

# ỨNG DỤNG PHẦN MỀM VISUAL MODFLOW 4.2.0.151 KHI TÍNH TOÁN HỆ THỐNG GIẾNG HẠ MỰC NƯỚC NGẦM BẢO VỆ HỐ MÓNG KHI XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH TRÊN NỀN CÁT CHẢY

KS TRẦN VĂN TOÀN

*Đại học Thủy lợi*

**Tóm tắt:** Khi tính toán thiết kế hệ thống giếng hạ mực nước ngầm để bảo vệ hố móng công trình chúng ta thường sử dụng các công thức tính toán theo dòng thấm ổn định và mô hình 2D, việc tính toán này không được chính xác lắm. Để nhanh chóng và chính xác hơn cần ứng dụng các phần mềm để tính toán theo dòng thấm không ổn định và mô hình 3D mô phỏng sát với thực tế hơn. Ứng dụng phần mềm Visual Modflow 4.2.0.151 sẽ giúp ta giải quyết các nội dung này rất hiệu quả nhằm tăng mức độ chính xác, giảm thời gian và công sức tính toán.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là nước đang phát triển nên các công trình thủy lợi, thủy điện, giao thông, dân dụng đã, đang và sẽ được xây dựng rất nhiều. Phần lớn các công trình xây dựng ở khu vực ven các con sông lớn, ven biển của nước ta và đặc biệt ở đồng bằng Bắc Bộ, ven sông Hồng thì đất nền thường là lớp cát mịn rất dày, mực nước ngầm thường cao nên trong quá trình thi công không tránh khỏi những ảnh hưởng bất lợi của dòng nước ngầm người ta thường dùng hệ thống giếng để hạ mực nước ngầm (HMNN) bảo vệ đáy và mái hố móng đảm bảo thi công bê tông trong điều kiện khô ráo. Chúng ta đã áp dụng các công thức tính toán dựa trên lý thuyết dòng thấm ổn định và mô hình 2D để thiết kế hệ thống giếng HMNN cho nhiều công trình như Âu thuyền Cầu Đất (Hải Dương), trạm bơm Kim Đôi (Hà Bắc), trạm bơm Như Trác, Hữu Bị II (Hà Nam), cống Liên Mạc (Hà Tây), trạm bơm Tràm (Hải Dương), cống Vân Cốc, cống Hiệp Thuận, hệ thống kênh dẫn cụm công trình đầu mối Hát Môn - Đập Đáy (Hà Tây), ... và nhiều công trình dân dụng, giao thông, công nghiệp khác. Rất nhiều công trình khi thi công đã phải điều chỉnh bằng thiết kế bổ sung số lượng giếng, độ sâu hạ giếng hoặc kết hợp phương pháp HMNN khác do thiết kế không chính xác. Vì vậy, việc tính toán thiết kế chính xác hệ thống giếng HMNN sẽ góp phần đảm bảo điều kiện kỹ thuật, chất lượng và góp phần giảm giá thành công trình.

## 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Khi thiết kế hệ thống giếng HMNN có thể bố trí một hoặc nhiều hàng giếng làm việc đồng thời và sự ảnh hưởng của chúng với nhau là yếu tố cần được xét đến.

Mặt khác khi hệ thống giếng gồm nhiều loại giếng khác nhau, có lưu lượng bơm khác nhau, đặt ở độ sâu khác nhau, địa chất ở xung quanh các giếng này khác nhau và nguồn bổ sung nước ngầm khác nhau nên lưu lượng thấm vào các giếng khác nhau. Do đó, các yếu tố đầu vào của việc tính toán phức tạp hơn và đặc biệt là khi thiết kế cần đưa ra nhiều phương án so sánh thì việc tính toán theo truyền thống sẽ gặp nhiều khó khăn và thường có sai số lớn.

Việc ứng dụng công nghệ tin học bằng các phần mềm chạy trong môi trường Windows để tính toán thiết kế HMNN sẽ giảm được công sức, thời gian và tăng độ tin cậy.

Nổi trội trong các phần mềm hiện đại là phần mềm Visual Modflow của Canada. Phiên bản mới nhất là 4.2.0.151 sản xuất năm 2006 chạy trong môi trường Windows XP.

VisualModflow là phần mềm mạnh, có đủ tính năng cần cho mô hình dòng chảy ngầm 3 chiều và hỗ trợ rất lớn về đồ họa.

### 3. THU THẬP SỐ LIỆU ĐẦU VÀO

Để tính toán thiết kế hệ thống giếng HMNN bằng phần mềm Visual modflow cần thu thập các tài liệu như hệ số thấm theo phương dọc  $K_d$ , phương ngang  $K_n$  và phương đứng  $K_d$  của từng lớp đất nền, kích thước và chiều sâu hố móng, độ sâu cần HMNN, chiều sâu hạ giếng, vị trí, số lượng và khoảng cách giữa các giếng, thí nghiệm hiện trường để xác định lưu lượng hút nước đơn vị của mỗi giếng, thời gian cần thiết để HMNN đến độ sâu thiết kế.

### 4. CƠ SỞ TÍNH TOÁN CỦA PHẦN MỀM VISUAL MODFLOW

#### 4.1. Phương trình toán học

Phương trình tổng quát biểu diễn chuyển động của nước ngầm có dạng như sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4.1)$$

Trong đó:  $K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}$  - Hệ số thấm theo các hướng x, y và z (z là chiều thẳng đứng).

$h$  - Mực nước dưới đất tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t.

$W$  - Môdul dòng ngầm hay giá trị bổ sung hoặc giá trị thoát đi của nước ngầm tính tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t.

$S_s$  - Hệ số nhả nước đơn vị (1/m).

Với  $S_s = S_s(x,y,z)$ ;  $K_{xx} = K_{xx}(x,y,z)$ ;  $K_{yy} = K_{yy}(x,y,z)$ ;  $K_{zz} = K_{zz}(x,y,z)$  - Các hàm phụ thuộc vào vị trí không gian x, y, z.

Phương trình (4.1) mô tả dòng ngầm trong điều kiện không ổn định cho môi trường không đồng nhất và dị hướng.

#### 4.2. Phương pháp giải

Để giải phương trình (4.1), ta phải tìm hàm số  $h(x,y,z,t)$ , thoả mãn (4.1) và thoả mãn các điều kiện biên. Việc tìm lời giải giải tích  $h(x,y,z,t)$  cho phương trình (4.1) thường là rất khó. Do đó người ta buộc phải giải bằng phương pháp giải gần đúng được áp dụng ở bài toán này là phương pháp sai phân hữu hạn hay phân chia không gian liên tục thành các ô không gian hay còn gọi là quá trình rời rạc hoá.

Trên cơ sở cân bằng ô lưới (i, j, k) và các nguồn theo bước thời gian  $t_{m-1}$  đến  $t_m$ , chúng ta có được hệ phương trình sai phân tổng quát sau:

$$\begin{aligned} & CR_{i,j-1/2,k}(h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CR_{i,j+1/2,k}(h_{i,j+1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CC_{i-1/2,j,k}(h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + \\ & CC_{i+1/2,j,k}(h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k-1/2}(h_{i,j,k-1}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k+1/2}(h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m) + \\ & P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = S_{s_{i,j,k}}(\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k) (h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}) / (t_m - t_{m-1}) \end{aligned} \quad (4.2)$$

Với:  $CR, CC, CV$  - Độ dẫn nước của lớp chứa nước tại ô (i, j, k).

$P$  - Lưu lượng trao đổi đơn vị của hệ thống.

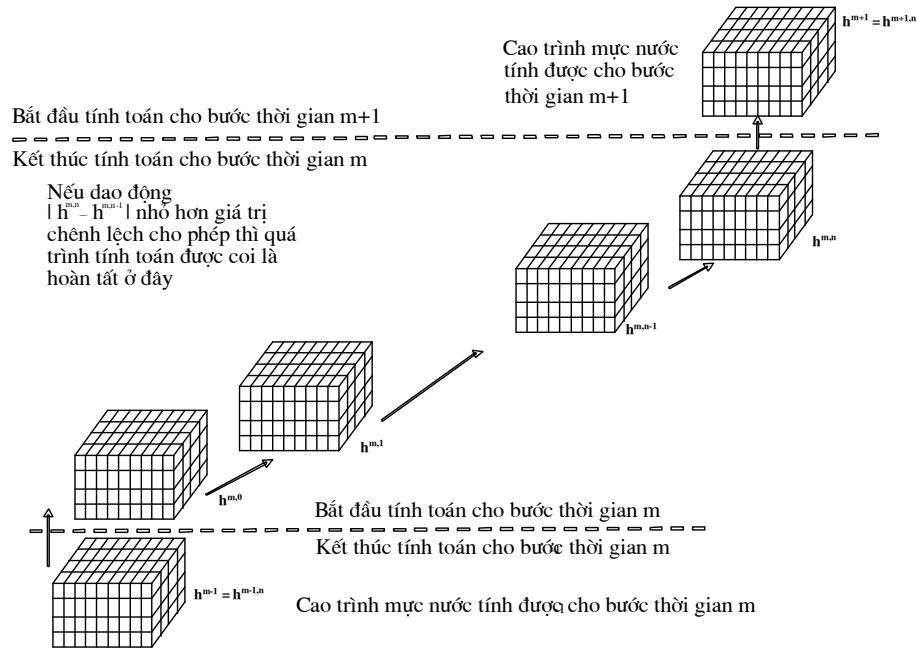
$Q$  - Tổng lượng trao đổi của hệ thống với bên ngoài.

$\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k$  - Khoảng sai phân theo phương x, y, z.

$S_s$  - Hệ số nhả nước và  $t_m, t_{m-1}$  là hai bước thời gian kế cận nhau.

Hệ phương trình (4.2) được giải bằng phương pháp lặp, người ta tiến hành chia nhỏ khoảng thời gian  $(t_{m-1}, t_m)$ , kết quả nhận được là lời giải gần đúng của hệ phương trình.

Khi  $t$  tăng lên thì  $h$  sẽ thay đổi. Khi  $h$  đạt được sự ổn định ( $\Delta h_i < \Delta h_{cp}$ ) thì mực nước đạt được sự cân bằng động và tại đây kết thúc quá trình tính toán.



Hình 1. Sơ đồ giải hệ phương trình sai phân

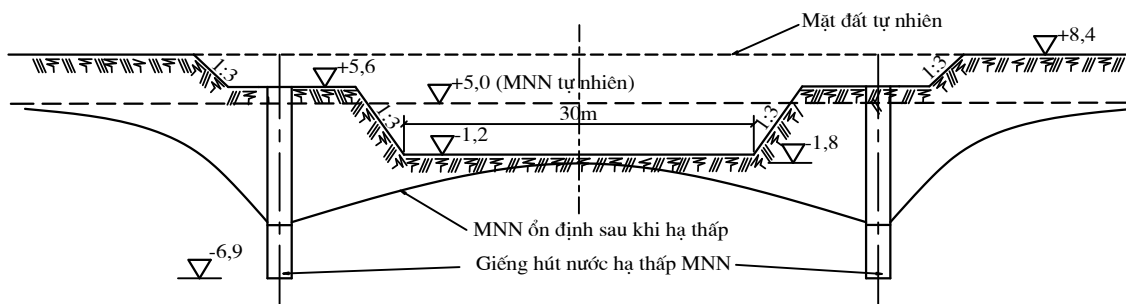
### 4.3. Các điều kiện biên dùng trong mô hình tính toán

Có 3 loại điều kiện biên chính là MNN tự nhiên ( $h = \text{const}$ ), lưu lượng hút nước đơn vị của mỗi giếng  $q = \text{const}$  và lưu lượng bổ sung nước ngầm vào khu vực hố móng  $Q = f(\Delta h)$  (Trong tự nhiên những biên này được mô phỏng là sông, biển, kênh thoát, mạch lộ, tường chắn, đá góc, béc thoát hơi, thấm xuyên, lỗ khoan hút nước hoặc ép nước).

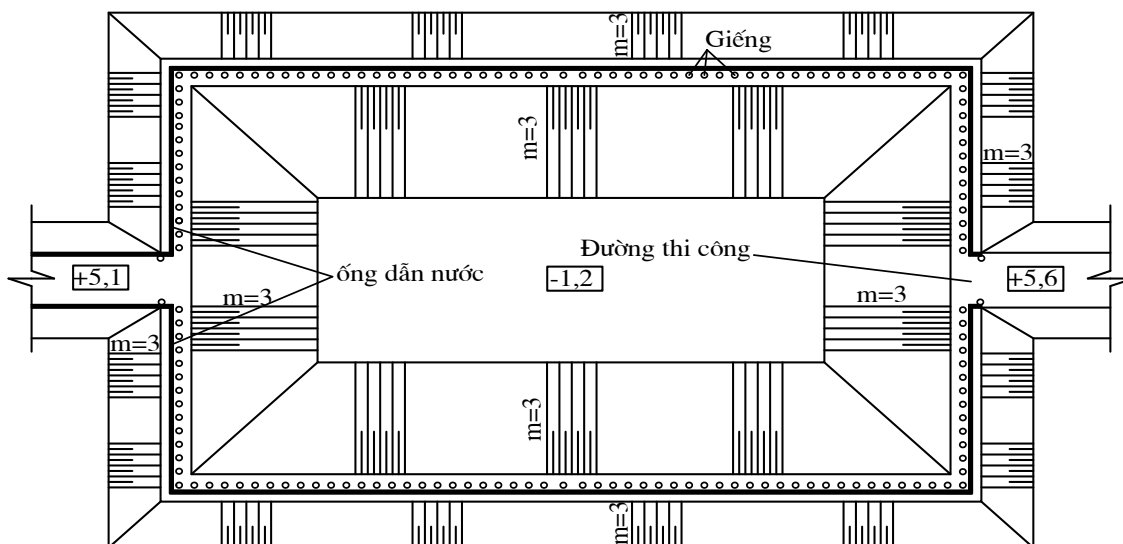
## 5. ÁP DỤNG TÍNH TOÁN HỆ THỐNG GIẾNG HẠ MỰC NƯỚC NGẦM CÔNG HIỆP THUẬN – HÀ TÂY

Các thông số tính toán:  $K=9 \times 10^{-3} \text{ cm/s} = 7,8 \text{ (m/ngày đêm)}$ , đường kính ống lọc  $D=100 \text{ mm}$ , chiều dài ống lọc  $L=2,0 \text{ m}$ , chiều sâu HMNN ở đáy hố móng  $S_0=6,8 \text{ m}$ , chiều sâu hạ giếng  $H=13,35 \text{ m}$ , lưu lượng đơn vị mỗi giếng  $q=42,6 \text{ m}^3/\text{ngđ}$ , bố trí giếng xung quanh hố móng ở cao trình  $+5,6 \text{ m}$  và cách mép hố móng  $2,0 \text{ m}$ .

Sơ đồ tính toán như hình 2 và hình 3:



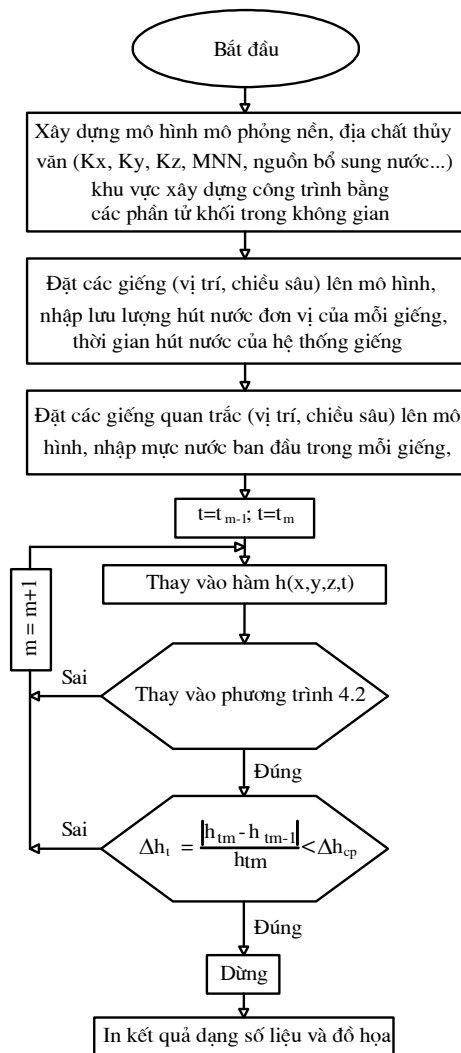
Hình 2. Mặt cắt ngang hồ móng cống Hiệp Thuận phương án 1



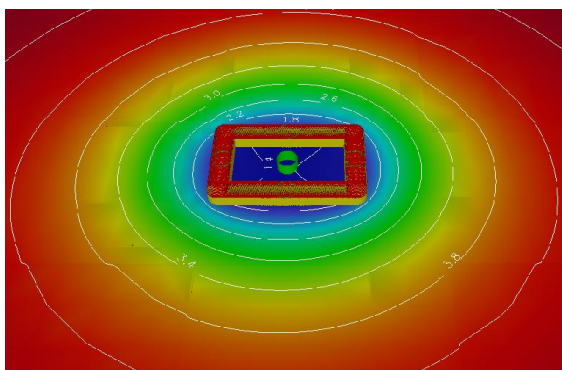
Hình 3. Sơ đồ bố trí hệ thống HMNN cống Hiệp Thuận phương án 1

Sơ đồ khối chạy phần mềm: Hình 4.

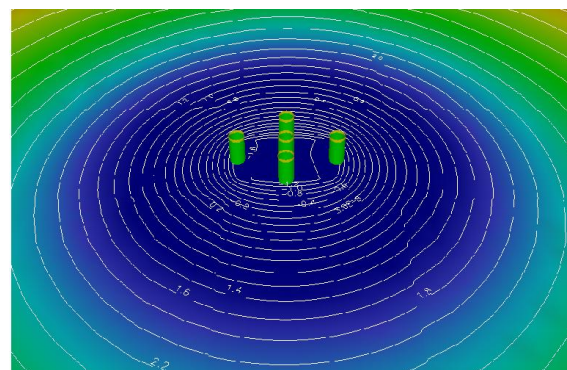
Sau khi tính toán so sánh nhiều phương án thì ta chọn được số giếng cần bố trí là 204 giếng và khoảng cách giữa các giếng là 2,0m. Khi hệ thống giếng hút nước liên tục 10 ngày thì MNN ở giữa hồ móng ổn định ở cao trình -1,66m thấp hơn đáy móng 0,46m (Đạt yêu cầu thiết kế). Kết quả tính toán theo phương án này được biểu diễn như hình 5 đến 13 và bảng 1.



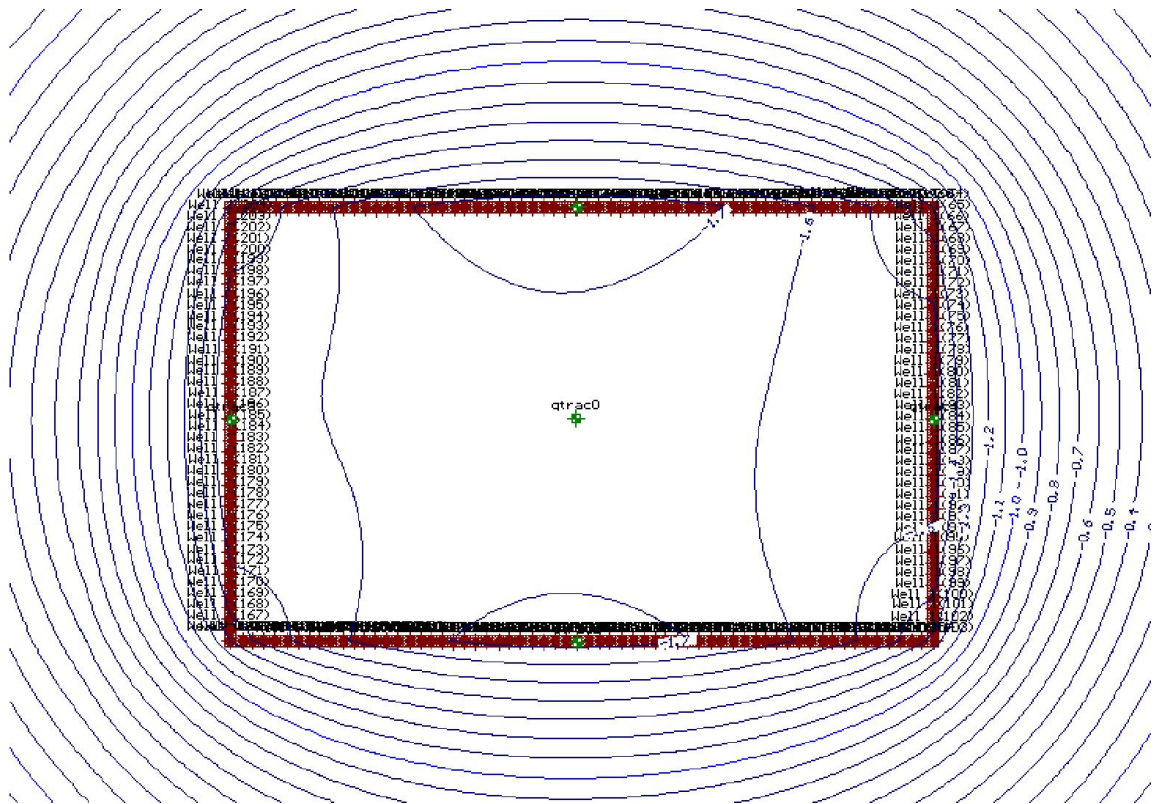
Hình 4. Sơ đồ khối chạy phần mềm



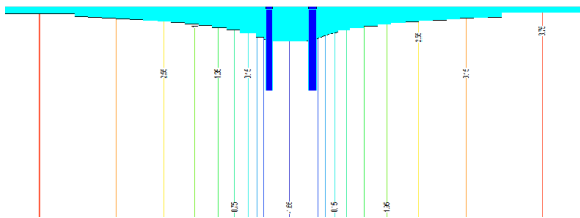
Hình 5. Bố trí hệ thống giếng cách nhau 2,0m để hạ MNN và giếng quan trắc MNN xung quanh phạm vi hố móng theo không gian 3D



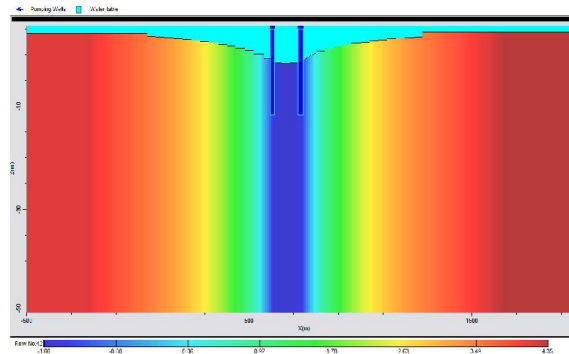
Hình 6. MNN đã được hạ thấp và giếng quan trắc MNN xung quanh hố móng sau 10 ngày hút nước liên tục theo không gian 3D



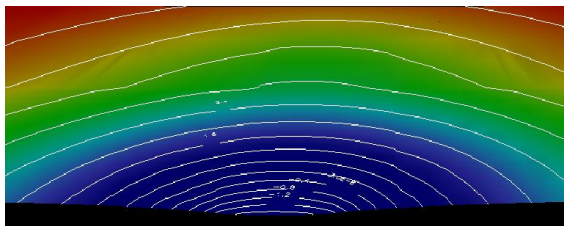
Hình 7. Mặt bằng bố trí hệ thống giếng và MNN đã được hạ thấp ở xung quanh hố móng



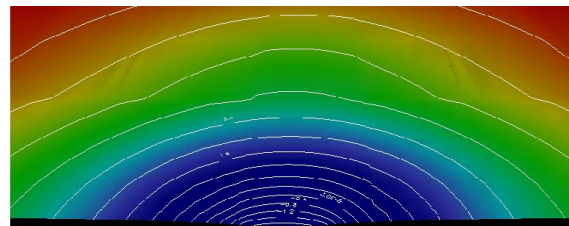
Hình 8. Mặt cắt dọc đi qua tim hố móng



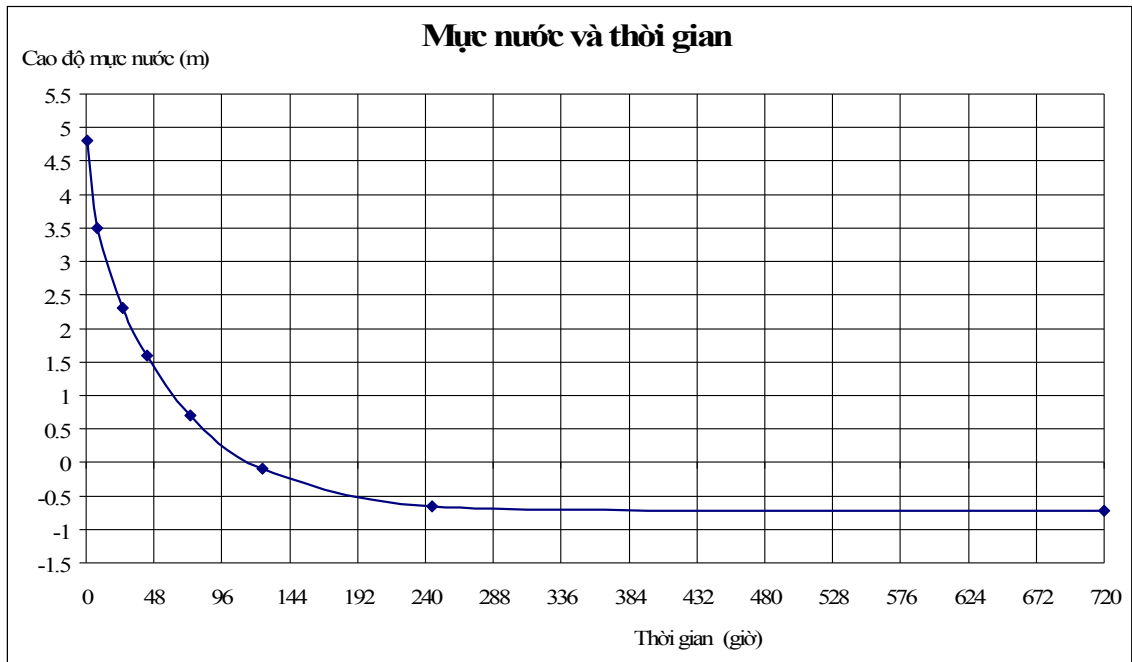
Hình 9. Mặt cắt dọc đi qua tim hố móng



Hình 10. Mặt cắt dọc đi qua tim hố móng theo không gian 3D



Hình 11. Mặt cắt ngang đi qua tim hố móng theo không gian 3D



Hình 12. Đường quan hệ MNN ở giữa hố móng theo thời gian bơm nước của hệ thống giếng (gồm 204 giếng) bố trí xung quanh hố móng

Bảng 1. So sánh kết quả tính toán xác định các thông số thiết kế HMNN công Hiệp Thuận – Hà Tây

TT	Thông số	Đơn vị	Theo truyền thống	Theo đo đạc hiện trường	Theo phần mềm Modflow
1	Khả năng hút nước của một giếng q	m <sup>3</sup> /ngđ	62,97	42,60	42,60
2	Chênh lệch MNN ở đáy hố móng và giếng ΔS	m	2,55	1,72	-
3	Độ sâu HMNN trong giếng S	m	9,35	7,80	7,80
4	Chiều sâu hạ giếng H	m	13,35	12,52	13,35
5	Bán kính ảnh hưởng R	m	190,81	154,19	-
6	Bán kính biểu kiến x <sub>0</sub>	m	54,96	54,96	-
7	Chiều dày tầng đất nền áp lực T <sub>a</sub>	m	22,86	21,70	-
8	Chiều sâu tầng không thấm kể từ đáy giếng t	m	9,51	9,17	-
9	Lưu lượng chảy vào hố móng Q	m <sup>3</sup> /ngđ	4646,23	4612,15	-
10	Số lượng giếng n	cái	100,00	134,00	204,00
11	Khoảng cách giữa các giếng e	m	4,00	3,00	2,00

## 5. KẾT LUẬN

Việc sử dụng phần mềm Modflow trong tính toán thiết kế HMNN dựa trên cơ sở dòng thấm không ổn định (thay thế dòng thấm ổn định trước đây) giúp công việc tính toán nhanh,

chính xác và trực quan hơn vì có thể mô phỏng bằng mô hình gần sát với thực tế hơn, thông số đầu vào đầy đủ hơn.

Ưu việt của phần mềm:

- Mô phỏng được đất nền gồm nhiều lớp, nhiều khu vực có địa chất khác nhau.
- Mô phỏng được phạm vi và các điều kiện tự nhiên rất rộng đến khu vực.
- Tính toán được không những với dòng đều, ổn định, không áp mà còn cả dòng thấm không đều, không ổn định, có áp và dị hướng.

Các thông số mô hình đầu vào và kết quả tính toán đều được thể hiện bằng hình ảnh 2D hoặc 3D giúp người tính toán kiểm tra, đánh giá ngay được việc làm từng bước và kết quả sau vài giây rất trực quan sinh động.

Việc sử dụng phần mềm phần mềm Modflow cho phép chỉ trong thời gian ngắn người thiết có thể tính toán so sánh nhiều phương án khác nhau để lựa chọn một phương án tối ưu để thi công được thuận lợi, an toàn và giá thành rẻ.

## 6. ĐIỀU KIỆN ÁP DỤNG

Công ty Waterloo Hydrogeologic phát triển phần mềm **Visual Modflow** từ năm 1989 và đã được sử dụng ở 90 nước trên thế giới. Phiên bản VisualModflow Ver 1.0 phát hành vào tháng 8/1994 và trở thành mô hình chuẩn về nước dưới đất và môi trường cho trên 3500 người dùng ở các hãng tư vấn, cơ sở giáo dục và các tổ chức chính phủ trên toàn thế giới.

Ở Việt Nam phần mềm này đã được biết đến và bước đầu ứng dụng kể từ năm 1998. **VisualModflow** là phần mềm mạnh, có đủ tính năng cần cho mô hình dòng chảy nước ngầm 3 chiều và di chuyển chất nhiễm bẩn.

Phần mềm VisualModflow version 4.2.0.151 tung ra thị trường đầu năm 2006, được các chuyên gia trên thế giới và ở Việt Nam đánh giá là một chương trình hoàn chỉnh nhất, đáp ứng khả năng mô phỏng môi trường 3 chiều của dòng chảy ngầm và dịch chuyển các chất ô nhiễm dưới đất.

Việc ứng dụng phần mềm vào thiết kế hệ thống giếng HMNN phải trong điều kiện sau:

- Có đủ tài liệu khảo sát phục vụ thiết kế mô hình. Tùy theo người thiết kế mà mô hình tính toán nếu mở càng rộng công tác khảo sát tương tự như kết hợp vẽ bản đồ địa chất và địa chất thủy văn khu vực tính toán.
- Có thí nghiệm hiện trường để xác định lưu lượng hút nước đơn vị của các giếng ứng với chiều sâu hạ giếng.

**Summary:** The equations of unstable and 2D seepage flow model are often applied to calculate well systems for decreasing underground water and protecting foundation. At present, with the development of information technology, it is necessary to apply new models of the unstable and 3D seepage flow for simulating more correctly. Visual Modflow 4.2.0.151 software could be used to obtain better effects with a higher accuracy and decrease in calculated duration.