào mùa.

- Mặc dù nước dưới đất trong một số giếng trên khu vực nghiên cứu có mức tổng khoáng hóa cao, nồng độ ion chlorua trong nước cũng cao nhưng nguyên nhân không phải do nước biển xâm nhập. Lý do tổng khoáng hóa cao cũng như nồng

độ ion Cl⁻ trong nước lấy từ một số giếng khoan cao hơn tiêu chuẩn quy định của QCVN 09: 2015/BTNMT là do quá trình rửa mặn bởi nước mưa. Nước muối hấp phụ trong các trầm tích lỗ rỗng khuếch tán vào nước nhạt được bổ cập, hoặc nước muối từ tầng cách nước ngầm xuống tầng chứa nước. Quá trình rửa mặn cũng có thể do cơ chế trao đổi cation giữa Ca²⁺ trong nước mưa bổ cập cho nước dưới đất và Na⁺ hấp phụ trên bề mặt các hạt trầm tích biển có từ khi hình thành tầng chứa nước trên khu vực.

- Về mùa mưa nồng độ sulfate trong nước tăng, nhưng nồng độ chlorua giảm là do có quá trình khử nitơ trong nitrate bởi hydrosulfur (H₂S) trong nước thấm rỉ từ các bãi chôn lấp chất thải tạo ra sulfate bổ sung vào nước bổ cập, đồng thời nước bổ cập pha loãng ion Cl⁻ khuếch tán từ trong các lỗ hổng trầm tích trong quá trình rửa mặn.

- Mối quan hệ giữa δ²H và δ¹⁸O trong mùa mưa cho thấy nước tại tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ trong các trầm tích Đệ tứ khu vực ven biển thành phố Đà Nẵng có thành phần đồng vị tương đồng với nước khí tượng khu vực, không có pha trộn với nước biển. Nguồn nước mặt bổ cập cho các tầng chứa nước chủ yếu có nguồn gốc là nước khí tượng khu vực.

Như vậy, nước mặn trong các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ trên địa bàn thành phố Đà Nẵng là nước trầm tích ven biển được hình thành cùng với quá trình thành tạo tầng chứa nước và không chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi nước mặn từ biển hoặc theo cửa sông dưới tác động của thủy triều. Nước mặn trong tầng này được nước khí tượng (nước mưa) rửa mặn dẫn đến hiện tượng nhạt hóa và diện tích nước mặn trong tầng chứa nước đang dần thu hẹp. Để tìm hiểu nguồn gốc của sulfate trong các mẫu nước cần tiến hành xác định thành phần đồng vị lưu huỳnh (δ³⁴S) trong các mẫu sulfate vì giá trị δ³⁴S trong sulfate nước biển hoàn toàn khác giá trị δ³⁴S trong sulfate có nguồn gốc từ phân hủy sinh học nước rỉ thải.

Đóng góp của tác giả

Nguyễn Bách Thảo - lập đề cương, xây dựng và hoàn thiện bản thảo, chỉ đạo công tác thực địa, phân tích tổng hợp kết quả; Đặng Đức Nhận - xử lý kết quả phân tích thủy địa hóa và đồng vị, viết một phần nội dung; Đào Đức Bằng - khảo sát thực địa, lấy mẫu, chỉnh sửa một số bản vẽ.

Lời cảm ơn

Bài báo này được thực hiện trong Đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu xác định nguồn gốc, cơ chế và giải pháp kiểm soát xâm nhập mặn các tầng chứa nước ven biển khu vực thành phố Đà Nẵng trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng”, mã số B2019-MDA-562-16.

Tài liệu tham khảo

- Adriano, M, Nguyen, B. T., & Olivier, B. (2016). Using radon-222 to study coastal groundwater/surface-water interaction in the Crau coastal aquifer (southeastern France). *Hydrogeology Journal*, 24, 1775-1789.
- Blound, C. W., Price L. C. (1982). *Solubility of methane in water. A laboratory study*. Final Report for the period from Apr 1, 1978 to 30 Jun, 1982. Dept of Geology, Idaho State University. Report No. DOE/ET/12145-1.
- Clark, I. D. & Fritz, P. (2013). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis Publisher, CRC Press.
- Craig, H. (1961). Isotopic Variations in Meteoric Waters. *Science*. (1961). 133(3465): p. 1702-1703.
- Đỗ, C. D., Phạm, Q. N. (2002). Báo cáo Đề tài Dự báo quy hoạch khai thác bền vững nguồn nước ngầm thành phố Đà Nẵng trên cơ sở điều tra chất lượng, trữ lượng, hiện trạng ô nhiễm và khả năng tự bảo vệ nước dưới đất. Sở Khoa học Công nghệ và Môi trường Đà Nẵng.
- Ghassemi, F., Jakeman, A. J., & Nix, H. A. (1995). Salinization of land and water resources. *CAB International*. Wallingford, UK.
- Hackley, K. C., Liu, C. L., & Coleman, D. D. (1996). Environmental isotope characteristics of landfill leachates and gases. *GroundWater*, 34(5). 827-836.
- Hoang, H. V., Nguyen, L. V., Dang, N. D., Wagner, F., & Pham, N. Q. (2018). Hydro-geochemical characteristics of the groundwater resources in the southern part of the Red River's Delta plain, Vietnam. *Environmental earth sciences*, 77, 1-21. doi <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7857-9>.

- IAEA, (2002). *Water and environment newsletter of the Isotope Hydrology Section*. International Atomic Energy Agency (No. 16, Nov. 2002).
- QCVN 09: 2015/BTNMT. (2015). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dưới đất*. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 2015.
- Nguyễn, B. T., Cao, V. A., Nguyễn, D. T., Hoàng, T. S., & Nguyễn, V. D. (2018). *Hiện trạng xâm nhập mặn nước dưới đất vùng thành phố Đà Nẵng, giải pháp khai thác hợp lý*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 10-20.
- Nguyen, B. T., & Thi, V. L. K. (2023). Integrated SWAT-MODFLOW model to study saltwater intrusion in Da Nang coastal city. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1071, No. 1, p. 012037). IOP Publishing. DOI:10.1088/1755-1315/1071/1/012037.
- Shi, H., & Singh, A. (2003). Status and interconnections of selected environmental issues in the global coastal zones. *AMBIO. A Journal of the Human Environment*, 32(2), 145-152.
- Tweed, S., Leblanc, M., Cartwright, I., Bass, A., Travi, Y., Marc, V.,... & Kumar, U. S. (2019). Stable Isotopes of Water in Hydrogeology. *Encyclopedia of Water, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA*. 1-10.