

# MỘT SỐ KẾT QUẢ BAN ĐẦU XÁC ĐỊNH HỆ SỐ THẨM BẰNG THÍ NGHIỆM NHANH SLUG TEST TẠI NAM ĐỊNH

TRẦN THÀNH LÊ, PHẠM QUÝ NHÂN, VŨ THANH TÂM

E-mail: tranthanhlehung@gmail.com

Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước - Bộ Tài nguyên và Môi trường

Ngày nhận bài: 28 - 3 - 2011

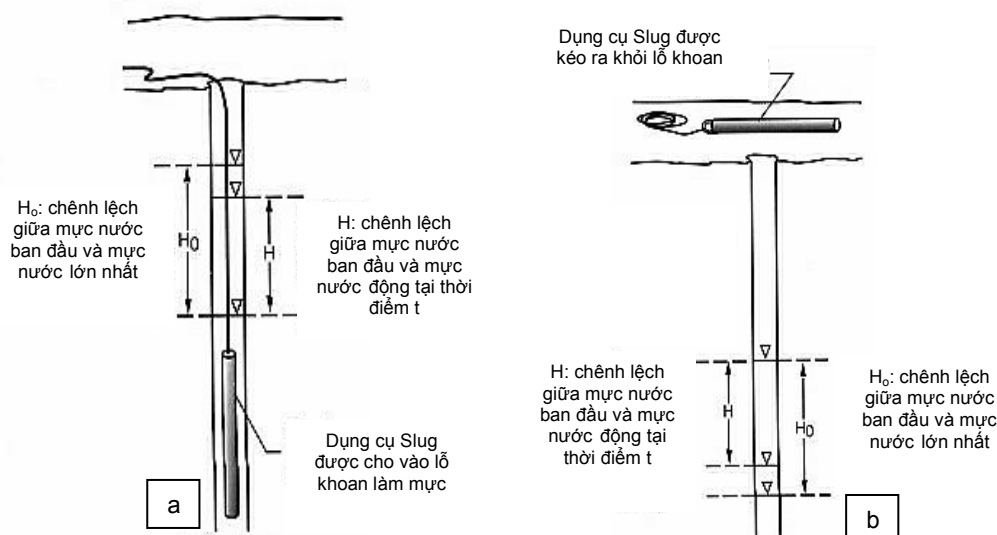
## 1. Mở đầu

Thí nghiệm Slug Test là thí nghiệm xác định hệ số thấm của đất đá ngoài hiện trường trong hố khoan có đường kính nhỏ. Phương pháp này dựa trên sự chênh lệch mực nước trong hố khoan khi ta lấy đi hoặc cho vào lỗ khoan một lượng thể tích nước chiếm chỗ bằng dụng cụ Slug, đo thay đổi mực nước trong lỗ khoan bằng thiết bị ghi Diver. Thí nghiệm Slug Test được tiến hành rộng rãi trên thế giới từ những thập niên 50 của thế kỷ XX. Ở Việt Nam, thí nghiệm mới chỉ lần đầu được thực hiện trong khuôn khổ các hoạt động của dự án “Việt

As” phối hợp giữa tổ chức Danida của Đan Mạch với Trường Đại học Mở - Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên [10].

## 2. Cơ sở lý thuyết của thí nghiệm

Thí nghiệm Slug Test là một dạng thí nghiệm đặc biệt được các nhà địa chất thủy văn, địa chất công trình sử dụng để xác định hệ số thấm K và dẫn nước của tầng chứa nước. Thí nghiệm được tiến hành bằng cách thả vào hoặc kéo ra khỏi lỗ khoan một vật nặng (*hình 1a, b*) đã được xác định thể tích để làm thay đổi mực nước (áp suất) trong lỗ khoan [3, 8].



Hình 1. Thí nghiệm hạ thấp mực nước (a); Thí nghiệm dâng cao mực nước (b)

Dụng cụ thí nghiệm Slug là một hoặc nhiều đoạn ống nối với nhau, có thể được làm bằng gỗ, kim loại đặc hoặc các ống PVC được bịt kín hai đầu, đủ nặng để có thể chìm nhanh trong nước. Kích thước (đường kính và chiều dài) của Slug phụ thuộc vào cấu trúc lỗ khoan (đường kính, chiều sâu ống chống và vị trí ống lọc) và đặc điểm của tầng chứa nước. Theo đặc điểm tầng chứa nước (tính thấm càng lớn thì kích thước của Slug cũng yêu cầu lớn) và yêu cầu thí nghiệm mà kích thước Slug khác nhau. Ngoài ra, cần có thiết bị đo tự ghi mực nước Diver, dây đo mực nước, dây kéo dụng cụ Slug, máy tính lấy dữ liệu.

Đã có rất nhiều nhà khoa học đề xuất các phương pháp chính lý tài liệu thí nghiệm Slug Test nhưng hiện nay có 3 phương pháp được các nhà địa chất thủy văn công nhận và áp dụng cho các phần mềm tính toán, bao gồm: phương pháp tính toán của Hvorslev (1951); phương pháp tính toán của Cooper - Bredehoeft - Papadopulos (1967); và phương pháp tính toán của Bouwer-Rice (1976).

Hiện nay, có rất nhiều phần mềm xử lý tài liệu thí nghiệm Slug Test như: Aquifer Test hoặc AQTESOLV for Windows,... Ở Việt Nam, chương trình Aquifer Test của công ty Waterloo được ứng dụng phổ biến. Để xử lý kết quả chúng tôi đã chọn phần mềm Aquifer test V. 4.0.

### 2.1. Phương pháp Hvorslev (1951)

Một trong những phương pháp đơn giản và phổ biến nhất xử lý tài liệu thí nghiệm Slug Test xác định hệ số thấm của tầng chứa nước là phương pháp do Hvorslev đưa ra năm 1951 [6]. Phương pháp này có thể sử dụng cho các lỗ khoan đặt trong tầng chứa nước có áp cũng như không áp, hoàn chỉnh hay không hoàn chỉnh.

$$s = \frac{2H_0}{\pi} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{\beta u^2}{\alpha}\right) \left( J_0\left(\frac{ur}{r_c}\right) [uY_0(u) - 2\alpha Y_1(u)] - Y_0\left(\frac{ur}{r_c}\right) [uJ_0(u) - 2\alpha J_1(u)] \right) \left( \frac{1}{\Delta(u)} \right) du \quad (2)$$

với:  $\Delta(u) = [uJ_0(u) - 2\alpha J_1(u)]^2 + [uY_0(u) - 2\alpha Y_1(u)]^2$ ;  
 $\alpha = (R^2 S) / r^2$ ;  $\beta = (Tt) / r^2$ .

trong đó:  $H_0$  - biến đổi mực nước trong lỗ khoan tại thời điểm đầu tiên khi bắt đầu thí nghiệm;  $r$  - bán kính ống chống;  $R$  - bán kính lỗ khoan;  $T$  - Hệ số dẫn nước của tầng chứa nước;  $S$  - Hệ số nhả nước của tầng chứa nước;  $t$  - thời gian kể từ khi tiến hành thí nghiệm.

Hệ số thấm được xác định theo công thức :

$$K = \frac{r^2 \ln(L / R)}{2LT_0}, \quad (1)$$

trong đó:  $K$  - hệ số thấm;  $r$  - bán kính ống chống;  $R$  - bán kính hữu hiệu của ống lọc (bán kính ống lọc tự nhiên);  $L$  - chiều dài ống lọc (kể cả chiều cao lớp cuối lọc cao hơn giới hạn trên ống lọc);  $T_0$  - thời gian để  $h = 37\%h_0$  hay  $h_t/h_0=0,37$ ;

Phương pháp của Hvorslev phù hợp với các điều kiện sau:

- Tầng chứa nước có áp vô hạn;
- Tầng chứa nước đồng nhất, đẳng hướng và có chiều dày không đổi;
- Mực nước ban đầu là nằm ngang;
- Mực nước thay đổi ngay lập tức sau thả vào hay lấy thanh Slug ra khỏi lỗ khoan;
- Tổn thất áp lực coi như không đáng kể;
- Lỗ khoan hoàn chỉnh hay không hoàn chỉnh;
- Dòng chảy đến và ra khỏi lỗ khoan là nằm ngang;

### 2.2. Phương pháp của Cooper - Bredehoeft - Papadopulos (1967)

Phương pháp Cooper-Bredehoeft-Papadopulos áp dụng để tính toán hệ số dẫn và hệ số nhả nước của tầng chứa nước cho các lỗ khoan đường kính lớn trong tầng chứa nước có áp [1]. Khi thả dụng cụ slug vào lỗ khoan, mực nước trong lỗ khoan sẽ dâng lên cao hơn mực nước tĩnh. Trong trường hợp kéo thanh slug ra khỏi lỗ khoan, mực nước sẽ hạ thấp dưới mực nước tĩnh. Trị số dâng cao hay hạ thấp mực nước  $S$  được tính theo công thức sau:

Phương pháp Cooper-Bredehoeft-Papadopulos được áp dụng khi thỏa mãn các điều kiện sau đây:

- Tầng chứa nước đồng nhất, đẳng hướng với bề dày không đổi;
- Các tầng chứa nước nằm ngang và vô hạn;
- Mực nước tĩnh nằm ngang;
- Tầng chứa nước được giới hạn phía trên và phía dưới bởi các tầng cách nước;

- Lỗ khoan hoàn chỉnh;
- Mức nước biến đổi ngay lập tức sau khi thả vào hay lấy thanh Slug ra khỏi lỗ khoan.

Các số liệu cần thiết khi tính toán bằng Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos bao gồm: trị số hạ thấp mức nước theo thời gian; cấu trúc của lỗ khoan thí nghiệm.

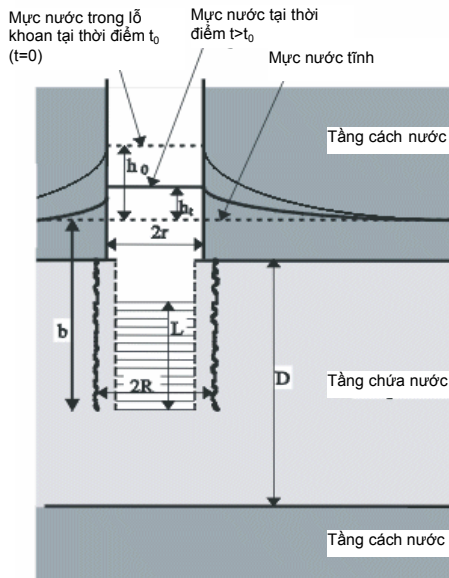
### 2.3. Phương pháp Bouwer-Rice (1976)

Phương pháp Bouwer-Rice được áp dụng để tính toán hệ số thấm cho các tầng chứa nước có áp hoặc không áp. Bouwer-Rice đã phát triển công thức tính hệ số thấm của tầng chứa nước như sau [5]:

$$K = \frac{r^2 \ln\left(\frac{R_{cont}}{R}\right)}{2L} \cdot \frac{1}{t} \cdot \ln\left(\frac{h_0}{h_t}\right), \quad (3)$$

trong đó:  $r$  = bán kính ống chống (hay bán kính ảnh hưởng khi mức nước dao động trong đoạn đặt ống lọc);  $R$  = bán kính lỗ khoan từ tâm đến thành lỗ khoan;  $R_{cont}$  = bán kính ảnh hưởng trong trường hợp mức nước  $h_0$  bị dao động trong tầng chứa nước;  $L$  = chiều dài ống lọc;  $h_t$  = mức nước tại thời gian  $t$ ;  $h_0$  = mức nước động tại thời gian  $t = 0$ .

Sơ đồ mô tả thí nghiệm theo phương pháp Bouwer-Rice có dạng như hình 2.



Hình 2. Mô tả thí nghiệm Slug test cho tầng chứa nước có áp, lỗ khoan hoàn chỉnh theo Bouwer-Rice

Công thức tính toán của Bouwer-Rice thừa nhận các điều kiện sau:

- Tầng chứa nước không áp hoặc tầng có áp thấm nước yếu (với sự thấm xuyên từ trên xuống);
- Tầng chứa nước đồng nhất, đẳng hướng và bề dày không thay đổi;
- Mức nước tĩnh trước thí nghiệm được coi như nằm ngang;
- Mức nước dao động ngay lập tức kể từ khi tiến hành thí nghiệm;
- Tồn thất lỗ khoan coi như không đáng kể;
- Lỗ khoan hoàn chỉnh hay không hoàn chỉnh;
- Dòng chảy tới lỗ khoan ở trạng thái ổn định;
- Không có dòng chảy trên mức nước ngầm.

Các số liệu cần thiết trong tính toán bằng phương pháp Bouwer-Rice là:

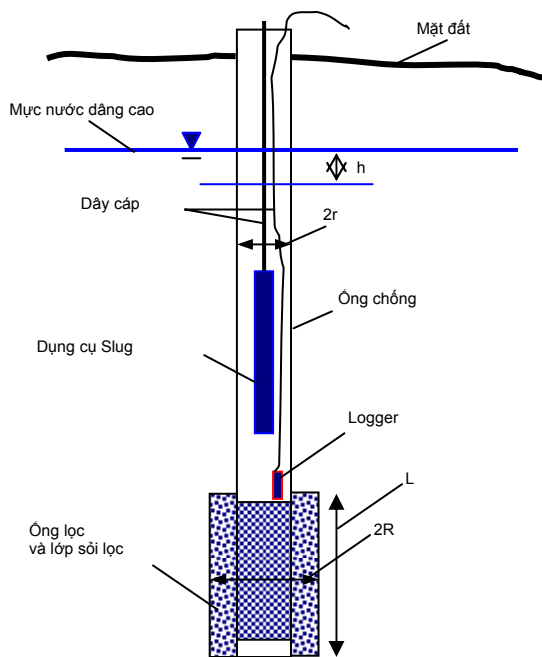
- Hệ số hạ thấp hay hồi phục mức nước theo thời gian tại lỗ khoan thí nghiệm;
- Quá trình quan trắc mức nước được bắt đầu từ khi tiến hành thí nghiệm (ứng với thời gian  $t = 0$  là giá trị mức nước động ban đầu  $H_0$ , giá trị này luôn khác 0).

### 3. Kết quả thí nghiệm tại Nam Định

Thí nghiệm Slug Test được tiến hành trong 23 lỗ khoan thuộc mạng quan trắc dự án IGPNV tại Nam Định và 12 lỗ khoan thuộc mạng quan trắc quốc gia tại Nam Định, Hà Nam, Ninh Bình. Trong đó, một số lỗ khoan có kết quả hút nước thí nghiệm đơn và phân tích thành phần hạt để so sánh hệ số thấm (hình 3).

Kết quả tính toán hệ số thấm tại các lỗ khoan được xử lý trong phần mềm Aquifer Test v.4.0 (hình 4, 5).

Để có thể đánh giá mức độ tin cậy của tài liệu thu được từ các thí nghiệm Slug Test, chúng tôi đã tiến hành so sánh với kết quả bơm hút nước thí nghiệm các lỗ khoan đơn ở một số lỗ khoan gần các vị trí tiến hành Slug Test do các đơn vị khác trước đây đã tiến hành trong vùng nghiên cứu. Đồng thời chúng tôi cũng tiến hành so sánh với kết quả luận giải từ phân tích độ hạt mẫu lõi khoan, theo phương pháp của Hanzen (1893) [2, 4].



Hình 3. Bố trí thí nghiệm Slug test và bailtest tại Nam Định

Do thiết bị phân tích mẫu còn lạc hậu nên chỉ có 2 trong số 33 mẫu phân tích độ hạt đạt tiêu chuẩn để áp dụng phương pháp Hazen. Kết quả chi tiết phân tích độ hạt và luận giải hệ số thấm được trình bày ở *bảng 1* và *2* dưới đây:

Sử dụng cách tính hệ số thấm theo Hazen

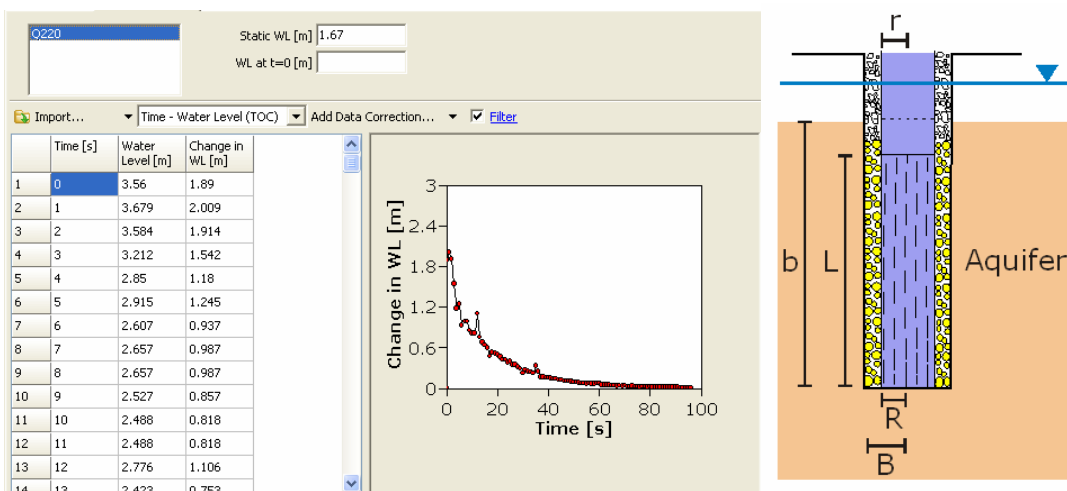
(1893) theo công thức:  $K = C (d_{10})^2$ .

Trong đó:  $-K$ : là hệ số thấm (cm/s);

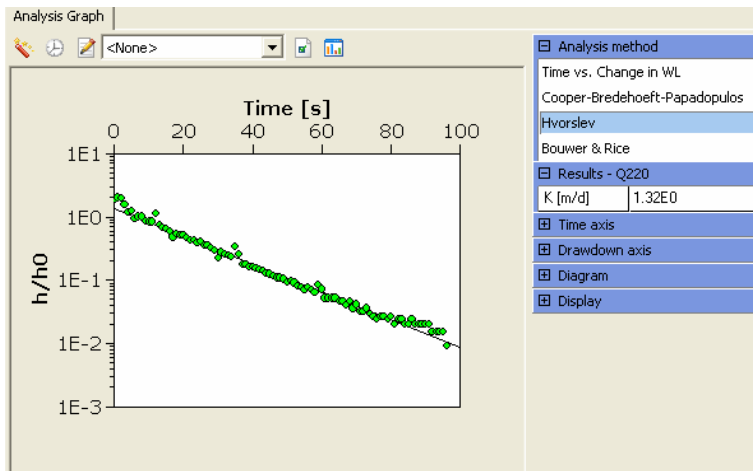
$-C$ : là hằng số phụ thuộc đặc tính trầm tích;  $C = 40-100$  (cm/s) cho từng loại đất đá khác nhau.  $d_{10}$ : kích thước hạt lọt sàng 10% (cm).

Kết quả so sánh hệ số thấm theo thí nghiệm Slug Test và hút nước thí nghiệm đơn được trình bày trong *bảng 3*.

Có thể nhận thấy rằng hệ số thấm tính thu được từ ba phương pháp đều khá tương đồng và nằm trong giới hạn thường thấy ( $10^{-1} \div 10^1$  m/ngày) đối với tầng chứa nước bờ rời có độ thấm trung bình khá. Sự sai khác giữa kết quả thí nghiệm Slug Test và thí nghiệm hút nước đơn có thể do các nguyên nhân sau: (i) Các thí nghiệm được tiến hành không cùng trên 1 lỗ khoan hoặc vị trí các lỗ khoan giữa hai thí nghiệm khác nhau; (ii) Mặt khác, do thí nghiệm Slug Test chỉ đánh giá khả năng thấm của môi trường đất đá ở khoảng cách rất gần lỗ khoan (khoảng 0,1 - 1 m) [7], trong khi đó thí nghiệm bơm hút nước lỗ khoan đơn có khả năng đánh giá khả năng thấm của môi trường đất đá ở khoảng cách xa hơn (có thể đến 5m) nên sự khác biệt về kết quả thu được là có thể lý giải được. Tuy nhiên, cả hai loại thí nghiệm trên đều cho kết quả trung bình của từng tầng chứa nước đều nằm trong khoảng giá trị đã được ghi nhận trong các báo cáo điều tra, đánh giá và thành lập bản đồ địa chất thủy văn đã thực hiện trước đây ở vùng nghiên cứu.



Hình 4. Kết quả đầu vào của thí nghiệm Slug Test được xử lý trên Aquifer Test [9]



← Hình 5. Kết quả đầu ra của thí nghiệm Slug Test được xử lý trên Aquifer Test [9]

**Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần hạt theo tiêu chuẩn AASHTOT27, TCVN 7572-06 Q224a, tại độ sâu 92-95m [9]**

Cỡ sàng (mm)	0,075	0,15	0,3	0,425	0,6	1,18	2,36	4,75	9,5	12,5	19	25	37,5
KL sót trên sàng (g)	6,0	26,5	32,5	13,5	38,5	242,0	493,0	502,5	131,5	405,5	283,0	0	0
HL sót trên sàng (%)	0,3	1,2	1,5	0,6	1,7	11,0	22,3	22,8	6,0	18,4	12,8	0	0
% lọt sàng	1,4	1,7	2,9	4,4	5,0	6,7	17,7	40,0	62,8	68,8	87,2	100	100

Dù còn có sự khác biệt nhỏ giữa giá trị hệ số thấm thu được từ ba phương pháp, kết quả thí nghiệm Slug Test như trên theo quan điểm của chúng tôi là chấp nhận được và áp dụng tốt cho tầng chứa nước Holocene (trên, dưới) và tầng chứa nước Pleistocene trên, với thành phần thạch học chủ yếu cát pha, cát hạt nhỏ, hạt vừa. Còn đối với các tầng chứa nước có kích thước thành phần hạt lớn như cát

hạt thô, cuội sạn sỏi thì thí nghiệm sẽ không mang lại kết quả chính xác.

**Bảng 2. Kết quả tính toán hệ số thấm theo thành phần hạt của các lỗ khoan**

Tên tầng chứa nước	Tên lỗ khoan	Hệ số thấm m/ngày
Pleistocene	Q225a	0,25
	Q224a	4,57
Giá trị trung bình quân phương		2,41

**Bảng 3. Bảng tổng hợp kết quả so sánh thí nghiệm Slug Test với các thí nghiệm thấm khác tại khu vực Nam Định cho từng tầng**

Tầng chứa nước	Kết quả theo thí nghiệm Slug Test				Kết quả theo tài liệu hút nước thí nghiệm (Báo cáo lập bản đồ ĐCTV vùng Nam Định 1/50.000)			
	Tên lỗ khoan	Tọa độ x	Tọa độ y	Hệ số thấm m/ngày	Tên lỗ khoan	Tọa độ y	Tọa độ x	Hệ số thấm (m/ngày)
Tầng chứa nước	Q.221b	612891.96	2260101.8	2,59	LK4	2258085.8	611049.45	1,50
	Q.224b	635457.32	2246539.1	0,35	LK24	2232972	609243.94	0,97
Tầng chứa nước qh <sub>1</sub>	Q.228c	626414.55	2225924.7	3,34	LK36	2245110	626358.15	
	Q107	610145.55	2247025.6	5,95	LK3 1	2254627.1	630958.19	7,98
	Q108a	616662.02	2240709.6	1,02				
	Q111	636461.1	2225822.2	0,34				
	Giá trị trung bình quân phương			1,81				1,50
	Q.224c (*)	635457.32	2246539.1		LK55a	2238601.6	639003.6	2.8
Tầng chứa nước qh <sub>2</sub>	Q108	616662.02	2240709.6	0,85				
	Q109	625852.76	2234296.1	1,46				
	Q 110	634947.67	2228128.8	0,14				
	Giá trị trung bình quân phương			0,85				2,80

	Q.221a	612891.96	2260101.8	2,83	LK37	2222821	609450.16	2,19
	Q.222b	628153.39	2256251	3,34	LK43	2229015	620192.6	2,39
	Q.222a	628153.39	2256251		LK46	2214121.7	610153.16	
	Q.223a	627757.69	2248725.2	3,61	LK50	2227847	623637.93	1,39
	Q.224a	635457.32	2246539.1	2,16	LK55b	2238601.6	639003.6	7,52
	Q.225a	654207.65	2238689.7	1,73	LK62	2240319.7	647388.35	2,83
	Q.226a	645709.72	2238364	1,48	LK10	2255016.4	613308.92	4,08
	Q.227a	634626.03	2234979.5	1,47	LK11	2253548.4	616614.2	9,66
	Q.227c	634626.03	2234979.5	2,51	LK14	2241794.4	608260.54	4,76
	Q.227d	634626.03	2234979.5		LK15	2245442.5	611991.98	15,8
	Q.228a	626414.55	2225924.7	2,29	LK21	2244681.1	617997.4	2,68
	Q.229a	620687.71	2216509.5	1,51	LK28	2244652.5	621569.85	17,20
Tầng chứa nước qp	Q92 (*)	597517.55	2244318.2		LK30	2250160.9	627146.68	6,99
	Q108b	616662.02	2240709.6	1,15	LK35	2238145.4	619630.83	1,82
	Q109a	625852.76	2234296.1	2,81	LK39	2231382.6	618222.44	2,24
	Q110a	634947.67	2228128.8	2,60	LK41	2245737.6	630884.62	1,76
	Q.225b (*)	654207.65	2238689.7		LK49	2224457	621831.99	2,20
	Q.228b	626414.55	2225924.7	5,46	LK52	2243337.9	644827.87	8,07
					LK53	2223309.6	625888.56	1,83
					LK54a	2228056.5	631301.17	6,68
					LK55c	2238601.6	639003.6	4,58
					LK55	2238601.6	639003.6	5,40
				LK57	2215981.1	621913.83	1,89	
				LK63	2237758.8	650545.73	0,53	
				LK34	2251670.7	651153.64	4,78	
				LK54	2271739.5	594300.71	1,94	
	Giá trị trung bình quân phương, median							2,40
	Q.221n	612891.96	2260101.8	1,84				
Tầng chứa nước Neogen, n	Q.223n	627757.69	2248725.2	1,97				
	Q.226n	645709.72	2238364	2,91				
	Q.229n	620687.71	2216509.5	1,64				
	Q109b	625852.76	2234296.1	1,72				
	Giá trị trung bình quân phương, median							1,8 4
Tầng chứa nước Trias, T <sub>2</sub>	Q.220T	602240.41	2252640.7	1,32				
	Q92a	597517.55	2244318.2	1,26				
	Giá trị trung bình quân phương, median							1,29

#### 4. Kết luận

- Thí nghiệm Slug Test nên được tiến hành áp dụng cho các lỗ khoan đường kính nhỏ, tầng chứa nước có mức độ chứa nước từ nghèo đến trung bình (áp dụng tốt nhất cho tầng chứa nước qh<sub>2</sub>, qh<sub>1</sub> và qp<sub>2</sub> đối với đất đá bờ rời, còn với đá trầm tích, karst mức độ nứt nẻ vừa, việc áp dụng cần được nghiên cứu thêm). Đối với các tầng chứa nước giàu thì kết quả sẽ bị hạn chế do hiệu ứng tác dụng tới xung quanh tầng chứa nước trong phạm vi hẹp, tốc độ dâng và hạ thấp mực nước rất nhanh không xác định chính xác kết quả.

- Kết quả thí nghiệm đã xác định được các thông số địa chất thủy văn của tầng chứa nước quan trắc, góp phần làm sáng tỏ đặc điểm địa chất thủy văn trong khu vực tỉnh Nam Định. Kết quả cũng là cơ sở tốt để lựa chọn giá trị thẩm, giảm chi phí, phục vụ nhanh có hiệu quả cho các dạng công tác khác.

- Trong quá trình thí nghiệm cần phải chú ý tới các ảnh hưởng không mong muốn do các tác động khác mang lại để trong quá trình xử lý số liệu xem xét tới, đó là:

+ Sự tái lắng đọng các vật liệu lấp nhét trong lỗ khoan như: mùn khoan, sắt trong nước kết tủa bám dính vào ống lọc dẫn đến lỗ khoan không thông tầng, không xác định chính xác được hệ số thấm K bằng thí nghiệm Slug Test.

+ Ảnh hưởng các hoạt động khai thác nước ngầm của người dân như bơm tay, bơm máy công suất nhỏ,... trong quá trình thí nghiệm dẫn đến kết quả không chính xác.

## 5. Kiến nghị

- Trong quá trình thí nghiệm cần có sự kiểm soát các hoạt động bơm hút nước khu vực xung quanh để có những điều chỉnh hợp lý tạo kết quả tốt.

- Khi đã xác định các lỗ khoan có kết quả thí nghiệm không chính xác do việc tái lắng đọng vật liệu trong quá trình khoan và vận động của nước ngầm cần cho thổi rửa thông tầng chứa nước, đảm bảo lỗ khoan được vận hành tốt, cho kết quả tin cậy.

- Thí nghiệm Slug Test là thí nghiệm thăm ngoài hiện trường nhanh, cần được tiến hành trong từng điều kiện cụ thể, để kiểm chứng so sánh thêm tại Việt Nam.

- Về mặt kinh tế, trong điều kiện cụ thể của từng tầng chứa nước, thí nghiệm Slug Test sẽ mang lại hiệu quả cao cho các công tác ngoại nghiệp của chuyên ngành địa chất thủy văn, địa chất công trình.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả chân thành cảm ơn các chuyên gia Đức và Việt Nam của dự án hỗ trợ kỹ thuật nguồn vốn ODA “Nâng cao năng lực bảo vệ tài nguyên nước ngầm các đô thị Việt Nam” đã cộng tác, chia sẻ và đóng góp các ý kiến quý báu trong quá trình xử lý các số liệu thu được từ thí nghiệm Slug Test ở tỉnh Nam Định.

## TÀI LIỆU DẪN

[1] Cooper H.H Jr, Bredellhoeft J.D., and Papadopoulus I.S, 1973: On the analysis of Slug

test data, Water Resoucers Research, Vol.9, No.4, pp.1087-1089.

[2] C.W Fetter, 2001: Hydraulic Conductivity Estimates from Sediment Grain-Size Distribution, San Diego State University College of Sciences USA, Geol552.

[3] Flemming Larsen et al, 2006: Slugtest experiment at Danphuong site. VietAs Project, Tuyển tập Hội thảo Dự án Vietas pha II, 101-195.

[4] Hazen, 1893: Some physical properties of sand and gravels, Massachusetts State Board of Health, USA 24th Annual Report.

[5] Herman Bouwer and R.C. Rice, 1976: A Slug test ditermining Hydraulic Conductivity of Unconfined Aquifer with completely or Partially Penetrating Wells, Vol.12, No.3, pp.423-428.

[6] Hvorslev M.J., 1951: Time lag and soil permeablity in groundwater observations, U.S, Army Corps of Engineers, Waterways Experimant Station Bulletin 36, Vickburg, MS.

[7] Keith J. Halford and Eve L. Kuniansky, 2002: Documentation of Spreadsheets for the Analysis Aquifer test and Slug test Data. Nevada USA, Open-File Report 02-197, U.S. GEOLOGICAL SURVEY.

[8] G.P. Kruseman and N.A de Ridder, 1994: Analysis amd Evaluation of Pumping test Data, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Publication 47, International Institute for Land Reclamation and Improvement Netherland.

[9] Trần Thành Lê (chủ biên), 2010: Báo cáo kết quả thí nghiệm Slug Test khu vực Nam Định, Lưu trữ Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước, 26tr.

[10] Phạm Quy Nhan, Nguyen Bach Thao, Flemming Larsen, 2007: Determination of the hydraulic conductivity of the aquifer in the small diameter boreholes. Taph chí KHKT Mỏ- Địa chất, số 20, 10/2007, (Chuyên đề Địa chất thủy văn), tr.4-8.

## SUMMARY

### Quickly determine of the hydraulic conductivity of the aquifer in Nam Dinh by slug test

Slug test was conducted in 23 boreholes of the groundwater monitoring network of the project “Improvement of Groundwater Protection in Viet Nam - IGPN” and in 12 boreholes of the national groundwater monitoring network in the territory of Nam Dinh Province. The test allows to quickly determine in-situ hydrogeological parameters. The resulting hydraulic conductivity (K) obtained from the slug tests are comparable with those obtained from previous single-well test and core sample grain-size interpretation. The slug test shows that it can be applied in hydrogeological practice in order to reduce the cost of hydrogeological investigation works in Vietnam.