

## CHỈ SỐ CHẤT LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT (GWQI): NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP Ở TỈNH QUẢNG BÌNH

Trương Trung Kiên<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hợp<sup>1\*</sup>, Trương Quý Tùng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

<sup>2</sup> Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

\*Email: ngvanhopkh@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/3/2025; ngày hoàn thành phản biện: 17/3/2025; ngày duyệt đăng: 24/4/2025

### TÓM TẮT

Chỉ số chất lượng nước dưới đất (GWQI) được áp dụng để đánh giá chất lượng nước (CLN) dưới đất ở tỉnh Quảng Bình. Chỉ số GWQI được tính theo công thức dạng tích, là hàm của trọng số  $w_i$  và chỉ số thông số  $q_i$  của thông số CLN  $i$ . Trọng số  $w_i$  được xác định theo phương pháp phân tích thành phần chính. Chỉ số thông số  $q_i$  được xác định theo hàm tuyến tính dựa vào các giá trị giới hạn trong Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về CLN cho sinh hoạt (QCVN 01-1:2018/BYT). Mười thông số được chọn ( $i = 1 - 10$ ) để tính GWQI: pH, tổng chất rắn hòa tan (TDS), độ cứng (HARD); sunfat ( $\text{SO}_4$ ), COD, amoni tính theo nitơ (N-NH<sub>4</sub>), nitrat tính theo nitơ (N-NO<sub>3</sub>), tổng sắt tan (Fe), tổng mangan tan (Mn) và tổng coliform (TC). Dữ liệu CLN để tính GWQI là dữ liệu giai đoạn 2023-2024 tại 19 vị trí với tần suất 4 đợt/năm ở 8 địa phương ( $N = 104$ ). Kết quả cho thấy, có 40,4% giá trị GWQI ứng với CLN loại RẤT TỐT/TỐT; 47,1% loại TRUNG BÌNH; 8,7% loại KÉM và 3,8% loại RẤT KÉM.

**Từ khóa:** Nước dưới đất, GWQI, PCA, tỉnh Quảng Bình.

### 1. MỞ ĐẦU

Để đánh giá chất lượng nước (CLN), phổ biến hiện nay, người ta dựa vào so sánh kết quả quan trắc thông số CLN với giá trị giới hạn được quy định trong quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về CLN tương ứng. Phương pháp này thường khó hiểu đối với các nhà quản lý và cộng đồng, do họ ít hiểu thông số CLN riêng lẻ như COD, N-NH<sub>4</sub>, độ cứng... Một phương pháp dễ hiểu hơn là dựa vào một chỉ số và thang đo duy nhất, đó là Chỉ số chất lượng nước (WQI/water quality index) hoặc Chỉ số chất lượng nước dưới đất (GWQI/groundwater quality index) [1], [2], [3], [4]. Chỉ số WQI hoặc GWQI là một số nguyên, thường có giá trị 0 – 100, càng gần 100 CLN càng tốt và ngược lại [1], [5]. Chỉ số

WQI hoặc GWQI thường được tính toán từ *Chỉ số thông số*  $q_i$  và *Trọng số*  $w_i$  theo một công thức xác định. Chỉ số thông số  $q_i$  thể hiện chất lượng của thông số CLN thứ  $i$ , không có đơn vị, nhận giá trị 0 – 100;  $q_i$  càng gần 100, thông số có chất lượng càng tốt và ngược lại. *Trọng số*  $w_i$  thể hiện tầm quan trọng tương đối của thông số  $i$ , tổng *Trọng số*  $w_i$  bằng 1, hay tổng tầm quan trọng của 10 thông số lựa chọn là 100%;  $w_i$  càng lớn thông số  $i$  càng quan trọng và ngược lại [1], [3], [4]. Hầu hết các nghiên cứu đều cho rằng, việc xây dựng chỉ số WQI hoặc GWQI gồm 4 bước: (i) Lựa chọn các thông số CLN; (ii) Tính Chỉ số thông số  $q_i$  thông qua việc chuyển nồng độ quan trắc hay phân tích được của mỗi thông số thành giá trị nằm trong khoảng 0 - 100; (iii) Xác định *Trọng số*  $w_i$  của mỗi thông số; (iv) Tổ hợp các giá trị  $q_i$  và  $w_i$  thành WQI hoặc GWQI (tức là tính WQI/GWQI theo một công thức xác định) và đánh giá CLN dựa vào thang điểm phân loại WQI hoặc GWQI [1], [2], [3], [4].

Để xác định  $w_i$  có 2 phương pháp thường dùng: (i) dựa vào ý kiến của các chuyên gia; (ii) áp dụng phân tích thống kê đa biến như phương pháp phân tích thành phần chính (PCA/principal component analysis) và một dạng tương tự là phân tích yếu tố (FA/factor analysis). Nhiều tác giả cho rằng, phương pháp PCA cho phép xác định  $w_i$  khách quan hơn (vì nó dựa vào phân tích dữ liệu quan trắc CLN), khắc phục được tính chủ quan của phương pháp lấy ý kiến chuyên gia [2]. Nhiều tác giả đã áp dụng phương pháp PCA hoặc FA để xác định  $w_i$  trong phát triển chỉ số GWQI [2], [3].

Ở Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường (BTNMT) đã ban hành chỉ số WQI để áp dụng đánh giá chất lượng nước của các nguồn nước mặt (từ năm 2011 và điều chỉnh năm 2019) [6]. Trong đó, chỉ số WQI không tính đến  $w_i$ , mà chỉ tính đến  $q_i$  (hay coi các thông số CLN lựa chọn có trọng số bằng nhau, tức là các giá trị  $w_i$  đều bằng 1). Đến nay, BTNMT chưa ban hành chỉ số GWQI để đánh giá CLN dưới đất. Nguyễn Hải Âu & nnk (2020) [7] đã áp dụng chỉ số GWQI được phát triển ở Ấn Độ năm 2019 để đánh giá CLN dưới đất tầng Pleistocen tại xã Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu: lựa chọn 10 thông số CLN, xác định  $w_i$  theo phương pháp entropy. Nói chung, các nghiên cứu về GWQI ở Việt Nam còn rất hạn chế.

Trong các bài báo trước, chúng tôi đã xây dựng được quy trình tổng quát tính GWQI (trong đó đã áp dụng phương pháp PCA để tính  $w_i$ ) và áp dụng để đánh giá CLN dưới đất ở tỉnh Quảng Trị [3] và tỉnh Hà Tĩnh [8]. Trong nghiên cứu này, chỉ số GWQI đó được áp dụng để đánh giá CLN dưới đất ở tỉnh Quảng Bình.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

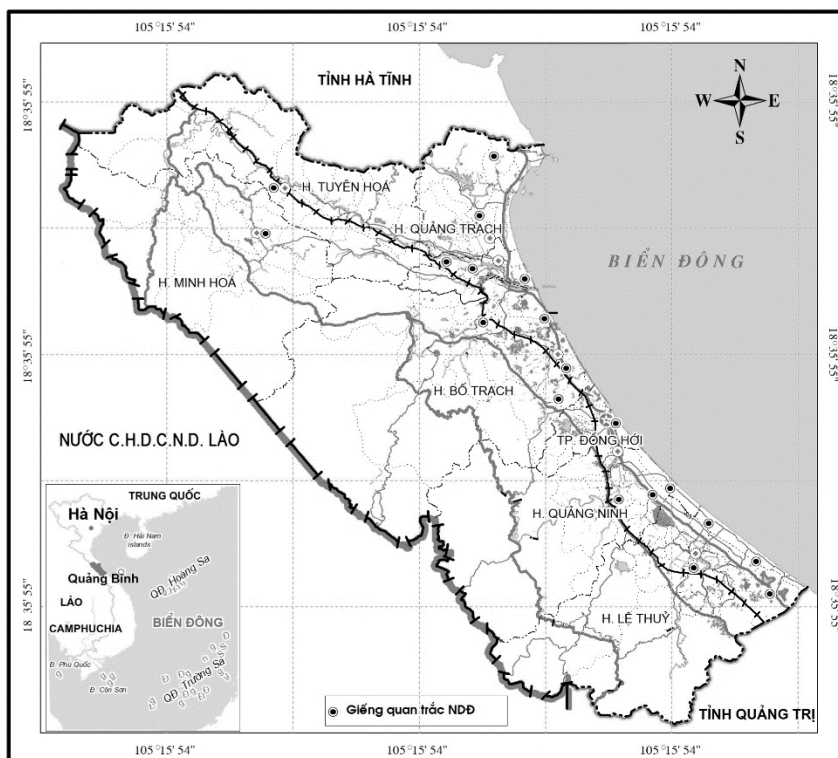
### 2.1. Phạm vi nghiên cứu và dữ liệu chất lượng nước dưới đất

Quảng Bình là một tỉnh ở dải đất miền Trung Việt Nam, phía Bắc giáp tỉnh Hà Tĩnh, phía Nam giáp tỉnh Quảng Trị, phía Tây giáp Nước Cộng hòa Dân chủ Nhân dân

Lào và phía Đông giáp biển Đông. Địa hình đa dạng, có đủ các vùng đồi núi, trung du, đồng bằng và ven biển. Tỉnh Quảng Bình nằm trong khu vực nhiệt đới, gió mùa nóng ẩm, mưa nhiều. Diện tích đất tự nhiên 7.998,76 km<sup>2</sup>. Vị trí Quảng Bình nằm trên trục kinh tế Bắc – Nam, là nơi giao thương kinh tế, giao lưu văn hóa Đông – Tây, là cửa ngõ lớn nối Việt Nam với thế giới qua đường bộ và đường biển. Dân số của tỉnh Quảng Bình là 918.665 người (2023) [9].

Hàng năm, Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường (QT-TNMT) tỉnh Quảng Bình tiến hành quan trắc CLN dưới đất tại 19 điểm (hay vị trí quan trắc) với tần suất 04 đợt/năm ở 8 huyện, thị xã và thành phố thuộc tỉnh (số điểm quan trắc ghi trong ngoặc đơn), gồm: thành phố Đồng Hới (1); thị xã Ba Đồn (1); các huyện Lệ Thủy (4), Quảng Ninh (3), Quảng Trạch (4), Bố Trạch (4), Tuyên Hóa (1), Minh Hóa (1). Các vị trí quan trắc được nêu ở Hình 1. Hoạt động đảm bảo chất lượng, kiểm soát chất lượng (QA/QC) và phương pháp phân tích các thông số CLN tuân thủ các hướng dẫn hiện hành của BTNMT.

Dữ liệu gốc về CLN dưới đất của tỉnh Quảng Bình (giai đoạn 2023-2024), do Trung tâm QT-TNMT tỉnh Quảng Bình cung cấp (tổng số số liệu N = 104), được xử lý (lấy số con số có nghĩa, thay những kết quả nhỏ hơn giới hạn phát hiện của phương pháp phân tích/LOD bằng LOD) nhằm tạo ra tập dữ liệu phù hợp cho tính toán chỉ số GWQI để đánh giá CLN dưới đất ở tỉnh Quảng Bình. Do dung lượng của tập dữ liệu khá lớn nên số liệu chi tiết của tập dữ liệu không đưa ra ở đây.



Hình 1. Các vị trí quan trắc nước dưới đất ở tỉnh Quảng Bình (2023-2024)

## 2.2. Lựa chọn thông số

Để thuận lợi cho đánh giá CLN dưới đất dựa vào GWQI, các thông số được lựa chọn là các thông số cơ bản và được quan trắc thường xuyên trong chương trình quan trắc môi trường của các địa phương (tỉnh/thành). Số thông số lựa chọn (n) thường khoảng 9 – 13 [1], [2], [3], [4], [5]. Trong nghiên cứu này, lựa chọn 10 thông số gồm: pH, tổng chất rắn hòa tan (TDS), độ cứng (HARD), nhu cầu oxy hóa học (COD) hay chỉ số pemanganat, sunfat (viết tắt là SO<sub>4</sub>), amoni tính theo nitơ (N-NH<sub>4</sub>), nitrat tính theo nitơ (N-NO<sub>3</sub>), tổng sắt tan (Fe), tổng mangan tan (Mn) và tổng coliform (TC). Trong đó, các thông số pH, TDS, HARD, SO<sub>4</sub> thể hiện đặc điểm hóa-lý của nguồn nước; thông số COD thể hiện mức ô nhiễm các chất hữu cơ; thông số N-NH<sub>4</sub> và N-NO<sub>3</sub> thể hiện mức ô nhiễm các chất dinh dưỡng; Fe và Mn thể hiện mức nhiễm kim loại nặng; TC thể hiện mức nhiễm các vi khuẩn có nguồn gốc từ phân người và động vật [3]. Các thông số này cũng được quy định trong QCVN 09-MT:2023/BTNMT về CLN dưới đất cho đa mục đích sử dụng và QCVN 01-1:2018/BYT về CLN sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt.

## 2.3. Phương pháp xác định Chỉ số thông số

Chỉ số thông số  $q_i$  thể hiện chất lượng của thông số CLN  $i$ . Có nhiều cách để chuyển kết quả quan trắc mỗi thông số ( $x$ ) thành Chỉ số thông số  $q$ . Một số tác giả xác định giá trị  $q$  theo công thức (1) [1], [3], [4]:

$$q_i = \frac{C_i}{C_{oi}} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó,  $C_i$  (mg/L) và  $C_{oi}$  (mg/L) tương ứng là nồng độ của mỗi thông số trong mẫu và giới hạn được quy định trong quy chuẩn kỹ thuật CLN của quốc gia hoặc WHO. Theo công thức (1), đối với mỗi thông số,  $q_i$  là hàm tuyến tính của  $C_i$ ;  $q_i$  càng tăng, chất lượng của thông số càng giảm và ngược lại; khi  $C_i > C_{oi}$ , giá trị của  $q_i > 100$ .

Cách thuận tiện hơn để xác định  $q_i$  là dựa vào các mức được quy định trong quy chuẩn quốc gia để xây dựng hàm tuyến tính dạng  $y = q = a + bx$ . Hiện nay, ở nước ta người dân thường sử dụng nước giếng khoan, giếng đào cho mục đích sinh hoạt và do vậy, trong nghiên cứu này, sử dụng QCVN 01-1:2018/BYT (viết tắt là QCVN 01-1) quy định về CLN sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt. Hệ số  $a$  và  $b$  trong phương trình tuyến tính được suy ra từ hai phương trình tuyến tính (2) và (3):

$$100 = a + b \times (C_{oi} - 3 \times S) \quad (2)$$

Trong đó,  $C_{oi}$  giới hạn cho phép của QCVN 01-1 đối với thông số,  $y = q = 100$  ứng với chất lượng tốt của thông số;  $S$  là độ lệch chuẩn; Khi kết quả quan trắc thông số ( $x$ ) <  $C_{oi} - 3 \times S$ , giá trị  $q$  của nó = 100; Khi  $x = C_{oi} - 1 \times S$ , thì  $q = 50$ .

$$50 = a + b \times (C_{oi} - 1 \times S) \quad (3)$$

Trong đó,  $y = q = 1$  ứng với chất lượng kém của thông số; Khi kết quả quan trắc của thông số ( $x \geq C_{oi} + 3 \times S$ , giá trị  $q$  của nó = 1. Điều này được hiểu là: giới hạn cho phép đối với mỗi thông số là trung bình của một phân bố chuẩn (hay một quần thể); chỉ những giá trị  $x$  nằm ngoài khoảng tin cậy 99,87% của giá trị trung bình đó mới được xem là thuộc phân bố khác (hay quần thể khác), tức là lớn hơn giới hạn cho phép; số 3 là giá trị của biến chuẩn hóa ( $z$ ) ứng với xác suất tin cậy  $P = 0,9987$ ;  $S$  được xem là độ lệch chuẩn của quần thể [3], [10].

Độ lệch chuẩn  $S$  có thể tính toán từ độ lệch chuẩn tương đối (RSD, %) [3], [10]:

$$S = \frac{RSD \times \text{Mean}}{100} \quad (4)$$

Trong đó, Mean là trung bình số học và chính là giới hạn cho phép của thông số CLN trong QCVN 01-1; RSD được xác định dựa vào phương trình Horwitz [3], [10]:

$$RSD = 2^{1 - 0,5 \lg C} \quad (5)$$

Với  $C$  là nồng độ được biểu diễn dưới dạng số thập phân; chẳng hạn khi  $C = 2$  ppm (hay 2 mg/L), thì thay  $C = 2 \cdot 10^{-6}$  vào công thức (5) để tính RSD.

#### 2.4. Phương pháp xác định Trọng số

Trọng số ( $w_i$ ) thể hiện tầm quan trọng tương đối của thông số CLN và chúng có thể bằng hoặc khác nhau. Thông thường, tổng các Trọng số bằng 1 [1], [3], [4].

Nhiều chỉ số GWQI sử dụng Trọng số  $w_i$  khác nhau và được tính theo công thức (6) và (7) [1], [6], [8]:

$$w_{i*} = \frac{K}{C_{oi}} \quad (6)$$

Trong đó, hệ số  $K = 1/\sum(1/C_{oi})$ ;  $C_{oi}$  (mg/L) là giới hạn của thông số  $i$  được quy định trong quy chuẩn kỹ thuật CLN của quốc gia hoặc WHO;  $w_{i*}$  là Trọng số của mỗi thông số CLN được xác định theo ý kiến chuyên gia [1], [3]. Từ các giá trị  $w_{i*}$ , tính toán  $w_i$  theo công thức (7):

$$w_i = \frac{w_{i*}}{\sum_{i=1}^n w_{i*}} \quad (7)$$

Trong nghiên cứu này, sử dụng các Trọng số  $w_i$  đã được xác định theo phương pháp PCA khi nghiên cứu đánh giá CLN dưới đất ở tỉnh Quảng Trị [6]. Các giá trị  $w_i$  của mỗi thông số  $i$  được nêu ở Bảng 1.

Bảng 1. Trọng số  $w$  của thông số chất lượng nước [6]

| Thông số         | pH   | TDS  | HARD | SO4  | COD  | N-NH4 | N-NO3 | Fe   | Mn   | TC   |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| Trọng số ( $w$ ) | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,08  | 0,07  | 0,10 | 0,07 | 0,12 |

## 2.5. Phương pháp tính chỉ số GWQI và thang điểm phân loại chất lượng nước dưới đất

Nghiên cứu này tiến hành tính chỉ số GWQI theo phương pháp tích như đã được công bố ở [6], tức là tính GWQI theo công thức (8):

$$GWQI = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (8)$$

Một số tác giả đề xuất thang điểm ngược để phân loại CLN dưới đất, tức là giá trị GWQI càng lớn, CLN càng giảm và ngược lại [1], [4]. Để thuận lợi cho người dùng chỉ số GWQI, nghiên cứu này sử dụng thang điểm thuận để phân loại CLN dưới đất tương tự như thang điểm phân loại đã được công bố ở [6]: GWQI càng lớn, CLN dưới đất càng tốt và ngược lại (Bảng 2).

Bảng 2. Phân loại chất lượng nước dưới đất theo chỉ số GWQI [6]

| Loại/ Mức | Chỉ số GWQI | Đánh giá chất lượng                     |
|-----------|-------------|-----------------------------------------|
| I         | 81 – 100    | RẤT TỐT (RT)                            |
| II        | 61 – 80     | TỐT (T)                                 |
| III       | 41 – 60     | TRUNG BÌNH (TB)                         |
| IV        | 21 – 40     | KÉM (K)                                 |
| V         | ≤ 20        | RẤT KÉM (RK/ không phù hợp cho ăn uống) |

Mặt khác, để so sánh sự phù hợp của GWQI so với CLN thực tế, ở đây cũng tính toán giá trị GWQI theo một phương pháp khác đã được một số tác giả đã đề xuất như công thức (9) [1], [4]:

$$GWQI = \sum_{i=1}^n q_i \times \frac{w_i^*}{\sum_{i=1}^n w_i^*} \quad (9)$$

Trong đó,  $w_i$  được tính như ở (6) và (7),  $q_i$  được tính theo công thức (10):

$$q_i = \frac{100 \times (C_i - C_0)}{S_i - C_0} \quad (10)$$

Ở đây,  $C_i$  (mg/L) và  $C_0$  (mg/L) tương ứng là nồng độ của thông số CLN trong mẫu và nồng độ lý tưởng của thông số trong nước tinh khiết = 0 (ngoại trừ pH có  $C_0 = 7,0$ ).

Theo công thức (9), GWQI được phân chia thành 5 mức CLN: < 50 (RẤT TỐT); 51 – 100 (TỐT); 101 – 200 (KÉM); 201 – 300 (RẤT KÉM) và > 300 (KHÔNG PHÙ HỢP CHO ĂN UỐNG); nghĩa là GWQI càng bé, CLN dưới đất càng tốt và ngược lại.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Tổng hợp các thông số chất lượng nước dưới đất ở tỉnh Quảng Bình

Các đại lượng thống kê mô tả các thông số CLN dưới đất giai đoạn 2023-2024 ở tỉnh Quảng Bình được nêu ở Bảng 3. Các kết quả ở Bảng 3 cho thấy:

- Biến động mạnh (có hệ số biến động CV gần và lớn hơn 100%) là các thông số (theo thứ tự giảm dần, giá trị CV được ghi trong ngoặc đơn): N-NH<sub>4</sub> (566%) > Mn (178%) > COD (159%) > TDS (148%) > HARD (102%); biến động trung bình (có CV xung quanh 50%) là thông số N-NO<sub>3</sub> (CV = 45%); biến động không đáng kể (có CV < 30%) là thông số pH (CV = 5%).

- Nhiều trường hợp, các thông số CLN dưới đất như HARD, COD, N-NH<sub>4</sub>, Fe, Mn và TC vượt quá mức cho phép (QCVN01-1).

Các đại lượng thống kê mô tả tập dữ liệu được tính toán bằng Microsoft-Excel với công cụ Real Statistics (Bảng 3). Quy chuẩn QCVN 01-1 [9] cũng được đưa vào Bảng 3 để chỉ ra các giới hạn cho phép của các thông số được sử dụng để thiết lập các hàm tuyến tính xác định chỉ số thông số  $q_i$ .

**Bảng 3.** Tổng hợp các đại lượng thống kê mô tả cho 10 thông số được chọn của tập dữ liệu (N=104)

| Đại lượng<br>thống kê (*) | pH<br>(mg/L) | TDS<br>(mg/L) | HARD<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub><br>(mg/L) | COD<br>(mg/L) | N-<br>NH <sub>4</sub><br>(mg/L) | N-<br>NO <sub>3</sub><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | TC<br>(MPN/<br>100mL) |
|---------------------------|--------------|---------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| Min                       | 5,7          | 15            | 9              | 1                         | 0,2           | 0,02                            | 0,04                            | 0,03         | 0,03         | 1                     |
| Max                       | 7,7          | 2236          | 736            | 44                        | 10,7          | 12,75                           | 0,84                            | 0,37         | 0,98         | 32                    |
| Mean                      | 6,5          | 326           | 139            | 5                         | 1,1           | 0,23                            | 0,26                            | 0,04         | 0,07         | 6                     |
| S                         | 0,3          | 481           | 141            | 4                         | 1,7           | 1,33                            | 0,12                            | 0,04         | 0,13         | 5                     |
| Median                    | 6,5          | 171           | 97             | 5                         | 0,6           | 0,03                            | 0,30                            | 0,03         | 0,03         | 5                     |
| MAD                       | 0,2          | 293           | 94             | 2                         | 0,8           | 0,37                            | 0,08                            | 0,02         | 0,04         | 39                    |
| Quartile 1                | 6,3          | 110           | 58             | 4                         | 0,6           | 0,03                            | 0,30                            | 0,03         | 0,03         | 3                     |
| Quartile 3                | 6,7          | 237           | 152            | 6                         | 0,8           | 0,03                            | 0,30                            | 0,03         | 0,05         | 9                     |
| CV (%)                    | 5            | 148           | 102            | 78                        | 159           | 566                             | 44                              | 100          | 178          | 82                    |
| CL 95%                    | 0,1          | 77            | 23             | 1                         | 0,3           | 0,21                            | 0,02                            | 0,01         | 0,02         | 1                     |
| QCVN 01-1                 | 6-8.5        | 1000          | 300            | 250                       | 2,0           | 0,30                            | 2,00                            | 0,30         | 0,10         | 3                     |
| RSD <sub>Horwitz</sub>    | -            | 6             | 7              | 7                         | 14,4          | 19                              | 14                              | 19           | 22           | 14                    |
| (+/-) S                   | -            | 65            | 20             | 17                        | 0,3           | 0,1                             | 0,3                             | 0,06         | 0,02         | 1                     |
| LOD                       | -            | 1             | 1              | 1                         | 0,2           | 0,02                            | 0,04                            | 0,03         | 0,03         | 1                     |

(\*) Min và Max: giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất; Mean: trung bình số học; Median: trung vị; MAD: độ lệch tuyệt đối trung vị; CV(%): hệ số biến động; CL95%: giới hạn tin cậy 95%; QCVN 01-1: viết tắt của QCVN 01-1:2018/BYT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho mục đích sinh hoạt;  $\pm S$  và  $RSD_{Horwitz}$ : tương ứng là độ lệch chuẩn và độ lệch chuẩn tương đối được tính từ phương trình Horwitz với  $C_0$  được biểu diễn bằng phân số ( $C_0$  là mức giới hạn đối với thông số được quy định trong QCVN 01-1). LOD (Limit of Detection): Giới hạn phát hiện của phương pháp phân tích thông số. Khi kết quả nhỏ hơn LOD, để phân tích thống kê, chấp nhận, kết quả bằng LOD.

### 3.2. Chỉ số thông số của các thông số chất lượng nước

Các hàm tuyến tính (phương trình) xác định Chỉ số thông số  $q_i$  đối với thông số CLN  $i$  ( $i = 1-10$ ), gồm:

(1) Đối với thông số pH

Khi  $5,5 \leq \text{pH} < 6$ :  $y = 99x - 445,5$ ;

$8,5 < \text{pH} \leq 9,5$ :  $y = -99x + 951,5$ ;

$6 \leq \text{pH} \leq 8,5$ :  $y = 100$ ;

$\text{pH} < 5,5$  và  $\text{pH} > 9,5$ :  $y = 1$ .

(2) Đối với thông số TDS:

Khi nồng độ  $\text{TDS} \leq 1000 \text{ mg/L}$ :  $y = 100$ ;

$1000 \text{ mg/L} < \text{TDS} \leq 1170 \text{ mg/L}$ :  $y = -0,5834x + 683,36$ ;

$\text{TDS} > 1170 \text{ mg/L}$ :  $y = 1$ .

(3) Đối với thông số HARD:

Khi nồng độ HARD (tính theo  $\text{CaCO}_3$ )  $\leq 300 \text{ mg/L}$ :  $y = 100$ ;

$300 \text{ mg/L} < \text{HARD} \leq 361 \text{ mg/L}$ :  $y = -1,6222x + 586,67$ ;

$\text{HARD} > 361 \text{ mg/L}$ :  $y = 1$ .

(4) Đối với thông số  $\text{SO}_4$ :

Khi nồng độ  $\text{SO}_4 \leq 250 \text{ mg/L}$ :  $y = 100$ ;

$250 \text{ mg/L} < \text{SO}_4 \leq 302 \text{ mg/L}$ :  $y = -1,894x + 573,5$ ;

$\text{SO}_4 > 302 \text{ mg/L}$ :  $y = 1$ .

(5) Đối với thông số COD:

Khi nồng độ  $\text{COD} \leq 2,0 \text{ mg/L}$ :  $y = 100$ ;

$2,0 \text{ mg/L} < \text{COD} \leq 2,9 \text{ mg/L}$ :  $y = -114,47x + 328,92$ ;

$\text{COD} > 2,9 \text{ mg/L}$ :  $y = 1$ .

(6) Đối với thông số N-NH<sub>4</sub>:

Khi nồng độ N-NH<sub>4</sub>  $\leq 0,3 \text{ mg/L}$ :  $y = 100$ ;

$0,3 \text{ mg/L} < \text{N-NH}_4 \leq 0,47 \text{ mg/L}$ :  $y = -573,55x + 272,07$ ;

$$N-NH_4 > 0,47 \text{ mg/L: } y = 1.$$

(7) Đối với thông số N-NO<sub>3</sub>:

$$\text{Khi nồng độ N-NO}_3 \leq 2,0 \text{ mg/L: } y = 100;$$

$$2,0 \text{ mg/L} < N-NO_3 \leq 2,86 \text{ mg/L: } y = -573,55x + 272,07;$$

$$N-NO_3 > 2,86 \text{ mg/L: } y = 1.$$

(8) Đối với thông số Fe:

$$\text{Khi nồng độ Fe} \leq 0,3 \text{ mg/L: } y = 100;$$

$$0,3 \text{ mg/L} < Fe \leq 0,47 \text{ mg/L: } y = -573,55x + 272,07;$$

$$Fe > 0,47 \text{ mg/L: } y = 1.$$

(9) Đối với thông số Mn:

$$\text{Khi nồng độ Mn} \leq 0,1 \text{ mg/L: } y = 100;$$

$$0,1 \text{ mg/L} < Mn \leq 0,17 \text{ mg/L: } y = -1458,41x + 245,84;$$

$$Mn > 0,17 \text{ mg/L: } y = 1.$$

(10) Đối với thông số TC:

$$\text{Khi nồng độ TC} \leq 3,0 \text{ MPN/100 mL: } y = 100;$$

$$3,0 \text{ MPN/100 mL} < TC \leq 4,2 \text{ MPN/100 mL: } y = -81,11 + 343,34;$$

$$TC > 4,2 \text{ MPN/100 mL: } y = 1.$$

### 3.3. Kiểm tra sự phù hợp của chỉ số GWQI

Để kiểm tra sự phù hợp của chỉ số GWQI khi phản ánh CLN thực tế ở vùng khảo sát, tiến hành so sánh kết quả tính toán và phân loại CLN theo 02 (hai) công thức khác nhau là công thức tích (8) và công thức (9) từ tập dữ liệu CLN ở tỉnh Quảng Bình, được ký hiệu tương ứng là GWQI và GWQI<sub>Ref</sub>. Bảng 4 đưa ra một số kết quả về GWQI và GWQI<sub>Ref</sub> đối với những trường hợp mẫu nước dưới đất có thông số CLN vượt quá mức cho phép (QCVN01-1).

**Bảng 4.** So sánh kết quả tính các chỉ số GWQI, GWQI<sub>Ref</sub>, và phân loại CLN đối với một số trường hợp có thông số vượt mức cho phép (QCVN01-1)

| Mẫu     | TDS<br>(mg/L) | HARD<br>(mg/L) | COD<br>(mg/L) | N-NH <sub>4</sub><br>(mg/L) | TC (MPN/<br>100mL) | GWQI -<br>phân loại | GWQI <sub>Ref</sub><br>-phân<br>loại |
|---------|---------------|----------------|---------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|
| QN23-Đ1 | 2.195 (*)     | 392 (*)        | 8,7 (*)       | 0,6 (*)                     | 3 (*)              | 14 - RK             | 75 - T                               |
| QN23-Đ2 | 2.158 (*)     | 407 (*)        | 10,6 (*)      | 0,47 (*)                    | 7 (*)              | 8 - RK              | 66 - T                               |
| QN23-Đ3 | 2.137 (*)     | 398 (*)        | 10,7 (*)      | 0,03                        | 5 (*)              | 12 - RK             | 71 - T                               |
| ST24-Đ3 | 2.236 (*)     | 139            | 0,6           | 0,03                        | 5 (*)              | 47 - K              | 24 - RT                              |
| QK24-Đ3 | 1.193 (*)     | 628 (*)        | 0,6           | 0,03                        | 3 (*)              | 31 - RK             | 62 - T                               |
| QK24-Đ4 | 1.196 (*)     | 672 (*)        | 1,0           | 0,02                        | 4 (*)              | 25 - RK             | 35 - RT                              |

(\*): Không đạt yêu cầu so với quy định của QCVN 01-1.

Các kết quả ở Bảng 4 cho thấy, một số chỉ số GWQI và  $GWQI_{Ref}$  phản ánh CLN khác nhau. Đối với các trường hợp đó, mặc dù có một vài thông số không đạt yêu cầu (so với quy định trong QCVN 01-1), nhưng chỉ số  $GWQI_{Ref}$  vẫn phản ánh CLN loại TỐT và RẤT TỐT là không phù hợp. Nói cách khác, trong những trường hợp đó, chỉ số  $GWQI_{Ref}$  bị mắc tính “mập mờ” (ambiguity) hoặc “che khuất” (eclipsing) trong phản ánh CLN [1], [3]. Trong khi đó, chỉ số GWQI phản ánh CLN phù hợp với thực tế hơn. Rõ ràng, chỉ số GWQI phù hợp hơn trong phản ánh CLN dưới đất cho mục đích ăn uống ở vùng khảo sát.

### 3.4. Đánh giá chất lượng nước dưới đất dựa vào GWQI

Kết quả tính toán GWQI cho dữ liệu CLN dưới đất ở tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2023-2024 ( $N = 104$ ) và phân loại CLN dưới đất cho thấy (kết quả chi tiết về GWQI của tất cả các mẫu nước không đưa ra ở đây): có 40,4% trường hợp (42/104 trường hợp) đạt loại RẤT TỐT và TỐT, 47,1% trường hợp (49/104) thuộc loại TRUNG BÌNH, 8,7% trường hợp (9/104) thuộc loại KÉM và 3,8% trường hợp (4/104) thuộc loại RẤT KÉM.

Kết quả trên cũng phù hợp với kết quả đánh giá CLN dưới đất dựa vào các thông số riêng biệt, tức là so sánh với giới hạn của QCVN 01-1: tổng số GWQI đạt KÉM và RẤT KÉM là 12,5% tương đương với số thông số quan trắc vượt giới hạn của QCVN 01-1 là 13,9%.

## 4. KẾT LUẬN

Chỉ số GWQI là một công cụ hiệu quả trong quản lý CLN dưới đất nói chung và đánh giá CLN dưới đất nói riêng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, chỉ số GWQI được áp dụng thuận lợi và phù hợp trong đánh giá CLN dưới đất ở tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2023-2024. Có thể áp dụng nhân rộng chỉ số GWQI để đánh giá CLN ở địa phương trong những năm tới. Mặt khác, có thể tiếp tục nghiên cứu áp dụng GWQI cho các địa phương khác ở nước ta – những nơi có đặc điểm thủy văn nước dưới đất tương tự vùng khảo sát.

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường, thuộc Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Bình đã cung cấp dữ liệu quan trắc nước dưới đất cho nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Abbasi T and Abbasi SA (2012). *Water Quality Indices*. Elsevier, Great Britain.
- [2]. J. Barbosa Filho and I. B. de Oliveira (2021). *Development of a groundwater quality index: GWQI, for the aquifers of the state of Bahia, Brazil using multivariable analyses*. Sci. Rep., vol. 11, no. 1.
- [3]. K. Truong Trung, Kh. Nguyen Truong, T. Truong Quy, Ch. Nguyen Dang Giang, H. Nguyen Van (2024). *A Groundwater Quality Index Proposed for Assessment of Groundwater Quality: A Case Study of Quang Tri Province, Central Vietnam*. Current Analytica Chemistry, vol. 21, no. 7.
- [4]. M. Prasad, V. Sunitha, Y. S. Reddy, B. Suvarna, B. M. Reddy, and M. R. Reddy (2019). *Data on water quality index development for groundwater quality assessment from Obulavaripalli Mandal, YSR district, A.P India*. Data Br., vol. 24, p. e103846.
- [5]. A. A. Bordalo, R. Teixeira, and W. J. Wiebe (2006). *A water quality index applied to an international shared river basin: The case of the Douro River*. Environ. Manage., vol. 38, no. 6, pp. 910–920,
- [6]. Tổng cục Môi trường (2019). *Quyết định số 1460/QĐ-TCMT: Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN\_WQI)*. Hà Nội.
- [7]. Nguyễn Hải Âu, Trần Minh Bảo, Phạm Thị Tuyết Nhi, Tất Hồng Minh Vy, Trương Tấn Hiền, Trần Ngọc Hiệp, Lưu Khánh Linh, Lương Thị Hải Hà (2020). *Ứng dụng chỉ số chất lượng nước dưới đất (GWQI) và GIS phân vùng chất lượng nước dưới đất tầng Pleistocen tại thị xã Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu*. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường, tập 4, số 1, trang 149-161.
- [8]. Trương Trung Kiên, Nguyễn Đặng Giang Châu, Nguyễn Văn Hợp, Trương Quý Tùng (2025). *Nghiên cứu sử dụng chỉ số chất lượng nước để đánh giá chất lượng nước dưới đất ở tỉnh Hà Tĩnh*. Tạp chí Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội (đã chấp nhận đăng ngày 17/01/2025).
- [9]. Nhà xuất bản thống kê (2024), *Niên giám thống kê tỉnh Quảng Bình năm 2023*. Hà Nội.
- [10]. J. N. Miller and J. C. Miller (2010). *The quality of analytical measurements*. Pearson, England.

## **GROUND WATER QUALITY INDEX: A CASE STUDY IN QUANG BINH PROVINCE**

**Kien Truong Trung<sup>1</sup>, Hop Nguyen Van <sup>1\*</sup>, Tung Truong Quy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Department of Chemistry, University of Sciences, Hue University

<sup>2</sup> Department of Environment, University of Sciences, Hue University

\* Email: ngvanhopkh@gmail.com

### **ABSTRACT**

Groundwater Quality Index (GWQI) was applied to assess groundwater quality in Quang Binh province. The GWQI was calculated by the multiplicative formula as a function of  $w_i$  (weight) and  $q_i$  (sub-index) of water quality parameter  $i$ . The weight  $w_i$  of each GWQI parameter was determined based on principal component analysis (PCA). The sub-index  $q_i$  of each parameter was determined by a linear function based on the limit values specified in the National Technical Regulation on Water Quality for Domestic Use (QCVN 01-1:2018/BYT). Ten parameters were selected ( $i = 1 - 10$ ) to calculate GWQI including: pH, total dissolved solids (TDS), hardness (HARD); sulfate (SO<sub>4</sub>), COD, ammonium (N-NH<sub>4</sub>), nitrate (N-NO<sub>3</sub>), total dissolved iron (Fe), total dissolved manganese (Mn) and total coliform (TC). The groundwater quality monitoring data used to calculate GWQI were collected during the period of 2023-2024 at 19 locations with a frequency of 4 times/year in 8 localities in the province (N = 104). The results showed that 40.4% of the GWQI values were classified as VERY GOOD or GOOD; 47.1% as AVERAGE; 8.7% as POOR and 3.8% as VERY POOR.

**Keywords:** Groundwater, GWQI, PCA, Quang Binh province.



**Trương Trung Kiên** sinh năm 1972 tại Hà Nội. Ông tốt nghiệp cử nhân hóa học năm 1995 tại Trường Đại học Tổng hợp Huế (nay là Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế) và tốt nghiệp thạc sỹ Khoa học Môi trường tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện ông đang là nghiên cứu sinh tại Khoa Hóa học, Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Quản lý và kiểm soát ô nhiễm môi trường; quan trắc và đánh giá chất lượng môi trường.



**Nguyễn Văn Hợp** sinh năm 1956 tại Nghệ An. Ông tốt nghiệp cử nhân hóa học năm 1977 tại Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội (nay là Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội). Ông nhận học vị tiến sỹ năm 2001 tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội và được phong hàm Phó giáo sư năm 2005. Hiện ông là Giảng viên cao cấp tại Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Phương pháp von-ampe hòa tan phân tích lượng vết các kim loại độc trong môi trường; Phân tích và đánh giá các kim loại độc và dư lượng hóa chất bảo vệ thực vật trong môi trường; Phân tích và đánh giá chất lượng nước, đánh giá các nguồn ô nhiễm đất, nước và không khí.



**Trương Quý Tùng** sinh năm 1966 tại Thành phố Huế. Năm 1988, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Hóa học tại trường Trường Đại học Tổng hợp Huế (nay là Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế). Năm 1997, ông tốt nghiệp Thạc sỹ ngành Hóa học tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Năm 2005, ông tốt nghiệp Tiến sỹ ngành Khoa học Môi trường tại Đại học Shizuoka, Nhật Bản. Hiện nay, ông giảng dạy và nghiên cứu khoa học tại Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Hóa học và Kỹ thuật Môi trường, Kỹ thuật xử lý nước cấp – nước thải.