

## Áp dụng phương pháp Georadar để nghiên cứu trên các mẫu vật và mô hình ở Việt Nam

Applying Georadar method to research on specimens and models in Vietnam

Nguyễn Văn Giảng<sup>1</sup>, Nguyễn Huy Vững<sup>1</sup>, Jadwiga Jarzyna<sup>2</sup>, Jerzy Zietek<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Dương<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kiến trúc và Xây dựng, Trường Đại học Bình Dương, Bình Dương

<sup>2</sup> Khoa Địa chất, Địa vật lý và Bảo vệ Môi trường, AGH University of Science and Technology, Ba Lan

<sup>3</sup> Khoa Công trình, Trường Sĩ quan Công binh, Bình Dương

Tác giả liên hệ: Nguyễn Huy Vững, Email: nhvung@bdu.edu.vn

**Tóm tắt:** Nhờ sự phát triển không ngừng của công nghệ điện tử và công nghệ thông tin, gần đây các thiết bị đo vẽ địa vật lý gần mặt đất được cải tiến về phần cứng cũng như phần mềm. Chúng tôi đã sử dụng kết hợp các thiết bị địa vật lý hiện đại như: Pulse Ekko 100A, Ramac GPR, Terrameter SAS 4000, SuperSting R1/IP, CG-5 Autograv để xây dựng các mô hình và xác định các thông số của các vật thể gần mặt đất nhằm phục vụ cho công tác giải đoán chuỗi số liệu địa vật lý thu được khi khảo sát các cấu trúc địa chất bằng hệ thiết bị địa vật lý. Những mẫu chuẩn như các loại đất, cát và đá thường gặp trong thành phần cấu trúc địa chất gần mặt đất phân bố ở các vùng miền trên lãnh thổ Việt Nam được chúng tôi thu thập và xác định những thông số vật lý cơ bản tại phòng thí nghiệm phân tích mẫu theo tiêu chuẩn ở Việt Nam và Ba Lan. Các thông số vật lý như: Điện trở suất, Độ dẫn điện, Độ điện thẩm, Độ từ thẩm, Vận tốc truyền sóng điện từ, Hệ số suy giảm, Tỷ trọng, Độ rỗng, Vận tốc truyền sóng đàn hồi đã được xác định với độ chính xác cao. Ngoài ra chúng tôi đã sử dụng một số thiết bị đo địa vật lý hiện đại, xây dựng một số mô hình cấu trúc gần mặt đất có tồn tại một và nhiều dị vật thường gặp trong khảo sát địa vật lý. Đây là các kết quả đầu tiên thu được trên lãnh thổ Việt Nam có độ chính xác cao nhằm giúp cho người minh giải chuỗi số liệu địa vật lý sử dụng để tiếp cận nhanh đến mô hình thực tế phù hợp với các điều kiện của Việt Nam.

**Từ khóa:** *Cấu trúc địa chất; địa vật lý gần mặt đất; mẫu vật; mô hình; thông số vật lý*

**Abstract:** On the basis of the continuous development of electronic technology and information technology, in recent years, geophysical measuring devices near-surface have been improved in both hardware and software. We have used a combination of some modern geophysical devices such as Pulse Ekko 100A, RAMAC GPR, Terrameter SAS 4000, Supersting R1/IP, CG-5 Autograph to build some models and identify some information the number of objects near-surface to serve the explanation of the geophysical data sequence collected during the survey of geological structures by the geophysical equipment system. Standard models such as soil, sand and common rocks in the geological structure component near-surface distributed in the regions of Vietnam are collected and identified by us parameters. Basic physics at the laboratory analysis of national standard samples according to international standards in Vietnam and Poland. Physical parameters such as resistance, electrical conductivity, electricity, magneticity, electromagnetic transmission velocity, attenuation, density, porosity, elastic wave velocity have been

measured with the highest accuracy. In addition, we have used a number of modern geophysical measuring devices to build a number of structural models near-surface that exists a foreign object or many common objects in the geophysical survey. These are the first results obtained in the territory of Vietnam with high accuracy to help the research people solve the geophysical data chain to use to quickly reach the actual model suitable to the conditions of Vietnam.

**Keywords:** *Geological structure; near-surface geophysical methods; physical parameters; the samples; the models*

## 1. Mở đầu

Thông thường, độ sâu nghiên cứu của các phương pháp địa vật lý gần mặt đất không vượt quá 100 m tính từ mặt đất. Vì vậy, các phương pháp địa vật lý nghiên cứu cấu trúc gần mặt đất phải là những phương pháp có độ phân giải cao hoặc rất cao, có khả năng xác định được các dị thường với kích thước và biên độ nhỏ hoặc phân chia chi tiết được đối tượng nghiên cứu. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp địa vật lý nằm trong nhóm phương pháp địa vật lý gần mặt đất. Tuy nhiên, phải kể đến những phương pháp hàng đầu như Georadar, điện đa cực hoặc ảnh điện, địa chấn phân giải cao, vi trọng lực, vi từ, một số phương pháp điện từ... Mỗi phương pháp đều có những thuận lợi và khó khăn riêng trong nghiên cứu cấu trúc gần mặt đất. Tuy nhiên, nếu kết hợp một tổ hợp có lựa chọn các phương pháp địa vật lý cho từng đối tượng thì chúng ta có thể giải quyết thoả mãn được yêu cầu của thực tế địa chất đặt ra [1,2].

Các phương pháp địa vật lý gần mặt đất được áp dụng trong những lĩnh vực như: Nghiên cứu địa chất cấu trúc nông, nghiên cứu địa chất thuỷ văn, địa chất công trình, thăm dò, tìm kiếm khoáng sản nông, đo vẽ bản đồ địa chất, khảo sát địa kỹ thuật, khảo sát môi trường, khảo sát khảo cổ học, khảo sát sạt lở đất [3].

Hiện nay, các phương pháp địa vật lý có độ phân giải cao đang là một công cụ không thể thiếu trong các nghiên cứu cấu trúc địa chất gần mặt đất ở các nước phát triển cũng như đang phát triển trên toàn thế giới. Các công nghệ địa vật lý hiện đại đã và đang được áp dụng rất phổ biến ở nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam. Để nhận được những kết quả về cấu trúc địa chất có độ chính xác cao thì người ta phải chú ý đến khâu thu thập số liệu ngoài thực địa và phân tích minh giải chuỗi số liệu trong phòng thí nghiệm trên cơ sở những mẫu vật và mô hình chuẩn tương ứng [4].

Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu các kết quả mới về sử dụng các công nghệ địa vật lý gần mặt đất để nghiên cứu trên các mẫu vật và mô hình ở Việt Nam trong thời gian vừa qua. Các kết quả này là cơ sở để so sánh với những phép giải đoán số liệu địa vật lý khảo sát được trên một số vùng miền ở Việt Nam.

## 2. Xác định các thông số vật lý của môi trường địa chất

### 2.1. Khái niệm một số thông số vật lý của môi trường địa chất

**Độ rỗng ( $\Phi$ )** tính bằng %: là thể tích của các lỗ rỗng (pore of spaces) chia cho thể tích khối mẫu:  $\Phi (\%) = V_r/V_m$ ; hay nói cách khác là thể tích của nước chứa

trong mẫu đã bão hoà nước chia cho thể tích khối mẫu:  $\Phi (\%) = V_{cl}/V_m$

**Mật độ** hay **Tỷ trọng** ( $\rho$ ): là tỷ số khối lượng của mẫu vật chia cho thể tích của nó:

$$\rho = m/V = (m_r+m_l+m_k)/(V_r+V_l+V_k);$$

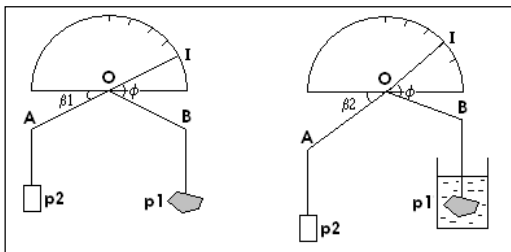
trong đó:(r, l, k tương ứng cho các pha rắn, lỏng và khí trong mẫu). Đơn vị: g/cm<sup>3</sup> hoặc kg/cm<sup>3</sup>.

## 2.2. Các phương pháp xác định mật độ mẫu

Yêu cầu mẫu: chọn mẫu tươi, không có ảnh hưởng điều kiện ngoại sinh, mô tả sơ lược về thành phần thạch học, vị trí, độ sâu; khối lượng từ 150-200g, lấy đo ngay hoặc phải bọc lại bằng paraffin [5].

### 2.2.1. Phương pháp sử dụng cân kỹ thuật

Phương pháp này sử dụng định luật Acsimet, cân mẫu trong không khí và trong nước. (Hình 1) Phương pháp sử dụng cân kỹ thuật.



**Hình 1.** Phương pháp sử dụng cân kỹ thuật  
 Tại điểm B, treo mẫu trọng lượng  $p_1$ , tại A treo đối trọng có trọng lượng bằng  $p_2$  sao cho OA tạo với phương ngang một góc  $\beta_1$  cố định và kim trên bảng chỉ điểm I và tại vị trí này, phương trình cân bằng của tay đòn là:  $p_2 \cos \beta_1 = p_1 \cos(\varphi - \beta_1)$ .

Sau đó nhúng mẫu vào trong nước, lúc đó nó có trọng lượng  $p_3$  và tay đòn

OA lệch với phương ngang một góc  $\beta_2$  và phương trình cân bằng chuyển thành:

$$p_2 \cos \beta_2 = p_3 \cos(\varphi - \beta_2).$$

Khi đó  $\rho = p_1 / (p_1 - p_3) = (\cot \varphi + \text{tg} \beta_2) / (\text{tg} \beta_1 + \text{tg} \beta_2)$ .

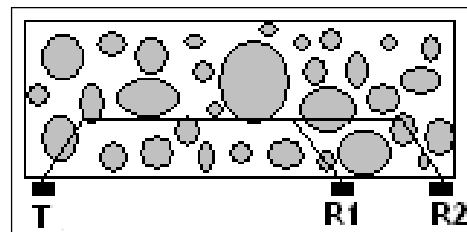
Vì  $\varphi$  và  $\beta_1$  cố định do vậy  $\rho$  chỉ phụ thuộc  $\beta_2$  nên thay vì đọc  $\beta_2$ , người ta đọc luôn giá trị mật độ.

2.2.2. Phương pháp sử dụng các mối quan hệ của mật độ với tốc độ truyền sóng đàn hồi: chẳng hạn định luật Brich

$$v_p (\text{km/s}) = -1.87 + 3.05 \rho (\text{g/cm}^3)$$

### 2.2.3. Phương pháp siêu âm (sonic)

Người ta dùng một chấn tử phát T phát sóng siêu âm (tần số cao) và hai chấn tử thu R1, R2. Nếu phát sóng lúc  $t_0$  thì ở thời điểm  $t_1$  và  $t_2$  sóng đập đến hai chấn tử thu. Dựa vào đại lượng  $\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2$  thu được người ta xác định được mật độ mẫu (Hình 2) Phương pháp siêu âm (sonic)



**Hình 2.** Phương pháp siêu âm (sonic)

### 2.2.4. Phương pháp neutron – gamma

Chiếu một chùm neutron ( $n$ ) vào mẫu, chúng sẽ tương tác với các nguyên tố khác nhau trong mẫu, khi  $n$  còn năng lượng nó tương tác với nguyên tố H là lớn nhất vì chúng có khối lượng nguyên tử gần bằng nhau; khi mất dần năng lượng chúng biến thành  $n$  nhiệt và rất dễ bị các nguyên tử khác hấp thụ; nguyên tử hấp thụ này sẽ bị kích thích và để trở về trạng thái cân bằng ban đầu, chúng

phải giải phóng năng lượng mà chủ yếu là bức xạ ( $\gamma$ ). Dựa vào khả năng gây ion hoá của bức xạ  $\gamma$ , người ta dùng đầu dò (Detector) để phát hiện và ghi lại.

#### 2.2.5. Phương pháp gamma – gamma

Khi chiếu một chùm tia gamma ( $\gamma$ ) vào mẫu sẽ xảy ra 3 hiệu ứng: quang điện, kompton và tạo cặp. Trong đó, hiệu ứng kompton xảy ra là chủ yếu vì năng lượng của tia gamma  $0.6\text{MeV} < E_\gamma < 5\text{MeV}$ . Mặt khác, mỗi nguyên tố trong mẫu đều có tiết diện tán xạ và tiết diện này được quyết định bởi mật độ  $\rho$ , số khối A và số hiệu Z.

**Vận tốc truyền sóng đàn hồi:** Khả năng truyền sóng đàn hồi của đất đá được tính bằng km/s hoặc m/s [6].

**Hệ số suy giảm của sóng điện từ ( $\alpha$ ):** Do các đặc trưng vật lý của môi trường phát hoặc hệ thống mà năng lượng hay biên độ của tín hiệu bị suy giảm. Khi tín hiệu truyền đi một khoảng  $x(m)$ , biên độ (hay năng lượng) bị suy giảm đi  $e^{-\alpha x}$  thì  $\alpha$  gọi là hệ số suy giảm. Đơn vị: decibel (dB) biểu diễn tỉ số công suất (hay cường độ) truyền tín hiệu. Gọi  $A_1, A_2$  là biên độ (hay  $I_1, I_2$  là năng lượng) phát và thu thì decibel (dB) =  $20\lg(A_1/A_2) = 10\lg(I_1/I_2)$ . Giả sử,  $A_1/A_2 = 2 \Rightarrow I_1/I_2 = 4$  thì tương ứng là 6,0206 dB. Vậy  $[\alpha]=\text{dB}/m$ .

**Điện trở (R):** là đại lượng đặc trưng cho khả năng ngăn cản dòng điện một chiều. Đại lượng nghịch đảo là điện dẫn (Conductance) (G) và  $G = 1/R$ . Đơn vị của R là Ohm, kí hiệu là  $\Omega$  được định nghĩa như sau: Ohm là điện trở giữa hai điểm của một vật dẫn khi một hiệu điện thế 1V tạo nên dòng điện không đổi có

cường độ 1A,  $1\Omega=1V/A$ . Đơn vị của G là Siemen kí hiệu là S hay  $=1/\Omega$ .

**Điện trở suất ( $\rho$ ):** là một hệ số phụ thuộc vào bản chất và trạng thái của vật dẫn được định nghĩa như sau: xét một khối hộp vật thể đơn vị, điện áp đo được trên một đơn vị độ dài hình hộp (V/m) chia cho dòng chảy qua tiết diện của khối hình hộp đó ( $I/m^2$ ). Đại lượng nghịch đảo là **điện dẫn suất ( $\sigma$ )** và  $\sigma = 1/\rho$ . Đơn vị của  $\rho$  là  $\Omega.m$  hay Ohm.m. Đơn vị của  $\sigma$  là S/m hay  $1/\Omega.m$  [7] (Caminha-Maciel et al., 2013).

**Độ điện thẩm tỉ đối / hằng số điện môi ( $\epsilon_r/K$ ):** là đại lượng không có thứ nguyên đặc trưng cho tính chất điện của môi trường, là tỉ số của độ điện thẩm (Permittivity) của vật chất và chân không, hay nói cách khác cường độ điện trường trong môi trường vật chất giảm đi  $\epsilon$  lần so với cường độ điện trường trong chân không.

$\epsilon_0$  là hằng số điện môi tuyệt đối của chân không/không khí và có giá trị  $\epsilon_0 = 10^{-9}/36\pi \sim 8.854.10^{-12}$  F/m;  $\epsilon$  là hằng số điện môi tuyệt đối của môi trường thì độ điện thẩm tỉ đối  $\epsilon_r=\epsilon_0.\epsilon$ .

**Độ từ thẩm tỉ đối/hằng số từ môi (Magnetic Permittivity) ( $\mu_r$ ):** là đại lượng không thứ nguyên đặc trưng cho khả năng từ hoá của các chất từ môi. Hằng số từ môi tuyệt đối của chân không/không khí và có giá trị  $\mu_0=4\pi.10^{-7}\sim 1.257.10^{-6}$  Hr/m;  $\mu$  là hằng số từ môi tuyệt đối của môi trường thì độ từ thẩm tỉ đối  $\mu_r=\mu_0.\mu$ .

Ở môi trường Không khí/chân không:

$$\mu=4\pi.10^{-7}\sim 1.257.10^{-6}\text{Hr}/m\sim(1+0.03.10^{-6})\text{Hr}/m$$

Nước:  $\mu \sim (1 - 0.72 \cdot 10^{-6}) \text{Hr/m}$ ; trong đó  $\text{Hr} = \text{A/m}$

Đối với môi trường địa chất, phần lớn các tác giả nghiên cứu đều tiếp nhận giá trị cho  $\mu \sim 1$  [8].

### 2.3. Các phương pháp xác định điện trở suất và độ điện thẩm của đất đá trong phòng thí nghiệm

2.3.1. Phương pháp dùng dòng không đổi: có 2 phương pháp: 2 điện cực và 4 điện cực

a. Phương pháp 2 điện cực: Nguyên tắc: đo dòng qua mẫu bằng ampe kế hoặc điện kế gương (galvanô met, kí hiệu G trên sơ đồ) khi biết điện áp đặt lên mẫu.

Để loại trừ các dòng điện mặt làm sai lệch kết quả đo và để tạo ra điện trường đồng nhất trong mẫu, người ta lắp thêm các vòng bảo vệ (có thể dùng dây kim loại quấn quanh mẫu) để dẫn dòng điện mặt ra ngoài (theo sơ đồ). Vòng bảo vệ phải được đặt cách cực đo  $> 2\text{mm}$ . Như vậy, G chỉ đo trong khoảng rất nhỏ xung quanh điện cực trong vòng bảo vệ.

b. Phương pháp 4 cực dùng cho các mẫu phẳng, hộp: Gắn các cực lên mẫu bằng hỗn hợp nhựa agar – agar nấu trong dung dịch  $\text{CuSO}_4$  đậm đặc sao cho các điện cực đối xứng nhau qua tâm chung (thiết bị 4 cực đối xứng). Từ đó ta có:

$$\rho = K(\Delta U/I) \quad \text{với} \quad K = \pi \cdot L^2 \cdot (1 - l^2/L^2)/(4 \cdot l) \quad [5]$$

2.3.2. Phương pháp dùng dòng biến đổi  
Có 2 phương pháp: phương pháp cầu và phương pháp cộng hưởng. Thông thường hay dùng phương pháp cầu: 2 vai cầu là các điện trở và tụ điện bằng nhau, mắc song song ( $R_1 = R_2, C_1 = C_2$ ). Để cân bằng, ở 2 vai cầu còn lại mắc điện trở thuần  $R_0$ , điện dung chuẩn  $C_0$

mắc song song và mẫu đặt giữa các bản song song cách nhau một khoảng  $l$  (chính là bề dày mẫu) tạo lên điện trở  $R_x$  và tụ có điện dung  $C_x$ . Trên đường chéo nối nguồn biến đổi  $E$ , đường chéo còn lại mắc thiết bị đo (máy khuếch đại, đồng hồ đo). Khi cân bằng thì  $R_x = R_0, C_x = C_0$  và tính ra:

$$\rho = R_x \cdot (S/l) \quad \text{với} \quad S \text{ là diện tích tiết diện ngang của mẫu.}$$

### 3. Nghiên cứu trên các mẫu vật

Trong khảo sát địa vật lý chúng ta phải thực hiện từng bước theo qui trình qui phạm đặt ra cho ngành. Khi nhận nhiệm vụ nghiên cứu một đối tượng địa chất nào đó, trước tiên ta phải dựa vào mục tiêu và khả năng làm chủ thiết bị mà lựa chọn phương pháp hay tổ hợp phương pháp. Tiếp theo là việc thu thập số liệu ngoài thực địa và cuối cùng là xử lý, phân tích, minh giải tài liệu. Mỗi khâu trong quá trình nghiên cứu đều đóng vai trò quan trọng góp phần đưa ra kết quả chính xác, phản ánh trung thực cấu trúc địa chất của đối tượng cần nghiên cứu. Thế nhưng bài toán địa vật lý luôn luôn tồn tại đa nghiệm, vì vậy chúng ta phải tìm cách khắc phục đặc điểm này. Một trong những phương cách để lựa chọn nghiệm cho kết quả chính xác khi giải bài toán địa vật lý là phải dựa vào các thông số vật lý-địa chất của các mẫu chuẩn để xây dựng mô hình cho phù hợp. Chính vì lẽ đó mà trước khi tiếp cận đến một mô hình của đối tượng nghiên cứu chúng ta đã phải có các tham số của những mẫu chuẩn [9] (Bano et al., 2004). Do đó việc lấy mẫu và phân tích mẫu phải đi song hành với công tác khảo sát địa vật lý.

Với nhiệm vụ chính là nghiên cứu cấu trúc địa chất gần mặt đất bằng các tài liệu địa vật lý của đề tài này nên chúng tôi đã thực hiện việc lấy mẫu và phân tích mẫu theo các tham số vật lý mà lại tập trung chủ yếu vào các đối tượng trầm tích thường gặp nằm gần mặt đất [10,11] (Hubbard et al., 1997; Du et al., 1996). Dưới đây chúng tôi xin trình bày các kết quả nghiên cứu trên 49 mẫu chuẩn lấy tại Việt Nam. Việc lấy mẫu, phân tích mẫu được thực hiện theo

đúng qui trình qui phạm về mẫu của Cục Địa chất Việt Nam ban hành có bổ sung năm 1998. Tất cả các mẫu này đều được phân tích tại 2 cơ sở là Trung tâm phân tích mẫu của Cục Địa chất Việt Nam tại Hà Nội và Phòng thí nghiệm mẫu của ĐH Khoa học và Công nghệ AGH, Krakow, Ba Lan [5]. Kết quả trong bảng 1 là giá trị trung bình trong sai số cho phép từ 2 giá trị phân tích tại 2 cơ sở nêu trên.

**Bảng1.** Thông số vật lý của các mẫu chuẩn

Kí hiệu mẫu	Tên vật liệu	Điện trở suất $\rho$ , ( $\Omega$ m)	Độ dẫn điện $\sigma$ , (mS/m)	Độ điện thẩm $\epsilon_r$	Độ từ thẩm $\mu_r$	Vận tốc truyền sóng ĐT, (m/ns)	Hệ số suy giảm $\alpha$ , (dB/m)	Tỷ trọng $\Delta$ , (g/cm <sup>3</sup> )	Độ rỗng $\Phi$ , (%)	Vận tốc truyền sóng ĐH, (km/s)
	<b>Đất trông khô</b>									
1	Nhật Tân	31.4	31.847	15.18	1	0.077	13.81	1.385	21	0.667
2	Hồng Ngự	39.7	25.189	13.06	1	0.083	11.78	1.303	29	0.604
3	Tân Châu	45.3	22.075	12.46	1	0.085	10.57	1.536	25	0.615
4	Sa Đéc	34.1	29.326	11.89	1	0.087	14.37	1.414	27	0.643
5	Vĩnh Long	38.2	26.178	13.72	1	0.081	11.95	1.241	23	0.515
6	Thanh Đa	47.6	21.008	14.06	1	0.080	9.47	1.350	27	0.583
	<b>Đất sét khô</b>									
7	Nhật Tân	233	4.292	13.06	1	0.083	2.01	1.902	16	1.931
8	Hồng Ngự	215	4.651	12.17	1	0.086	2.25	2.084	18	1.616
9	Tân Châu	250	4.000	11.62	1	0.088	1.98	2.147	17	1.678

10	Sa Đéc	281	3.559	11.62	1	0.088	1.76	2.242	19	1.578
11	Vinh Long	258	3.876	12.17	1	0.086	1.88	2.213	20	1.795
12	Thanh Đa	295	3.390	10.63	1	0.092	1.76	2.191	17	1.903
	<b>Cát hạt mịn, khô</b>									
13	Nhật Tân	550	1.818	4.53	1	0.141	1.44	1.841	35	1.745
14	Hồng Ngự	600	1.667	5.17	1	0.132	1.24	1.862	36	1.809
15	Thanh Đa	515	1.942	4.00	1	0.150	1.64	1.856	39	1.791
16	Bình Thuận	633	1.580	3.90	1	0.152	1.35	1.764	31	1.510
	<b>Cát hạt mịn, bhn</b>									
17	Nhật Tân	66.8	14.970	9.97	1	0.095	8.01	2.018	-	2.285
18	Hồng Ngự	56.5	17.699	9.57	1	0.097	9.67	2.045	-	2.276
19	Thanh Đa	49.9	20.040	11.89	1	0.087	9.82	2.027	-	2.312
20	Bình Thuận	91.7	10.905	25.00	1	0.060	3.69	1.906	-	1.943
	<b>Cát hạt thô, khô</b>									
21	Nhật Tân	616	1.623	3.08	1	0.171	1.56	1.694	49	1.297
22	Hồng Ngự	793	1.261	2.94	1	0.175	1.24	1.758	41	1.492
23	Thanh Đa	833	1.200	2.75	1	0.181	1.22	1.700	42	1.515
24	Bắc Bình	769	1.300	2.63	1	0.185	1.35	1.600	43	1.210
	<b>Cát hạt</b>									

Áp dụng phương pháp Georadar để nghiên cứu trên các mẫu vật và mô hình ở Việt Nam

	<b>thô, bhn</b>									
25	Nhật Tân	167	5.988	23.41	1	0.062	2.09	1.706	-	1.338
26	Hồng Ngự	171	5.848	24.19	1	0.061	2.01	1.804	-	1.632
27	Thanh Đa	192	5.208	20.05	1	0.067	1.97	1.800	-	1.620
28	Bắc Bình	269	3.717	25.00	1	0.060	1.26	1.700	-	1.315
	<b>Đá vôi, khô</b>									
29	Tam Điệp	4385	0.228	4.46	1	0.142	0.18	2.385	22	5.912
30	Đồng Mô	4731	0.211	3.95	1	0.151	0.18	2.691	25	6.173
31	Phong Nha	3250	0.308	4.16	1	0.147	0.25	2.469	26	5.057
32	A Vườn g	4343	0.230	3.90	1	0.152	0.20	2.328	24	5.324
33	Bim Sơn	3242	0.308	4.28	1	0.145	0.25	2.407	27	5.577
	<b>Đá vôi, ướt</b>									
34	Tam Điệp	869	1.151	8.01	1	0.106	0.69	2.653	2	6.295
35	Đồng Mô	745	1.342	7.86	1	0.107	0.81	2.621	4	6.150
36	Phong Nha	828	1.208	7.72	1	0.108	0.73	2.760	6	5.774
37	A Vườn g	725	1.379	9.00	1	0.100	0.78	2.729	3	5.534
38	Bim Sơn	800	1.250	9.37	1	0.098	0.69	2.701	3	5.655
	<b>Sét kết, khô</b>									
39	Hà Tu	1261	0.793	6.25	1	0.120	0.54	2.554	12	5.322
	<b>Sét kết, ướt</b>									



40	Hà Tu	1091	0.917	8.01	1	0.106	0.55	2.618	3	5.592
	<b>Cát kết, khô</b>									
41	Hà Tu	1762	0.568	4.46	1	0.142	0.45	2.334	19	4.579
	<b>Cát kết, ướt</b>									
42	Hà Tu	869	1.151	6.81	1	0.115	0.75	2.466	6	5.176
	<b>Than antra xit</b>									
43	Mạo Khê	17	58.824	5.09	1	0.133	44.07	1.382	42	3.871
	<b>Đá granit, khô</b>									
44	Vĩnh Hải	7101	0.141	3.47	1	0.161	0.13	2.612	22	5.884
45	Tánh Linh	8250	0.121	3.35	1	0.164	0.11	2.639	23	5.606
	<b>Đá granit, ướt</b>									
46	Vĩnh Hải	5562	0.180	6.46	1	0.118	0.12	2.851	5	6.266
47	Tánh Linh	5718	0.175	6.05	1	0.122	0.12	2.883	4	6.111
48	<b>Bê tông nhựa</b>	51.7	19.342	8.32	1	0.104	11.33	1.512	34	2.742
49	<b>Bê tông</b>	526	1.901	4.28	1	0.145	1.55	2.075	18	3.561

Bảng 2 dưới đây là vị trí các điểm lấy mẫu được xác định theo GPS phân bố trên các vùng miền của Việt Nam.

**Bảng 2.** Tọa độ của các điểm lấy mẫu

Ký hiệu mẫu	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (slw)	Ghi chú
Nhật Tân	105 <sup>0</sup> 49' 30''	21 <sup>0</sup> 05' 00''	7,5 m	Bờ sông Hồng
Vĩnh Long	106 <sup>0</sup> 00' 00''	10 <sup>0</sup> 15' 00''	2,0 m	Bờ sông Tiền
Vĩnh Hải	109 <sup>0</sup> 14' 00''	11 <sup>0</sup> 42' 00''	4,5 m	Ninh Thuận
Tam Điệp	105 <sup>0</sup> 52' 00''	20 <sup>0</sup> 10' 15''	12,0 m	Ninh Bình
Hồng Ngự	105 <sup>0</sup> 25' 30''	10 <sup>0</sup> 45' 30''	3,0 m	Bờ sông Tiền
Thanh Đa	106 <sup>0</sup> 45' 25''	10 <sup>0</sup> 32' 15''	2,0 m	Bờ sông Sài Gòn
Phong Nha	106 <sup>0</sup> 26' 30''	17 <sup>0</sup> 31' 15''	15,0 m	Quảng Bình
Đồng Mô	106 <sup>0</sup> 31' 30''	21 <sup>0</sup> 32' 00''	30,0 m	Lạng Sơn
Tân Châu	105 <sup>0</sup> 18' 30''	10 <sup>0</sup> 43' 30''	3,0 m	Bờ sông Tiền
Bắc Bình	108 <sup>0</sup> 28' 30''	11 <sup>0</sup> 00' 00''	4,0 m	Bình Thuận
A Vương	108 <sup>0</sup> 15' 00''	15 <sup>0</sup> 31' 00''	45,0 m	Quảng Nam
Mạo Khê	108 <sup>0</sup> 28' 30''	21 <sup>0</sup> 05' 00''	25,0 m	Quảng Ninh
Sa Đéc	105 <sup>0</sup> 46' 15''	10 <sup>0</sup> 15' 30''	2,5 m	Bờ sông Tiền
Tánh Linh	107 <sup>0</sup> 45' 30''	11 <sup>0</sup> 00' 00''	10,0 m	Bình Thuận
Bím Sơn	105 <sup>0</sup> 49' 30''	20 <sup>0</sup> 06' 30''	14,0 m	Thanh Hóa
Hà Tu	107 <sup>0</sup> 16' 15''	21 <sup>0</sup> 07' 15''	35,0 m	Quảng Ninh

Ghi chú: bhn = Bão hòa nước; slw = Mực nước biển

#### 4. Kết quả nghiên cứu trên mô hình

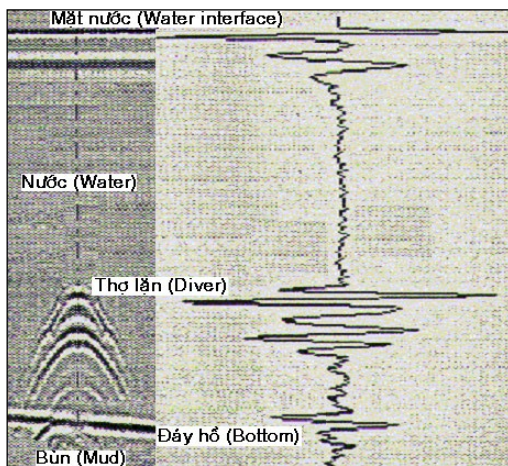
Kết quả nghiên cứu trên mô hình là một trong những nhiệm vụ quan trọng cần có để phục vụ trực tiếp cho công tác minh giải địa chất các tài liệu địa vật lý mà đặc biệt là địa vật lý gần mặt đất. Bởi vì kết quả minh giải ở đây đòi hỏi phải có độ chính xác cao và thường xuyên được kiểm chứng bằng tài liệu lỗ khoan địa chất. Các kết quả nghiên cứu trên những mô hình khác nhau, đặc trưng cho các môi trường địa chất khác nhau mà lại rất hay gặp trong thực tế khảo sát [12,13].

##### 4.1. Mô hình của người thợ lặn dưới nước bằng thiết bị Georadar

Để chứng minh khả năng của công nghệ Georadar trong việc khảo sát cấu trúc của nước hồ chúng tôi xin trích giới thiệu kết quả nghiên cứu trên mô hình sau đây: Ở một điểm trên đáy hồ chúng tôi bố trí một người thợ lặn đứng tại chỗ với trang bị đầy đủ mũ lặn và bình khí thở. Ở trên mặt nước chúng tôi tiến hành đo một tuyến bằng anten thu phát 100 MHz đi qua vị trí người thợ lặn đang đứng và hình 1 dưới đây là hình ảnh của một tia sóng radar được rời rạc hoá từ gián đồ radar ghi được trên tuyến đo. Trên hình 1 chúng ta dễ dàng nhận thấy biên độ ở mức độ lớn khác nhau của

sóng phản xạ rõ ràng từ các ranh giới như mặt nước hồ, thân hình của người thợ lặn, mặt đáy hồ; còn cả tầng nước hồ và lớp bùn dưới đáy hồ thì biên độ của sóng nhỏ và rất nhỏ (phản ánh như là một khối đồng nhất) [14,15]

Từ mô hình này ta thấy việc sử dụng công nghệ georadar để đo vẽ hình thái cấu trúc đáy hồ nước là hoàn toàn có cơ sở, còn vấn đề về độ chính xác của phép đo phụ thuộc chủ yếu vào việc xác định chính xác các tham số vật lý có liên quan như đã trình bày ở phần trên, trong đó vận tốc truyền sóng của nước hồ, của lớp bùn dưới đáy hồ đóng vai trò quan trọng nhất [16] (Barrett et al., 2007). Nếu các tham số này xác định đạt độ chính xác cho phép thì trong khâu minh giải tài liệu georadar chúng ta sẽ đưa ra mặt cắt cấu trúc có độ chính xác cao.



**Hình 3.** Mô hình hồ nước với vị trí của người thợ lặn được biểu thị qua tia sóng phản xạ Georadar

#### 4.2. Mô hình gồm nhiều vật thể có hình dạng và kích thước khác nhau

Hình 2 là giản đồ sóng khi khảo sát trên một mô hình gồm các vật thể được tạo bởi các vật liệu, dạng hình học và kích thước khác nhau như:

A = trụ nhựa PVC:  $\Phi = 60\text{cm}$ , H = 30cm, Độ sâu đến đỉnh = 100cm

B = trụ nhựa PVC:  $\Phi = 60\text{cm}$ , H = 15cm, Độ sâu đến đỉnh = 60cm

C = cống bê tông:  $\Phi = 60\text{cm}$ , Độ sâu đến tâm = 100cm

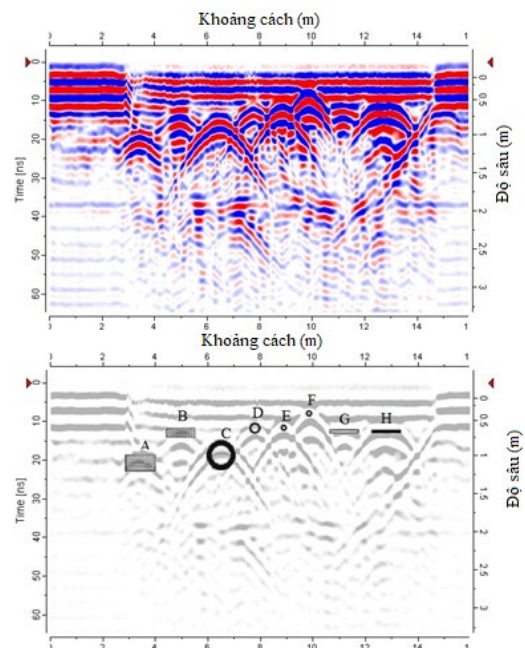
D = ống nhựa PVC:  $\Phi = 20\text{cm}$ , Độ sâu đến tâm = 60cm

E = ống thép:  $\Phi = 6.35\text{cm}$ , Độ sâu đến tâm = 60cm

F = ống thép:  $\Phi = 6.35\text{cm}$ , Độ sâu đến tâm = 30cm

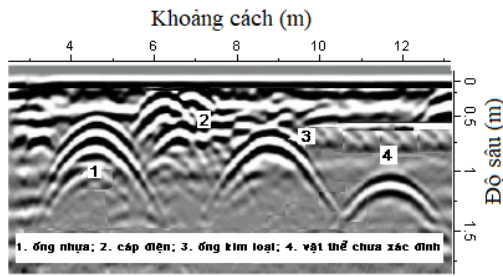
G = trụ gỗ:  $\Phi = 60\text{cm}$ , H = 4cm, Độ sâu đến đỉnh = 60cm

H = trụ thép:  $\Phi = 60\text{cm}$ , H = 4cm, Độ sâu đến đỉnh = 60cm



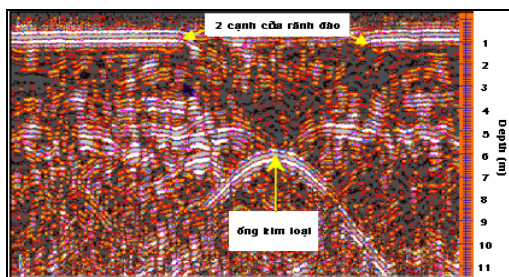
**Hình 4.** Giản đồ sóng (ảnh trên) tương ứng với mô hình vị trí của các dị vật (ảnh dưới) Như vậy cả 8 dị vật đều được thể hiện bằng các hyphebol với các độ sâu khác nhau nhưng hình dạng của các hyphebol này thì thật khó phân biệt nếu như không để ý đến từng chi tiết nhỏ.

Hình 3 là một giản đồ sóng radar thu được khi khảo sát qua một đoạn vỉa hè mà bên dưới gồm các đối tượng công trình ngầm như: đường ống PVC dẫn nước (1); các sợi cáp điện (2); đường ống kim loại dẫn nước (3) và vật thể chưa xác định (4). Tuy nhiên, hình ảnh phản xạ của (4), cho phép giả thiết đây là một ống kim loại có đường kính giống như của (3) và không thể xác định được chất lưu chứa bên trong [17].



**Hình 5.** Một số dị vật công trình ngầm dưới vỉa hè

Hình 6 là giản đồ sóng radar của một ống kim loại có  $\Phi = 38$  cm; và độ sâu tới đỉnh là 6m nằm bên dưới một rãnh đào rộng 2m.



**Hình 6.** Giản đồ sóng radar của ống kim loại bên dưới rãnh đào.

## 5. Kết luận

Sử dụng tổ hợp các thiết bị địa vật lý hiện đại để thu thập các mẫu của các loại đất, cát và đá nằm gần mặt đất kết hợp với phân tích mẫu vật trong phòng thí nghiệm theo tiêu chuẩn quốc tế đã cho chúng ta giá trị các thông số vật lý cơ bản của 49 mẫu phân bố theo các vùng

miền trên lãnh thổ Việt Nam. Các thông số này là cơ sở hữu hiệu cho các nhà nghiên cứu khảo sát cấu trúc địa chất gần mặt đất trên dải đất Việt Nam khi minh giải chuỗi số liệu khảo sát bằng các hệ thiết bị địa vật lý hiện đại.

Áp dụng phương pháp Georadar bằng các hệ thiết bị hiện có ở Việt Nam như Pulse Ekko 100 và Ramac/GPR cho phép chúng ta xác định được vận tốc truyền sóng radar (sóng đất) trên môi trường khảo sát là đất, là đá hoặc là vật liệu hỗn hợp bằng cách sử dụng kiểu đo điểm sâu chung với các anten tháo rời có tần số xác định là 50, 100, 200 và 400 MHz cho lớp cấu tạo gần mặt đất. Đối với các lớp ở dưới sâu ta sử dụng giản đồ sóng radar thu được bằng kiểu đo điểm sâu chung để tính vận tốc truyền sóng cho từng lớp bằng phần mềm WinEkkopro hoặc GroundVision.

Kết quả nghiên cứu bằng Georadar trên các mô hình khác nhau như: mô hình một vật thể hay mô hình gồm nhiều vật thể đều cho ra các mặt cắt rada thể hiện những dị thường của từng vật thể liên quan đến vị trí, kích thước của chúng ở bên dưới mặt đất. Qua đó chúng ta có thể xây dựng các mặt cắt cấu trúc địa chất có độ chính xác cao và độ phân giải lớn trong công tác khảo sát đo vẽ bản đồ địa chất.

## Tài liệu tham khảo

- [1] N.V.Giang. Application of geophysical methods for engineering geology in Vietnam. Advances in Natural Sciences, vol. 5, no. 3, pp.325-332, 2005.
- [2] Fajklewicz Z.. Mikrograwimetria gornicza. Podradnik geofizyka gorniczego, t.3, Krakow, 1996.

- [3] A. Neal and C.L.Robertz. Applications of ground-penetrating radar (GPR) to sedimentological, geomorphological and geoarchaeological studies in coastal environments. Geological Society, London, Special Publications, volume 175 (1), pp.139-171, 2000. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.175.01.12>
- [4] Arato A., S. Piro, L. Sambuelli. 3D inversion of ERT data on an archaeological site using GPR reflection and 3D inverted magnetic data as a priori information. Near Surface Geophysics, Vol.13(6), pp. 545 – 556, 2015. <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2015046>
- [5] Piestrzyński, A.. Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection AGH-University of Science and Technology, Krakow, Poland. Geology, Geophysics and Environment, 42(2), 209, 2016. <https://doi.org/10.7494/geol.2016.42.2.209>
- [6] Kalashnikova V., I. Meisingset, R. Overas, D. Krasova. High-resolution seismic velocity field estimation techniques and their application to geohazard, lithology and porosity prediction. Near Surface Geophysics, Vol.18(1), pp.6 1-72, 2020. <https://doi.org/10.1002/nsg.12083>
- [7] Caminha-Maciel G., Figueiredo I. . Error analysis in measured conductivity under low induction number approximation for electromagnetic methods. ISRN Geophys. 1-4. 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/720839>
- [8] Charlie S., Bristow C. and Harry M. Jol. An introduction to ground penetrating radar (GPR) in sediments. Geological Society, London, Special Publications, Vol.211(1-7), 2001. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2001.211.01.01>
- [9] Bano M., O.Loeffler. GPR measurements in a controlled Vadose Zone: Influence of the water content. Vadose Zone Journal. Soil Science Society of America. pp.1-11, 2004.
- [10] Hubbard S.S, J.E.Peterson et al. . Estimation of permeable pathways and water content using tomographic radar data. The leading EDGE, vol.16 (11), pp.1623-1630, 1997.
- [11] Du.S., Berktold A., Rummel P. .Wave nature and propagation characteristics of the Ground way in GPR. Proceedings of the 15<sup>th</sup> German Electromagnetic Meeting, Hoechst, 25-30, March, 1994, pp.480-488, 1994.
- [12] Annan, J.P. . Ground Penetrating Radar: Principles, Procedures and Applications. Sensors and Software Inc, Ontario, 2004.
- [13] N.V.Giang. Detection fractures and defects in the dyke by Ground Penetrating Radar. Proceeding of the NCST of Vietnam, vol.11 (2) pp.95-101, 1999.

- [14] Di Prinzio M.. “Application of GPR to the monitoring of river embankments,” J. Appl. Geophys., vol. 71(2-3), pp. 53–61, 2010.
- [15] VanOvermeeren R.A.. GPR and wetlands in the Netherlands. Proceedings of GPR’98. pp.251-256, 1998.
- [16] Barrett, B. E., T. Murray, R. Clark. Errors in radar CMP velocity estimates due to survey geometry, and their implication for ice water content estimation. Journal of Environmental & Engineering Geophysics, 12(1), pp.101-111, 2007.
- [17] Jol H.M. . Ground Penetrating Radar (GPR) Theory and Applications. Elsevier Science, Amsterdam, 2009

**Ngày nhận bài: 16/3/2023**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 22/3/2023**

**Ngày chấp nhận đăng: 27/3/2023**