

Bài báo khoa học

Khảo sát cấu trúc địa chất tầng Holocene khu vực thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp ảnh điện hai chiều (2D)

Lương Văn Thọ^{1*}

¹ Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng, 459 Tôn Đức Thắng, Hoà Khánh Nam, Liên Chiểu, Đà Nẵng-550000; lvtho@ued.udn.vn

*Tác giả liên hệ: lvtho@ued.udn.vn; Tel.: +84-1262607012

Ban Biên tập nhận bài: 9/5/2022; Ngày phản biện xong: 10/6/2022; Ngày đăng bài: 25/6/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu này được tiến hành để khảo sát cấu trúc địa chất tầng Holocene khu vực thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp ảnh điện hai chiều (2D). Trong nghiên cứu, các đặc điểm hình thành, phân bố và thành phần địa chất của tầng địa chất Holocene và sự phân bố nước ngầm trong môi trường của tầng địa chất Holocene cũng được khảo sát. Để tiến hành nghiên cứu này, phương pháp ảnh điện 2D dựa trên sơ đồ Wenner-Alpha đã được triển khai tại các vị trí khảo sát hiện trường thuộc khu vực thành phố Đà Nẵng. Kết quả thu được qua phân tích ảnh điện 2D tại các vị trí đã khảo sát được so sánh, đánh giá với kết quả khoan thăm dò địa chất và cho tương quan khá tốt với sai số giữa 2 phương pháp bé hơn 5%. Qua nghiên cứu có thể khẳng định phương pháp ảnh điện 2D áp dụng tốt cho nghiên cứu về địa chất công trình, góp phần hỗ trợ công tác đánh giá, dự báo các tai biến địa chất trong xây dựng cơ sở hạ tầng, công trình dân dụng, công trình ngầm có liên quan đến an sinh xã hội tại các khu vực.

Từ khóa: Ảnh điện 2D; Chất điện phân; Địa chất; Giải đoán; Kim loại nặng.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, dưới sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế toàn cầu, nền kinh Việt Nam cũng có những phát triển nhanh và kèm theo sự phát triển ấy là nhiều công trình dân dụng, cơ sở hạ tầng được xây dựng đã dẫn đến việc khai thác quá mức diện tích đất bề mặt của lớp địa chất tầng nông [1–3]. Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu (BĐKH) toàn cầu mà Việt Nam là một thực thể đã dẫn góp phần làm gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan, thiên tai như mưa bão, lũ quét, xói mòn, rửa trôi đất diễn ra với tần suất và cường độ ngày càng gia tăng [2–4]. Điều đó đã tác động mạnh đến các lớp địa chất tầng nông thuộc lớp mặt của vỏ Trái Đất [4–6], trong đó phải kể đến các tầng địa chất xung yếu, nhạy cảm với các tác động, biến đổi của môi trường địa chất [7–8].

Thế đới kiến tạo Holocene là thế địa chất được hình thành cách đây khoảng mười nghìn năm (theo định tuổi niên đại bằng carbon phóng xạ cacbon C14), thường phân bố ở độ sâu trong khoảng từ 10 ÷ 20 m [9–10]. Có thể nói, đây là thế tầng địa chất trung gian giữa lớp mặt và tầng đá gốc [11–12]. Tất cả những hoạt động của nền văn minh nhân loại đều được lưu giữ trong thế địa chất này [13–14]. Những biến đổi bất thường về địa chất và nước ngầm trong thế địa chất Holocene có thể gây ra những tai biến đứt gãy [14, 16], sụt lún bên trên của lớp địa chất tầng mặt [15, 17, 19], gây phá hủy các hệ thống công trình ngầm và các công trình dân sinh khác trên bề mặt đất [16, 18, 20]. Trên thế giới, [13] đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của đá gốc đến chất lượng nước ngầm ở khu vực Zango, Tây Bắc Nigeria. Trong

ngiên cứu này, nhóm tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của các đặc trưng hóa lý của nước ngầm như pH, độ dẫn điện, nhiệt độ, tổng chất rắn hòa tan, nitrat, sulphat, clorua, photphat, bicacbonat, florua, canxi, magiê, kali, natri, sắt, mangan, chì, kẽm, cadmium, crom và đồng đến hàm lượng nước ngầm của khu vực. Các kết quả đã phân tích cho thấy, nước ngầm khu vực khảo sát bị ô nhiễm nặng bởi một số kim loại nặng. Từ kết quả nghiên cứu có thể nhận định, đá granit trong khu vực nghiên cứu được cấu tạo từ khoáng chất có chứa các kim loại nặng và đây chính là nguyên nhân làm cho nguồn nước ngầm trong khu vực bị ô nhiễm. Các cộng đồng sống trong khu vực chiếm ưu thế về đá granit đã ghi nhận sự các trường hợp nhiễm fluor và nhiễm kim loại nặng nên việc khai thác nước ngầm phục vụ sinh hoạt dừng sử dụng. Năm 2021, [14] đã tiến hành nghiên cứu địa chất, địa điện và thủy hóa tại khu vực Wadi Hof, Đông Nam thành phố Cairo, Ai Cập để xác định nguyên nhân gây ra lở đất. Khu vực nghiên cứu có đặc điểm độ dốc thoải từ Đông sang Tây với cấu tạo đá vôi chiếm ưu thế. Trong nghiên cứu, nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp chụp ảnh điện một chiều (1D) dựa trên phần mềm WinSev3.4. các kết quả chụp ảnh điện được phân tích bằng phần mềm máy tính RES2DINV. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, khu vực nghiên cứu bao gồm ba khối đá chính Marl ở lớp bề mặt, cát đá vôi phân phổ ở lớp giữa và cuối cùng là đất sét đến sét pha cát ở lớp dưới cùng và các vụ sạt lở đất đường như là do sự phồng lên của các lớp đất sét dày dẫn đến sự phá hủy các công trình dân dụng trên bề mặt mà cụ thể là công trình đường sắt chạy ngang qua bên trên khu vực biến dạng địa chất.

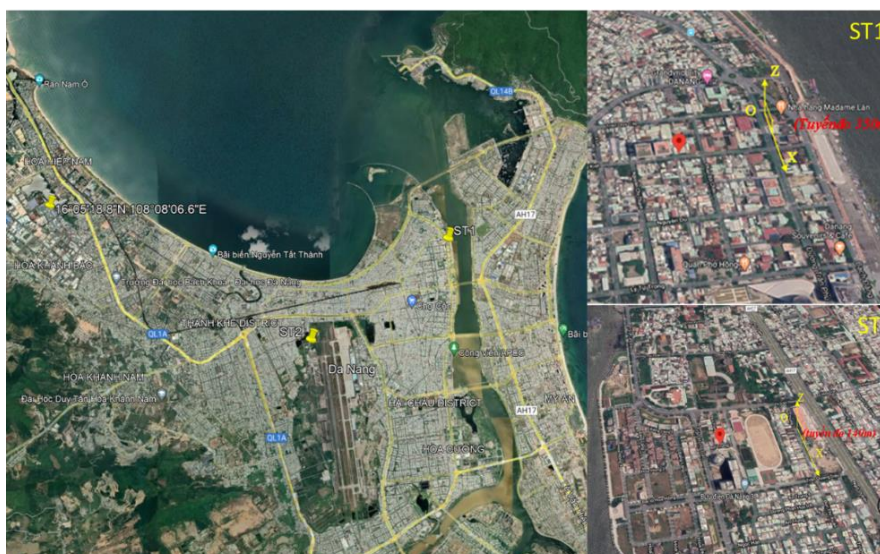
Tại Việt Nam, [4] đã tiến hành khảo sát phân bố địa hóa khu vực miền Trung, Tây Nguyên và Nam Bộ bằng phương pháp chụp cắt lớp điện trở suất 2D-ERT kết hợp phân tích địa hóa. Trong nghiên cứu này, mối tương quan giữa sự hình thành kiến tạo, thành phần địa hóa và sự phân bố nước ngầm của tầng chứa nước Holocen sâu từ 10 đến 30 m dưới lòng đất giữa các vùng đã được đánh giá. Kết quả phân tích ảnh điện cho thấy khu vực các vị trí khảo sát có tần suất phân bố độc tố môi trường cao. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, các chất ô nhiễm điện phân như NaCl, KCl và axit axetic đã tích tụ trong nước ngầm khu vực thành phố Đà Nẵng đang có dấu hiệu gia tăng ô nhiễm. Tại khu vực Miền Trung, cụ thể ở một số tỉnh thành như Đà Nẵng và Quảng Nam trong những năm gần đây thường xảy ra các hiện tượng sạt lở, sụt lún vào mùa mưa lũ [4, 12]. Cá biệt có những nơi xuất hiện các hố tử thần sâu đến trên 20 m, gây nhiều thiệt hại về người và tài sản [7, 12]. Trong khi đó, vào mùa hè thường xảy ra hiện tượng thiếu hụt nguồn nước ngầm, nước bị ô nhiễm hoặc nhiễm mặn nghiêm trọng [4, 6].

Một trong những ưu điểm của phương pháp ảnh điện sử dụng trong khảo sát, nghiên cứu các cấu trúc địa chất là không xâm thực, không phá hủy cấu trúc tự nhiên của khu vực so với các phương pháp khác truyền thống khác chẳng hạn như khoan thăm dò với kích thước và độ sâu lớn thì có thể phá hủy cấu trúc tự nhiên của khu vực nghiên cứu. Một ưu điểm khác của phương pháp ảnh điện là có thể dễ dàng triển khai nghiên cứu trên phạm vi rộng với kinh phí thấp hơn so với phương pháp truyền thống. Do đó, để có cơ sở đưa ra các đánh giá, dự báo và giải pháp căn cơ nhằm góp phần hỗ trợ giảm thiểu rủi ro của tai biến địa chất tác động tiêu cực đến các công trình dân sinh, nghiên cứu này áp dụng phương pháp ảnh điện 2D để khảo sát cấu trúc địa chất tầng Holocene khu vực thành phố Đà Nẵng qua đó xây dựng bản đồ đặc trưng địa chất nước ngầm tại khu vực này.

2. Khu vực nghiên cứu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được triển khai tại hai vị trí ST1 (16°04'49.9" vĩ độ bắc và 108°13'22.6" kinh độ đông) và vị trí ST2 (16°05'18.8" vĩ độ bắc và 108°08'06.6" kinh độ đông) thuộc thành phố Đà Nẵng. Cụ thể, vị trí khảo sát ST1 thuộc tuyến đo với chiều dài 300 m, tại khu vực ranh giới giữa khu công nghiệp Hòa Khánh và vị trí khảo sát ST2 thuộc hồ Bàu Tràm (hình 1).



Hình 1. Các vị trí khảo sát (ST1 và ST2) ảnh điện 2D tại khu vực thành phố Đà Nẵng (Nguồn: Google earth).

2.2. Phương pháp tiếp cận

Để tiến hành nghiên cứu này, phương pháp thăm dò ảnh điện 2D được sử dụng để quan sát đặc điểm cấu trúc và quy luật phân bố địa chất. Nghiên cứu trường điện không đổi của môi trường địa chất tại các khu vực này và tham số quan trọng nhất cần được đánh giá là giá trị điện trở suất của đất, đá. Tham số điện trở suất đặc trưng về tính chất dẫn điện của môi trường và tính chất này phụ thuộc vào thành phần khoáng vật, thạch học, cấu trúc, điều kiện lịch sử tạo thành và thể nằm của đất đá [4, 11].

2.2.1 Lý thuyết thực nghiệm ảnh điện 2D

Sự phân bố điện trở suất cũng như đặc điểm, cấu trúc địa chất của môi trường bên dưới sẽ tạo ra một dáng điệu hay trường điện riêng bên trên bề mặt của nó. Do đó, trong phương pháp thăm dò ảnh điện 2D của trường điện không đổi, muốn biết được thông tin về môi trường địa chất bên dưới ta phải tiến hành các phép đo điện trở suất biểu kiến trên bề mặt của đối tượng quan tâm bằng cách phát dòng điện không đổi có cường độ I vào môi trường địa chất cần khảo sát thông qua điện cực. Đối với cấu hình thiết bị Wenner-alpha như minh họa ở hình 2, thì hiệu điện thế giữa hai điện cực thu thế P_1, P_2 được tính bởi (1):

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

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 .

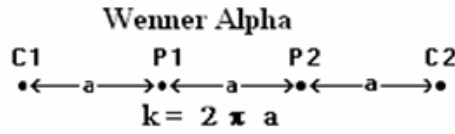
Từ công thức (1), ta có thể xác định được điện trở suất biểu kiến của môi trường địa chất bên dưới theo công thức 2:

$$\rho_a = k \frac{\Delta U}{I} \quad (2)$$

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.

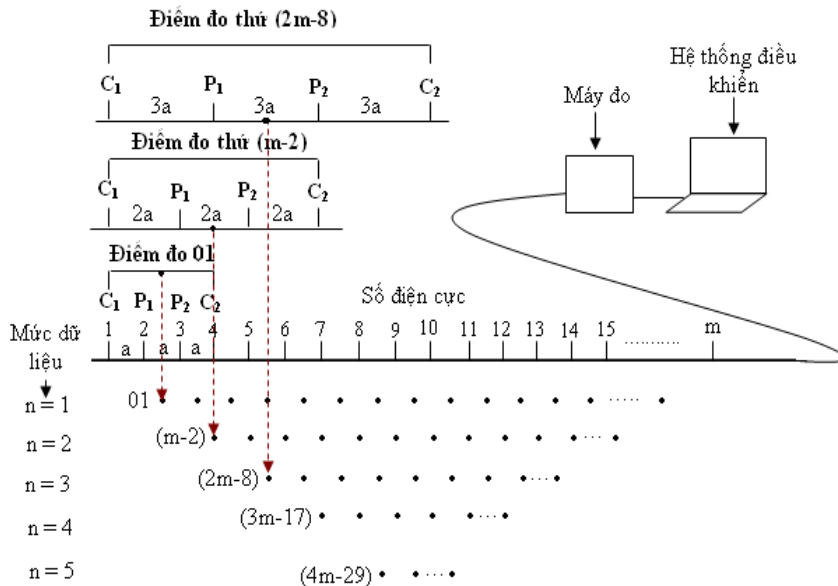
Điện trở suất biểu kiến không phải là điện trở suất thật của môi trường địa chất bên dưới, việc xác định điện trở suất thật bên dưới của môi trường địa chất từ giá trị điện trở suất biểu kiến quan sát được là mối liên hệ phức tạp và là vấn đề của bài toán ngược trong thăm dò ảnh điện 2D, dựa vào thuật toán sai phân hữu hạn.



Hình 2. Minh họa bố trí các điện cực cho phép đo 2D theo sơ đồ Wenner–Alpha

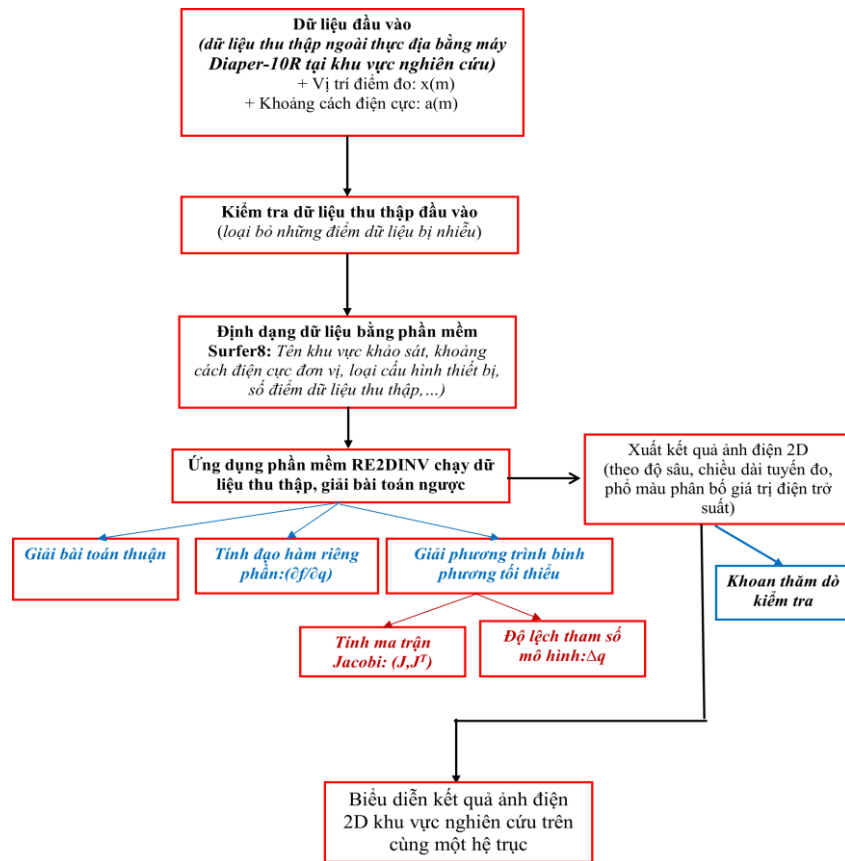
2.2.2. Quy trình các bước khảo sát thực địa theo sơ đồ đo Wenner–Alpha

Thiết bị Wenner–Alpha: Trong khảo sát thực địa, giả sử ta thực hiện việc đi dây cáp và tiến hành cắm m điện cực cách đều nhau trên tuyến đo như hình 3. Khoảng cách giữa các điện cực C_1, P_1, P_2, C_2 được giữ không đổi đối với mỗi mức đo sâu ($C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2$). Số phép đo trên mỗi mức đo sâu được tính theo công thức tổng quát là $(m - 3n)$ ứng với bước dịch chuyển trên tuyến đo theo khoảng cách điện cực đơn vị. Trong đó n là thừa số của mức đo. Đối với mức đo sâu thứ nhất của thiết bị thứ nhất ($n = 1$) ứng với khoảng cách giữa các điện cực là “ a ” ($C_1P_1 = P_1P_2 = P_2C_2 = a$), ta sẽ thực hiện $(m - 3)$ điểm đo dọc theo tuyến để biết được thông tin về tính chất điện của đối tượng vật chất từ bề mặt đến mức đo sâu thứ nhất dọc theo tuyến đo. Phép đo thứ nhất được thực hiện với các điện cực 1, 2, 3 và 4. Tiếp theo, phép đo thứ hai được thực hiện với các điện cực 2,3,4 và 5 có chức năng tương ứng như là các điện cực C_1, P_1, P_2 và C_2 . Tiếp tục tịnh tiến phép đo như vậy (với bước tịnh tiến là “ a ”) dọc theo tuyến đo cho đến khi các điện cực $m-3, m-2, m-1$ và m được sử dụng cho phép đo cuối cùng.



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 ngoài thực địa [4].

Quy trình được lặp lại tương tự cho các mức đo sâu thứ hai, ba, tư và năm tương ứng với khoảng cách giữa các điện cực là “ $2a$ ”, “ $3a$ ”, “ $4a$ ”, “ $5a$ ”,... phép đo được tiến hành cho đến khi đạt khoảng mở cần thiết [17–18]. Quy trình các bước tiến hành khảo sát cấu trúc địa chất tầng Holocene khu vực thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp ảnh điện hai chiều (2D) như minh họa ở hình 4.



Hình 4. Sơ đồ khối quy trình tiên hành khảo sát, phân tích cấu trúc địa chất sử dụng phương pháp ảnh điện 2D.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả ảnh điện 2D khu vực ngã tư Trần Phú và Lý Thường Kiệt, Quận Hải Châu, Tp. Đà Nẵng

Trên tuyến đo với chiều dài 350 m và độ sâu khoảng 57 m (xem bảng 1), có 195 điểm dữ liệu được thu thập. Sau khi đã xử lý các yếu tố gây nhiễu, các số liệu này được định dạng và phân tích kết quả từ phần mềm Res2dinv trên thuật toán sai phân hữu hạn và phương pháp bình phương tối thiểu. Kết quả được biểu diễn dưới dạng ảnh điện 2D, với 5 vòng lặp và sai số là 1,49% (xem hình 5). Phân tích kết quả tuyến đo trên hệ trục OXZ ta thấy, tại khu vực này từ mặt đất đến độ sâu khảo sát về cơ bản phân thành 6 lớp:

+ *Lớp thứ nhất:* phân bố từ mặt đất đến độ sâu khoảng 1 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng từ $249.2 \div 306.1 \Omega m$, thành phần chủ yếu là cát với hạt mịn, cát pha (trạng thái dẻo, kết cấu kém chặt) chiếm tỷ lệ lớn hơn. Một số vị trí có xen lẫn với cát trầm tích màu đỏ gạch.

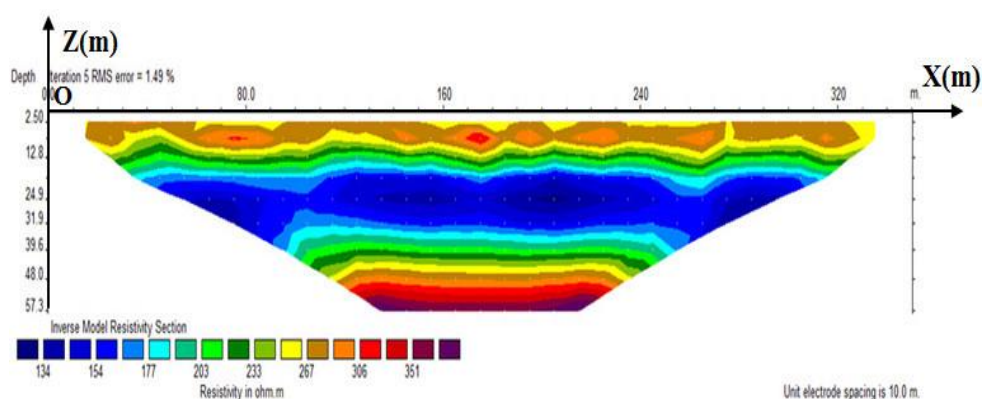
+ *Lớp thứ hai:* phân bố từ độ sâu trong khoảng từ 8 m đến 18 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng $176.9 \div 249.2 \Omega m$, thành phần chủ yếu là cát hạt mịn (kết cấu rời rạc đến chặt vừa) phân đồng đều đến cuối tuyến đo.

Bảng 1. Kết quả khoan kiểm tra trên tuyến đo tại vị trí 150 m dọc theo trục OX, tại vị trí ngã tư Trần Phú, Quận Hải Châu, Tp. Đà Nẵng.

Phân bố lớp	Độ sâu lớp (m)	Mô tả đặc tính đất tại các lớp địa tầng
1	Từ 0.0 đến -6.5	Cát hạt mịn màu vàng nhạt (kết cấu xốp); cát pha màu xám đen (trạng thái dẻo, kết cấu kém chặt).

Phân bố lớp	Độ sâu lớp (m)	Mô tả đặc tính đất tại các lớp địa tầng
2	Từ -6.5 đến -14.6	Cát hạt mịn màu xám vàng đỏ gạch (kết cấu rời rạc đến chặt vừa)
3	Từ -14.6 đến -23.9	Sét lẫn vỏ sò màu xám xanh, xám nhạt, xám ghi (trạng thái dẻo mềm, dẻo cứng, mật độ chứa nước cao).
4	Từ -23.9 đến -36.5	Cát hạt mịn xám chặt vừa, sét pha xanh nhạt, đỏ gạch, xám ghi, xám đen trạng thái cứng, dẻo cứng và lẫn ít sạn nữa cứng.
5	Từ -36.5 đến -45.5	(Sét xám xanh trạng thái cứng, đá cát kết nâu đỏ phong hóa, cát hạt mịn đỏ gạch, xám vàng, xám xi măng (chặt vừa, chặt), cát sỏi sạn xám trắng rất chặt
6	Từ -45.5 đến -51.0	Dăm tầng lẫn sạn thạch anh xám xanh, xám trắng (rất chặt). Sét pha lẫn sạn thạch anh xám trắng, xám xanh cứng, xen kẹp đá phiến xerixits tím gụ, nâu đỏ.

+ *Lớp thứ ba*: nằm trong khoảng từ 16 đến 42 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng 134.5 ÷ 189.4 Ωm, thành phần chủ yếu là sét trộn lẫn trầm tích sa thạch (trạng thái dẻo mềm, dẻo cứng, mật độ chứa nước cao). Theo kết quả khoan thăm dò thì các trầm tích, sa thạch này phần lớn là các vỏ ngêu sò, điều đó chứng tỏ lớp địa chất này trước đây là một phần bề mặt của đáy Sông Hàn, do quá trình bồi đắp và san lấp đáy sông tạo nên như hiện nay. Đáng chú ý, lớp địa chất này có miền giá trị thấp nhất trong các lớp địa chất (thể hiện một mảng màu xanh chạy từ đầu tuyến) giá trị điện trở suất thấp chỉ vào khoảng 134.5 Ωm (hình 5). Điều đó cho thấy, trong lớp có hệ thống các mạch nước ngầm liên thông với Sông Hàn (có thể có các dòng chảy mạnh, với lưu lượng lớn), trong nước ngầm có thể chứa các dung môi hữu cơ làm giá trị điện trở suất của nước ngầm tăng lên lớn hơn giá trị 100 Ωm.



Hình 5. Kết quả ảnh điện 2D tại khu vực ngã tư Trần Phú, Quận Hải Châu, Tp. Đà Nẵng.

+ *Lớp thứ tư*: nằm trong khoảng từ 32 đến 48 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng từ 165.9 ÷ 217.3 Ωm, thành phần chủ yếu là cát hạt mịn chặt vừa, sét pha trạng thái cứng, dẻo cứng và lẫn ít sạn nữa cứng.

+ *Lớp thứ năm*: nằm ở độ sâu trong khoảng từ 40 đến 52 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng 232.7 ÷ 266.8 Ωm, thành phần chủ yếu sét trạng thái cứng, đá cát kết phong hóa, cát hạt mịn (chặt vừa, chặt), cát sỏi sạn rất chặt.

+ *Lớp thứ sáu*: Phân bố ở độ sâu trong khoảng 45 đến 57 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng 285.8 ÷ 416.8 Ωm, thành phần vật chất chủ yếu dăm tầng lẫn sạn thạch anh (rất chặt) và sét pha lẫn sạn thạch anh, xen kẹp đá phiến xerixits.

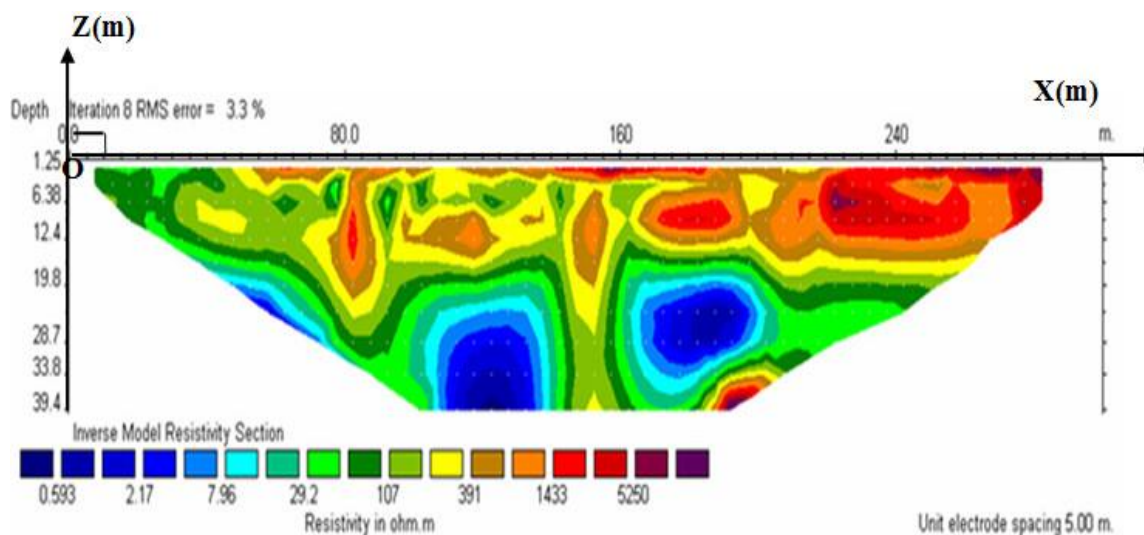
Nhìn chung, qua phân tích sai số giữa khoan thăm dò để kiểm tra phương pháp ảnh điện 2D tại khu vực ngã tư Trần Phú, Quận Hải Châu, Tp. Đà Nẵng cho kết quả sai số trung bình khoảng 2,5%.

3.2. Kết quả ảnh điện 2D tại khu công nghiệp Hòa Khánh, Liên Chiểu, thành phố Đà Nẵng

Có khoảng 504 điểm dữ liệu được khảo sát trên cả tuyến đo. Sau khi đã xử lý các yếu tố gây nhiễu, các số liệu này được định dạng và xử lý bằng phần mềm Res2dinv với 8 vòng lặp trên thuật toán sai phân hữu hạn và phương pháp bình phương tối thiểu. Kết quả ảnh điện 2D được biểu diễn trên hệ trục OXZ (hình 6).

Quan sát kết quả ảnh điện 2D cho thấy, tại các vị trí khảo sát từ mặt đất đến độ sâu khoảng 39 m phân thành 3 lớp địa chất xen phủ nhau và có ranh giới phân chia cục bộ không rõ ràng (có thể là do quá trình bồi đắp các loại đất, đá từ nơi khác đến để nâng cao nền địa chất phục vụ các nhu cầu dân dụng), nhìn chung có thể nhận định như sau:

+ *Lớp thứ nhất*: Phân bố từ bề mặt đất đến độ sâu khoảng 13 m (độ dày của lớp không đồng đều), giá trị điện trở suất thay đổi với biên độ khá rộng (từ 29.2 ÷ 52.5 Ωm), thành phần chủ yếu là đất đỏ phù sa, trộn lẫn đất cát và đá phiến sét vụn phân bố dọc theo tuyến đo. Tại các vị trí trong khoảng từ 70 đến 95 m và từ 135 đến 165 m (dọc theo tuyến đo) lớp có độ xen phủ sâu vào lớp địa chất thứ hai bên dưới, đặc biệt là trong khoảng từ 135 đến 165 m có độ xen phủ mạnh xuống phía dưới vượt quá độ sâu nghiên cứu. Lớp này được hình thành do quá trình san lấp, kết cấu chặt đến chặt vừa.



Hình 6. Kết quả ảnh điện 2D tại khu công nghiệp Hòa Khánh, quận Liên Chiểu, thành phố Đà Nẵng.

+ *Lớp thứ hai*: độ sâu trong khoảng từ 13 đến 39m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng (0.59 ÷ 107.1 Ωm). Thành phần vật chất của lớp này chủ yếu là bùn sét, đất cát phù sa (gồm đá sạn vụn, đất bùn đen và cát) có độ chứa nước cao. Đặc biệt xuất hiện hai mảng điện trở suất thấp tại các vị trí 100 và 145 m dọc theo tuyến đo, ở độ sâu từ 20÷39 m và 160 đến 205 m dọc theo trục tuyến đo, ở độ sâu khoảng từ 18 ÷ 35 m. Có thể thấy, đây là hai thấu kính nước được hình thành từ hệ thống các mạch nước ngầm có thể kết nối với hồ Bà Tràm. Nếu đặt giếng khoan tại các vị trí này sẽ sử dụng được nguồn nước ngầm ổn định với lưu lượng lớn. Tuy nhiên, trong nước ngầm có dấu hiệu bị nhiễm các chất điện phân kim loại nặng (vì giá trị của điện trở suất giảm đến khoảng 0,5 Ωm).

+ *Lớp thứ ba*: Phân bố ở độ sâu từ 34 m trở xuống, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng 39.1 ÷ 52.5 Ωm, thành phần chủ yếu là đất, đá trầm tích, trạng thái cứng và nửa cứng. Nhìn chung, lớp này dưới độ sâu nghiên cứu của kết quả ảnh điện, ta có thể thấy lớp này ở cuối tuyến đo từ vị trí 180 m đến cuối tuyến đo (theo trục OX) và ở độ sâu khoảng 34 m đến hết độ sâu nghiên cứu. Lớp địa chất này có giá trị điện trở suất thay đổi mạnh theo mùa, vào mùa mưa độ ẩm tăng nên giá trị điện trở suất có thể giảm đến hàng chục đến hàng trăm Ωm, còn mùa khô thì tăng lên đến vài chục ngàn Ωm.

3.3. Phân tích tổng hợp các đặc trưng địa chất, nước ngầm các khu vực khảo sát

3.3.1. Đặc trưng địa chất trong tầng chứa nước Holocene

Quan sát tổng hợp kết quả ảnh điện 2D và kết quả khoan thăm dò tại các vị trí khảo sát cho thấy, các đặc trưng phân bố địa chất của tầng chứa nước Holocene từ mặt đất đến độ sâu nghiên cứu về cơ bản có sự tương đồng. Tùy vào điều kiện, lịch sử hình thành kiến tạo mà các lớp địa chất tại các khu vực nghiên cứu có độ dày mỏng khác nhau (hầu hết tại các khu vực khoảng từ mặt đất đến độ sâu 3 m là đất san lấp, nền địa chất gốc của khu vực phân bố trong khoảng từ 3 m trở xuống).

Về tổng thể, tương quan đặc điểm phân bố địa chất trong thế Holocene tại các vị trí 5 khảo sát từ mặt đất đến độ sâu khoảng 40m như sau:

+ *Lớp trên cùng*: từ mặt đất đến độ sâu khoảng 7 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng $29.2 \div 52.5 \Omega\text{m}$, thành phần chủ yếu là cát hạt mịn, cát pha, sét pha, đất phù sa, trộn lẫn ít dăm, sạn và sa thạch vụn, ở trạng thái dẻo, dẻo mềm, kết cấu xốp, kém chặt, chặt vừa và chặt với độ dày của lớp này là tương đương nhau.

+ *Lớp thứ hai*: Có độ dày khoảng 10 m, phân bố từ độ sâu trong khoảng từ 2.5 m đến 14.8 m, lớp này dày nhất (khoảng 10.5 m) và mỏng nhất (vào khoảng 6 m). Giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng $3.54 \div 14.3 \Omega\text{m}$, thành phần chủ yếu là cát bụi, cát hạt mịn, cát pha, cát phù sa và sa thạch vụn. Kết quả ảnh điện 2D tổng hợp cho thấy, ở khu công nghiệp Hòa Khánh, Quận Liên Chiểu xuất hiện một dị thường tại vị trí độ sâu từ 135 m đến 160 m dọc theo tuyến đo (theo trục OX). Điều đó cho thấy, lớp địa chất thứ hai xuất hiện tầng đá gốc, đây có thể là dấu hiệu của sự đứt gãy, sụt lún đã từng diễn ra ở khu vực này và tầng đá gốc của khu vực này đang trong quá trình tiến đến giới hạn đẳng tĩnh.

+ *Lớp thứ ba*: độ dày trung bình khoảng 17 m, phân bố trong khoảng từ 11 đến 37 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng $0.59 \div 189.4 \Omega\text{m}$, thành phần chủ yếu là sét, sét pha, bùn sét pha ở trạng thái dẻo, dẻo mềm, dẻo cứng và dẻo chảy với độ ngậm nước cao.

+ *Lớp thứ tư*: độ sâu từ 29 đến 40 m, có độ dày khoảng 10 m, giá trị điện trở suất thay đổi trong khoảng $100 \div 525.0 \Omega\text{m}$, thành phần vật chất gồm cát hạt mịn, sét pha, đất đá trầm tích, trạng thái cứng, cứng dẻo, kết cấu chặt vừa. Điểm đáng chú ý ở đây là có dấu hiệu sụt lún trong lớp địa chất này tại hai khu vực khảo sát: tại khu công nghiệp Hòa Khánh, Quận Liên Chiểu. Điều này cho thấy đã xảy ra quá trình sụt lún, đứt gãy của tầng đá gốc trong quá trình hình thành, kiến tạo tại hai khu vực nghiên cứu này.

3.3.2. Đặc điểm phân bố nước ngầm trong tầng địa chất chứa nước Holocene

Quan sát các kết quả ảnh điện 2D tại các vị trí khảo sát thể hiện rằng, ở độ sâu khoảng 20 m, có dấu hiệu tồn tại các mạch nước ngầm liên thông với sông hoặc hồ. Tuy nhiên, dựa vào miền giá trị của điện trở suất ta thấy, trong nước có sự hiện diện của các dung môi hữu cơ: tại điểm khảo sát ngã tư Lý Thường Kiệt và Trần Phú thuộc Quận Hải Châu, do vị trí khảo sát tương đối gần với sông Hàn nên lưu lượng và mật độ nước ngầm tương đối lớn, trong nước ngầm có dấu hiệu ô nhiễm các dung môi hữu cơ (điện trở suất vượt quá $100 \Omega\text{m}$). Tại vị trí Quận Liên Chiểu (ranh giới giữa khu công nghiệp Hòa Khánh và hồ Bàu Tràm), nước ở độ sâu 20 m ghi nhận dấu hiệu bị ô nhiễm chất điện phân kim loại nặng ở mức độ cao, do điện trở suất của nước giảm xuống còn khoảng $0.59 \Omega\text{m}$. Kết quả tương đồng với nghiên cứu của [4].

3.4. Một số hạn chế của nghiên cứu

+ Trong quá trình triển khai khảo sát thực tế, nếu không kiểm soát tốt các điện cực trong quá trình đo, điện cực không tiếp xúc tốt với môi trường (chẳng hạn thời tiết nóng quá hay mưa nhiều,...) thì kết quả đo sẽ sai số lớn. Cụ thể, nếu chỉ một điểm dữ liệu đo sai sẽ dẫn đến các điểm dữ liệu khác trong lưới sai phân quan hệ nội suy với nhau sẽ sai, không phản ánh được đối tượng cần đo.

+ Tại những nơi có hệ thống điện cao thế lớn, thì kết quả đo sẽ sai số lớn, vì do xuất hiện điện trường lớn làm nhiễu máy đo.

+ Kết quả của phương pháp ảnh điện chỉ cho biết cấu trúc địa chất đặc trưng tổng quát tại khu vực nghiên cứu (thể nằm, phân bố lớp, thành phần vật chất, giá trị điện trở suất, độ sâu nghiên cứu), mà chưa cho biết những thông số cơ-lý hay hóa-lý nền địa chất tại khu vực vực khảo sát. Do đó cần phải áp dụng kết hợp thêm các phương pháp khác để hỗ trợ như khoan thăm dò, lấy mẫu phân tích,...

4. Kết luận

Qua khảo sát ảnh điện 2D địa chất tầng Holocene khu vực thành phố Đà Nẵng cho thấy cấu trúc địa chất từ bề mặt đất đến độ sâu 40 m có sự tương đồng giữa các thành phần đất đá.

+ Phân tích kết quả ảnh điện 2D kết hợp phân tích dữ liệu khoan thăm dò địa chất cho thấy dấu hiệu sụt lún, đứt gãy tầng đá gốc có độ sâu từ 29 đến 40m.

+ Kết quả đạt được trong quá trình nghiên cứu đã cho cái nhìn tổng quan về tầng địa chất chứa nước Holocene của một số khu vực trên địa bàn thành phố Đà Nẵng, làm cơ sở áp dụng tiên cho một số lĩnh vực địa chất công trình, xây dựng công trình dân dụng, khai thác và quản lý nguồn tài nguyên nước ngầm.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.V.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.V.T.; Khảo sát, thu thập số liệu: L.V.T.; Xử lý số liệu: L.V.T.; Viết bản thảo bài báo: L.V.T.; Chỉnh sửa bài báo: L.V.T.

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.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Aizebeokhai, A.P.; Olayinka, A.I.; Singh, V.S. Application of 2D and 3D geoelectrical resistivity imaging for engineering site investigation in a crystalline basement terrain, southwestern Nigeria. *Environ. Earth Sci.* **2010**, *61*, 1481–1492.
2. Alija, S.; Torrijo, F.J.; Quinta-Ferreira, M. Geological engineering problems associated with tunnel construction in karst rock masses: the case of Gavarres tunnel (Spain). *Eng. Geol.* **2013**, *157*, 103–111.
3. Epting, J.; Huggenberger, P.; Glur, L. Integrated investigations of karst phenomena in urban environments. *Eng. Geol.* **2009**, *109*, 273–289.
4. Le, P.C.; Luong, V.T.; Tatjana, J.K. Aquatic geochemistry status in the south, central, and highland regions of Vietnam. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2019**, *26(21)*, 21925–21947.
5. Lam, V.T.N.; Vilas, N. Assessment of vulnerabilities to climate change for urban water and wastewater infrastructure management: case study in Dong Nai River basin, Vietnam. *Environ. Dev.* **2015**, *16*, 119–137.
6. Le, N.T.; Nguyen, T.V. Application of geophysical methods to study geological structures of Mekong riverbank to determine the weak zones capable of erosion. Proceedings of international symposium on shallow geology and geophysics, Hanoi, Vietnam, 2004, 3, 77–85.
7. Le, P.C.; Luong, V.T.; Tatjana, J.K.; Akos, R.; Hoang, H. Imaging the movement of toxic pollutants with 2D electrical resistivity tomography (ERT) in the geological environment of the Hoa Khanh Industrial Park, Danang, Vietnam. *Environ. Earth Sci.* **2016**, *75(4)*, 1–14.

8. Nguyen, V.L.; Ta, T.K.O.; Masaaki, T. Late Holocen depositional environments evolution of the Mekong River Delta, Souther Vietnam. *J. Asian Earth Sci.* **2000**, *18*, 427–439.
9. Amadi, A.N.; Aminu, T.; Okunlola, I.A. Lithologic influence on the hydrogeochemical characteristics of groundwater in Zango, north–west Nigeria. *Nat. Resour. Conserv.* **2015**, *3(1)*, 11–18.
10. Beff, L.; Günther, T.; Vandoorne, B.; Couvreur, V.; Javaux, M. Three–dimensional monitoring of soil water content in a maize field using electrical resistivity tomography. *Hydrol. Earth Sys. Sci.* **2013**, *17*, 595–609.
11. Carrière, S.D.; Chalikakis, K.; Sénéchal, G.; Danquigny, C.; Emblanch, C. Combining electrical resistivity tomography and ground penetrating radar to study geological structuring of karst unsaturated zone. *J. Appl. Geophys.* **2015**, *94*, 31–41.
12. Hoang, H.V.; Nguyen, L.V.; Dang, N.D.; Wagner, F.; Pham, N.Q. Hydro–geochemical characteristics of the groundwater resources in the southern part of the Red River’s Delta plain, Vietnam. *Environ. Earth Sci.* **2018**, *77*, 674.
13. Amadi, A.N.; Aminu, T.; Okunlola, I.A. et al. Lithologic influence on the hydrogeochemical characteristics of groundwater in Zango, north–west Nigeria. *Nat. Resour. Conserv.* **2015**, *3*, 11–18.
14. Ahmed, A.B. El–Gawad, D. Landslides articulation in Wadi Hof area southeast of Cairo, Egypt, based on geological and geophysical investigations. *Environ. Earth Sci.* **2021**, *80*, 5.
15. Selvam, S.; Jesuraja, K.; Venkatramanan, S.; Chidambaram, S.; Prasanna, M. V. Sivakumar, K. Delineating saline and fresh–water aquifers in Tuticorin of southern India by using geophysical techniques. *Envir. Dev. Sust.* **2021**, *23(12)*, 17723–17744.
16. Massoud, A.; Fatma, S.; Mohamed, Y. Evaluation of mineral compositions of surface and subsurface rock samples by neutron activation analysis. *Int. J. Envir. Ana. Chemistry.* **2020**, *0*, 1–18.
17. Joshua, C.; Tiyamike, H.; Gift, T. Geologic structures associated with gold mineralization in the Kirk Range area in Southern Malawi. *Open Geosciences* **2021**, *13(1)*, 345–1357.
18. Mohamed, H.; Kalifa. G.; Fatma, K.; Mohamed, F.Z. Hydrodynamic groundwater modeling and hydrochemical conceptualization of the mining area of Moulares Redeyef (southwestern of Tunisia): New local insights. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C* **2021**, *121*, 102974.
19. Marwa, W.A.; Halmy, M.F.; Mahmoud, N. Application of Remote Sensing for Monitoring Changes in Natural Ecosystems: Case Studies from Egypt. *Envir. Remote Sen. Egypt* **2020**, 167–182.
20. Kang, W.; Qi, G.J.; Xiao, H.Y.; De, H.Y.; Fan, L.; Qing, L.Y.; Tong, Y.; Xing, Y.X. Technique of the rapid detection of groundwater based on multidimensional space. *Water Supply* **2019**, *19(7)*, 1986–1993.

Surveying the geological structure of Holocene strata in Da Nang City using two–dimensional (2D) electric imaging method

Luong Van Tho^{1*}

¹ The University of Danang – University of Science and Education, 459 Ton Duc Thang, Hoa Khanh Nam, Lien Chieu, Da Nang–550000; lvtho@ued.udn.vn

Abstract: This study was conducted to survey the geological structure of the Holocene strata in Da Nang City using a two–dimensional (2D) electric imaging method. In the study, the formation, distribution, and geological composition of the Holocene strata and the

distribution of groundwater in the environment of the Holocene stratum were also investigated. To conduct this study, the 2D electro-photographic method based on the Wenner-Alpha diagram has been deployed at the field survey locations in the Da Nang City. The results obtained through analysis of 2D electrical images at the surveyed locations were also compared and evaluated with the analyzed results of geological exploration drilling and showed a good correlation with the errors being less than 5.0%. Through the study, it can be affirmed that the 2D electro-photographic method is well applied to investigate the engineering geologies, contributing to the assessment and prediction of geological hazards in the construction of infrastructure and civil engineering, underground works related to social security across the study area.

Key words: Geology; Electrical graphics 2D; Interpretation; Heavy metal; Electrolytes.