

XÁC ĐỊNH TẦNG CHỨA VÀ QUAN TRẮC BIẾN ĐỘNG MÔI TRƯỜNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TẠI KHU CÔNG NGHIỆP BẮC THĂNG LONG - QUANG MINH, HÀ NỘI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ THỦY VĂN

NGUYỄN VĂN GIẢNG¹, NGUYỄN BÁ DUẤN¹, LÊ NGỌC THANH², NOBORU HIDA³

Email: giangnv@igp-vast.vn

¹Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Địa lý Tài nguyên Tp. Hồ Chí Minh, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Trường Đại học Akita - Nhật Bản

Ngày nhận bài: 5 - 5 - 2014

1. Mở đầu

Các nguồn nước mặt ở ao hồ sông suối ngày một cạn dần và chất lượng cũng bị suy giảm do ảnh hưởng của quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa nhanh chóng ở các đô thị lớn và vùng lân cận ở Việt Nam hiện nay. Vì vậy, nước dưới đất được xác định là nguồn tài nguyên đóng vai trò vô cùng quan trọng để sử dụng trong dân sinh cũng như phát triển kinh tế hiện nay, đặc biệt là tại các vùng rộng lớn như đồng bằng Sông Hồng hay đồng bằng sông Cửu Long. Ở đó cần thiết phải tiếp cận đến các mô hình quản lý nguồn nước hiệu quả theo hướng phát triển bền vững đối với các tầng chứa nước theo không gian và thời gian. Các thành tựu phát triển mạnh mẽ của ngành điện tử và tin học đã thúc đẩy ngành sản xuất thiết bị địa vật lý phát triển và hoàn thiện cả về phần cứng cũng như phần mềm đáp ứng được đòi hỏi thực tế sử dụng ngày nay cả trên phương diện độ chính xác và giá thành khảo sát,... Các công nghệ địa vật lý đo vẽ trên mặt đất đã chứng tỏ hiệu quả và không thể thay thế đối với những nhiệm vụ yêu cầu của công tác địa chất thủy văn. Dựa vào các đặc trưng vật lý khác nhau của môi trường địa chất gần mặt đất như đất, đá, nước mà người ta lựa chọn từng tổ hợp các công nghệ địa vật lý thích hợp trong khảo sát cấu trúc địa chất địa phương [11, 14, 15, 20, 32]. *Bảng 1* dưới đây trình bày tính hiệu quả của một số

công nghệ địa vật lý áp dụng cho khảo sát xác định tầng chứa nước trong địa chất thủy văn.

Bảng 1. Tổng hợp một số phương pháp địa vật lý ứng dụng để xác định tầng chứa nước [11]

Phương pháp địa vật lý	Độ sâu tới đá gốc	Độ sâu tới tầng chứa nước	Cấu trúc cột địa tầng	Giá thành khảo sát tính theo hệ số/km tuyến đo
Điện trở suất dòng 1 chiều	x	x	x	1
Địa chấn khúc xạ/phản xạ	x	x	x	5
Điện từ cảm ứng	x	x	x	4
Trọng lực	x		x	6
Từ thăm dò	x		x	2
Georadar	x	x	x	3

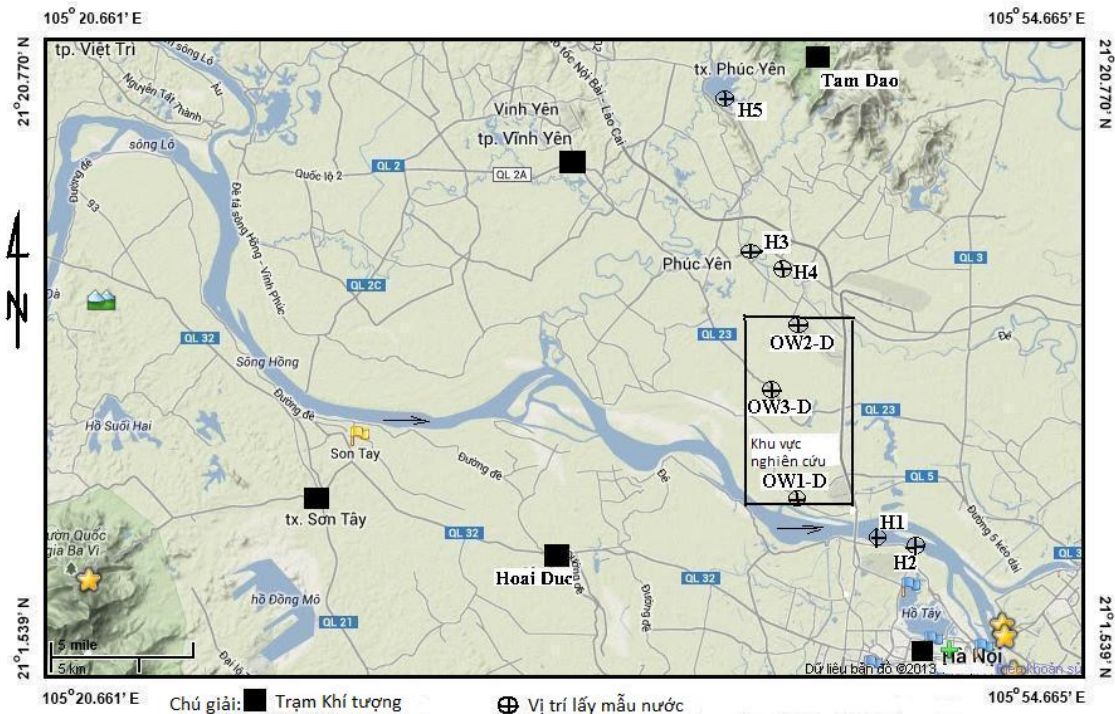
Dựa vào bảng tổng hợp này người ta sẽ lựa chọn được một tổ hợp phương pháp đo vẽ địa vật lý tối ưu cho từng đối tượng nghiên cứu điều kiện địa chất thủy văn cụ thể [9, 11, 15]. Như chúng ta đều biết, dựa vào giá trị điện trở suất trong các phép đo sâu điện đối xứng (VES) [12, 28, 32] để theo dõi sự biến đổi trong từng lớp đất đá mà ở đó có cấu trúc của tầng chứa nước. Trên thực tế có những lớp cấu trúc với bề dày rất nhỏ gần mặt đất vẫn có thể tách được khi minh giải địa chất tài liệu VES [3, 28]. Trong tổ hợp các phương pháp điện trở suất và các phương pháp điện từ đã có thể đánh giá được tổng độ khoáng hóa của nước thông qua

giá trị điện trở suất và độ dẫn điện của chúng [22, 31]. Đặc biệt, có công nghệ đo sâu cộng hưởng từ (MRS) được sử dụng là phương pháp trực tiếp xác định nồng độ của nước dưới đất trong các lớp cấu trúc [10, 16]. Tuy nhiên, công nghệ này lại thường gặp phải nhiều rất lớn khi tiến hành đo vẽ tại các vùng có nhiều mạng lưới điện cao thế hiện nay [4]. Dựa vào các thông số vật lý đặc trưng, người ta có thể xác định được kích thước của tầng chứa trong cấu trúc trầm tích [20, 31]; các đới cấu trúc xung yếu liên quan đến đập vỡ; các tham số về độ rỗng, hàm lượng sét, độ thấm [33]; chất lượng của nước [3, 27]; quan sát được hướng vận chuyển của nước [26]; đánh giá được tiềm năng khai thác của tầng chứa nước cho tương lai.

Đối với những đô thị lớn như Hà Nội, nơi đang khai thác một lượng lớn nước dưới đất cho nhu cầu sinh hoạt và sản xuất thì rất cần một chiến lược bảo vệ nguồn nước để hạn chế rủi ro đến mức thấp nhất. Thực hiện điều này phải dựa trên cơ sở khoa học chắc chắn về nguồn nước ngầm, điều kiện địa chất thủy văn, môi trường sinh thái và hiện trạng đang khai thác [5, 10, 17]. Bằng các phương pháp khảo sát thích hợp ta có thể đánh giá được các thông số của nguồn nước như độ pH, độ dẫn điện

(EC), tổng độ khoáng hóa (TDS), hàm lượng các cation và anion như Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- và SO_4^{2-} có đối sánh với các giá trị chuẩn do Tổ chức Y tế thế giới quy định [34].

Khu vực nghiên cứu được lựa chọn có diện tích 50 km² ở phía bắc Hà Nội (hình 1) được giới hạn bởi sông Hồng ở phía nam và sông Cà Lồ ở phía bắc, bao gồm diện tích khu công nghiệp Bắc Thăng Long và Quang Minh. Nguồn nước dưới đất đang khai thác hàng ngày phục vụ hoạt động công nghiệp do nhà máy nước khai thác ở độ sâu 50-70m, còn nguồn nước dưới đất khai thác phục vụ cho 12.000 hộ (65.000 nhân khẩu) ở độ sâu 8-25m. Điều cần làm rõ ở đây là hiện trạng phân bố của các tầng chứa nước, chất lượng của nước, có sự liên kết giữa nước của các tầng chứa với nước của các sông hay không, và mức độ thay đổi cả về chất và lượng của nước dưới đất trong quá trình khai thác theo thời gian. Để giải quyết các nhiệm vụ này đã lựa chọn và sử dụng công cụ địa vật lý thủy văn, bao gồm phương pháp đo sâu đối xứng (VES), đo ảnh điện 2D (ERI), đo địa chấn khúc xạ, đo điện từ tần số rất thấp (VLF) cùng với các phương pháp quan trắc và phân tích thủy văn cho khu vực nghiên cứu.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu và vị trí các điểm lấy mẫu nước H1, H2, H3, H4, H5, OW1-D, OW2-D và OW3-D

2. Khái quát về điều kiện tự nhiên và cấu tạo địa chất khu vực nghiên cứu.

Khu vực nghiên cứu khá bằng phẳng, có độ cao mặt đất 6-10m so với mặt nước biển. Quá trình tiến hóa của các trầm tích gần trên mặt diễn ra từ Pleistocen đến Đệ tứ [2, 8]. Trong suốt thời kỳ Đệ tứ khu vực này đã trải qua 5 chu kỳ biển tiến và biển thoái. Chu kỳ thứ nhất xảy ra vào thời kỳ đầu của Pleistocen với các vật liệu trầm tích như cuội sỏi và cát hạt thô. Chu kỳ thứ hai và thứ ba ứng với Pleistocen giữa-muộn (Q_1^{2-3} hn) và muộn (Q_1^3 vp). Chu kỳ thứ tư là thời kỳ chuyển giao giữa cuối Pleistocen và đầu Holocen. Chu kỳ thứ năm là thời kỳ Holocen muộn với các vật liệu liên quan đến cát nguồn gốc biển. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều quan điểm khác nhau về hệ tầng phụ của Holocen trong tiến hóa của vùng châu thổ Sông Hồng [18, 24]. Thời gian hình thành các trầm tích này khoảng 3000 năm trước công nguyên (BC) theo các nghiên cứu về cổ địa lý gần đây [13]. Các hoạt động Tân kiến tạo ở đây đã tạo ra các dải cấu trúc có dạng bậc thang mà hệ tầng Vĩnh Phúc được coi như ranh giới của Pleistocen/Holocen trong châu thổ sông Hồng [18, 29]. Như vậy, khu vực nghiên cứu bao gồm các trầm tích đã trải qua năm chu kỳ tiến hóa mà trên cột địa tầng sẽ có năm ranh giới từ Pleistocen muộn đến Đệ tứ. Đây là đặc điểm địa chất quan trọng trong công tác minh giải tài liệu địa vật lý.

3. Đo vẽ và minh giải địa vật lý

3.1. Các phương pháp điện trở suất DC

Phương pháp VES và mặt cắt ảnh điện 2D (ERI) được sử dụng để xác định phân bố giá trị điện trở suất của đất đá trong khu vực nghiên cứu bằng các phép đo dùng dòng điện một chiều. Cơ sở lý thuyết của phương pháp này được mô tả chi tiết trong [14, 22, 32]. Độ sâu nghiên cứu hiệu dụng

bằng 10-20% của khoảng cách cực đại giữa hai cực phát dòng (AB) tùy thuộc vào cấu trúc của điện trở suất đất trong môi trường nghiên cứu [28]. Giá trị điện trở suất của môi trường bất đồng nhất của nửa không gian phía dưới được xác định bằng việc phân chia ra các lớp đất đá theo phân lớp ngang [31] được biểu thị bằng các mặt cắt địa điện. Trong trường hợp mặt cắt địa điện 2D được thành lập dựa trên cơ sở một tập hợp các mặt cắt 1D [23, 33].

3.1.1. Đo sâu đối xứng

Đo sâu điện đối xứng (VES) là phương pháp truyền thống được sử dụng hiệu quả trong việc tìm kiếm nước dưới đất nhờ sự phân tách giá trị điện trở suất của các cấu trúc địa chất gần mặt đất có sự khác biệt rất lớn từ một vài Ωm cho đến hàng ngàn Ωm và độ sâu khảo sát thông thường đạt được khoảng 100-150m. Do phương pháp này đáp ứng được yêu cầu nghiên cứu trong khu vực nên đã được lựa chọn để đo 28 điểm VES theo mạng lưới phủ kín khu vực khảo sát với kích thước thiết bị cho hai cực phát dòng $AB=1000m$ và cho hai cực thu thế $MN=100m$ bằng hệ thiết bị SUPERSTING R1/IP + 4 cực do AGI Geometrics [1] chế tạo. Trong minh giải số liệu đo VES đã sử dụng mô hình tiệm cận giao diện trực tiếp người và máy để có thể tiếp cận đến mô hình cấu trúc gần đúng nhất với thực tế thông qua việc lựa chọn các giá trị điện trở suất và bề dày tương ứng của từng lớp trong dải rất rộng từ 0,1 đến hàng ngàn Ωm [28] nhằm khắc phục nguyên lý tương đương trong bài toán địa điện. Đồng thời cũng tham khảo số liệu của các cột địa tầng lỗ khoan quan trắc gần đó một cách có chọn lọc để nâng cao độ chính xác trong phép phân tích tài liệu địa điện [10-12, 15]. Cơ sở không thể thiếu trong việc lựa chọn mô hình phân tích số liệu VES là bảng giá trị điện trở suất được xác định đặc trưng cho từng điểm đo theo mẫu chuẩn (bảng 2).

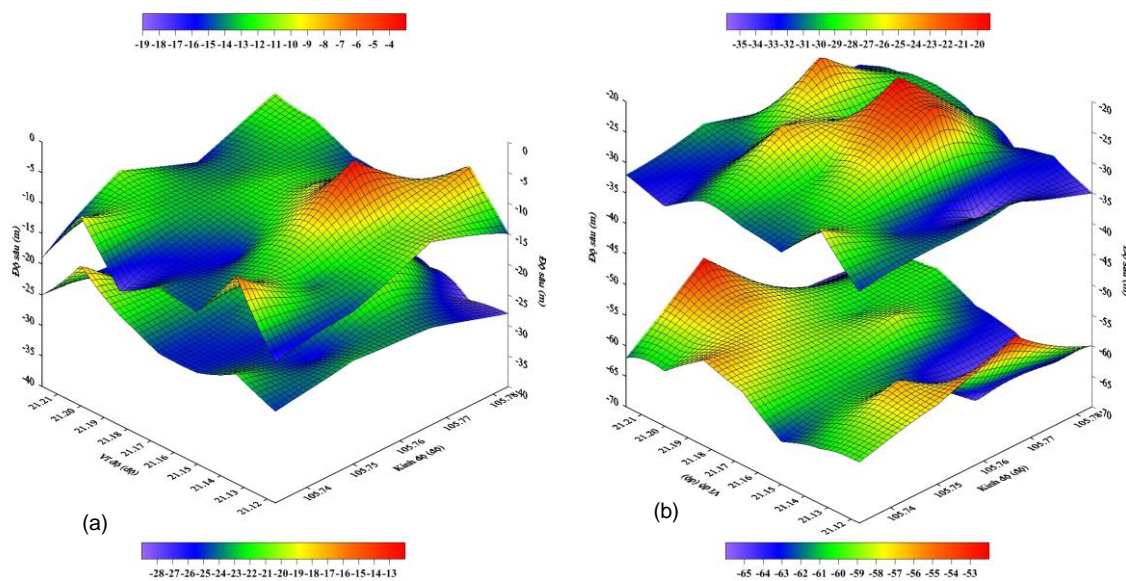
Bảng 2. Giá trị điện trở suất của các mẫu chuẩn trong khu vực nghiên cứu (Các mẫu vật liệu này được đo ngoài thực địa bằng các thiết bị test nhanh của nhóm GS. N. Hida và mẫu được đo trong phòng thí nghiệm về thổ nhưỡng ở ĐH. Akita, Nhật Bản)

Tên mẫu	Thời gian thu thập xác định	Loại vật liệu	Điện trở suất (Ωm)
Đại Mạch (OW1)	26/5/2008	Cát khô	1000-1200
Đại Mạch (OW1)	26/5/2008	Cát ẩm	200-300
Đại Mạch (OW1)	26/5/2008	Cát bão hòa nước	50-80
Chi Đông (OW2)	11/6/2008	Đất khô	120-140
Chi Đông (OW2)	11/6/2008	Đất ẩm	20-30
Thượng Lệ (OW3)	18/7/2008	Sét ẩm	20-40
Thượng Lệ (OW3)	18/7/2008	Sét bão hòa nước	10-20
Thượng Lệ (OW3)	18/7/2008	Bùn ướt	12-15

Như chúng ta đã biết, các thành tạo trầm tích có độ rỗng lớn thì thường chứa nước và có điện trở suất thấp. Đối với các trầm tích bờ rời gần mặt đất thì giá trị điện trở suất của nước dưới đất dao động trong khoảng từ 10 đến 100 Ωm và phụ thuộc vào tổng độ khoáng hóa có trong nước ngầm. Nhưng đối với một số loại đá khác như đá granit hay bazalt có thể nằm trong dải hàng ngàn Ωm khi chúng ở trạng thái khô.

Kết quả minh giải số liệu VES ở đây cho phép xác định được 2 tầng chứa nước; tầng chứa nước

thứ nhất nằm ở độ sâu từ -10 đến -24m và được xếp vào tầng chứa nước Holocen với điện trở suất là 15-50 Ωm (hình 2a). Tầng chứa nước thứ hai, ở độ sâu từ -30 đến -60m, được xếp vào tầng chứa nước Pleistocen và có giá trị điện trở suất trong dải 30-60 Ωm (hình 2b). Nước dưới đất ở cả hai tầng chứa này đều thuộc nước nhạt vì giá trị của điện trở suất của chúng đều trong dải 15-60 Ωm . Hình thái của từng tầng chứa nước này được xây dựng thông qua phân bố theo không gian của chúng bằng các giá trị độ sâu đến đỉnh và độ sâu đến đáy của từng tầng chứa và được trình bày trong các hình 2a, b.



Hình 2. Sơ đồ phân bố độ sâu tới đỉnh và đáy: a- tầng chứa nước Holocen (Qh) và b- tầng chứa nước Pleistocen (Qp) theo tài liệu VES

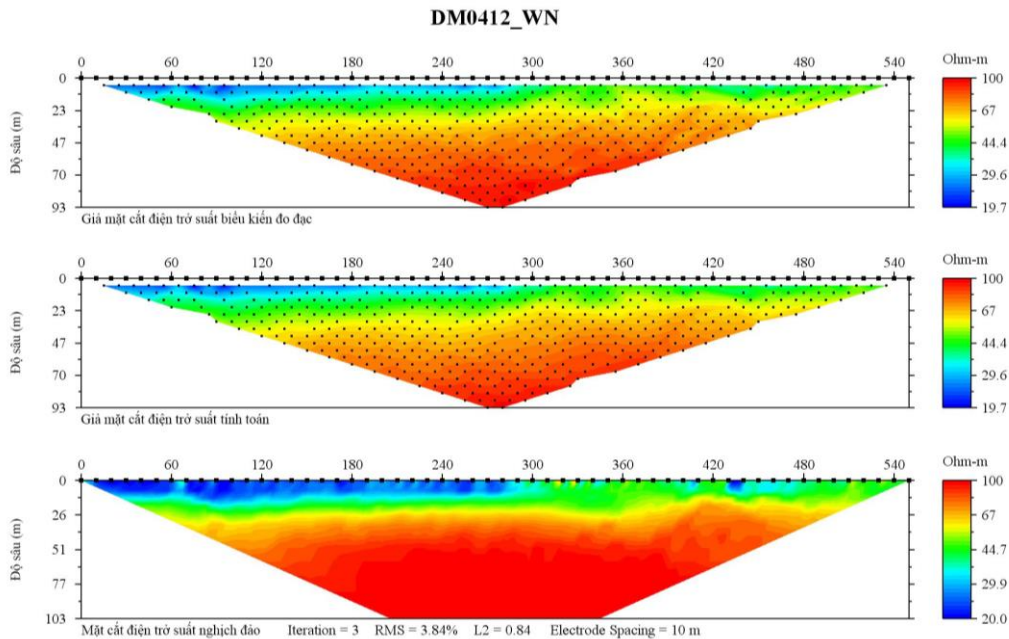
3.1.2. Kết quả đo ảnh điện 2D

Đo ảnh điện 2D (ERI) dựa trên cơ sở đo sâu điện đa cực mà áp dụng trong khu vực nghiên cứu ở đây đã sử dụng kiểu thiết bị Wenner của 56 điện cực với khoảng cách các cực là 10m và cũng bằng hệ thiết bị SUPERSTING R1/IP. Các hình vẽ giả mặt cắt (pseudo-section) được xây dựng cho tuyến đo cạnh lỗ khoan quan trắc OW1, OW2 và OW3. Ở đây xin trích giới thiệu giả mặt cắt DM0412 cho tuyến OW1 được trình bày trong hình 3.

Trong minh giải số liệu ERI theo các mô hình cấu trúc đã chấp nhận sai số tính toán của mô hình là <10%, như vậy có thể đánh giá chất lượng của tài liệu đo theo ERI là tốt. Từ các giả mặt cắt địa điện ta có thể minh giải các lớp cấu trúc gần mặt

đất mà ở đây xin trích giới thiệu cho tuyến DM0412 (OW1) bằng 4 lớp cấu tạo trình bày trong bảng 3.

Kết quả khảo sát bằng đo sâu điện đối xứng (VES) tại điểm số 24 nằm cạnh tuyến đo bằng phương pháp điện đa cực (MRI) có tọa độ $\lambda = 105,7833^\circ\text{E}$ và $\varphi = 21,15000^\circ\text{N}$ như sau: đường cong đo sâu VES được phân chia thành 5 lớp cấu trúc (và một lớp đất trồng phủ trên mặt) với bề dày và giá trị điện trở suất từng lớp theo thứ tự từ trên xuống dưới như sau: 1,2m và 156,8 Ωm ; 11,5m và 126,8 Ωm 14,6m và 34,5 Ωm ; 8,9m và 51,2 Ωm ; 33,5m và 59,6 Ωm ; và 135 Ωm . Bằng cấu trúc các lớp của đường cong VES này, chúng ta cũng có thể giải đoán ra 2 lớp đặc trưng cho 2 tầng chứa nước.



Hình 3. Giả mặt cắt DM0412 (OW1) theo tài liệu MRI (Hình trên là giả mặt cắt theo giá trị điện trở suất biểu kiến đo được; Hình giữa là giả mặt cắt điện trở suất biểu kiến tính theo mô hình; Hình dưới là mặt cắt điện trở suất biểu kiến theo nghịch đảo)

Bảng 3. Tổng hợp bề dày và điện trở suất của các lớp theo tài liệu MRI của tuyến DM0412 gần lỗ khoan quan trắc OW1

Lớp	Bề dày (m)	Điện trở suất (Ωm)	Cấu tạo địa tầng
1	0-13	20-30	Đất mặt
2	13-25	30-50	Tầng chứa nước (Qh)
3	25-33	50-60	Tầng chắn nước
4	33-60	60-85	Tầng chứa nước (Qp)

3.2. Phương pháp địa chấn khúc xạ

Địa chấn khúc xạ được lựa chọn để sử dụng cho khu vực nghiên cứu này nhằm tạo thành tổ hợp các phương pháp địa vật lý trong việc xác định mặt móng đá gốc, các đới cấu trúc nứt nẻ, các ranh giới thành tạo địa chất liên quan đến tầng chứa nước, lớp cách nước trong mô hình cấu trúc địa chất thủy văn. Cơ sở lý thuyết của phương pháp địa chấn khúc xạ đã được mô tả khá chi tiết trong [7, 9, 14, 30]. Điều cần quan tâm ở đây là việc lựa chọn thiết bị và kích thước thiết bị để sử dụng phù hợp với mục đích nghiên cứu. Thiết bị Terraloc MK6, 24 kênh do ABEM chế tạo đã được sử dụng với khoảng cách giữa các geophone là 5 m và các tuyến đo đề được thực hiện trùng khớp với các tuyến đo ERI miêu tả ở phần trên. Trong khuôn khổ của bài báo, xin trích giới thiệu một tuyến đo địa chấn khúc xạ cạnh lỗ khoan quan trắc OW1 có chiều dài 560m và theo hướng nam-bắc.

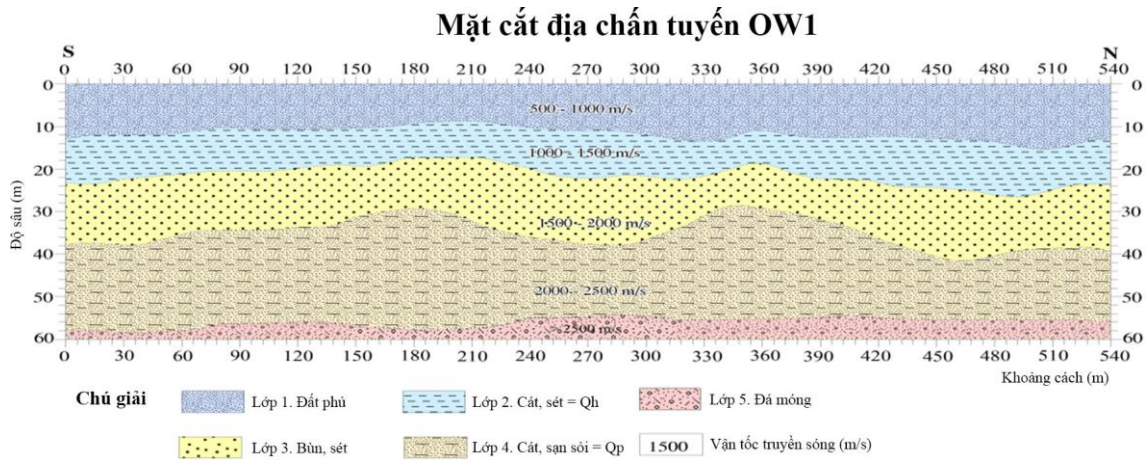
Kết quả minh giải tài liệu địa chấn khúc xạ theo các tuyến đo OW1 và OW2 nhận được mô hình cấu trúc địa chất gồm 4 lớp với các giá trị vận tốc truyền sóng địa chấn từ lớp sét mặt đất đến lớp đá gốc nằm trong dải từ 500 đến 2500 m/sec (hình 4 cho tuyến OW1). Cụ thể như sau:

- Lớp thứ nhất có vận tốc truyền sóng địa chấn từ 500 đến 1000m/sec, nằm ở độ sâu từ mặt đất máy đến -12m cho tuyến OW1 và đến -8m cho tuyến OW2.

- Lớp thứ hai có vận tốc truyền sóng địa chấn từ 1000 đến 1500 m/sec và ở độ sâu từ -12 đến -25m cho tuyến OW1 và từ -8 đến -20m cho tuyến OW2. Lớp này tương ứng với tầng chứa nước Holocen theo tài liệu địa điện.

- Lớp thứ ba có vận tốc truyền sóng địa chấn từ 1500 đến 2000m/sec và ở độ sâu từ -25 đến -37m cho tuyến OW1 và từ -20 đến -32m cho tuyến OW2.

- Lớp thứ tư có vận tốc truyền sóng địa chấn từ 2000 đến 2500m/sec và ở độ sâu từ -37 đến -57m cho tuyến OW1 và từ -32 đến -46m cho tuyến OW2. Đây là lớp tương ứng với tầng chứa nước Pleistocen.



Hình 4. Mặt cắt địa chấn theo tuyến OW1 (Lớp 1: Đất phủ; Lớp 2: Cát, sét = Qh; Lớp 3: Bùn, sét; Lớp 4: Cát, sạn sỏi = Qp; Lớp 5: Đá móng)

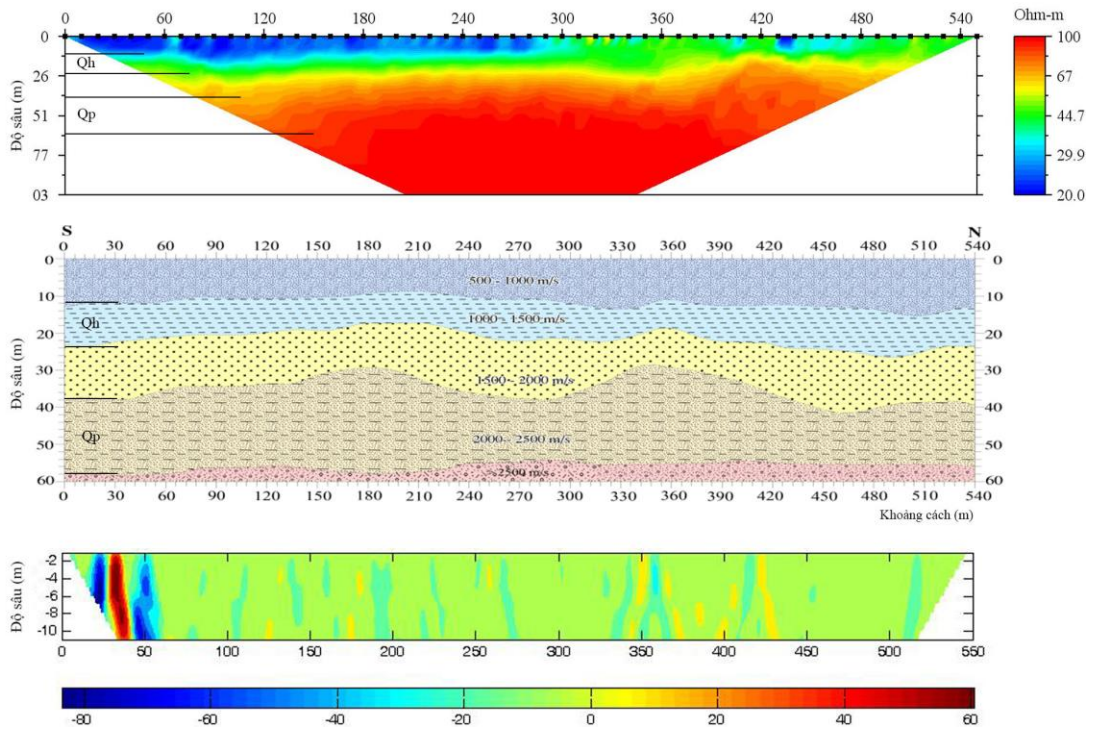
Như vậy, độ sâu lớp đá gốc được xác định bằng tài liệu địa chấn khúc xạ là -57m cho tuyến OW1 và -46m cho tuyến OW2 với vận tốc truyền sóng địa chấn >2500m/sec. Đây là kết quả khá phù hợp với mô hình cấu trúc địa chất của khu vực nghiên cứu và cũng khá tương đồng với tài liệu địa điện.

3.3. Phương pháp điện từ tần số rất thấp (VLF)

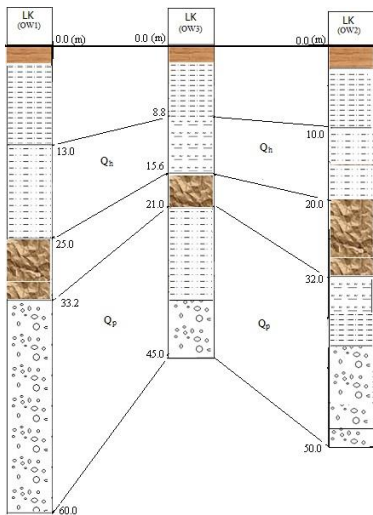
VLF là một công nghệ khá hiệu quả sử dụng trong khảo sát cấu trúc địa chất tầng để góp phần đánh giá điều kiện địa chất thủy văn cho khu vực nghiên cứu. Mục đích khảo sát VLF ở đây nhằm khoanh vùng những đới cấu trúc có độ dẫn cao liên quan đến đập vỡ, bờ rời chứa nước hoặc là các đường truyền dẫn của nước. Bởi vì kỹ thuật VLF là đo ghi cường độ của trường thứ cấp và cũng chính là trường cảm ứng tạo bởi một nguồn dưới mặt đất khi được một đài phát sóng VLF ở xa có tần số từ 15 đến 30 kHz tác động vào. Thiết bị được sử dụng để khảo sát ở đây là VLFwadi do ABEM chế tạo. Các tuyến đo VLF cũng được thiết lập trùng với các tuyến đo ERI với bước đo là 5m. Bằng cách đo các điểm trên từng tuyến, chúng ta thu được giá trị về độ lớn của trường và sự lệch pha của nó gây ra bởi một thành tạo địa chất bị nứt nẻ, đập vỡ có chứa nước ngầm [25]. Chuỗi số liệu đo được xử lý loại bỏ nhiễu trên bề mặt bằng phép lọc Fraser và Karous-Hjelt, sau đó được minh giải để tiếp cận đến nguồn gây ra dị thường VLF bằng các mặt cắt mật độ của dòng [21, 32]. Hình 5c dưới đây trình bày mặt cắt mật độ dòng của tuyến VLF đo tại OW1 với bước đo 5m. Nhìn vào mặt cắt mật độ

dòng ta thấy sự xuất hiện của các dị thường VLF như ở đoạn tuyến từ mét thứ 20 đến mét thứ 55 có biên độ dị thường lớn nhất (-60 đến +60) hay ở đoạn tuyến từ mét thứ 330 đến mét thứ 370 hoặc từ 410 đến 435 có biên độ dị thường VLF trong khoảng -20 đến +20. Với dạng dị thường đơn lẻ có phương gần như thẳng đứng thường liên quan đến nguồn là các đới chứa nước và trong cấu trúc địa chất thủy văn được giải đoán là các cửa sổ địa chất thủy văn.

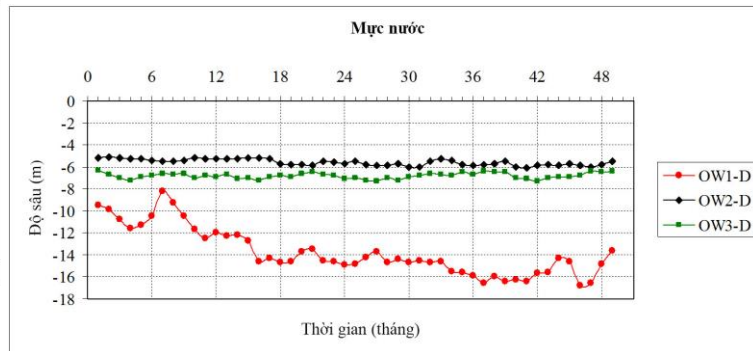
Tổng hợp các kết quả khảo sát bằng địa vật lý cho một tuyến cạnh lỗ khoan OW1 cho thấy mặt cắt cấu trúc địa chất tầng nông được xác định bằng tài liệu MRI 2D và địa chấn khúc xạ khá tương đồng trình bày trong hình 5a, b với 5 lớp cấu trúc bao gồm 2 tầng chứa nước. Trong đó lớp chứa nước liên quan đến tầng Qh được xếp vào tầng chứa nước không áp và tầng Qp là tầng chứa nước có áp và có tiềm năng trong khu vực nghiên cứu. Dựa vào kết quả khảo sát của VLF trên cùng tuyến này, cho thấy mặt cắt mật độ của VLF có xuất hiện nhiều dị thường liên quan đến các đới chứa nước và dẫn nước được coi là các cửa sổ thủy văn trong khu vực này. Từ kết quả này, nếu liên kết để lý giải sự thay đổi gần như tuyến tính giữa mực nước ngầm hạ thấp dần (hình 6) đang khai thác trong tầng chứa Pleistocen ở lỗ khoan OW1 với độ dẫn điện tăng dần quan trắc được cũng tại lỗ khoan này (hình 7) thì thấy đang có sự thay đổi về chất và về lượng của nước ngầm tại đây.



Hình 5. Tổng hợp các mặt cắt cấu trúc của tuyến OW1 theo tài liệu (a)-2D MRI; (b)- địa chấn khúc xạ và (c)-mật độ dòng của VLF



Hình 6. Sơ đồ cột địa tầng 3 lỗ khoan sâu quan trắc OW1, OW2 và OW3 (Qh = tầng chứa nước Holocen; Qp = tầng chứa nước Pleistocen)



Hình 7. Đường cong phân bố mực nước quan sát được tại các lỗ khoan OW1-D, OW2-D và OW3-D trong khoảng thời gian từ 8/2008 đến 12/2012

4. Đặc điểm địa chất thủy văn

Dựa vào các kết quả khảo sát bằng tổ hợp địa vật lý trên khu vực nghiên cứu và kết hợp với các lỗ khoan quan trắc mực nước, độ dẫn và nhiệt độ liên tục từ tháng 7 năm 2008 đến tháng 12 năm 2012, kết hợp với kết quả lấy mẫu và phân tích các mẫu nước thu thập trong khu vực nghiên cứu và lân cận đã cho phép rút ra những đặc điểm về địa chất

thủy văn đặc trưng cho khu bắc Thăng Long và Quang Minh, Hà Nội.

Trong khoảng thời gian 2007-2012, 16 mẫu nước đã được thu thập ở các vị trí khác nhau và trình bày trong *bảng 4*. Vị trí của các mẫu H1, H2 lấy tại hai bờ sông Hồng ở Hà Nội, H3, H4 lấy tại hai bờ sông Cà Lồ tại Mê Linh - Đông Anh, H5 lấy tại hồ Đại Lải, OW1-D, OW2-D và OW3-D là các mẫu lấy tại 3 lỗ khoan quan trắc (*hình 6*).

Bảng 4. Phân bố các điểm lấy mẫu nước và một số thông số đo được của mẫu trong thời gian 2007-2012

Ký hiệu mẫu	Vị trí	Tọa độ			Mùa mưa						Mùa khô			
		λ	φ	h (m) a.s.l	Ngày giờ (LT=UT-7)	Nhiệt độ (°C)	pH	Độ dẫn (mS/m)	TDS (mg/l)	Ngày giờ (LT=UT-7)	Nhiệt độ (°C)	pH	Độ dẫn (mS/m)	TDS (mg/l)
H1	Bờ phải sông Hồng - tây	105°48.444'E	21°05.396'N	8,0	11:00 27/06/2007	26,7	7,0	15,8	259					
H2	Bờ phải sông Hồng - đông	105°48.716'E	21°05.445'N	8,0	08:30 23/07/2010	27,1	7,1	16,3	265	13:00 31/01/2008	23,2	7,0	17,7	329
H3	Bờ trái Cà Lồ - tây	105°44.223'E	21°14.314'N	9,0	11:45 23/07/2010	30,9	7,8	18,1	402	12:00 31/01/2008	22,4	7,6	28,	456
H4	Bờ trái Cà Lồ - đông	105°44.221'E	21°14.314'N	9,0						14:30 21/03/2008	23,8	7,7	29,0	443
H5	Hồ Đại Lải	105°42.239'E	21°19.552'N	15,0						10:20 20/03/2008	28,4	7,4	5,8	285
OW1-D	Quan trắc OW1-D	105°45.346'E	21°06.951'N 21°06.951'N	10,0	12:00 10/07/2008	25,2	7,0	23,5	223	08:00 4/12/2012	24,6	7,8	25,2	261
OW2-D	Quan trắc OW2-D	105°45.008'E	21°12.430'N	10,0	15:30 10/07/2008	25,0	6,4	11,4	203	12:00 4/12/2012	24,7	7,1	17,4	248
OW3-D	Quan trắc OW3-D	105°44.091'E	21°10.405'N	8,0	14:00 10/07/2008	25,2	6,3	49,6	347	10:25 4/12/2012	24,5	6,9	38,7	403

5. Kết quả và thảo luận

Kết quả phân tích các mẫu nước cho ta biết được chất lượng của nước, đặc biệt đối với một số điểm được lấy và phân tích nước theo mùa khô và

mùa mưa trong năm. Các kết quả phân tích chỉ số cation và anion của nước mẫu được trình bày trong *bảng 5* cho các mẫu thu thập vào mùa mưa và *bảng 6* cho các mẫu thu thập vào mùa khô.

Bảng 5. Kết quả phân tích các mẫu lấy vào mùa mưa (N. Hida và cộng sự thực hiện 2007-2012)

Tên mẫu	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	δ ¹⁸ O (‰)	δD (‰)
H1	1,865	3,072	9,038	96,894	3,057	1,606	4,841	29,376	-8,1	-54,6
H2(23-07-2010)	1,560	4,237	20,185	166,133	5,426	2,132	5,184	28,537	-10,2	-84,1
H3(23-07-2010)	8,344	7,356	41,215	152,276	12,934	8,904	4,968	27,465	-7,7	-41,3
OW1-D(10-07-2008)	1,510	2,650	0,252	112,838	8,206	3,970	4,346	21,654	-7,2	-49,5
OW2-D(10-07-2008)	1,835	0,151	1,882	63,778	6,917	2,640	2,807	10,640	-6,5	-47,6
OW3-D(10-07-2008)	-	-	4,720	-	-	8,095	-	-	-5,8	-42,0

Bảng 6. Kết quả phân tích các mẫu lấy vào mùa khô (N. Hida và cộng sự thực hiện 2007-2012)

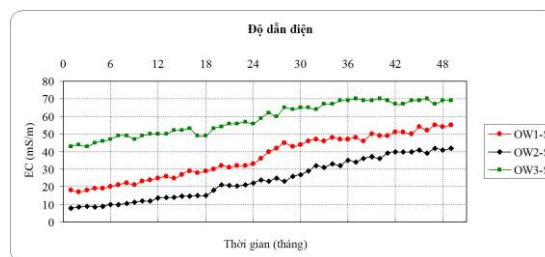
Ký hiệu mẫu	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	δ ¹⁸ O (‰)	δD (‰)
H2(31-01-2008)	2,761	2,933	11,939	118,971	4,526	1,686	6,068	32,629	-8,8	-61,7
H3(31-01-2008)	12,496	5,417	23,537	110,385	8,897	7,000	6,318	34,710	-6,5	-32,1
H4	10,795	10,118	23,277	121,424	7,152	6,905	6,698	39,775	-5,1	-35,7
H5	3,257	1,311	6,258	15,945	2,363	0,920	1,448	4,713	-2,4	-28,3
OW1-D(4-12-2012)	1,018	1,034	0,176	83,374	5,164	2,135	5,445	25,449	-5,8	-42,6
OW2-D(4-12-2012)	1,367	0,114	1,087	37,662	4,769	1,363	4,027	15,228	-6,0	-40,9
OW3-D(4-12-2012)	1,764	0,212	2,973	44,897	5,133	6,112	6,728	16,552	-3,9	-34,2

Theo kết quả phân tích trong *bảng 6* cho thấy thứ tự của lượng cation và anion cho các mẫu nước lấy vào mùa mưa như sau: Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺ và HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻, còn đối với mẫu nước ngầm lấy từ lỗ khoan quan trắc OW1-D vào mùa khô: Ca²⁺ > Mg²⁺ > Na⁺ > K⁺ và HCO₃⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻ > SO₄²⁻. Đối với mẫu nước ngầm của OW1-D lấy vào mùa mưa có thứ tự hơi khác như sau: Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺ và HCO₃⁻ > NO₃⁻ > Cl⁻ > SO₄²⁻. Thứ tự ion của các mẫu nước ngầm lấy từ lỗ khoan quan trắc OW2-D và OW3-D cũng tương tự như OW1-D vào mùa mưa. Giá trị độ pH được xác định cho các mẫu nước mặt Sông Hồng, Sông Cà Lồ và hồ Đại Lải đều từ 7 đến 7,5; còn đối với nước dưới đất OW1-D từ 7,0 đến 7,8; OW2-D từ 6,4 đến 7,1; OW3-D từ 6,3 đến 6,9. Từ các kết quả phân tích mẫu nước như trên, ta có thể phần nào lý giải có sự tác động qua lại giữa nước Sông Hồng với nước ngầm tại OW1-D. Còn đối với kết quả phân tích đồng vị của các mẫu nước cũng cho thấy cả hai giá trị δ¹⁸O và δD đều cao hơn một chút vào mùa mưa so với mùa khô.

Khi xem xét biến thiên của mực nước ngầm, độ dẫn điện và nhiệt độ của nước trong các giếng quan trắc OW1-D, OW2-D, OW3-D và các giếng khai thác nước cho sinh hoạt hàng ngày của chủ nhà nằm cách 5m OW1-S, OW2-S, OW3-S được đo đều đặn 5 ngày một lần đã chỉ ra rằng độ sâu của mực nước ngầm đã hạ xuống từ -8m đến -16m cho khoảng thời gian quan trắc từ 2008 đến 2012 đối với OW1-D (*hình 7*). Vị trí của lỗ khoan quan trắc

OW1-D nằm trong tuyến các lỗ khoan đang khai thác hàng ngày 20.000 m³/ngày của Nhà máy nước Bắc Thăng Long và cũng chỉ cách nước Sông Hồng 450m về phía bắc. Mực nước của OW2-D và OW3-D cũng được quan trắc đều như OW1-D nhưng mức độ hạ thấp không đáng kể, do vị trí của chúng nằm xa khu vực đang khai thác phục vụ cấp nước cho sản xuất công nghiệp.

Đối với độ dẫn điện được quan trắc thường kỳ trong cả 3 lỗ khoan sâu OW1-D; OW2-D và OW3-D cho thấy sự biến đổi rất ít trong chuỗi thời gian dài, ngược lại đối với 3 lỗ khoan đang khai thác hàng ngày ở tầng nông hơn phục vụ nước sinh hoạt thì đều có xu thế tăng dần từ năm 2008 đến 2012 (*hình 8*).



Hình 8. Đường cong phân bố giá trị độ dẫn điện đo được tại các lỗ khoan OW1-S, OW2-S và OW3-S trong khoảng thời gian từ 8/2008 đến 12/2012

Trên *hình 8* cho thấy giá trị độ dẫn điện của 3 lỗ khoan đang khai thác nước ở tầng Holocen trong độ sâu 20-25m có biến thiên từ 20 đến 55 mS/m đối với OW1-S, từ 10 đến 40 mS/m đối với OW2-

S và từ 40 đến 70 mS/m đối với OW3-S. Cả 3 lỗ khoan này đều đang khai thác hàng ngày từ 15 đến 20 m³ phục vụ nước sinh hoạt và theo kết quả khảo sát bằng VLF ở trên thì tại các điểm này đều có tồn tại các đới dẫn nước từ trên mặt xuống được gọi là cửa sổ thủy văn. Đây cũng chính là điều kiện làm gia tăng ô nhiễm nguồn nước ngầm Holocen từ nước mặt trong khu vực nghiên cứu [6, 10, 12].

Nếu xây dựng mô hình tính toán cho nước dưới đất (GMS) áp dụng cho khu vực nghiên cứu có diện tích 50 km², chọn hệ số thấm ngang K cho tầng chứa thứ nhất (Qh) là 9,66 m/ngày, hệ số rỗng n là 0,26; còn cho tầng chứa nước thứ hai (Qp) có K=32,12 m/ngày và n=0,29; hệ số nhả nước trọng lực, Sy = 0,18 thì nhận được trữ lượng khai thác tiềm năng nước ngầm ở đây là 17.800 + 38.700 = 56.500 m³/ngày và như vậy có thể khai thác an toàn ở mức 32.000 m³/ngày. Trong đó có thể phân ra cho nhà máy nước khai thác ở tầng Qp là 20.000 m³/ngày và các giếng khai thác nước sinh hoạt ở tầng Qh là 6.000 m³/ngày. Với mức độ khai thác hiện tại thì các nhà máy sản xuất trong khu công nghiệp cũng đảm bảo đủ nước và nước sinh hoạt cũng đảm bảo khai thác bền vững. Nếu nước ở tầng Qp khai thác nhiều lên thì khả năng ngấm xuống từ tầng Qh là hiện hữu thông qua các cửa sổ thủy văn, như vậy chất lượng nước của tầng Qp cũng sẽ biến động theo chiều hướng tiêu cực trong khu vực này.

5. Kết luận

Các phương pháp địa vật lý như đo sâu điện trở suất, đo ảnh điện 2D, đo địa chấn khúc xạ và đo điện từ tần số rất thấp đã tạo thành một tổ hợp phương pháp áp dụng có hiệu quả trong việc xác định tầng chứa nước, khoanh định các đới cấu trúc dẫn nước cho khu vực nghiên cứu. Trong đó, đo sâu VES và đo sâu mặt cắt ảnh điện 2D giúp ta không những phân chia được các ranh giới địa tầng mà còn có cơ sở để đánh giá chất lượng của nước ngầm thông qua giá trị độ dẫn điện của từng lớp.

Với hai tầng chứa nước được xác định thì tầng chứa nước Pleistocen được đánh giá là có tiềm năng khai thác, còn tầng chứa nước Holocen được đánh giá là rất dễ bị ô nhiễm bởi các hoạt động của nước mặt thông qua các cửa sổ thủy văn.

Nước dưới đất của cả hai tầng đang khai thác có chất lượng đạt yêu cầu cho nước sinh hoạt và đạt trữ lượng cho nước sản xuất công nghiệp trong khu vực, song xu hướng hạ thấp mực nước ngầm là

hiện hữu và để khai thác sử dụng theo hướng bền vững thì cần chú ý cân bằng khai thác giữa hai tầng để tránh suy giảm về chất lượng nước do đặc điểm cấu tạo địa chất thủy văn và mối quan hệ giữa nước sông và nước ngầm tạo ra. Nên khống chế số lượng khai thác tổng thể nước ngầm trong khu vực này đến 32.000 m³/ngày là hợp lý, nhất là về mùa khô hàng năm.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ hỗ trợ nghiên cứu cơ bản về khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) của Đề tài mã số 105.04-2011.05.

TÀI LIỆU DẪN

[1] AGI, 2003: The SuperSting with Swift automatic resistivity and IP system instruction manual, *Advanced Geosciences, Inc.*, Austin, Texas, U.S.A.

[2] Lê Đức An, 1996: Sự dao động của mực nước biển vùng thềm lục địa Việt Nam. Tc. Các KH về TĐ, T.18, (4), 365-367.

[3] J. Asfahani and B. A. Zakhem, 2013: Geoelectrical and Hydrochemical Investigations for Characterizing the Salt Water Intrusion in the Khanasser Valley, Northern Syria, *Acta Geophysica* vol. 61, no. 2, Apr. 2013, 422-444 DOI: 10.2478/s11600-012-0071-3.

[4] G. Beziuk, 2012: Near Surface Geophysical Surveys with a High Frequency Mutual Impedance Measuring System, *Acta Geophysica* vol. 60, no. 1, Feb. 2012, 140-156 DOI: 10.2478/s11600-011-0064-7.

[5] Bui D D, Kawamura A, Tong T N, Amaguchi H, Nakagawa N, 2012: Spatio-temporal analysis of recent groundwater-level trends in the Red River Delta, Vietnam. *Hydrogeology Journal* 20: 1635-1650 DOI 10.1007/s 10040-012-0889-4.

[6] Dan N V, Dzung N T, 2002: Current status of groundwater pollution in Hanoi area. *Proceedings of the International Symposium on Environment and Injure for Community Health Caused by Pollution during the Urbanization and Industrialization. Hanoi Dec. 28-29, 2002. VNU Hanoi, p.55-69.*

[7] P. Derecke, 1980: The generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation, *Society of Exploration Geophysicists*, 104.

- [8] Nguyễn Dịch Dỹ, 1998: Nghiên cứu quy luật địa tầng Đệ Tứ ở Việt Nam và một số đề xuất. TC. Các KH về TĐ, T.20, (4), 258-265.
- [9] Fagin S.W., 1991: Seismic modelling of geologic structures: Applications to Exploration problems. *Geophysical Development*, V. 2, SEG, 3-92.
- [10] N.V. Giang, T.D. Nam, M. Bano, 2012: Groundwater investigation on sand dunes area in southern part of Vietnam by Magnetic Resonance Sounding, *Acta Geophysica* vol. 60, no. 1, 157-172 DOI: 10.2478/s11600-011-0064-7.
- [11] N. V. Giang, 2005: Application of Geophysical Methods for Engineering Geology in Vietnam. *Advances in Natural Sciences*, vol. 5, no. 3, 325-332.
- [12] Nguyễn Văn Giảng, 1998: Kết quả bước đầu quan sát ô nhiễm môi trường nước dưới đất ở Hà Nội bằng số liệu địa điện. TC Các KH về TĐ, 20(1), 21-26.
- [13] Golonka J, Krobicki M, Pajak J, Giang NV, Zuchiewicz W, 2006: Global plate tectonics and paleogeography of southeast Asia. AGH University of Science and Technology, Arkadia, Krakow, Poland pp. 1-128, ISBN 83-88927-10-8.
- [14] Griffiths D.H. and King R.F., 1986: Applied geophysics for geologists & engineers. *Pergamon Press, Inc.*, 240.
- [15] Guerin R., 2005: Borehole and surface-based hydrogeophysics. *Hydrogeology J.*, 13(1), 251-254.
- [16] H. Haynes, A.M. Ockelford, E. Vignaga and W.M. Holmes, 2012: A New Approach to Define Surface/Sub-Surface Transition in Gravel Beds, *Acta Geophysica* vol. 60, no. 6, Dec. 2012, 1589-1606 DOI: 10.2478/s11600-012-0067-z.
- [17] V. H. Hiếu, L.T.P.Quỳnh, Josette G, Etcheber H, D.T. Thúy, H.T. Cường, 2012: Bước đầu khảo sát hàm lượng carbon hữu cơ không tan (POC) trong môi trường nước vùng hạ lưu hệ thống Sông Hồng. TC. Các KH về TĐ, T. 34, (1); 65-69.
- [18] Hori K., Tanabe S., Saito Y., Haruyama S., Viet N., Kitamura A., 2004: Delta initiation and Holocene sea-level change: Example from the Red river delta, Vietnam. *Sed. Geol.*, 164, 237-249.
- [19] Hubbard S.S., Rubin Y., 2000: Hydrogeological parameter estimation using geophysical data: a review of selected techniques. *J. of Contaminant Hydrology* 45, 3-34.
- [20] Hubbard S.S., Rubin Y., Majer E., 1999: Spatial Correlation Structure Estimation Using Geophysical and Hydrogeological Data. *Water Resources Research*, 35, 1809-1825.
- [21] Karous M., Hjelt S.E., 1983: Linear filtering of VLF dip-angle measurements. *Geophysical Prospecting*, 31, 782-894.
- [22] Keller G.V. and Frischknecht F.C., 1966: Electrical methods in geoelectric prospecting, Pergamon Press, Inc., 517.
- [23] Loke. M. H., 2004: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging survey.
- [24] Trần Nghi, Ngô Quang Toàn, 1991: Đặc điểm chu kỳ trầm tích và lịch sử tiến hóa địa chất Đệ Tứ của châu thổ Sông Hồng, Tạp chí Địa chất số 206-207, tr. 65-77.
- [25] Ogilvy, R.D. and Lee, A.C., 1991: Interpretation of VLF-EM in-phase data using current density pseudo-sections. *Geophysical Prospecting*, 39, 567-580.
- [26] Owen, S.J.; Jones, N.L., and Holland, J.P., 1996: A comprehensive modeling environment for the simulation of groundwater flow and transport. *Engineering with Computers* 12 (3-4), 235-242. doi:10.1007/BF01198737.
- [27] F. F. Pedersen, N.V. Giang, 2002: Saltwater Intrusion in Aquifer-TEM Mapping around Gialoc-Haiduong, Vietnam. *Advances in Natural Sciences*, Vol.3, No.3, 289-295.
- [28] Pham V. N., D. Boyer, N. T. K. Thoa, N.V.Giang, 1994: Deep Ground water Investigation in South Vietnam by Combined VES/MTS Methods, *Ground Water*, vol.32, N.4, July-August, 675-683.
- [29] Rangin C, Klein M, Roques D, Le Pichon X and Trang L V, 1995: The Red river fault system in the Tonkin Gulf, Vietnam. *Tectonophysics*, 243; 209-222.
- [30] Rubin Y. and Hubbard S.S, 2005: Hydrogeophysics, Series: Water Science and Technology Library, Springer, Vol. 50, 523.

[31] Sandberg S.K., Slater L.D., Versteeg R., 2002: An integrated geophysical investigation of the hydrogeology of an anisotropic unconfined aquifer. *J. of Hydrology*. 267, 227-243.

[32] Telford, W.M.; L.P. Geldart, R.E. Sheriff, 1990: *Applied Geophysics* (2nd ed.), 480.

[33] Vickery A., Hobbs B.A., 2003: Resistivity imaging to determine clay cover and permeable units at an ex-industrial site. *Near Surface Geophys.*, 1, 21-30.

[34] WTO, 2004: *Guidelines for drinking water quality; Training Pack*, WTO, Geneva, Switzerland.

SUMMARY

HydroGeophysics Techniques to Aquifer Locating and Monitoring for Industrial zone north Thanglong and Quangminh, Hanoi

Geophysical methods were applied for hydrogeological targets in many countries including Vietnam. This paper presents results of using complex geophysical techniques as well as 2D electrical resistivity imaging (ERI), vertical electrical sounding (VES), very low frequency (VLF) and seismic refraction for geological structure investigation to aquifers locate and to assess of hydrogeological condition for groundwater potential in North Thanglong and Quangminh industrial zones, Hanoi, Vietnam. The locations of two aquifers are determined by their depth and thickness on the basis of resistivity and seismic velocity values which were proved by stratifications of three boreholes to 40-60m of depth on study area. There are connecting from surface water to shallow aquifer by hydraulic windows from VLF data. The deeper aquifer can be considered as potential groundwater for supplying in the area. Groundwater level, electrical conductivity and water temperature were measured in six monitoring wells, complemented by anion, cation and stable isotope analyses of ground and surface water. This study also reviews, compiles and comprehensively analyzes spatiotemporal variations of hydrological and hydrogeological characteristics of shallow and deep groundwater aquifers in area and in nearby Red River water. The results show that groundwater in both shallow and deep aquifers was fresh, but mainly calcium-bicarbonate type. With the goal of devising sustainable water use regulations, more research must be directed toward long-term monitoring of groundwater and surface water quality, as well as toward detailed investigation of the hydraulic characteristics of local aquifers in the study area

Key words: Hydro-Geophysics, hydrogeological condition, aquifer, industrial zone.