

SỬ DỤNG PHẦN MỀM MODFLOW ĐÁNH GIÁ TRỮ LƯỢNG TIỀM NĂNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT KHU VỰC KHU CÔNG NGHIỆP CẢNG BIỂN HÒN LA, TỈNH QUẢNG BÌNH

NGUYỄN VĂN CANH, NGUYỄN ĐÌNH TIẾN

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

Tóm tắt: Trên cơ sở các điều kiện địa chất thủy văn của Khu công nghiệp cảng biển Hòn La, tỉnh Quảng Bình, các tác giả đã áp dụng phần mềm Modflow của hãng Waterloo Hydrogeologic Inc. để mô hình hoá quá trình thấm và đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng của nước dưới đất. Kết quả đã xác định được trữ lượng khai thác tiềm năng là $Q_{ktm} = 8.351,56 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$, trong đó nguồn hình thành chủ yếu là trữ lượng tĩnh $Q_t = 2.475,89 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$, nước mưa thấm trên diện phân bố $Q_m = 872,64 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$, thấm xuyên từ hồ Đồng Mười Dưới và Trên $Q_{tx} = 955,92 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$. Phần còn lại được cung cấp bổ sung từ các vùng địa hình cao (phía tây) $Q_{đhc} = 4.047,11 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$.

I. MỞ ĐẦU

Khu công nghiệp cảng biển Hòn La, tỉnh Quảng Bình, thuộc địa phận các thôn Vĩnh Sơn, Minh Sơn, Thọ Sơn, Đông Hưng và 19/5 thuộc xã Quảng Đông, huyện Quảng Trạch, tỉnh Quảng Bình. Đây là một trong những dự án phát triển kinh tế vùng ven biển Bắc Trung Bộ và là khu công nghiệp tổng hợp, đa ngành và cảng biển của tỉnh Quảng Bình. Để khu công nghiệp có thể tồn tại và phát triển, vấn đề cung cấp nước cho các mục đích khác nhau là một trong những yếu tố không thể thiếu. Chính vì vậy, việc đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất làm cơ sở cho việc đề xuất các biện pháp khai thác và bảo vệ nguồn nước trong khu vực có ý nghĩa khoa học và thực tiễn rất lớn.

II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

Trên cơ sở các kết quả nguyên cứu và dựa vào nguyên tắc "dạng tồn tại của nước dưới đất", chúng tôi đã chia vùng nghiên cứu thành 4 tầng chứa nước (3 tầng chứa nước lỗ hổng, 1 tầng chứa nước khe nứt - đứt gãy) và 1 thành tạo địa chất rất nghèo nước đến cách nước.

1. Đặc điểm địa chất thủy văn của các tầng chứa nước

1.1. Các tầng chứa nước lỗ hổng

a. Tầng chứa nước Đệ tứ không phân chia (q): Tầng chứa nước này phân bố ở ven rìa các dãy núi thấp phía tây và chân các đồi dưới dạng các nón phóng vật, với tổng diện tích khoảng $1,453 \text{ km}^2$, gồm các trầm tích có nguồn gốc aluvi-proluvi (apQ) và eluvi-deluvi (edQ). Thành phần khá hỗn tạp, gồm cát lẫn nhiều sét, bột, dăm, tảng, cuội, sạn đủ màu sắc, từ xám trắng, xám nâu đến xám vàng. Càng gần chân núi, vật liệu càng thô, càng xa chân núi, vật liệu càng mịn. Chiều dày chung của tầng chứa nước khoảng 1-8 m. Mức độ phong phú nước đối với vùng edQ thuộc loại nghèo, còn vùng apQ thuộc loại trung bình. Về tính chất thủy lực, nước thuộc loại không áp, mực nước tĩnh từ 0,5 đến 7 m, biên độ dao động mực nước khoảng 7-8 m.

Nguồn cung cấp chủ yếu là nước mưa ngấm trực tiếp trên diện phân bố. Nguồn thoát chủ yếu là cung cấp cho dòng mặt, bốc hơi và cung cấp cho các tầng chứa nước nằm bên dưới. Nước thuộc loại siêu nhạt đến nhạt, với $M = 0,10-0,20$ g/l.

b. Tầng chứa nước Holocen (qh): Tầng chứa nước này phân bố hẹp ở dải ven biển, với tổng diện tích khoảng $6,768 \text{ km}^2$, trong đó phần nước nhạt khoảng $5,6497 \text{ km}^2$ và phần nước bị nhiễm mặn khoảng $1,1183 \text{ km}^2$. Tầng này gồm các trầm tích: biển (mQ_2^{1-2}), biển-gió (mvQ_2^3) và biển (mQ_2^3). Thành phần thạch học chủ yếu là cát hạt vừa đến mịn, bột, sét. Chiều dày chung của tầng chứa nước là 2-10 m. Mức độ phong phú nước thuộc loại trung bình, đôi nơi thuộc loại tương đối giàu. Lưu lượng $Q = 0,50-0,58$ l/s; $q = 0,495-0,806$ l/s.m; $K = 1,80-8,79$ m/ng; $\mu = 0,13-0,16$. Về tính chất thủy lực, nước thuộc loại không áp, mực nước tĩnh từ 0,70-16 m, biên độ dao động mực nước từ 2 đến 6 m.

Nguồn cung cấp là nước mưa ngấm trực tiếp trên bề mặt diện phân bố. Nguồn thoát chủ yếu là biển và bốc hơi, đôi nơi còn cung cấp cho các tầng chứa nước nằm bên dưới. Nước thuộc loại siêu nhạt đến nhạt, tuy nhiên một số nơi độ khoáng hoá tăng lên và chuyển sang dạng nước lợ, với $M = 0,10-1,7$ g/l.

c. Tầng chứa nước Pleistocen (qp): Tầng này được cấu tạo bởi trầm tích hệ tầng Tú Loan ($amQ_1^3 tl$), lộ ra chủ yếu ở phần địa hình thấp, phần trung tâm, với tổng diện tích khoảng 5 km^2 . Phần còn lại ở phía đông bị phủ bởi các trầm tích có tuổi trẻ hơn, chỉ bắt gặp trong các lỗ khoan, với diện tích khoảng $6,768 \text{ km}^2$. Thành phần thạch học gồm sét, bột, cát màu xám vàng, lẫn sạn sỏi, có nhiều kết vón laterit. Chiều dày chung của tầng chứa nước đạt khoảng 3-9 m.

Mức độ phong phú nước thuộc loại nghèo (đôi nơi đạt loại trung bình). Lưu lượng $Q = 0,10-0,35$ l/s; $q = 0,10-0,267$ l/s.m; $K = 0,50-1,21$ m/ng; $\mu = 0,11-0,12$ [2]. Về tính chất thủy lực, nước thuộc loại không áp, một số nơi có áp lực cục bộ; mực nước tĩnh từ 4,25-8 m, biên độ dao động mực nước từ 2 đến 8 m.

Nguồn cung cấp chủ yếu là nước mưa ngấm trực tiếp từ trên bề mặt diện phân bố, ngoài ra còn có nước cung cấp bởi các tầng chứa nước nằm trên. Nguồn thoát chủ yếu là biển và bốc hơi. Nước thuộc loại siêu nhạt đến nhạt, tuy nhiên, ở một số nơi độ khoáng hoá tăng lên và chuyển sang dạng nước lợ, với $M = 0,10-2,5$ g/l.

1.2. Tầng chứa nước khe nứt - đứt gãy hệ tầng Đồng Trâu ($T_2a dt$): Tầng chứa nước này được cấu tạo bởi các đá của hệ tầng Đồng Trâu. Tầng lộ ra khá lớn thành dải phía tây, phía bắc, 3 đồi ở khu trung tâm và 3 đảo. Tổng diện tích khoảng $13,63 \text{ km}^2$ và ở 3 đảo khoảng $0,91 \text{ km}^2$. Ở các phần còn lại tầng bị phủ bởi các trầm tích Đệ tứ và làm móng cho toàn bộ vùng nghiên cứu. Thành phần thạch học chủ yếu gồm cát kết, bột kết, đá rhyolit porphyr, màu xám tro, lục nhạt đến xám đen, rắn chắc, dạng khối, nứt nẻ vừa. Chiều dày chung tầng chứa nước là 10-40 m. Mức độ chứa và thấm nước bất đồng nhất theo diện và chiều sâu, nhìn chung thuộc loại nghèo nước, một số vùng thuộc loại rất nghèo nước đến cách nước, ngược lại đôi nơi có mức độ phong phú nước trung bình hoặc giàu. Lưu lượng các lỗ khoan $Q = 0,01- 2,18$ l/s; $q = 0,0002-2,420$ l/s.m; $K = 0,00005-2,07$ m/ng; $\mu = 0,02-0,13$. Về tính chất thủy lực, nước thuộc loại không áp, một số nơi có áp lực cục bộ, mực nước tĩnh từ 0 đến 6 m, biên độ dao động mực nước từ 2 đến 6 m.

Nguồn cung cấp chủ yếu cho nước dưới đất là nước mưa ngấm trực tiếp từ trên bề mặt diện phân bố và các tầng chứa nước nằm trên. Nguồn thoát chủ yếu là ra biển và bốc hơi trên diện lộ. Nước thuộc loại nước nhạt, ở một số vùng chuyển sang loại nước lợ, với độ tổng khoáng hoá $M = 0,20-2,50$ g/l.

2. Các thành tạo địa chất rất nghèo nước hoặc không chứa nước

Trong vùng nghiên cứu, chỉ có tầng trầm tích nguồn gốc sông-biển (amQ₂¹⁻²) là rất nghèo nước đến cách nước. Chúng bị phủ hoàn toàn, phân bố ở phía đông thôn Vĩnh Sơn. Thành phần thạch học gồm sét màu xám xanh, xám đen, có chứa nhiều vỏ ốc, sò, mức độ gắn kết yếu. Bề dày biến đổi từ 3 đến 10 m. Qua nghiên cứu thành phần thạch học và hệ số thấm xác định K = 0,001 m/ngđ, có thể khẳng định đây là tầng trầm tích có tính chất thấm nước rất kém và mức độ chứa nước rất nghèo đến cách nước.

III. ĐÁNH GIÁ TRỮ LƯỢNG KHAI THÁC TIỀM NĂNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT

1. Phương pháp tính

Trong bài báo này, để làm rõ trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất, chúng tôi đã sử dụng phương pháp mô hình toán (theo phần mềm Modflow của hãng Waterloo Hydrogeologic Inc.).

Bộ phần mềm Modflow được mô phỏng theo phương pháp sai phân hữu hạn, bao gồm 3 hệ phần mềm chính và nhiều modul phụ trợ. Trong bộ phần mềm này, phần mềm Modflow dùng để tính toán trữ lượng, chất lượng và phân bố dòng ngầm; phần mềm ModPath 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 Zone Budget cho phép tính toán cân bằng nước từ kết quả mô phỏng của Modflow [3].

Cơ sở lý thuyết của mô hình là dựa trên phương trình đạo hàm riêng, mô tả sự biến thiên của độ cao mực nước [3]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(T_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2.1)$$

trong đó, T_{xx} , T_{yy} , T_{zz} : các hệ số dẫn nước theo phương x, y và z; chiều z là chiều thẳng đứng; $W = W(x,y,z,t)$: hàm số phụ thuộc thời gian t và không gian (x,y,z); h: cao trình mực nước tại vị trí (x,y,z) ở thời điểm t; W: giá trị bổ cập hay thoát của nước dưới đất tại vị trí (x,y,z) ở thời điểm t; $S_s = S_s(x,y,z)$: hệ số nhả nước.

Phương trình (2.1) cùng với các điều kiện biên, điều kiện ban đầu của lớp chứa nước tạo thành mô hình toán học về dòng chảy nước dưới đất. Khi áp dụng phương pháp sai phân hữu hạn, không gian nghiên cứu được phân ra hay rời rạc hoá thành nhiều ô. Ở mỗi ô, các giá trị tham gia vào phương trình được coi là không đổi. Giá trị này xấp xỉ với giá trị thực tế.

Trên cơ sở kế thừa với sự bổ sung tài liệu điều tra nghiên cứu, chúng tôi đã tiến hành đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng nước dưới đất của vùng nghiên cứu bằng phần mềm Modflow, thời gian dự kiến khai thác là 9855 ngày đêm (27 năm).

2. Xây dựng và chỉnh lý mô hình toán

2.1. Xây dựng mô hình tính toán:

* Trên bình đồ vùng mô hình được phân chia thành mạng lưới ô vuông gồm 80 cột và 70 hàng, tổng cộng có 5.600 ô lưới, với kích thước mỗi ô lưới là 100×100 m.

Về tổng thể, các tầng chứa nước này có quan hệ với nhau rất chặt chẽ, tạo thành một thể địa chất chứa nước thống nhất phủ lên nền đá gốc cách nước (nằm ở độ sâu 40-60 m). Vì vậy, trường thấm được mô phỏng gồm 4 lớp.

- *Lớp 1*: Vùng dọc ven biển và ở thôn Minh Sơn mô phỏng tầng chứa nước Holocen (qh), vùng dọc chân núi phía tây mô phỏng tầng chứa nước hệ Đệ tứ không phân chia (q), vùng trung tâm và phía tây mô phỏng tầng chứa nước Pleistocen (qp) và tầng chứa nước khe nứt - đứt gãy hệ tầng Đồng Trầu (t_2).

- *Lớp 2*: Tại vùng thôn Vĩnh Sơn mô phỏng tầng trầm tích thấm nước rất kém amQ₁¹⁻². Còn ở các vùng khác tiếp tục mô phỏng các trầm tích lộ tại khu vực đó.

- *Lớp 3*: Tại vùng thôn Vĩnh Sơn bên dưới diện phân bố của tầng trầm tích amQ₂¹⁻², chúng tôi mô phỏng tầng chứa nước Pleistocen. Còn ở các vùng còn lại, mô phỏng tầng chứa nước khe nứt - đứt gãy hệ tầng Đồng Trầu (t_2).

- *Lớp 4*: Toàn bộ vùng nghiên cứu được mô phỏng bởi tầng chứa nước khe nứt - đứt gãy hệ tầng Đồng Trầu (t_2).

* Hệ số thấm được phân chia và mô phỏng theo vùng dựa vào kết quả hút nước thí nghiệm tại 9 lỗ khoan và 6 giếng của phương án nghiên cứu, trong đó hệ số thấm ban đầu lấy theo phương x và phương y là bằng nhau và theo phương z bằng 3/4 theo phương x. Cụ thể: vùng tầng chứa nước Holocen (qh): $K_x = K_y = 4$ m/ngđ và $K_z = 3$ m/ngđ. Vùng tầng chứa nước Hệ Đệ tứ không phân chia (q) có nguồn gốc ed: $K_x = K_y = 0,06$ m/ngđ và $K_z = 0,04$ m/ngđ. Vùng tầng chứa nước Hệ Đệ tứ không phân chia (q), có nguồn gốc ap: $K_x = K_y = 20$ m/ngđ và $K_z = 15$ m/ngđ. Vùng tầng chứa nước Pleistocen (qp): $K_x = K_y = 1$ m/ngđ và $K_z = 0,75$ m/ngđ. Vùng tầng chứa nước khe nứt - đứt gãy hệ tầng Đồng Trầu (t_2): $K_x = K_y = 0,1$ m/ngđ và $K_z = 0,07$ m/ngđ. Vùng phân bố trầm tích rất nghèo nước (amQ₂¹⁻²): $K_x = K_y = 0,001$ m/ngđ và $K_z = 0,0007$ m/ngđ.

* Hệ số nhả nước được mô phỏng theo các vùng có mức độ nhả nước khác nhau. Vùng tầng chứa nước Holocen (qh): $S_y = 0,14$; $S_s = 0,001$. Vùng tầng chứa nước Hệ Đệ tứ không phân chia (q), có nguồn gốc ed: $S_y = 0,12$; $S_s = 0,001$. Vùng tầng chứa nước Hệ Đệ tứ không phân chia (q), có nguồn gốc ap: $S_y = 0,18$; $S_s = 0,001$. Vùng tầng chứa nước Pleistocen (qp): $S_y = 0,12$; $S_s = 0,001$. Vùng tầng chứa nước khe nứt hệ tầng Đồng Trầu (t_2): $S_y = 0,08$; $S_s = 0,001$. Vùng phân bố trầm tích rất nghèo nước amQ₂¹⁻²: $S_y = 0,08$; $S_s = 0,001$.

* Khu vực biên Đông (phân bố ở phía đông và phía đông nam của vùng nghiên cứu) là nơi thoát của các tầng chứa nước và có quan hệ thủy lực chặt chẽ với các tầng chứa nước được mô phỏng bởi biên áp lực không đổi $H = \text{Const}$, với mực áp lực trên biên $H = 0$ m.

* Trong vùng nghiên cứu tồn tại 2 khe hở và 2 hồ có nước thường xuyên là: khe Đồng Mười, khe Nang, hồ Đồng Mười Trên và hồ Đồng Mười Dưới. Trên các khe và hồ, chúng tôi mô phỏng chiều dày lớp trầm tích bùn sét ở đáy khe, hồ theo các vùng biến đổi với $m_o = 0,5-1$ m và hệ số thấm lớp trầm tích thấm nước yếu đáy khe hồ với $K_o = 0,005$ m/ngđ. Bề rộng của các khe phụ thuộc đoạn khe qua ô lưới được mô hình $B = 10-20$ m.

* Lượng bổ cập của nước mưa và lượng bốc hơi từ bề mặt được mô phỏng theo tài liệu của Trung tâm Khí tượng Thủy văn, có xét đến hệ số thấm xuyên của lớp phủ bề mặt. Vùng nghiên cứu có địa hình khá dốc về phía biển, lớp phủ rất hạn chế [1], nên mô phỏng lượng bổ cập của nước mưa là $R = 180$ mm/năm (tương ứng với 9,48% tổng lượng mưa trung bình năm). Ngoài yếu tố lớp phủ rất hạn chế, vùng nghiên cứu còn có độ ẩm không khí rất thấp nên mô phỏng lượng bốc hơi là $R_z = 1.200$ mm/năm, với độ sâu giới hạn bốc hơi của nước dưới đất là 6 m so với mặt đất.

* Biên thành phần hóa: Trên cơ sở kết quả đo đạc và phân tích thành phần hoá nước mặt và nước dưới đất trong vùng, chúng tôi mô phỏng đối với biên biển có độ tổng khoáng hóa $M = 35$ g/l, đối với nước mưa có độ tổng khoáng hóa $M = 0,1$ g/l và đối với các tầng chứa nước có độ tổng

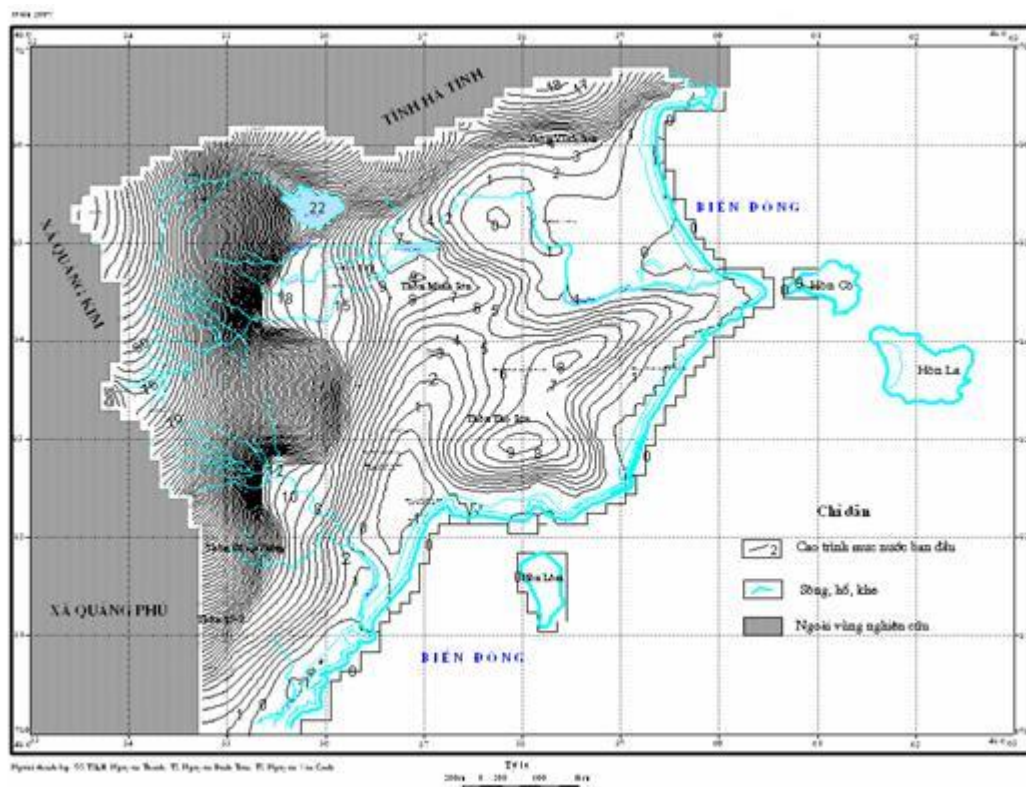
khoáng hóa $M = 0,2 \text{ g/l}$. Hai khe Đồng Mười và khe Nang mô phỏng có độ tổng khoáng hoá $M = 2,5 \text{ g/l}$.

2.2. Chinh lý mô hình tính toán: Do đề tài thực hiện trong thời gian ngắn không đủ thời gian quan trắc dài ngày, vì vậy để chỉnh lý mô hình, chúng tôi tiến hành giải bài toán ngược ổn định, nghĩa là chỉnh lý các thông số địa chất thủy văn, điều kiện biên trên cơ sở khôi phục lại mực nước ban đầu và dùng nó để so sánh với mực nước quan trắc được tại các giếng trong vùng (11 giếng và 2 lỗ khoan, đo vào tháng 8/2008). Sau nhiều lần giải bài toán ngược ổn định bằng phương pháp thử lặp khi chỉnh lý các thông số địa chất thủy văn, điều kiện biên, kết quả đã xác định được mực nước ban đầu trên mô hình vùng nghiên cứu (Hình 1), với sai số giữa mực nước trên mô hình và mực nước quan trắc thực tế là 0,478% (Hình 2). Như vậy, ta thấy là mô hình phù hợp với thực tế, nên đã được chúng tôi sử dụng để giải bài toán đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng của nước dưới đất.

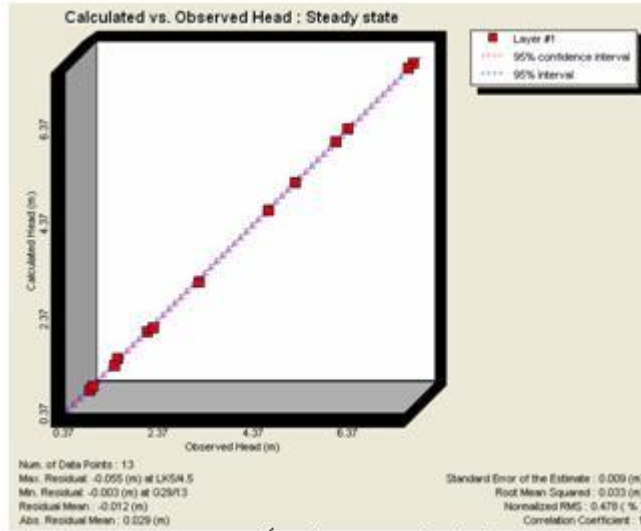
3. Đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng

Trữ lượng khai thác tiềm năng được hiểu là khả năng khai thác tối đa trong suốt thời gian tính toán khai thác t_{kt} ($t_{kt} = 27 \text{ năm} = 9855 \text{ ngày}$) với mực nước hạ thấp bằng mực nước cho phép.

* Để nghiên cứu sự hình thành và trữ lượng khai thác tiềm năng của nước dưới đất, chúng tôi giải bài toán thuận không ổn định (trên cơ sở môi trường thấm đã được chính xác hóa khi giải bài toán ngược) khi tiến hành khai thác đến cuối thời gian khai thác hệ số hạ thấp mực nước khai thác bằng hệ số hạ thấp mực nước cho phép. Song song với việc giải bài toán thuận không ổn định, chúng tôi chạy bộ trợ gói phần mềm Zone Budget, xác định các dòng chảy đến và chảy đi của cân bằng nước dưới đất trong khu vực.



Hình 1. Cao trình mực nước ban đầu trên mô hình sau khi giải bài toán ngược ổn định.



Hình 2. Sai số giữa mực nước quan trắc và mực nước tính toán khi giải bài toán ngược.

* Để giải bài toán thuận có khai thác, chúng tôi sơ đồ hóa toàn bộ các vùng có thể khai thác được của các tầng chứa nước thành một hệ thống bãi giếng khai thác gồm 962 lỗ khoan khai thác. Mỗi ô lưới được xem như một giếng khai thác và chúng phân bố cách nhau 100 m, trong đó lưu lượng khai thác tại mỗi giếng ban đầu được bố trí biến đổi $Q = 20-150 \text{ m}^3/\text{ngđ}$, tùy thuộc vào vị trí ô lưới và giá trị chỉ số hạ thấp mực nước cho phép (S_{cf}). Những ô lưới có chỉ số hạ thấp mực nước cho phép nhỏ sẽ bố trí lưu lượng khai thác nhỏ và ngược lại, trong đó diện tích toàn vùng đánh giá trữ lượng khai thác là $24,70 \text{ km}^2$, vùng bố trí lỗ khoan: $9,62 \text{ km}^2$, vùng núi không bố trí lỗ khoan: $15,08 \text{ km}^2$. Đồng thời, trên toàn bộ mô hình, chúng tôi bố trí một hệ thống 64 lỗ khoan quan trắc với khoảng cách giữa các lỗ khoan là 300 m để kiểm tra sai số giữa cao trình mực nước cho phép khai thác (H_{cf}) và cao trình mực nước tính toán khai thác (H_{kt}) của mô hình. Khi kết quả kiểm tra giữa hai giá trị trên phù hợp với nhau, xem như bài toán thuận (bài toán dự báo) kết thúc.

* Để xác định các thành phần tham gia vào cân bằng nước của vùng, chúng tôi mô hình hóa các vùng cân bằng:

- *Đới 1*: vùng các hồ chứa nước Đồng Mười Trên và Đồng Mười Dưới, nước nhạt;
- *Đới 2*: vùng 2 khe Đồng Mười và khe Nang, nước bị nhiễm mặn với $M = 2,5 \text{ g/l}$.
- *Đới 3*: vùng bố trí các công trình khai thác đánh giá trữ lượng khai thác tiềm năng, nước nhạt.
- *Đới 4*: vùng đồi, núi có chứa nước nhạt, nhưng không thể bố trí các công trình khai thác (mực nước dưới đất quá sâu không đáp ứng về mặt kinh tế - kỹ thuật).
- *Đới 5*: vùng Biển Đông nước bị nhiễm mặn với $M = 35 \text{ g/l}$.

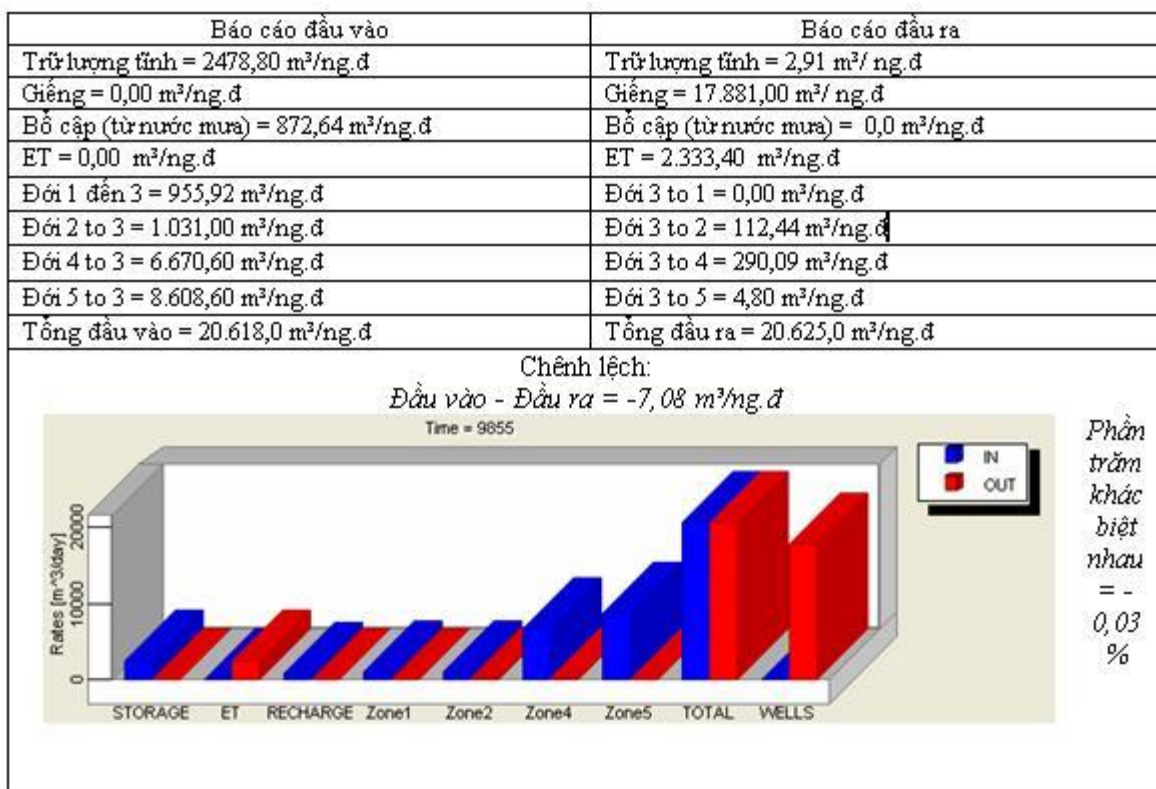
* Phương pháp giải là phương pháp lặp, ban đầu gán lưu lượng cho từng giếng khai thác, sau đó tiến hành chạy mô hình với thời gian khai thác là 27 năm (9855 ngày đêm), cho ra kết quả mực nước trên toàn vùng và kiểm tra so sánh cao trình mực nước tính toán khai thác (H_{kt}) với cao trình mực nước cho phép (H_{cf}) tại các lỗ khoan quan trắc mực nước. Nếu cao trình mực nước tính toán nằm dưới cao trình mực nước hạ thấp cho phép, thì giảm lưu lượng khai thác tại các giếng khai thác lân cận lỗ khoan quan trắc mực nước. Ngược lại, nếu cao trình mực nước tính toán nằm trên cao trình mực nước hạ thấp cho phép thì tăng lưu lượng khai thác tại các giếng khai thác lân cận lỗ

khoan quan trắc mực nước. Công việc trên lặp đi lặp lại nhiều lần cho đến khi tại các lỗ khoan quan trắc mực nước đều có cao trình mực nước tính toán khai thác gần và bằng với cao trình mực nước cho phép thì đảm bảo, tổng lưu lượng của tất cả các giếng khai thác chính là trữ lượng khai thác tiềm năng của nước dưới đất.

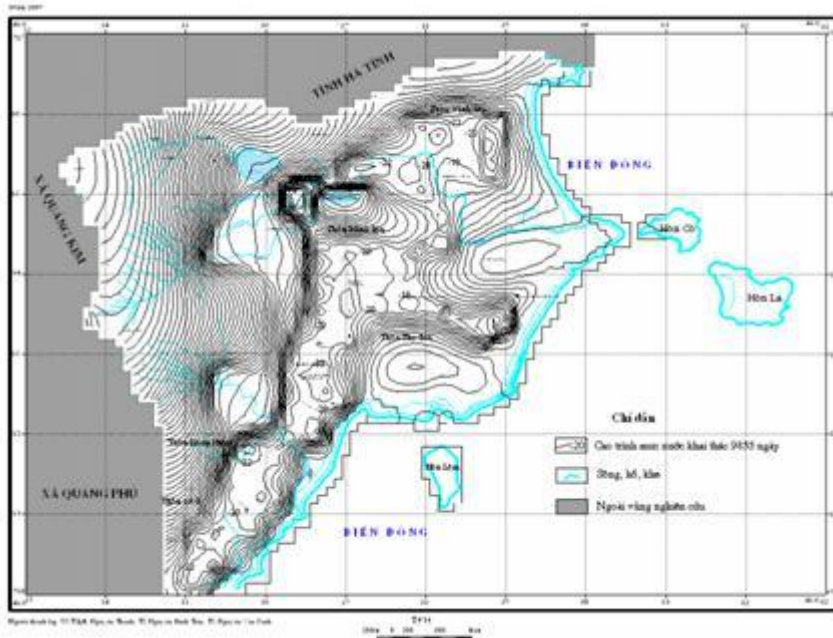
Trong quá trình giải bài toán thuận có khai thác, chúng tôi chạy bộ trợ gói phần mềm MT3D phối hợp với Modflow để xem xét sự biến đổi chất lượng nước khai thác theo thời gian. Kết quả chạy bộ trợ cho thấy khi chạy với tổng lưu lượng các giếng khai thác khi giải bài toán thuận như trên thì biên mặn nhạt dịch chuyển đến các công trình khai thác, nhưng độ tổng khoáng hoá (M) tại các công trình sau 27 năm khai thác vẫn nằm trong Quy chuẩn Quốc gia về chất lượng nước dùng cho ăn uống và sinh hoạt ($M < 1 \text{ g/l}$).

Song song với quá trình giải bài toán thuận, việc cho chạy gói phần mềm Zone Budget sẽ cho phép tính toán cân bằng nước từ kết quả mô phỏng của Modflow nhằm xác định các thành phần dòng chảy đến và đi của cân bằng nước (Hình 3, Bảng 1).

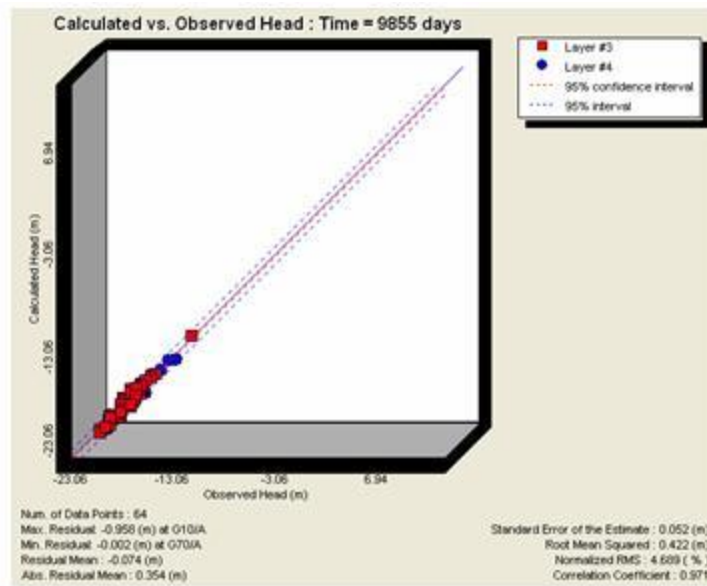
Bảng 1. Kết quả cân bằng nước vùng khai thác (Đới 3) sau 9855 ngày khai thác



Hình 3. Biểu đồ cân bằng khối nước dưới đất vùng khai thác (Đới 3) sau 9855 ngày khai thác



Hình 4. Cao trình mực nước dưới đất vùng nghiên cứu sau 27 năm khai thác



Hình 5. Sai số giữa mực nước quan trắc và mực nước tính toán khi giải bài toán thuận.

* Với trình tự tiến hành như trên, chúng tôi đã xác định được cao trình mực nước dưới đất của các tầng chứa nước sau 27 năm khai thác (Hình 4) và sai số giữa cao trình mực nước tính toán với cao trình mực nước cho phép là 4,689% (Hình 5). Đồng thời xác định được trữ lượng khai thác tiềm năng của nước dưới đất đảm bảo về mặt chất lượng ($M < 1 \text{ g/l}$) phục vụ cho sinh hoạt và sản xuất tại vùng nghiên cứu là $Q_{kttm} = 8.351,56 \text{ m}^3/\text{ng.đ}$ và các thành phần tham gia vào trữ lượng khai thác tiềm năng (Bảng 2).

Bảng 2. Bảng tổng hợp các thành phần tham gia hình thành trữ lượng khai thác tiềm năng của nước dưới đất

STT	Thành phần tham gia hình thành TLKTTN	Lưu lượng Q(m ³ /ng.đ)	% tham gia
1	Trữ lượng tĩnh (Storage)	2.475,89	29,65
2	Bổ cập từ nước mưa (Recharge)	872,64	10,45
3	Thấm xuyên từ Hồ Đồng Mười Dưới và Trên	955,92	11,44
4	Cung cấp từ ngoài vào (vùng địa hình cao)	4.047,11	48,46
Trữ lượng khai thác tiềm năng (Q _{kttn})		8351,56	100

IV. KẾT LUẬN

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

1. Trữ lượng khai thác tiềm năng vùng Khu Công nghiệp cảng biển Hòn La, Quảng Bình là $Q_{kttn} = 8.351,56 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$, trong đó nguồn hình thành chủ yếu là trữ lượng tĩnh $Q_t = 2.475,89 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$, nước mưa thấm trên diện phân bố $Q_m = 872,64 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$, thấm xuyên từ hồ Đồng Mười Dưới và Trên $Q_{tx} = 955,92 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$. Phần còn lại được cung cấp bổ sung từ các vùng địa hình cao (phía tây) $Q_{đhcao} = 4.047,11 \text{ m}^3/\text{ng.đêm}$.

2. Nguồn trữ lượng khai thác tiềm năng chủ yếu là bổ sung từ các vùng địa hình cao (phía tây, trữ lượng tĩnh, thấm xuyên từ hồ Đồng Mười Dưới và Trên và cung cấp thấm của nước mưa trên diện phân bố. Các lớp trầm tích của đới thông khí và lớp thổ nhưỡng là cát hạt mịn, cho nên nước dưới đất trong vùng rất dễ bị nhiễm bẩn bởi các nhân tố trên mặt, đặc biệt là các nhân tố nhân tạo.

VĂN LIỆU

1. Ban Quản lý dự án chuyên ngành khu vực giao thông vận tải, 2004. Báo cáo Đánh giá tác động môi trường dự án Cảng Hòn La. *Lưu Sở Giao thông Vận tải Quảng Bình, Quảng Bình.*

2. Công ty TNHH Tư vấn khảo sát - thiết kế Hoàn Sơn, 2008. Báo cáo Khoan khảo sát địa chất và hút nước thí nghiệm, Đề tài: Đánh giá tiềm năng nguồn nước cảng Hòn La. *Lưu Sở Giao thông Vận tải Quảng Bình, Quảng Bình.*

3. Đoàn Văn Cảnh, Phạm Quý Nhân, 2005. Tin học địa chất thủy văn ứng dụng. *Nxb Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.*

4. Lại Vĩnh Cẩm (Chủ biên), 2007. Nghiên cứu đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên nước dưới đất ở vùng cát ven biển Bắc Quảng Bình nhằm phát triển kinh tế xã hội bền vững.