

THỰC TRẠNG Ô NHIỄM NƯỚC NGẦM TẠI KHU VỰC SÔNG CẦU ĐỎ, QUẬN CẨM LỆ, TP. ĐÀ NẴNG - NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH BẰNG TỔ HỢP PHƯƠNG PHÁP ẢNH ĐIỆN

CURRENT STATUS OF GROUNDWATER IN CAU DO RIVER AREA-CASE STUDY BY ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY METHODOLOGY

Nguyễn Trung Đức¹, Huỳnh Thị Ngọc Hiền¹, Ngô Việt Thắng¹, Lương Văn Thọ², Lê Phước Cường^{3*}

¹Sinh viên lớp 17MT, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

²Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng

³Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

*Tác giả liên hệ: lpcuong@dut.udn.vn

(Nhận bài: 14/4/2021; Chấp nhận đăng: 09/7/2021)

Tóm tắt - Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về hiện trạng nước ngầm và phân bố thành phần hóa địa tại khu vực sông Cầu Đỏ, quận Cẩm Lệ, TP. Đà Nẵng bằng phương pháp tổ hợp ảnh điện. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát 3 tuyến đo chạy dọc theo chiều dài của sông Cầu Đỏ (hướng Tây - Tây Nam), mỗi tuyến đo dài 288m với khoảng 205 điểm dữ liệu. Sau khi xử lý số liệu, kết quả phân tích và giải đoán ảnh điện đã thể hiện ở cả 3 tuyến đo với độ sâu khoảng 10m có dấu hiệu của nước ngầm đang dịch chuyển. Dựa vào các giá trị điện trở suất thu nhận được tại tuyến đo thứ nhất (dao động vào khoảng từ 2,82 $\Omega.m$ đến 985 $\Omega.m$) cho thấy tại khu vực khảo sát với độ sâu từ 10m - 15m tồn tại mạch nước ngầm có dấu hiệu tích tụ, lan truyền các thành phần vật chất môi trường có khả năng gây ô nhiễm nước ngầm (kim loại nặng và chất điện phân).

Từ khóa - Địa chất; ảnh điện 2D; nước ngầm; sông Cầu Đỏ

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, một số nghiên cứu về hiện trạng nước ngầm tại khu vực duyên hải miền Trung-Tây Nguyên đã được triển khai thực hiện bởi một số nhóm nghiên cứu, có thể kể đến như nghiên cứu của Lương Văn Thọ và các cộng sự [1]. Tuy nhiên, các dữ liệu về nước ngầm tại khu vực miền Trung, cụ thể là ở Đà Nẵng thì chưa có nhiều tài liệu đề cập đến và chưa có nghiên cứu chuyên sâu. Trong những năm gần đây, vấn đề ô nhiễm môi trường đã và đang là vấn đề nóng được quan tâm. Cụ thể, tại khu vực sông Cầu Đỏ, quận Cẩm Lệ, TP. Đà Nẵng, nước ngầm đang bị ô nhiễm nghiêm trọng do xâm nhập mặn (nồng độ nhiễm mặn cao nhất ghi nhận được vào ngày 17/2/2021 là 508 mg/l, vượt ngưỡng an toàn cho phép là 208 mg/l) [2], nhiễm phèn, tích tụ các kim loại nặng làm cho nước sinh hoạt bị nhiễm mặn, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của người dân [3]. Các độc chất qua thời gian sẽ tích tụ và dịch chuyển ra khu vực xung quanh, làm ảnh hưởng đến môi trường sinh thái tại đây. Các độc chất này theo nước mưa đi vào mạch nước ngầm dịch chuyển đến các vùng lân cận trong thời gian dài sẽ gây ra ô nhiễm lan toả. Do đó, cần khảo sát, đánh giá về mức độ ô nhiễm môi trường đất, nước ngầm để đề ra các biện pháp xử lý phù hợp với điều kiện thực tế.

Abstract - The paper presents the research results on current status of groundwater and geochemical composition distribution in Cau Do river area, Cam Le district, Da Nang city by the method of electrophotography. The study has surveyed 3 measurement lines running along the length of Cau Do river (West – Southwest), each measuring is 288m long with about 205 data points. After processing the data, the results of analysis and interpretation of electrophoresis show that at a depth of about 10m along all 3 measuring lines, there are signs of groundwater displacement. Based on the resistivity values obtained in the first line (ranging from from 2.82 $\Omega.m$ to 985 $\Omega.m$), it shows that at the survey area with a depth of 10m - 15m, there is an groundwater circuit that shows signs of accumulating and spreading environmental components that are capable of polluting groundwater (heavy metals and electrolytes).

Key words - Geology; 2D ERT; groundwater; Cau Do river

Hiện nay, các phương pháp phổ biến thường được sử dụng để khảo sát địa chất là khoan lấy mẫu, nén thủy lực cơ học đất,... Tuy nhiên, các phương pháp này thường có giá thành khá cao và chưa có cái nhìn tổng thể (kết quả bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, ví dụ điện trở của đất đá phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Độ rỗng, độ ẩm, tỉ trọng, nhiệt độ,... rất khó phân biệt yếu tố nào ảnh hưởng quyết định đến kết quả đo) về khu vực địa chất khảo sát. Bên cạnh đó, các phương pháp trên thuộc nhóm xâm thực, tác động trực tiếp đến môi trường địa chất tự nhiên tại khu vực khảo sát.

Từ thực trạng đó, nhóm nghiên cứu đã sử dụng công nghệ quét ảnh điện 2D kết hợp với các phương pháp phân tích hóa - lý để tiến hành khảo sát địa chất khu vực sông Cầu Đỏ. Đây là phương pháp không xâm thực, dùng các thiết bị máy móc đo đạc đơn giản, gọn nhẹ, giá thành thấp, dễ triển khai thực địa.

2. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Để đánh giá được chất lượng môi trường nước ngầm, để xuất nghiên cứu trường điện không đổi bằng công nghệ quét ảnh điện 2D trên nền địa chất. Tham số quan trọng nhất để đánh giá được chất lượng môi trường địa chất: Đất, nước

¹ Student of class 17MT, The University of Danang - University of Science and Technology (Nguyen Trung Duc, Huynh Thi Ngoc Hien, Ngo Viet Thang)

² The University of Danang - University of Science and Education (Luong Van Tho)

³ The University of Danang - University of Science and Technology (Le Phuoc Cuong)

ngậm, đá là điện trở suất (theo hệ đo lường SI, kí hiệu của điện trở suất: ρ , thứ nguyên: Ohm.m). Điện trở suất phản ánh được khả năng cản trở mức độ dẫn điện của môi trường, phụ thuộc bởi nhiều yếu tố như: Thành phần thạch học, khoáng vật, cấu trúc, thể nằm và điều kiện hình thành đất đá [4]. Để hiểu rõ hơn về tính dẫn điện của các lớp địa chất Daniels, Alberty (1966) và Keller, Frischknecht (1966) đã đưa ra bảng thống kê số liệu thực nghiệm về điện trở suất và độ dẫn điện của một số vật liệu phổ biến ở Bảng 1 [5].

Bảng 1. Giá trị điện trở suất của các vật liệu phổ biến [5]

Vật liệu	Điện trở suất ($\Omega.m$)	Độ dẫn điện ($1/\Omega.m$)
Hóa chất:		
- Xylene	$6,998.10^{16}$	$1,249.10^{-17}$
- Iron (sắt)	$9,074.10^{-8}$	$1,102.10^7$
- 0,01 phân tử gam KCl	0,708	1,413
- 0,01M axit Axetic	6,13	0,163
- 0,01 phân tử gam NaCl	0,843	$1,429.10^{-17}$
Nham thạch và đá biến chất:		
- Basalt (đá bazan)	$10^3 \div 10^6$	$10^{-6} \div 10^{-3}$
- Granite (đá granit)	$5.10^3 \div 10^6$	$10^{-6} \div 2.10^{-4}$
- Quartzite (thạch anh)	$10^2 \div 2.10^8$	$5.10^{-9} \div 10^{-2}$
- Slate (đá phiến)	$6.10^2 \div 4.10^7$	$2,5.10^{-8} \div 1,710^{-3}$
- Marble (đá cẩm thạch)	$10^2 \div 2,5.10^8$	$4.10^{-9} \div 10^{-2}$
Trầm tích:		
- Shale (đá phiến sét)	$20 \div 2.10^3$	$5.10^{-4} \div 0,05$
- Limestone (đá vôi)	$50 \div 4.10^2$	$2,5.10^{-3} \div 0,02$
- Sandstone (sa thạch)	$8 \div 4.10^3$	$2,5.10^{-4} \div 0,125$
Đất và nước:		
- Sea water (nước biển)	0,2	5
- Clay (đất sét)	$1 \div 100$	$0,01 \div 1$
- Alluvium (đất phù sa)	$10 \div 800$	$1,25.10^{-3} \div 0,1$
- Goundwater (nước ngầm)	$10 \div 100$	$0,01 \div 0,1$

Các loại đá xâm nhập, biến chất hầu hết đều có giá trị điện trở suất rất cao, chúng phụ thuộc vào độ chứa nước, độ nứt nẻ. Điện trở suất của mỗi loại đất, đá nằm trong giới hạn khá rộng (từ lớn hơn $0 \Omega.m$ đến hàng triệu $\Omega.m$) và có thể thay đổi được. Đá trầm tích có chứa nước, có độ xốp hoặc độ khoáng hoá các lỗ rỗng, do đó điện trở suất thấp hơn đá xâm nhập, biến chất và giá trị thường nằm từ $10 \Omega.m$ đến $10000 \Omega.m$, phần lớn đều nhỏ hơn $1000 \Omega.m$.

Giá trị điện trở suất của một số loại vật liệu hoặc hóa chất ô nhiễm công nghiệp cũng đã được trình bày trong Bảng 1. Một số kim loại như sắt có giá trị điện trở suất rất thấp. Các hoá chất điện phân mạnh như KCl và NaCl có thể làm giảm một cách đáng kể điện trở suất của nước dưới đất đến một khoảng giá trị nhỏ ($1 \Omega.m-5 \Omega.m$) ngay cả khi các hóa chất này có hàm lượng tương đối thấp, đó là những đặc tính giúp ta có thể khảo sát khả năng tích tụ và sự dịch chuyển ô nhiễm các hóa chất công nghiệp trong nền địa chất khảo sát môi trường [6], [7].

2.2. Phạm vi

Phạm vi nghiên cứu bao gồm một số hộ dân sinh sống xung quanh khu vực khảo sát tại sông Cầu Đò (Thôn Đông Hòa, Xã Hòa Châu, Huyện Hòa Vang, TP. Đà Nẵng) và hiện trạng môi trường nước ngầm tại khu vực nghiên cứu

(Hình 2). Khu vực nghiên cứu có vị trí nằm giữa sông Cầu Đò và khu vực dân cư sinh sống. Từ vị trí này (vĩ độ toạ độ $15^{\circ}59'55.4''N$ $108^{\circ}11'29.8''E$), có thể đánh giá khách quan được sự tích tụ và lan truyền của độc chất trong môi trường đất và nước ngầm từ sông Cầu Đò đến khu dân cư sinh sống.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Nghiên cứu thuyết ảnh điện 2D

Trong thăm dò ảnh điện 2D, định luật Ohm chi phối sự truyền dẫn trong dòng điện môi trường địa chất. Dạng vi phân của định luật Ohm trong môi trường liên tục:

$$\vec{j} = \sigma(-\vec{\nabla}U) = \sigma\vec{E} \quad (1)$$

Trong phương pháp thăm dò điện, người ta thường dùng $\sigma = \frac{1}{\rho} > 0$ là điện dẫn suất (hay độ dẫn điện) của môi trường; \vec{j} là mật độ dòng điện dẫn tại một điểm đang xét trong môi trường; \vec{E} là cường độ điện trường tại một điểm đang quan sát trong môi trường.

Trong hầu hết các phương pháp thăm dò điện, nguồn điện thường có dạng nguồn điểm. Trong trường hợp này, xét một phần tử có thể tích ΔV bao quanh một nguồn dòng điện I tại vị trí (x_I, y_I, z_I) , khi đó phương trình mô tả quan hệ giữa cường độ dòng và mật độ dòng có dạng:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = \frac{I}{\Delta V} \delta(x - x_I) \delta(y - y_I) \delta(z - z_I) \quad (2)$$

(2) là công thức mà Dey và Morrison sử dụng trong thăm dò ảnh điện 2D năm 1979. Trong đó, δ là hàm Delta Dirac với các tính chất sau:

$$\bullet \delta(x) = \begin{cases} +\infty, & x = 0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases}; \delta(-x) = \delta(x).$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x) dx = 1; \int_{-\infty}^{+\infty} U(x) \delta(x) dx = U(0), \forall U(x).$$

$$\bullet \int_{-\infty}^{+\infty} U(x) \delta(x - x_I) dx = U(x_I), \forall U(x).$$

Từ (1) và (2) ta viết lại:

$$-\vec{\nabla} \cdot [\sigma(x, y, z) \vec{\nabla} U(x, y, z)] = \frac{I}{\Delta V} \delta(x - x_I) \delta(y - y_I) \delta(z - z_I) \quad (3)$$

Phương trình (3) là phương trình cơ bản mô tả sự phân bố điện thế trong môi trường do một nguồn dòng điểm gây ra. Có nhiều kỹ thuật phát triển để giải phương trình này và thường gọi là bài toán thuận - một phần không thể thiếu được trong chương trình giải bài toán ngược trong phương pháp thăm dò điện.

2.3.2. Nghiên cứu thực nghiệm

a. Nghiên cứu cấu hình thiết bị Wenner-alpha đo điện trở suất biểu kiến

Trong môi trường đất, dựa vào đặc điểm và cấu trúc cũng như sự phân bố điện trở suất trên bề mặt địa chất sẽ tạo ra một dáng điệu hay trường điện riêng của nó. Do đó, để biết được các dữ liệu về môi trường địa chất bên dưới, khi áp dụng công nghệ quét ảnh điện 2D của trường điện không đòi phải tiến hành các phép đo điện trở suất biểu kiến trên bề mặt của nó. Để thực hiện phép đo, phát một dòng điện có cường độ I không đổi thông qua điện cực vào môi trường địa chất cần khảo sát. Đối với cấu hình thiết bị Wenner-alpha bốn cực đối xứng, hiệu điện thế giữa hai

điện cực thu thế P_1, P_2 được tính như sau:

$$\Delta U = U(P_1) - U(P_2) = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{C_1P_1}} - \frac{1}{r_{C_2P_1}} - \frac{1}{r_{C_1P_2}} + \frac{1}{r_{C_2P_2}} \right) \quad (4)$$

Trong đó, $r_{C_1P_1}, r_{C_1P_2}, r_{C_2P_1}, r_{C_2P_2}$ là khoảng cách từ các điện cực thu thế P_1, P_2 , đến các điện cực dòng C_1, C_2 .

Từ công thức (4), ta có thể xác định được điện trở suất biểu kiến của môi trường địa chất bên dưới:

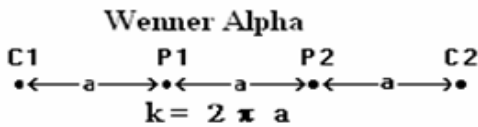
$$\rho_a = k \frac{\Delta U}{I} \quad (5)$$

Trong đó:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_{C_1P_1}} - \frac{1}{r_{C_2P_1}} - \frac{1}{r_{C_1P_2}} + \frac{1}{r_{C_2P_2}} \right)}$$

(là tham số hình học phụ thuộc vào sự sắp xếp của 4 điện cực).

Điện trở suất biểu kiến và điện trở suất thật của môi trường địa chất bên dưới không giống nhau. Mối liên hệ của chúng là mối liên hệ phức tạp. Để xác định được điện trở suất thật trong thăm dò 2D từ điện trở suất biểu kiến, áp dụng phương pháp giải bài toán ngược, dựa vào thuật toán sai phân hữu hạn.



Hình 1. Cấu hình thiết bị Wenner-Alpha

b. Nghiên cứu quy trình đo ngoài thực địa của cấu hình thiết bị Wenner-alpha tại khu vực Cầu Đò

• Vị trí tuyến đo

Theo khảo sát thực địa, để có cơ sở đánh giá môi trường địa chất xung quanh khu vực nghiên cứu, tiến hành đo thực địa tại khu vực ranh giới 3 tuyến đo với chiều dài mỗi tuyến đo khoảng 288m được trình bày ở trên và thể hiện qua Hình 2:



Hình 2. Vị trí tuyến đo tại ranh giới sông Cầu Đò và khu dân cư

• Quy trình đo thực địa

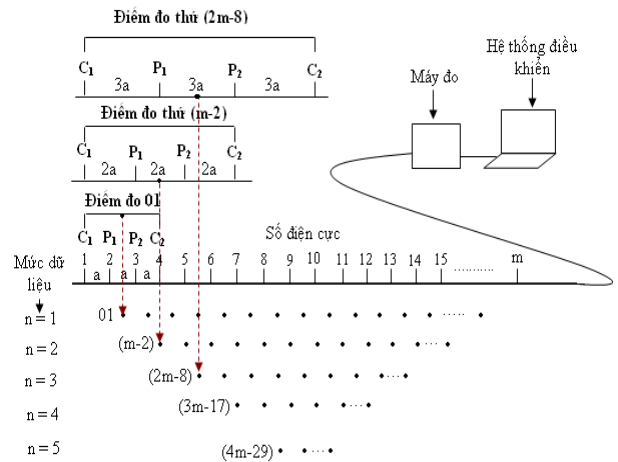
Quy trình đo đạc thực nghiệm được trình bày theo sơ đồ ở Hình 3, tiến hành bố trí các điện cực cách đều nhau $a = 8m$ bằng dây cáp với tổng số điện cực $m = 36$ trên tuyến đo, khoảng cách giữa các điện cực C_1, P_1, P_2, C_2 được giữ nguyên trong suốt quá trình đo và mỗi mức đo ($C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2 = na$ (m)). Để tính được số điểm đo (số phép đo) của mỗi mức đo sâu sử dụng công thức tính tổng quát $(m - 3n)$ với $a = 8m$ là khoảng cách giữa các điện cực ứng

với các bước dịch chuyển của các điểm dữ liệu dọc theo tuyến đo, trong đó n là thừa số của mức đo.

Tại mức đo sâu thứ nhất ứng với thiết bị thứ nhất ($n = 1$) khoảng cách giữa các điện cực ($C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2 = a = 8m$), tổng số điểm dữ liệu được ghi ở mức đo sâu thứ nhất là 33 điểm. Để thực hiện phép đo thứ nhất sử dụng các điện cực 1, 2, 3 và 4 tương ứng như các điện cực C_1, P_1, P_2 và C_2 . Tiếp theo, để thực hiện phép đo thứ hai sử dụng các điện cực 2, 3, 4 và 5 tương ứng như các điện cực C_1, P_1, P_2 và C_2 . Tiếp tục tịnh tiến các phép đo dọc theo tuyến đo (với bước tịnh tiến là “ $a = 8(m)$ ”) cho đến phép đo cuối cùng ứng với các điện cực 33, 34, 35 và 36.

Tiếp theo, với (thừa số $n = 2$) ứng với mức đo sâu thứ hai, khoảng cách giữa các điện cực ($C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2 = 2a = 16m$), tổng số điểm dữ liệu được ghi ở mức đo sâu thứ nhất là 30 điểm. Đối với mức đo sâu thứ hai được chia làm hai phép đo lần lượt ứng với các điện cực 1, 3, 5, 7 và các điện cực 2, 4, 6, 8. Quy trình được lặp lại dọc theo tuyến đo cho đến phép đo cuối cùng ứng với các điện cực 29, 31, 33, 35 và các điện cực 30, 32, 34, 36.

Tương tự, lặp lại quy trình cho các mức đo sâu thứ ba, thứ tư, thứ năm và thứ sáu tương ứng với khoảng cách giữa các điện cực là “ $3a = 18m$ ”, “ $4a = 32m$ ”, “ $5a = 40m$ ”,... phép đo được tiến hành cho đến khi đạt khoảng mở cần thiết. Thiết bị Wenner-alpha là một trong các loại thiết bị có cường độ tín hiệu mạnh nhất, nhạy đối với cấu trúc phân bố ngang và được sử dụng đầu tiên bởi nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Birmingham [8], [9].



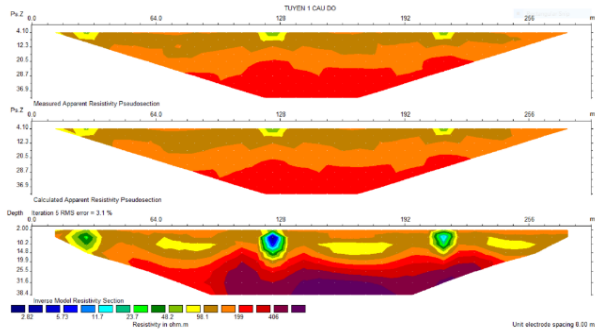
Hình 3. Sơ đồ cách sắp xếp các điện cực trong thăm dò ảnh điện 2D và trình tự các phép đo để xây dựng một mặt cắt 2D cho hệ thiết bị Wenner-alpha

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu

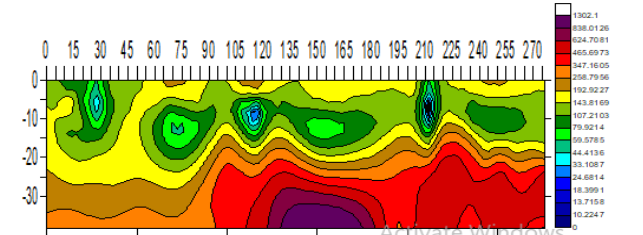
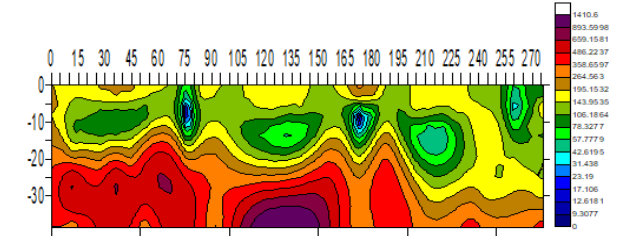
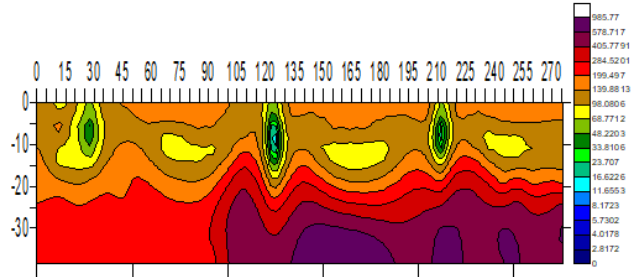
3.1.1. Tuyến đo thứ nhất

Khoảng 205 điểm dữ liệu thu thập được trên tuyến đo thứ nhất dài 288m theo hướng Tây - Tây Nam. Số liệu sau khi được xử lý sơ bộ và loại bỏ các dữ liệu gây nhiễu, ta được kết quả thực địa của tuyến đo thứ nhất, các số liệu này được định dạng và xử lý bằng phần mềm Res2dinv bằng phương pháp bình phương tối thiểu với 5 vòng lặp. Kết quả được thể hiện dưới dạng ảnh điện 2 chiều như Hình 4.



Hình 4. Kết quả ảnh điện 2D tại tuyến đo thứ nhất, với sai số 3,1%
 3.1.2. Tuyến đo thứ hai

Khoảng 205 điểm dữ liệu thu thập được trên tuyến đo thứ hai dài 288m theo hướng Tây - Tây Nam, cách tuyến đo thứ nhất 84m. Số liệu sau khi được xử lý sơ bộ và loại bỏ các dữ liệu gây nhiễu ta được kết quả thực địa của tuyến đo thứ hai, các số liệu này được định dạng, xử lý bằng phần mềm Res2dinv bằng phương pháp bình phương tối thiểu với 5 vòng lặp. Kết quả được thể hiện dưới dạng ảnh điện 2 chiều như Hình 5.



Hình 7. Kết quả ảnh điện 2D của ba tuyến được biểu diễn lại bằng Surfer8

3.2.1. Tuyến đo thứ nhất

Kết quả ảnh điện hai chiều tại tuyến thứ nhất (Hình 4) cho thấy cấu trúc phân bố địa chất bên dưới (giới hạn đến độ sâu nghiên cứu) cơ bản chia làm hai lớp:

- + Lớp trên cùng phân bố từ mặt đất đến độ sâu khoảng 15m dọc theo tuyến đo, giá trị điện trở suất thay đổi từ 2,82 $\Omega.m$ đến 199 $\Omega.m$. Thành phần khoáng vật trong lớp này được giải đoán là đất phù sa, đất sét, than bùn. Điều đáng chú ý là dọc theo tuyến đo trong phạm vi từ 115m đến 128m có sự xuất hiện của nước ngầm với độ sâu khoảng 10m. Khu vực này có mật độ nước ngầm lớn nhất trong tuyến đo thứ nhất. Tuy nhiên, từ giá trị điện trở suất thu được ở khu vực này có thể dự đoán nước ngầm ở khu vực này có thể bị nhiễm các chất điện phân (vì giá trị điện trở suất giảm đến khoảng 2,82 $\Omega.m$). Điều này cho thấy, dấu hiệu ô nhiễm các chất điện phân có thể từ các xí nghiệp, nhà máy sản xuất của khu công nghiệp Hòa Cầm [3].

- + Lớp thứ hai phân bố ở độ sâu từ 15m đến hết độ sâu nghiên cứu có giá trị điện trở suất vào khoảng 199 $\Omega.m$ đến 985 $\Omega.m$ và thành phần cấu trúc được giải đoán gồm đất phù sa, đá phiến sét, sa thạch, đất cát vụn trộn lẫn một ít bùn đen. Lớp này có mật độ chứa nước ít hơn lớp thứ nhất, chủ yếu là nước trên bề mặt của đất đá nhưng không có dấu hiệu của nước ngầm.

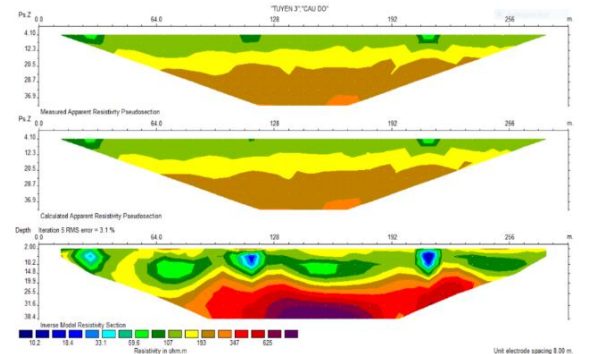
3.2.2. Tuyến đo thứ hai

Kết quả ảnh điện hai chiều tại tuyến thứ hai (Hình 5) cho thấy cấu trúc phân bố địa chất bên dưới (giới hạn đến độ sâu nghiên cứu) cơ bản chia làm hai lớp:

- + Lớp trên cùng phân bố từ mặt đất đến độ sâu khoảng 19m dọc theo tuyến đo, giá trị điện trở suất thay đổi từ

Hình 5. Kết quả ảnh điện 2D tại tuyến đo thứ hai, với sai số 3,5%
 3.1.3. Tuyến đo thứ ba

Khoảng 205 điểm dữ liệu thu thập được trên tuyến đo thứ ba dài 288m theo hướng Tây - Tây Nam, cách tuyến đo thứ hai 10m. Sau khi xử lý sơ bộ số liệu và loại bỏ các dữ liệu gây nhiễu ta được kết quả thực địa của tuyến đo thứ ba, các số liệu này được định dạng, xử lý bằng phần mềm Res2dinv bằng phương pháp bình phương tối thiểu với 5 vòng lặp. Kết quả được thể hiện dưới dạng ảnh điện 2 chiều như Hình 6.



Hình 6. Kết quả ảnh điện 2D tại tuyến đo thứ ba, với sai số 3,1%
 3.2. Thảo luận và giải đoán kết quả

Để có cái nhìn tổng quát nhất về các tuyến đo, ta biểu diễn kết quả các tuyến đo trên phần mềm Surfer8 theo thứ tự lần lượt các tuyến 1, 2, 3 với sai số lần lượt là 3,1%; 3,5%; 3,1%.

10 Ω .m đến 194 Ω .m. Thành phần vật chất trong tầng này được giải đoán là cát, đất sét, đất phù sa, than bùn và nước ngầm. Lớp này có mật độ chứa nước cao, chủ yếu phân bố ở độ sâu khoảng 10m. Từ kết quả cho thấy, nước ngầm ở đây chưa có dấu hiệu bị ô nhiễm. Người dân có thể khai thác nước ngầm ở khu vực này, cụ thể là các vị trí trong khoảng từ 110m đến 120m, 206m đến 216m dọc theo tuyến đo (trong các khu vực này mạch nước ngầm xuất hiện rõ nhất).

+ Lớp thứ hai phân bố ở độ sâu từ 19m đến hết độ sâu nghiên cứu có giá trị điện trở suất vào khoảng 194 Ω .m đến 1410,6 Ω .m. Thành phần khoáng vật trong lớp này được giải đoán gồm đất phù sa, đá phiến sét, sa thạch, thạch anh, đá vôi. Theo kết quả thu lớp này có mật độ chứa nước ít, có thể nước tồn tại chủ yếu trên bề mặt đất đá, độ ẩm của tầng này nhỏ hơn tầng thứ nhất.

3.2.3. Tuyến đo thứ ba

Kết quả ảnh điện hai chiều tại tuyến thứ ba (Hình 6) cho thấy cấu trúc phân bố địa chất bên dưới (giới hạn đến độ sâu nghiên cứu) cơ bản chia làm hai lớp:

+ Lớp trên cùng phân bố từ mặt đất đến độ sâu khoảng 15 m dọc theo tuyến đo, giá trị điện trở suất thay đổi từ 10,2 Ω .m đến 193 Ω .m. Thành phần vật chất trong tầng này được giải đoán là đất sét, đất phù sa, than bùn và nước ngầm. Nước ngầm ở lớp này xuất hiện rõ tại các vị trí 105m đến 120m, 208m đến 215m. Từ kết quả cho thấy, nước ngầm ở đây chưa có dấu hiệu ô nhiễm, người dân có thể khai thác nước ngầm ở khu vực này để phục vụ sinh hoạt.





+ Lớp thứ hai phân bố ở độ sâu từ 15m đến hết độ sâu nghiên cứu có giá trị điện trở suất vào khoảng 193 Ω .m đến 1302 Ω .m. Thành phần trong lớp này được giải đoán bao gồm đất phù sa, đá phiến sét, sa thạch, thạch anh, đá vôi. Theo kết quả thu được thấy tại lớp này không có nước ngầm, có thể tồn tại các nước trên bề mặt đất đá nhưng không đáng kể.

3.3. Kiến nghị

Để đánh giá chính xác hiện trạng môi trường địa chất tại khu vực khảo sát và khẳng định sự tin cậy của phương pháp đo ảnh điện 2D. Tại cùng vị trí 192m trên tuyến 2 theo trục Ox, tiến hành đo bằng phương pháp khoan thăm dò và thu được kết quả ở Bảng 2

Bảng 2. Kết quả phân tích thành phần địa chất tại vị trí 192m theo trục Ox bằng phương pháp khoan thăm dò

Cột địa tầng mô tả đất	Mặt cắt hình trụ địa chất	Cao độ lớp (m)
Đất, đá hỗn hợp (dày khoảng 1.5m, ở trên), sét pha xám đen, dẻo mềm (dày khoảng 2.0m, ở dưới)		↑ 0.0(m)
		↓ -3.5(m)
Cát vừa xám đen, xám trắng đỏ gạch (bão hòa, kết cấu rời rạc đến chặt vừa)		↑ -6.5(m)

Sét xám đen (trạng thái dẻo mềm)		↑ -15.0(m)
Sét pha lẫn dăm sạn, xám xanh, nâu đỏ (trạng thái cứng, đá góc còn sót lại)		↑ -21.0(m)
Đá phiến phong hóa mạnh, xám xanh, nâu đỏ (trạng thái nứt nẻ, vỡ dăm, vỡ tảng)		↑ -31.0(m)
Đá phiến phong hóa vừa, xám xanh, nâu đỏ (trạng thái nứt nẻ, vỡ dăm, vỡ tảng)		↑ -40.0(m)

Ở phương pháp khoan thăm dò, thành phần địa chất ở vị trí 192m tại tuyến đo thứ 2 chủ yếu là đất đá, cát, sét, đá phiến. So sánh với phương pháp ảnh điện 2D thì kết quả có sự tương đồng lớn. Từ đó, khẳng định được sự tin cậy của phương pháp ảnh điện 2D để có thể triển khai tiếp tục mở rộng nghiên cứu tại khu vực này và các khu vực khác. Đặc biệt so với phương pháp khoan thăm dò (là phương pháp xâm thực, tốn kém) thì phương pháp ảnh điện 2D (phương pháp không xâm thực) lại đơn giản, chi phí rẻ và dễ dàng đo đạc. Bên cạnh đó, trong lĩnh vực này đã có 02 bài báo của nhóm tác giả trên tạp chí ISI uy tín công bố các kết quả tương tự [10], [11].

Theo kết quả phân tích từ công nghệ quét ảnh điện 2D, ở độ sâu khoảng 10m dọc theo trục tuyến đo cho thấy, nước ngầm tại tuyến 1 đang có dấu hiệu bị ô nhiễm, tuyến 2 và 3 chưa có dấu hiệu ô nhiễm (chất điện phân, kim loại nặng). Có khả năng mạch nước ngầm bị ô nhiễm liên quan đến sông Cầu Đỏ hoặc sự dịch chuyển nước ngầm tại khu vực khu công nghiệp Hòa Cẩm. Về lâu dài nếu không có các biện pháp xử lý thì vấn đề ô nhiễm của nước ngầm ảnh hưởng đến chất lượng môi trường sống. Do đó, để đảm bảo

sức khỏe cho các hộ dân sinh sống quanh khu vực nghiên cứu phải tiến hành khảo sát, đo đạc trên diện rộng. Cần quản lý chặt chẽ hơn về chất lượng nước thải từ nhà máy xử lý nước thải khu công nghiệp Hòa Cầm nói chung và cần lấy mẫu, kiểm tra chất lượng định kỳ nước ngầm nói riêng để có các biện pháp xử lý phù hợp.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy, công nghệ quét ảnh điện 2D là một công cụ hữu ích dùng để khảo sát, đánh giá một cách tổng quát nền địa chất môi trường tại khu vực nghiên cứu. Thông qua đó, có thể biết được các thành phần địa chất bên dưới (đất đá, nước ngầm, đặc điểm cấu trúc) cũng như điều kiện hình thành và kiến tạo của môi trường địa chất tại đây. Bên cạnh đó, phương pháp còn có thể áp dụng phục vụ cho một số lĩnh vực khác liên quan như sức khỏe môi trường, các thành phần hoá học trong môi trường đất, vấn đề xây dựng nền móng cơ sở hạ tầng và tìm kiếm nguồn nước ngầm... Trong thời đại hiện nay, với sự tham gia, hỗ trợ của phần mềm kỹ thuật và các phương pháp tính toán với tốc độ xử lý nhanh đã giúp cho công nghệ quét ảnh điện 2D có thể tính toán và xử lý với lượng dữ liệu lớn trong thời gian ngắn. Thiết bị máy móc gọn nhẹ cùng với quá trình đo đạc, thu thập dữ liệu nhanh, đơn giản giúp cho công nghệ quét ảnh điện 2D có thể dễ dàng thực hiện khảo sát trên môi trường địa chất của khu vực nghiên cứu. Đồng thời, có được thông tin của đối tượng nghiên cứu ở phạm vi sâu và rộng hơn trong các địa hình khác nhau. Hơn thế nữa, một đợt khảo sát ảnh điện 2D so với các phương án thăm dò khác trong tổ hợp các phương pháp địa vật lý có giá thành bằng 1/2 giá thành của phương pháp khoan thăm dò nên rất phù hợp để triển khai mở rộng và ứng dụng nhiều hơn nữa trong lĩnh vực khảo sát thành phần hoá học môi trường đất, địa chất công trình và xây dựng dân dụng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng trong đề tài mã số B2019-DN03-40.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lương Văn Thọ, Lê Phước Cường, “Khảo sát môi trường đất bằng phương pháp ảnh điện 2D-3D, nghiên cứu cụ thể tại các tuyến đường Quận Ngũ Hành Sơn, TP. Đà Nẵng”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Số 1 (122), 2018, trang 7-10.
- [2] Võ Hà, *Đà Nẵng: Nước sông Cầu Đỏ nhiễm mặn ngay từ đầu năm*, Trang tin báo điện tử của Bộ Tài nguyên & Môi trường, 2021.
- [3] Xuân Lam, *Trạm xử lý nước thải KCN Hoà Cầm xả thẳng ra môi trường*, Trang tin báo điện tử của Bộ Tài nguyên & Môi trường, 2016.
- [4] Dey, A. and Morrison, H.F., “Resistivity modelling for arbitrary shaped two-dimensional structures”, *Geophysical Prospecting*, No. 27, 1979, pp1020-1036.
- [5] Loke M.H. and Barker R.D., “Improvements to the Zohdy method for the inversion of resistivity sounding and pseudosection data”, *Computers and Geosciences*, Vol. 21, No. 2, 1995, pp 321-322.
- [6] McGillvray P.R and Oldenburg D.W., “Methods for calculating Fréchet derivatives and sensitivities for the non-linear inverse problem, A comparative study”, *Geophysical Prospecting*, 38, 1990, pp 499-524.
- [7] Sasaki Y., “Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation”, *Geophysical Prospecting*, 40, 1992, pp 453-464.
- [8] Griffiths DH, Turnbull J, “A multi-electrode array for resistivity surveying”, *First Break*, 3, 1985, pp 16–20.
- [9] Griffiths DH, Turnbull J, Olayinka A, “Two-dimensional resistivity mapping with a complex controlled array”, *First Break*, 8, 1990, pp 121–128.
- [10] Le Phuoc Cuong et al., “Imaging the movement of toxic pollutants with 2D electrical resistivity tomography (ERT) in the geological environment of the Hoa Khanh Industrial Park, Da Nang, Vietnam”, *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75(4), 1-14.
- [11] Le Phuoc Cuong et al., “Aquatic geochemistry status in the south, central, and highland regions of Vietnam”, *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26 (21), 21925-21947.