

## ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MODFLOW NGHIÊN CỨU SỰ HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT KHU VỰC THÀNH PHỐ QUẢNG NGÃI

Trần Thị Thùy Trang\*, Nguyễn Đình Tiến

Khoa Địa lý – Địa chất, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

Email: thuytrangtran0710@gmail.com

Ngày nhận bài: 5/5/2020; ngày hoàn thành phản biện: 9/7/2020; ngày duyệt đăng: 3/9/2020

### TÓM TẮT

Trên cơ sở các điều kiện địa chất thủy văn khu vực thành phố Quảng Ngãi và các tài liệu, số liệu về địa hình, địa chất, khí tượng thủy văn, mực nước của 26 giếng (đo vào tháng 1/2020), mực nước giếng quan trắc QT5a-QN. Tập thể tác giả đã sử dụng phần mềm Modflow (của hãng Waterloo Hydrogeologic Inc) mô hình hoá các tầng chứa nước, xác định được trữ lượng và các nguồn hình thành trữ lượng nước dưới đất. Kết quả đã xác định được trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất năm 2020 khu vực thành phố Quảng Ngãi là  $Q_{kttm} = 158.541 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , trong đó nguồn hình thành chủ yếu là nước mưa thấm trên diện phân bố  $Q_{tm} = 131.830 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 83,15%; nước sông cung cấp  $5.864 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 3,70% và trữ lượng tính  $20.847 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 13,15%.

**Từ khoá:** Mô hình toán, trữ lượng nước dưới đất, thành phố Quảng Ngãi.

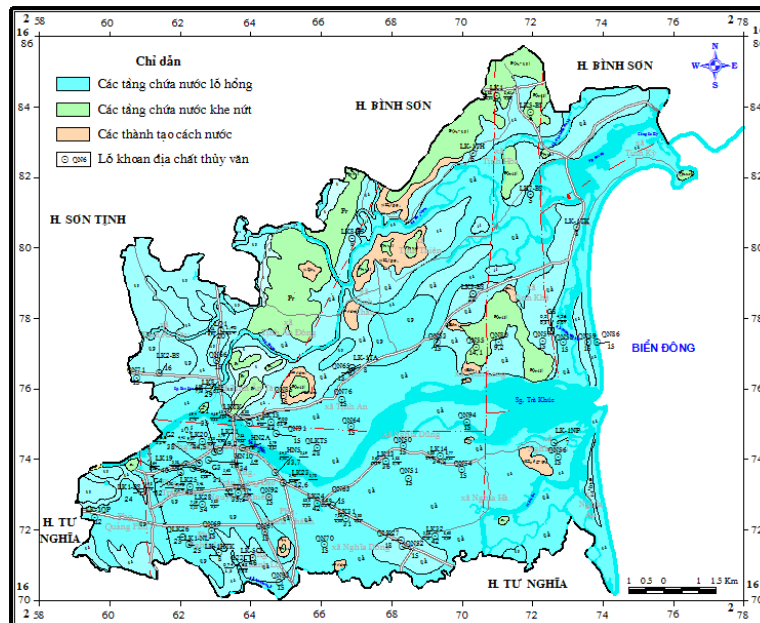
### 1. MỞ ĐẦU

Thành phố Quảng Ngãi là trung tâm chính trị, kinh tế, văn hóa - xã hội và khoa học kỹ thuật của tỉnh Quảng Ngãi. Là một trong những trung tâm kinh tế lớn của khu vực miền Trung về công nghiệp chế biến, gia công, thương mại, dịch vụ, du lịch và đặc biệt là Khu Kinh tế Dung Quất và các Khu công nghiệp tỉnh Quảng Ngãi. Nhu cầu sử dụng các nguồn tài nguyên nước nói chung dùng cho sinh hoạt và sản xuất không ngừng tăng lên, nhưng do tác động của các nhân tố tự nhiên và nhân tạo dẫn đến tài nguyên nước dưới đất biến động mạnh ảnh hưởng lớn đến đời sống dân sinh và phát triển kinh tế - xã hội tại khu vực. Do đó, việc ứng dụng phần mềm Modflow nghiên cứu sự hình thành trữ lượng nước dưới đất thành phố Quảng Ngãi, có tính thời sự, cấp thiết, có ý nghĩa khoa học lẫn thực tiễn.

## 2. KHÁI QUÁT VỀ ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khu vực thành phố Quảng Ngãi (đến đáy trầm tích Đệ tứ) tồn tại 5 tầng chứa nước (3 tầng chứa nước lỗ hổng và 2 tầng chứa nước khe nứt). Kết quả tham khảo các tài liệu đã công bố, có thể sơ lược đặc điểm địa chất thủy văn các tầng chứa nước như sau [2, 3], (hình 1).

- Tầng chứa nước hệ Đệ Tứ không phân chia (q) phân bố chủ yếu ở phía Tây của thành phố, dọc các thung lũng và ven theo sườn các khối núi thuộc các đá của hệ tầng Tiên An. Chúng được thành tạo bởi trầm tích nguồn gốc hỗn hợp sông - sườn tích - lũ tích (adpQ). Tổng diện tích khoảng 1,88 km<sup>2</sup>. Thành phần thạch học chủ yếu là bột - sét pha cát, cát pha bột sét, sạn, dăm, lẫn mảnh vụn đá gốc màu xám vàng, xám trắng. Chiều dày chung của tầng từ 2 - 6 m. Nước dưới đất tồn tại và vận động trong các lỗ hổng của đất đá. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng khu vực nghiên cứu và vùng kế cận cho thấy mức độ phong phú nước thuộc loại nghèo nước, với  $Q = 0,07 - 0,10$  l/s,  $q = 0,10 - 0,16$  l/s.m,  $K = 1,02 - 1,65$  m/ng.đ,  $\mu = 0,12 - 0,13$ . Nước thuộc loại không áp.



Hình 1. Bản đồ địa chất thủy văn thành phố Quảng Ngãi

- Tầng chứa nước Holocen (qh) phân bố khá rộng, chỉ vắng mặt ở phía Tây Bắc và Đông Nam thành phố, nơi lộ ra của các trầm tích Pleistocen, phun trào bazan, hệ tầng Tiên An và các đá magma xâm nhập, với tổng diện tích phân bố và lộ ra khoảng 113,62 km<sup>2</sup>. Chúng được thành tạo bởi các trầm tích nguồn gốc sông, biển (mQ<sup>2</sup>), biển - vũng vịnh (mlQ<sup>2</sup>), biển - gió (mvQ<sup>2-3</sup>), sông (aQ<sup>2-3</sup>, aQ<sup>3</sup>) và biển (mQ<sup>3</sup>). Thành phần thạch học chủ yếu là cát lẫn cuội, sỏi, bột, sét, vật chất hữu cơ. Chiều dày tầng chứa nước biến đổi từ  $h = 8 - 34,8$  m. Nước dưới đất tồn tại và vận động trong các lỗ hổng

của đất đá. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghiên cứu cho thấy mức độ phong phú nước thuộc loại giàu nước đến trung bình, với  $Q = 0,74 - 19,40$  l/s,  $q = 0,22 - 13,62$  l/s.m,  $K = 4,97 - 66,47$  m/ng.đ,  $\mu = 0,15 - 0,21$ . Nước thuộc loại không có áp lực và có quan hệ chặt chẽ với tầng chứa nước Pleistocen.

- Tầng chứa nước Pleistocen (qp) phân bố khá rộng tại thành phố Quảng Ngãi khoảng  $131,62$  km<sup>2</sup>, tuy nhiên bị phủ bởi tầng chứa nước Holocen, chỉ lộ ở phía Tây, Tây Nam thành phố, với diện lộ khoảng  $21,37$  km<sup>2</sup>. Được thành tạo bởi các trầm tích có nguồn gốc sông - biển hệ tầng Đà Nẵng (amQ<sub>1</sub><sup>3đn</sup>), biển - vũng vịnh hệ tầng Phong Niên (mlQ<sub>1</sub><sup>3pn</sup>), biển hệ tầng Mộ Đức (mQ<sub>1</sub><sup>3mđ</sup>) và biển (mQ<sub>1</sub><sup>3</sup>). Thành phần thạch học chủ yếu là cát lẫn cuội, sỏi, bột, sét, vật chất hữu cơ. Chiều dày tầng chứa nước biến đổi từ  $h = 15,10 - 41,47$  m. Nước dưới đất tồn tại và vận động trong các lỗ hổng của đất đá. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghiên cứu cho thấy mức độ phong phú nước thuộc loại trung bình đến giàu, với  $Q = 2,09 - 20$  l/s,  $q = 0,25 - 10,75$  l/s.m,  $K = 2,44 - 26,85$  m/ng.đ,  $\mu = 0,13 - 0,19$ . Nước thuộc loại không có áp lực và có quan hệ chặt chẽ với tầng chứa nước Holocen.

- Tầng chứa nước khe nứt - lỗ hổng phun trào Bazan Miocen - Pleistocen ( $\beta(n_1-qp)$ ) phân bố rải rác thành các khối, lộ ra chủ yếu ở phía bắc sông Trà Khúc, được thành tạo bởi các phun trào bazan Miocen thượng, hệ tầng Đại Nga (BN<sub>1</sub><sup>3đn</sup>) và Pliocen - Pleistocen, hệ tầng Túc Trung (BN<sub>2</sub> - Q<sub>1tt</sub>), với diện lộ khoảng  $8,65$  km<sup>2</sup>. Thành phần thạch học chủ yếu là bazan pyroxen, bazan - pyroxen - olivine, bazan olivin, bazan - olivin - pyroxen màu xám xanh, xám tối, cấu tạo đặc sít và lỗ hổng. Chiều dày tầng chứa nước biến đổi từ  $h = 25,10 - 31,45$  m. Nước dưới đất tồn tại và vận động trong các khe nứt - lỗ hổng của đá. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghiên cứu và vùng kế cận cho thấy mức độ phong phú nước thuộc loại nghèo nước, với  $Q = 1,91 - 2,22$  l/s,  $q = 0,07 - 0,17$  l/s.m,  $K = 0,40 - 3,51$  m/ng.đ,  $\mu = 0,10 - 0,14$ . Nước thuộc loại không áp.

- Tầng chứa nước khe nứt hệ tầng Tiên An (pr) phân bố chủ yếu ở phía Tây của thành phố và lộ ra một dải theo phương Đông Bắc-Tây Nam, phần còn lại bị phủ kín, với tổng diện lộ khoảng  $6,85$  km<sup>2</sup>. Thành phần gồm đá phiến thạch anh - feldspat - mica, phiến thạch anh mica silimanit graphit, đá phiến thạch anh mica silimanit granat, gneis mica silimanit, đá phiến, quartzit chứa các vỉa mỏng, thấu kính graphit, cấu tạo dải, ít nứt nẻ. Trong khu vực thành phố Quảng Ngãi chưa có công trình nào nghiên cứu tầng chứa nước này, tuy nhiên theo tài liệu lỗ khoan LK2A vùng kế cận cho thấy. Nước dưới đất chỉ tồn tại phần trên mặt của hệ tầng, với bề dày tầng chứa nước  $h = 20 - 30$  m,  $Q = 0,132$  l/s, mức độ phong phú nước thuộc loại nghèo nước. Nước thuộc loại không áp.

### **3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

Sự hình thành trữ lượng nước dưới đất được xác định trên cơ sở đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng cho khu vực. Trữ lượng khai thác tiềm năng có thể tiến hành bằng nhiều phương pháp là cân bằng, mô hình toán, mô hình điện, ... Trong nghiên cứu này để làm sáng tỏ sự hình thành trữ lượng và trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất thành phố Quảng Ngãi, chúng tôi sử dụng phương pháp cân bằng kết hợp mô hình toán (phần mềm modflow).

#### **3.1. Trữ lượng khai thác tiềm năng**

Đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng bằng phương pháp cân bằng gồm việc xác định lưu lượng của nước dưới đất có thể nhận được nhờ các công trình khai thác trong phạm vi một vùng nào đó, với thời hạn khai thác nhất định, bằng cách thu hút nước từ một số nguồn hình thành trữ lượng và cộng các kết quả lại với nhau, như công thức [4]:

$$Q_{kttn} = Q_d + Q_t + Q_{ct} \quad (1)$$

*Trong đó:*  $Q_{kttn}$ : Trữ lượng khai thác tiềm năng ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_d$ : Trữ lượng động ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_t$ : Trữ lượng tĩnh ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_{ct}$ : Trữ lượng nước cuốn theo ( $m^3/ng.đ$ ).

Khi xác định trữ lượng khai thác tiềm năng của khu vực, đại lượng trữ lượng nước cuốn theo ( $Q_{ct}$ ) chưa thể xác định, nên trữ lượng khai thác tiềm năng được xác định theo công thức:

$$Q_{kttn} = Q_d + Q_t \quad (2)$$

#### **3.2. Trữ lượng động ( $Q_d$ )**

Trữ lượng động là lượng nước vận động trong tầng chứa nước ở điều kiện tự nhiên, hay trữ lượng động của nước dưới đất là lượng cung cấp cho tầng chứa nước trong điều kiện tự nhiên chưa bị phá huỷ bởi khai thác. Trữ lượng động bằng tổng các yếu tố cân bằng tự nhiên của tầng chứa nước (thấm của nước mưa, thấm từ sông và các khối nước mặt, thấm xuyên từ các tầng chứa nước lân cận,...).

Phương pháp đánh giá trữ lượng động nước dưới đất được chia thành 6 nhóm phương pháp tính toán, gồm: Thủy động lực, cân bằng, thủy văn, thực nghiệm đo trực tiếp lượng cung cấp thấm hoặc quan trắc mực nước, tương tự địa chất thủy văn và phương pháp mô hình. Trong đề tài này chúng tôi sử dụng phương pháp mô hình để đánh giá trữ lượng động theo công thức:

$$Q_d = Q_w + Q_{ss} + Q_{bs} + Q_{tx} \quad (3)$$

*Trong đó:*  $Q_d$ : Trữ lượng động ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_w$ : Trữ lượng do cung cấp thấm của nước mưa ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_{ss}$ : Trữ lượng do cung cấp của sông, suối ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_{bs}$ : Trữ

lượng do cung cấp của dòng bên sườn ( $m^3/ng.đ$ );  $Q_{bx}$ : Trữ lượng do thấm xuyên từ các tầng chứa nước khác ( $m^3/ng.đ$ ).

Tại khu vực nghiên cứu các tầng chứa nước là nước không áp và có quan hệ thủy lực với nhau chặt chẽ tạo thành tầng chứa nước ngầm thống nhất, nên không xét sự cung cấp từ các tầng bên dưới; phạm vi nghiên cứu giới hạn toàn thành phố Quảng Ngãi, nên không xét sự cung cấp của dòng bên sườn. Vì vậy, trữ lượng do thấm xuyên từ các tầng chứa nước khác ( $Q_{bx}$ ) và trữ lượng do cung cấp của dòng bên sườn ( $Q_{bs}$ ) sẽ bằng không, nên trữ lượng động được xác định theo công thức:

$$Q_d = Q_w + Q_{ss} \quad (4)$$

Để đánh giá trữ lượng động và các nguồn hình thành trữ lượng động của nước dưới đất chúng tôi sử dụng phương pháp mô hình, bằng phần mềm Visual Modflow.

Bộ phần mềm Visual Modflow là phần mềm được mô phỏng theo phương pháp Sai phân hữu hạn, bao gồm ba hệ phần mềm chính và nhiều modul hỗ trợ. Trong đó phần mềm Modflow dùng để tính toán trữ lượng, chất lượng và phân bố dòng ngầm. Phần mềm ModPath phối hợp với Modflow có chức năng tính toán sự bình lưu, có chức năng tính toán hướng và tốc độ các đường dòng khi chúng vận động xuyên qua hệ thống các lớp chứa nước. Phần mềm MT3D phối hợp với Modflow có chức năng tính toán sự bình lưu, sự phân tán và các phản ứng hóa học khác của vật chất hòa tan trong hệ thống dòng ngầm. Phần mềm bổ trợ Zone Budget cho phép tính toán cân bằng nước từ kết quả mô phỏng của Modflow. [1, 4].

### 3.3. Trữ lượng tĩnh ( $Q_t$ )

Trữ lượng tĩnh là lượng nước trọng lực trong các lỗ hổng, khe nứt và hang hốc Karst của đất đá chứa nước. Trữ lượng tĩnh của nước dưới đất còn gồm cả lượng nước trọng lực của đất đá chứa nước trong đới dao động mực nước, phần đó gọi là “trữ lượng điều tiết”. Đối với nước không có áp lực trữ lượng điều tiết rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Trữ lượng tĩnh được xác định bởi công thức:

$$Q_t = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot h \cdot F}{t} \quad (5)$$

Trong đó:  $Q_t$ : Trữ lượng tĩnh ( $m^3/ng.đ$ );  $\alpha$ : Hệ số xâm phạm trữ lượng tĩnh, với  $\alpha = 0,3$ ;  $\mu$ : Hệ số nhả nước trọng lực;  $h$ : Chiều dày trung bình tầng chứa nước không áp (m);  $F$ : Diện tích phân bố tầng chứa nước ( $m^2$ );  $t$ : Thời gian khai thác (ngày).

## 4. SỰ HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRONG TRẦM TÍCH ĐỆ TỬ ĐỒNG BẰNG VEN BIỂN TP. QUẢNG NGÃI

Tại khu vực nghiên cứu các tầng chứa nước là nước không áp và có quan hệ thủy lực với nhau chặt chẽ tạo thành tầng chứa nước ngầm thống nhất, nhưng các tầng

chứa nước có tính chất thấm, nhà nước và chiều dày khác nhau, nên phần trữ lượng tính chúng tôi sẽ đánh giá riêng cho các tầng chứa nước, còn trữ lượng động sử dụng phương pháp mô hình toán sẽ đánh giá chung.

#### 4.1. Trữ lượng động ( $Q_d$ )

*a. Xây dựng mô hình toán:* Trên bình đồ, khu vực nghiên cứu được chia thành mạng lưới ô vuông gồm 80 hàng và 100 cột, tạo thành 8.000 ô lưới, với kích thước mỗi ô lưới là 200 x 200 m. Trên mặt cắt, được mô phỏng thành 2 lớp: Lớp 1: Phân bố tầng chứa nước hệ Đệ tứ không phân chia, tầng chứa nước Holocen, tầng chứa nước Pleistocen, tầng chứa nước bazan và tầng chứa nước hệ tầng Tiên An; Lớp 2: Phân bố tầng chứa nước Pleistocen, tầng chứa nước bazan và tầng chứa nước hệ tầng Tiên An.

- *Biên mực nước không đổi (Constant head):* Biên loại này được mô phỏng biển Đông, phân bố ở phía Đông của khu vực. Tại đây mực nước trên biên được mô phỏng  $H = 0$  m.

- *Biên sông (River):* Biên sông được mô phỏng cho hệ thống sông. Trong vùng nghiên cứu mô phỏng điều kiện biên cho sông chính là sông Trà khúc và các phụ lưu, phân lưu.

- *Hệ số thấm, hệ số nhà nước:* Hệ số thấm và hệ số nhà nước của các tầng chứa nước mô phỏng theo các vùng (Zone) như sau: Tầng chứa nước hệ Đệ tứ không phân chia được mô phỏng Zone 3; Tầng chứa nước Holocen: Khu vực có mức độ phong phú nước giàu được mô phỏng Zone 2, khu vực có mức độ phong phú trung bình được mô phỏng Zone 3; Tầng chứa nước Pleistocen: Khu vực có mức độ phong phú nước giàu được mô phỏng Zone 4, khu vực có mức độ phong phú trung bình được mô phỏng Zone 5; Tầng chứa nước Bazan được mô phỏng Zone 6; Tầng chứa nước hệ tầng Tiên An được mô phỏng Zone 7. Kết quả sau khi giải bài toán ngược ổn định và không ổn định đã xác định được hệ số thấm và hệ số nhà nước của các tầng chứa nước thể hiện ở hình 2.

- *Giá trị cung cấp thấm (Recharge):* Lượng mưa cung cấp thấm cho nước ngầm được tính toán dựa vào lượng mưa trung bình thành phố Quảng Ngãi (1985 – 2018), kết hợp với hệ số thấm của các lớp trầm tích trên mặt để điều chỉnh lượng mưa cung cấp cho nước ngầm. Kết quả sau khi giải bài toán ngược ổn định và không ổn định đã xác định được giá trị cung cấp thấm chiếm 12,07% lượng mưa.

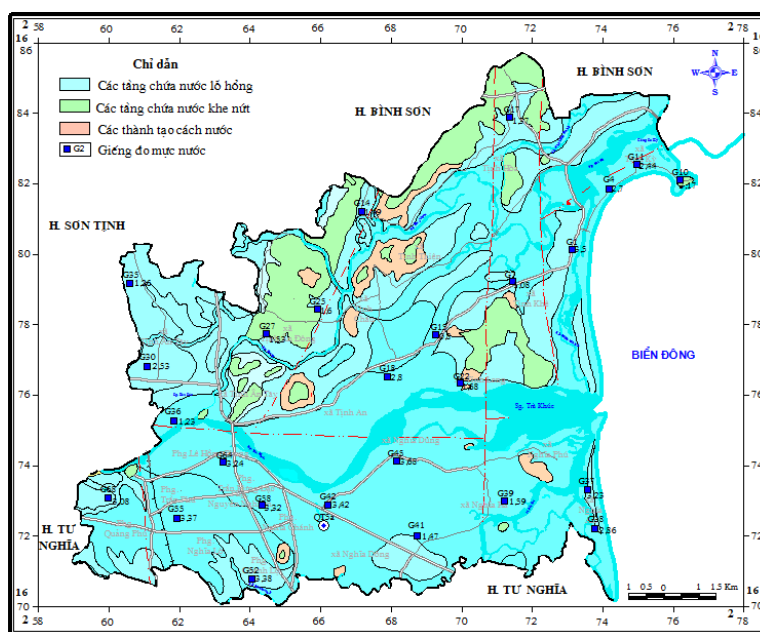
Conductivity						Storage						
Zone	Kx [m/d]	Ky [m/d]	Kz [m/d]	Active	Distribution Array	Zone	Ss [1/m]	Sy []	Eff. Por. []	Tot. Por. []	Active	Distribution Array
1	20	20	2	1		1	0.001	0.2	0.15	0.3	1	
2	20	20	2	1		2	0.001	0.2	0.15	0.3	1	
3	6	6	0.6	1		3	0.001	0.1	0.15	0.3	1	
4	12	12	1.2	1		4	0.001	0.12	0.15	0.3	1	
5	4	4	0.4	1		5	0.001	0.1	0.15	0.3	1	
6	2	2	0.2	1		6	0.001	0.1	0.1	0.2	1	
7	1	1	0.1	1		7	0.001	0.08	0.1	0.2	1	

Hình 2. Hệ số thấm và hệ số nhà nước mô phỏng cho lớp 1 và lớp 2

- *Giá trị bốc hơi (Evapotranspiration)*: Biên giá trị bốc hơi đòi hỏi phải gán giá trị mô đun bốc hơi lớn nhất cho các ô xảy ra quá trình bốc hơi. Giá trị này đạt được khi mực nước trong ô bằng với bề mặt địa hình. Kết quả sau khi giải bài toán ngược ổn định và không ổn định đã xác định được giá trị bốc hơi chiếm 45,42% lượng bốc hơi trên mặt đất.

### b. Chính lý mô hình tính toán

- *Giải bài toán ngược ổn định*: Để chính lý mô hình chúng tôi tiến hành giải bài toán ngược ổn định, và dùng nó để so sánh với mực nước quan trắc được tại các giếng tồn tại trong khu vực (tại 26 giếng phân bố tại khu vực nghiên cứu vào tháng 3/2020, hình 3). Giải bài toán ngược ổn định bằng phương pháp thử lặp khi chính lý các thông số địa chất thủy văn, điều kiện biên. Đã xác định được mực nước ban đầu trên mô hình khu vực nghiên cứu và sai số giữa mực nước trên mô hình với mực nước quan trắc thực tế như sau: Sai số trung bình là 0,058 m (1,053%); sai số max là 0,191 m; sai số min là -0,002 m (hình 4, bảng 1).



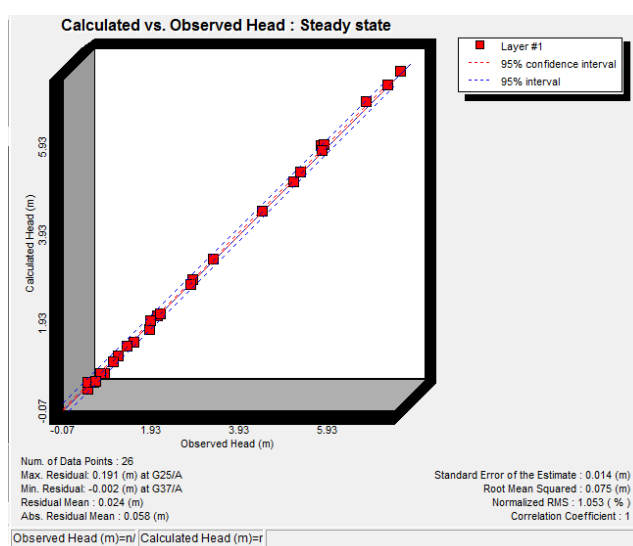
Hình 3. Bản đồ phân bố 26 giếng đo mực nước thực tế tại thành phố Quảng Ngãi.

Bảng 1. Cao trình mực nước thực tế và tính toán sau khi giải bài toán ngược ổn định các giếng khu vực thành phố Quảng Ngãi.

Số TT	Giếng Quan trắc	Toạ độ		Cao trình mực nước thực tế	Cao trình mực nước tính toán	Sai số
		X	Y			
1	G1	273118,871	1680137,624	0,50	0,41	-0,09
2	G4	274165,243	1681866,260	0,30	0,25	-0,05
3	G7	271430,705	1679228,356	1,56	1,63	+0,07

Ứng dụng phần mềm Modflow nghiên cứu sự hình thành trữ lượng nước dưới đất ...

4	G10	276175,260	1682114,600	0,13	0,08	-0,05
5	G11	274957,451	1682546,122	0,26	0,22	-0,04
6	G14	267153,486	1681217,387	7,21	7,28	+0,07
7	G15	269263,007	1677734,067	2,50	2,56	+0,06
8	G17	271338,681	1683901,812	6,43	6,59	+0,16
9	G18	267893,551	1676522,904	1,70	1,73	+0,03
10	G22	269960,099	1676349,784	0,82	0,83	+0,01
11	G25	265906,496	1678443,007	5,40	5,59	+0,19
12	G27	264456,313	1677743,620	5,47	5,61	+0,14
13	G30	261083,770	1676831,024	4,07	4,09	+0,02
14	G35	260588,393	1679167,873	4,94	4,98	+0,04
15	G36	261830,464	1675276,863	1,17	1,13	-0,04
16	G37	273551,054	1673321,772	0,42	0,42	0
17	G38	273779,702	1672231,199	0,14	0,23	+0,09
18	G39	271213,486	1673004,202	0,71	0,70	-0,01
19	G41	268732,500	1672012,884	1,53	1,43	-0,10
20	G42	266201,123	1672900,567	1,78	1,77	-0,04
21	G45	268146,091	1674137,333	1,02	1,04	+0,02
22	G52	264033,956	1670790,218	4,78	4,78	0
23	G55	261913,486	1672514,667	5,43	5,49	+0,05
24	G58	264331,085	1672891,301	2,98	3,02	+0,04
25	G64	263235,322	1674100,612	2,46	2,43	-0,03
26	G68	259973,845	1673102,093	6,92	6,96	+0,04



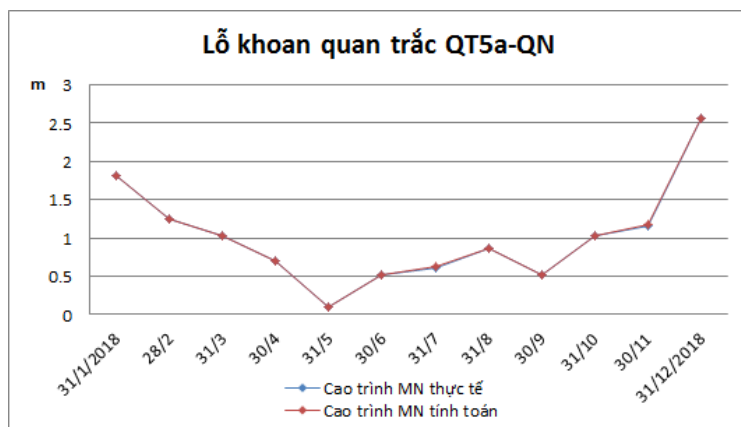
Hình 4. Biểu đồ sai số cao trình mực nước thực tế và tính toán tại các giếng khi giải bài toán ngược ổn định.



- *Giải bài toán ngược không ổn định*: Trên cơ sở các kết quả đã có từ bài toán ngược ổn định, tiến hành chạy mô hình cho bài toán ngược không ổn định. Số liệu để chỉnh lý bài toán ngược không ổn định là số liệu lượng mưa, bốc hơi (tại trạm khí tượng thủy văn thành phố Quảng Ngãi) và cao trình mực nước của lỗ khoan quan trắc (mạng quan trắc Quốc gia) QT5a (xã Nghĩa Dõng, thành phố Quảng Ngãi) từ tháng 1/2018 đến tháng 12/2018, [6]. Bài toán ngược không ổn định được giải với 12 bước (theo 12 tháng của năm). Kết quả chỉnh lý được thể hiện ở bảng 2, hình 5.

**Bảng 2.** Cao trình mực nước thực tế và tính toán sau khi giải bài toán ngược không ổn định lỗ khoan quan trắc QT5a-QN (từ 1/2018 đến 12/2018).

Ngày- Tháng	31/1/ 2018	28/2	31/3	30/4	31/5	30/6	31/7	31/8	30/9	31/10	30/11	31/12 /2018
Cao trình MN thực tế	1,81	1,24	1,03	0,70	0,10	0,51	0,61	0,86	0,51	1,03	1,16	2,56
Cao trình MN tính toán	1,82	1,25	1,02	0,70	0,10	0,51	0,62	0,87	0,51	1,02	1,18	2,56



**Hình 5.** Biểu đồ sai số cao trình mực nước thực tế và tính toán tại các giếng khi giải bài toán ngược không ổn định.

### c. Xác định trữ lượng động và các nguồn hình thành trữ lượng động

Mô hình sau khi đã hiệu chỉnh các thông số đầu vào và điều kiện biên thông qua giải bài toán ngược ổn định và không ổn định, cho thấy mô hình tương đối phù hợp với điều kiện thực tế, nên mô hình sẽ được sử dụng làm cơ sở để giải bài toán thuận không ổn định nhằm xác định trữ lượng động và các nguồn hình thành trữ lượng động cho vùng nghiên cứu.

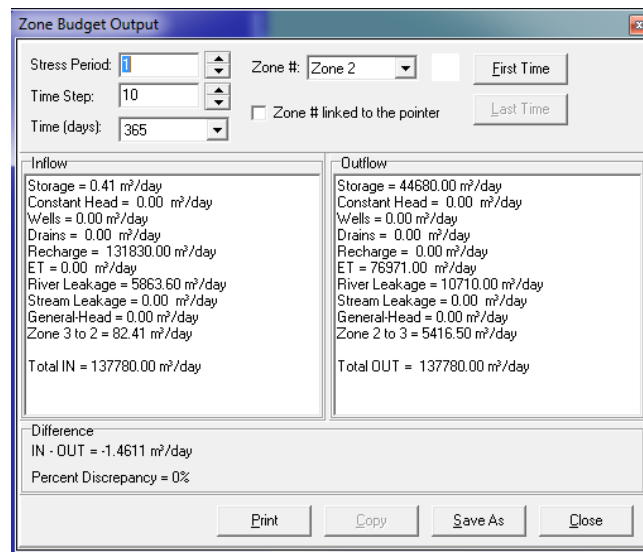
Để đánh giá chúng tôi chạy gói phần mềm bổ trợ Zone Budget cho phép tính toán cân bằng nước từ kết quả mô phỏng của Modflow, từ đó xác định các thành phần chảy đến và chảy đi từ vùng cân bằng. Để có cơ sở chạy gói phần mềm bổ trợ Zone

Budget, chúng tôi mô phỏng khu vực nghiên cứu thành các vùng cân bằng (Zone) như sau: Zone 2 nước dưới đất thành phố Quảng Ngãi, nước nhạt, với tổng độ khoáng hóa  $M = 0,6$  g/l, Zone 3 Biển Đông, nước mặn, với tổng độ khoáng hóa  $M = 35$ g/l.

Kết quả chạy mô hình đã xác định được trữ lượng động tự nhiên năm 2020 thành phố Quảng Ngãi là: 137.694 m<sup>3</sup>/ngày, trong đó nước mưa cung cấp là 131.830 m<sup>3</sup>/ngày và nước sông cung cấp là 5.864 m<sup>3</sup>/ngày, (hình 6). Xâm nhập mặn từ Biển đông vào tầng chứa nước là 82.41 m<sup>3</sup>/ngày (hình 6, giá trị này không tính vào trữ lượng động tự nhiên).

#### 4.2. Trữ lượng tĩnh (Q<sub>t</sub>)

Do trong khu vực thành phố Quảng Ngãi có 3 tầng chứa nước hệ Đệ Tứ không chia, Holcen và Pleistocen có quan hệ thủy lực với nhau rất chặt chẽ và tạo thành một tầng chứa nước ngầm thống nhất, nên để đánh giá trữ lượng tĩnh nước dưới đất chúng tôi phân thành 3 vùng để tính toán là: Vùng 1: Vùng các tầng chứa nước hệ Đệ tứ, gồm 3 tầng chứa nước là: Hệ Đệ tứ không phân chia (q) + Holocen (qh) + Pleistocen (qp); Vùng 2: Vùng tầng chứa nước Bazan ( $\beta(n_1-qp)$ ); Vùng 3: Vùng tầng chứa nước hệ tầng Tiên An (pr).



Hình 6. Biểu đồ cân bằng xác định trữ lượng động nước dưới đất thành phố Quảng Ngãi năm 2020

Dựa vào công thức (5):  $Q_t = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot h \cdot F}{t}$ , thời gian khai thác  $t_{kt} = 10^4$  ngày và các điều kiện ban đầu, điều kiện biên chúng tôi đã xác định được trữ lượng tĩnh tham gia vào trữ lượng khai thác tiềm năng năm 2020 thể hiện ở bảng 3.

**Bảng 3.** Bảng tổng hợp kết quả xác định trữ lượng tính năm 2020 thành phố Quảng Ngãi

Vùng tính trữ lượng tính (Q <sub>i</sub> )	Điều kiện biên			Trữ lượng tính (Q <sub>i</sub> ), (m <sup>3</sup> /ngày)
	F (km <sup>2</sup> )	h (m)	μ	
<b>Vùng 1:</b> Các tầng chứa nước hệ Đệ tứ	136,87	40	0,12	<b>19.709</b>
<b>Vùng 2:</b> Tầng chứa nước Bazan	8,65	28	0,10	<b>727</b>
<b>Vùng 3:</b> Tầng chứa nước hệ tầng Tiên An	6,85	25	0,08	<b>411</b>
<b>Tổng trữ lượng tính thành phố Quảng Ngãi</b>				<b>20.847</b>

### 4.3. Sự hình thành trữ lượng và trữ lượng khai thác tiềm năng

Trữ lượng khai thác tiềm năng của khu vực được xác định theo công thức 2. Trên cơ sở trữ lượng tính và trữ lượng động đã tính toán ở phần 4.1 và 4.2 có thể xác định trữ lượng khai thác tiềm năng và các nguồn hình thành trữ lượng khai thác tiềm năng thành phố Quảng Ngãi như sau:

$$Q_{ktn} = Q_d + Q_t = 137.694 + 20.847 = 158.541 \text{ m}^3/\text{ngày}$$

Vậy trữ lượng khai thác tiềm năng thành phố Quảng Ngãi là  $Q_{ktn} = 158.541 \text{ m}^3/\text{ngày}$ . Được hình thành chủ yếu từ các nguồn: Cung cấp thấm của nước mưa trên diện phân bố  $131.830 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 83,15%; nước sông cung cấp là  $5.864 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 3,79%; trữ lượng tính  $20.847 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 13,15%.

## 5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trên chúng tôi có thể rút ra kết luận:

1. Trữ lượng khai thác tiềm năng năm 2020 khu vực thành phố Quảng Ngãi là  $Q_{ktn} = 158.541 \text{ m}^3/\text{ngày}$ . Được hình thành chủ yếu từ các nguồn: Cung cấp thấm của nước mưa trên diện phân bố  $131.830 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 83,15%; nước sông cung cấp là  $5.864 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 3,79%; trữ lượng tính  $20.847 \text{ m}^3/\text{ngày}$ , chiếm 13,15%.

2. Trong các nguồn cung cấp thì cung cấp thấm của nước mưa chiếm chủ yếu, do cung cấp thấm của nước mưa liên quan với các nhân tố trên mặt, nên để đảm bảo tính ổn định và bền vững của môi trường cần phải tuân thủ các quy định về bảo vệ nước dưới đất khỏi bị nhiễm bẩn.

3. Sử dụng phương pháp mô hình toán (phần mềm modflow) cho phép xác định chính xác tất cả các nguồn hình thành trữ lượng nước dưới đất tại khu vực nghiên cứu, trong khi các phương pháp khác chỉ xác định được một vài nguồn hình thành trữ lượng nước dưới đất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đoàn Văn Cảnh, Phạm Quý Nhân, 2005. *Tin học địa chất ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Văn Đình (2000). *Báo cáo điều tra địa chất đô thị vùng đô thị Quảng Ngãi*. Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT miền Trung.
- [3]. Nguyễn Văn Đức (1998). *Báo cáo kết quả lập bản đồ ĐCTV - ĐCCT tỷ lệ 1:200.000 vùng Quảng Ngãi - Bông Sơn*. Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT miền Trung.
- [4]. Nguyễn Minh Khuyến, 2015. *Nghiên cứu đặc điểm hình thành trữ lượng nước dưới đất lưu vực sông ven biển tỉnh Bình Thuận và Ninh Thuận*, Luận án Tiến Sĩ Địa chất.
- [5]. Nguyễn Đình Tiến (2009), *Ứng dụng phần mềm Modflow đánh giá các nguồn hình thành trữ lượng khai thác tiềm năng nước ngầm khu vực khu kinh tế Chân Mây - Lăng Cô tỉnh Thừa Thiên Huế*. Tạp chí Tài nguyên nước, số 1, trang 30-34.
- [6]. Trung tâm quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc gia, (2018 - 2019). *Bản tin thông báo, dự báo và cảnh báo Tài nguyên nước dưới đất quý I, III, tháng 10, 11 và 12 năm 2018 vùng duyên hải Nam Trung Bộ*. Hà Nội.

**APPLICATION OF MODFLOW SOFTWARE  
FOR STUDY ON THE FORMATION OF GROUNDWATER RESERVE  
IN QUANG NGAI CITY**

**Tran Thi Thuy Trang\*, Nguyen Dinh Tien**

Faculty of Geography and Geology, University of Sciences, Hue University

\* Email: thuytrangtran0710@gmail.com

**ABSTRACT**

Based on hydrogeological conditions in Quang Ngai city and documents, data on topography, geology, meteorology, water levels of 26 wells (measured in 1/2020), water level monitoring wells QT5a-QN. All authors have applied Modflow software (of Waterloo Hydrogeologic Inc) to model the permeability process, determine the reserves and sources of groundwater reserves. The result identified the potential groundwater exploitation reserves in 2020 in Quang Ngai city is  $Q_m = 131.830 \text{ m}^3/\text{day}$ ; in which the main source of formation is rainwater infiltrated on the distribution area  $Q_m = 131.830 \text{ m}^3/\text{day}$ , accounting for 83,15%; the river supplies  $5.864 \text{ m}^3/\text{day}$ , amounting to 3,70% and static penetration  $20.847 \text{ m}^3/\text{day}$ , accounting for 13,15%.

**Keywords:** groundwater reserves, mathematical model, Quang Ngai city.



**Trần Thị Thùy Trang** sinh ngày 07/10/1995 tại Quảng Nam. Năm 2018, bà tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Địa chất thủy văn và Quản lý tài nguyên nước tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2018 – 2020, bà theo học Thạc sĩ tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Địa chất thủy văn, Thủy văn và Tai biến môi trường.



**Nguyễn Đình Tiến** sinh ngày 05/12/1959 tại Thừa Thiên Huế. Năm 1988, ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Địa chất thủy văn tại Trường Đại học Tổng hợp Huế. Năm 2000, ông nhận bằng Tiến sĩ chuyên ngành Địa chất thủy văn tại Trường Đại học Mỏ địa chất Hà Nội. Hiện nay, ông đang công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Địa chất thủy văn, Thủy văn và Tai biến môi trường.