

# ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG TÀI NGUYÊN NƯỚC TỚI CHẾ ĐỘ THỦY VĂN NƯỚC NGẦM VÀ VẤN ĐỀ XÂM NHẬP MẶN VÀO CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC VÙNG ĐẢO PHÚ QUÝ TỈNH BÌNH THUẬN

Nguyễn Cao Đơn<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Đảo Phú Quý tỉnh Bình Thuận là một trong những đảo trọng điểm của Việt Nam về phát triển các lĩnh vực và có tiềm năng trở thành một trung điểm dịch vụ hậu cần. Nhu cầu sử dụng nước gia tăng trên Đảo đã gây ra những tác động xấu ảnh hưởng đến nguồn nước như suy thoái, cạn kiệt và đặc biệt là khả năng xâm nhập mặn nguồn nước ngầm. Trong bài báo này, diễn biến chế độ thủy văn nước ngầm và xâm nhập mặn do ảnh hưởng của việc khai thác và sử dụng tài nguyên nước tại vùng Đảo đã được nghiên cứu. Kết quả tính toán cho thấy động thái nước ngầm trên đảo biến đổi mạnh theo mùa và phụ thuộc chủ yếu vào lượng mưa và điều kiện thời tiết. Mức độ xâm nhập mặn phụ thuộc chủ yếu vào mưa và việc khai thác nước ngầm. Giải pháp kỹ thuật cũng đã được đề xuất để giảm thiểu tác động trên.

Bài báo này là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu xây dựng đập dưới đất để trữ nước ngầm nhằm phát triển bền vững tài nguyên nước ở các khu vực thường xuyên bị hạn, các vùng ven biển và hải đảo” mã số KC.08.TN01/11-15 thuộc Chương trình KH&CN trọng điểm cấp Nhà nước “Nghiên cứu khoa học và công nghệ phục vụ phòng tránh thiên tai, bảo vệ môi trường và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên”, mã số KC 08/11-15.

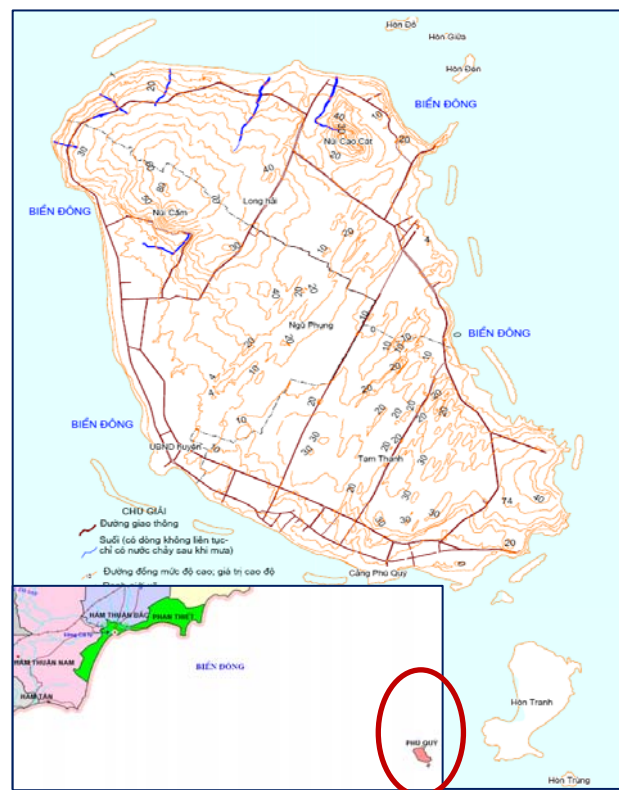
**Từ khóa:** Thủy văn nước ngầm, xâm nhập mặn, lan truyền chất, tầng chứa nước, Đảo Phú Quý.

## 1. GIỚI THIỆU

Đảo Phú Quý tỉnh Bình Thuận (Hình 1) nằm trên biển Đông cách thành phố Phan Thiết khoảng 120km về phía Đông Nam, có tọa độ địa lý giới hạn: từ 10°28'58" đến 10°33'35" Vĩ độ Bắc; từ 108°55'13" đến 108°58'12" Kinh độ Đông. Phú Quý có tiềm năng trở thành một điểm dịch vụ chế biến và tiêu thụ hải sản của một mảng ngư trường kéo dài từ Trường Sa đến Côn Đảo; tạo cho các tàu đánh bắt xa bờ hoạt động dài ngày hơn và đạt hiệu quả kinh tế cao hơn. Ngoài ra với vị trí nằm trên đường hải vận quốc tế, Phú Quý còn có điều kiện phát triển các dịch vụ sửa chữa tàu thuyền, cung cấp các dịch vụ hải cảng quốc tế và các dịch vụ thăm dò và khai thác dầu khí.

Trên đảo không có dòng chảy mặt thường xuyên nên việc khai thác và sử dụng nước chủ yếu dựa vào tài nguyên nước ngầm. Dòng chảy mặt chỉ tồn tại khoảng 1 đến 2 giờ sau những trận mưa lớn. Tổng số công trình khai thác nước ngầm hiện có ở đảo là 210 công trình. Trong đó,

có 91 giếng khoan khai thác nước ngầm (kể cả các giếng của 2 nhà máy nước mới xây dựng),



Hình 1. Đảo Phú Quý tỉnh Bình Thuận

<sup>1</sup> Phòng Khoa học công nghệ, Trường Đại học Thủy lợi

độ sâu khai thác từ 23 đến 60m và 119 giếng đào với độ sâu khai thác từ 3 đến 12m. Theo định hướng và mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội cho đảo Phú Quý đến năm 2020, nhu cầu sử dụng nước sẽ gia tăng không ngừng, do vậy nếu như không có giải pháp khai thác hợp lý sẽ gây ra những tác động xấu ảnh hưởng đến nguồn nước như suy thoái, cạn kiệt và đặc biệt là khả năng xâm nhập mặn nguồn nước ngầm. Kết quả điều tra gần đây cho thấy trong mùa khô đã có hiện tượng xâm nhập mặn đến công trình khai thác nước ngầm bố trí ở ven đảo. Do vậy việc nghiên cứu động thái nước ngầm nhằm giảm thiểu các tác động này là hết sức cần thiết góp phần phát triển bền vững vùng biển đảo.

## 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

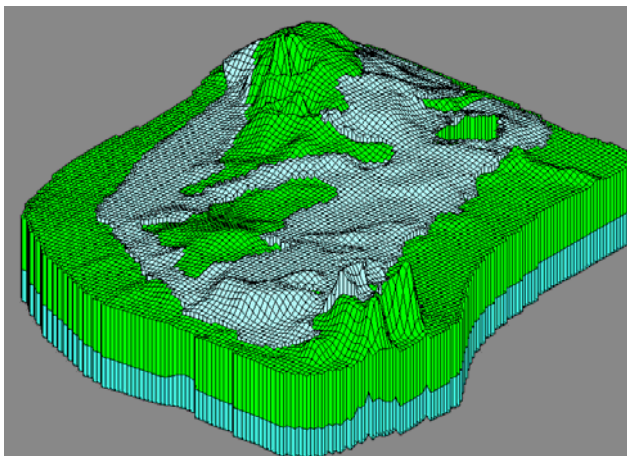
Phương trình vi phân quá trình vận động của nước ngầm trong không gian ba chiều được thể hiện như sau (Đơn và cộng sự, 2005; 2006):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

Trong đó:

- $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$  là các hệ số thấm theo phương x, y và z;
- $S_s$  là hệ số nhả nước;
- $h$  là cao độ mực nước tại vị trí (x,y,z) ở thời điểm t;
- $W$  là các giá trị bổ cập.
- $t$ : thời gian, T; x, y, z: Khoảng cách dọc theo phương dịch chuyển, L.

Quá trình lan truyền vật chất trong môi trường xốp rỗng được thể hiện bởi phương trình (2):



Hình 2. Sơ đồ 3D các lớp trên mô hình đảo Phú Quý

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j}) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n \quad (2)$$

Trong đó:

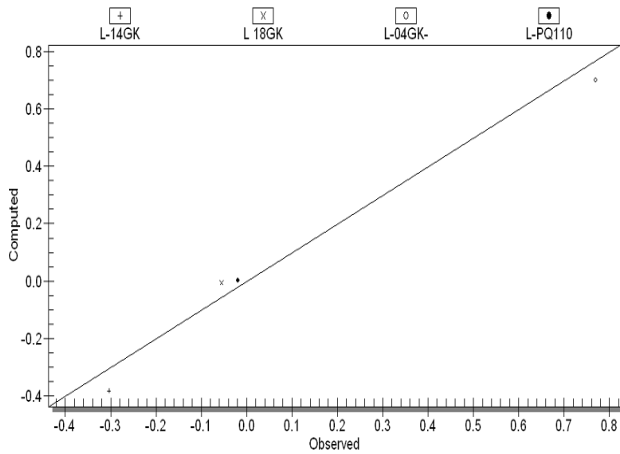
$\theta$ : độ rỗng địa tầng;  $C^k$ : nồng độ dung dịch chất dịch chuyển k,  $M.L^{-3}$ ;  $x_i$ : Chiều dài quãng đường dịch chuyển theo các trục của hệ tọa độ Đề-các  $i$ , L.  $D_{ij}$ : hệ số phân tán thủy động lực,  $L^2.T^{-1}$ ; Chỉ số  $j$  trong  $D_{ij}$  thể hiện 3 trục tọa độ x, y, z. Cụ thể  $D_{ij}$ : có các giá trị theo các phương chính  $D_{xx}$ ,  $D_{yy}$ ,  $D_{zz}$ . Ngoài ra còn có các giá trị  $D_{xy}$ ,  $D_{xz}$ ,  $D_{yx}$ ,  $D_{yz}$ ,  $D_{zx}$ ,  $D_{zy}$ ;  $v_i$ : tốc độ thấm,  $L.T^{-1}$ , xác định theo công thức  $v_i = v / \theta$ ;  $C_s^k$ : Nồng độ nguồn bổ sung,  $M.L^{-3}$ ;  $\sum R_n$ : Lượng bổ sung hoặc suy giảm chất tan,  $M.L^{-3} T^{-1}$ ;  $q_s$ : Lưu lượng nguồn chất dịch chuyển chảy qua 1 đơn vị thể tích tầng chứa nước,  $T^{-1}$ .

Các phương trình (1) và (2) có dạng vi phân phi tuyến nên việc tìm ra hàm  $h(x,y,z,t)$ ,  $C(x,y,z,t)$  theo giải tích thường rất khó, ngoại trừ một số rất ít trường hợp đặc biệt. Do vậy ta có thể giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn sử dụng các phần mềm MODFLOW (McDonald và Harbaugh, 1988); MT3D (Zheng, 1990); SEAWAT (Guo và Langevin, 2002).

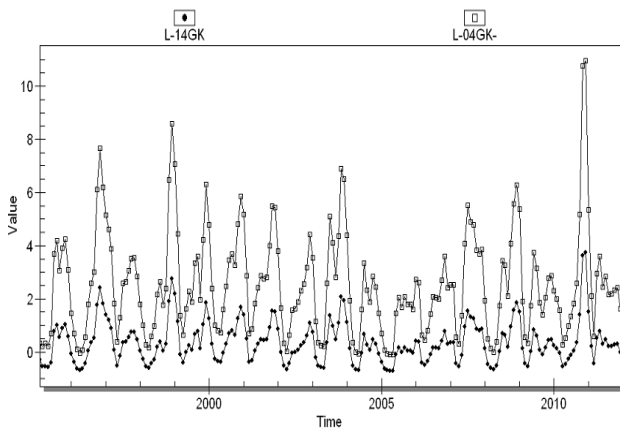
## 3. THIẾT LẬP MÔ HÌNH

Vùng nghiên cứu bao trùm toàn bộ diện tích đảo Phú Quý (khoảng 16  $km^2$ ). Mô hình được phân chia thành 12.480 ô lưới (104 cột x 120 hàng) với kích thước ô lưới là 50 x 50m (Hình 2). Trên mặt cắt mô hình được chia thành 3 lớp tương ứng với các tầng chứa nước: Lớp 1: Mô phỏng tầng chứa nước lỗ hổng  $q_1$  và  $q_2$  với chiều dày từ 0 - 13m, trung bình 5,25m phân bố không liên tục trên mặt đất; Lớp 2: Mô phỏng tầng chứa nước khe nứt trong thành tạo bazan phun trào ( $\beta Q_2$ ,  $\beta Q_1^{2-3}$ ) với chiều dày 18 - 60m, trung bình 32,24m và phân bố tương đối liên tục trên mặt đất; Lớp 3: Mô phỏng tầng chứa nước lỗ hổng  $q_3$  với chiều sâu đáy tầng có cao độ đáy khoảng -68 m đến -110m. Các lớp trên mô hình sẽ được chia trên cơ sở cột địa tầng của 15 lỗ khoan nghiên cứu Địa chất thủy văn đã tiến hành trên đảo và cột địa tầng của các giếng khai thác nước trên đảo.

- Các điều kiện biên:



Hình 3. So sánh sai số giữa mực nước quan trắc và tính toán thời điểm tháng 1/2005



Hình 4. Dao động mực nước từ năm 1995 - 2011 tại lỗ khoan L-14GK và L-04GK-

+ Mưa, bốc hơi: có số liệu mưa, bốc hơi tại trạm khí tượng Phú Quý từ 1995 - 2011.

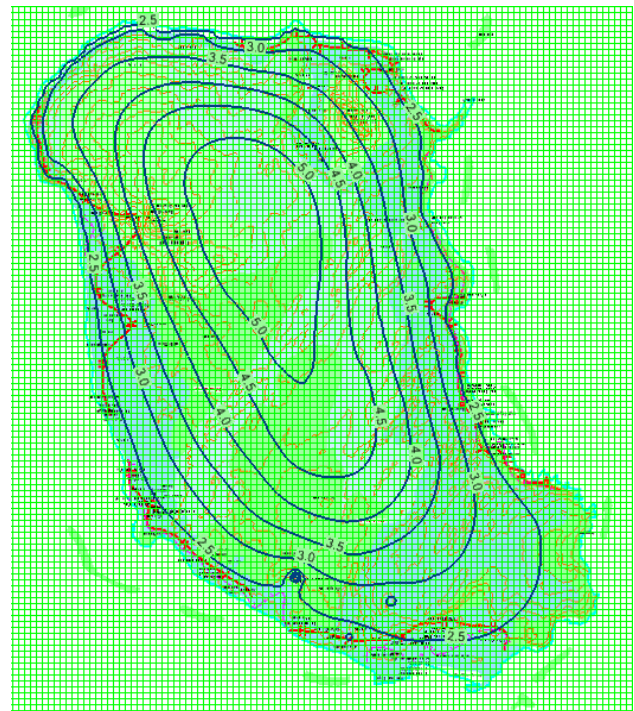
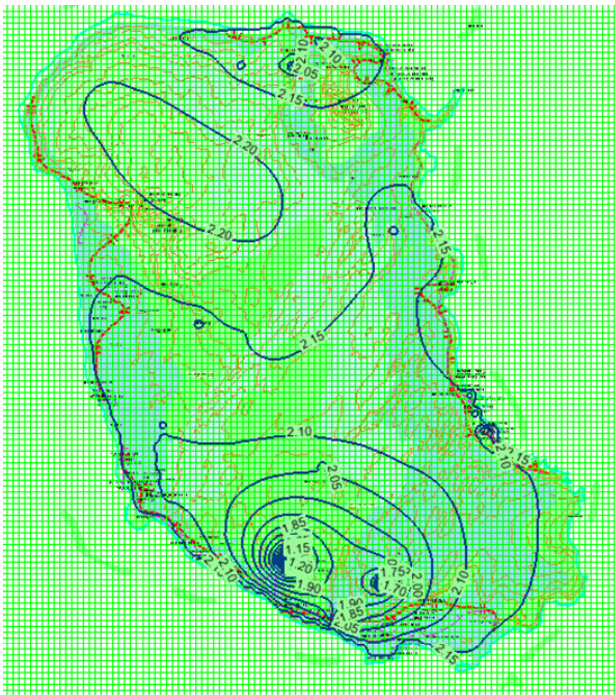
+ Điều kiện biên: xung quanh ranh giới đảo là biển, mực nước trên biển là mực nước triều trung bình.

+ Khai thác nước ngầm: Gồm các giếng khoan, giếng đào.

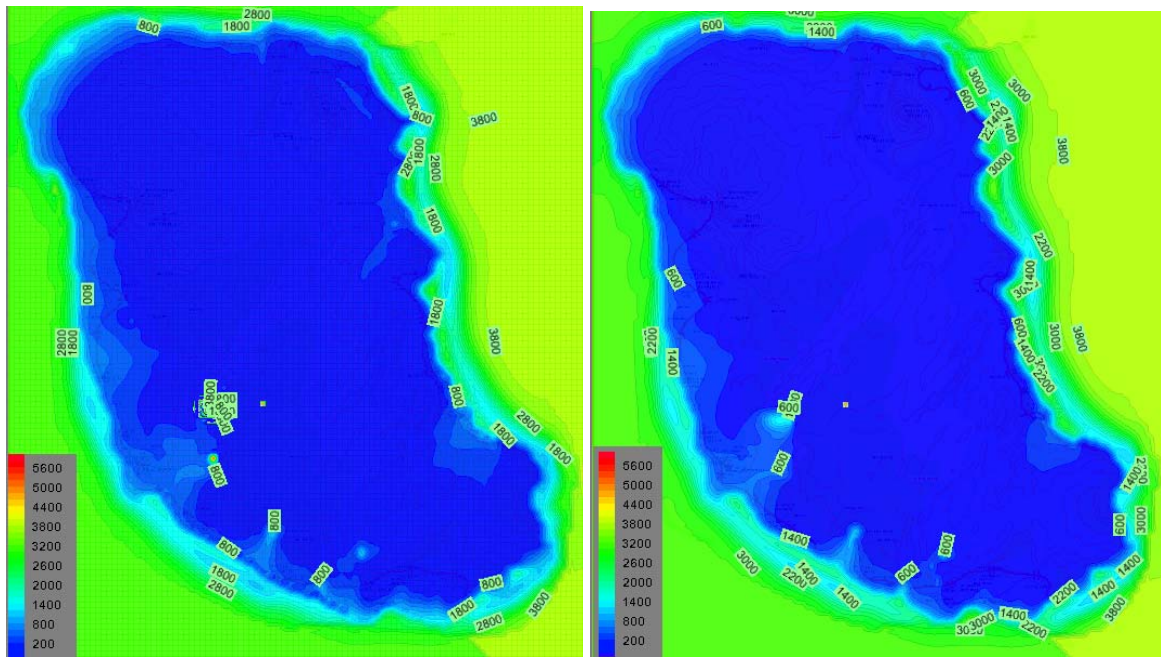
#### 4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

##### 4.1 Sự vận động của nước ngầm

Số liệu quan trắc mực nước ngầm tại khu vực đảo Phú Quý giai đoạn trước rất ít. Thời gian quan trắc khoảng 1 năm (năm 2005). Trong giai đoạn thực hiện dự án “Điều tra tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế khu vực đảo Phú Quý” thực hiện quan trắc tại 4 vị trí L-14GK-, L-18GK, L-04GK-, L-PQ110. Mô hình được hiệu chỉnh lý bằng phương pháp thử dần. Khi sự sai khác giữa mực nước tính toán và mực nước trong thực tế nằm trong giới hạn cho phép thì kết thúc quá trình lập (Hình 3). Sai số hiệu chỉnh mô hình: Sai số mực nước trung bình (Mean Error): -0,02 m; sai số trung bình tuyệt đối (Mean Abs. Error): 0,05 m; sai số trung bình quân phương (Root Mean Sq. Error): 0,06 m. Quá trình dao động mực nước khôi phục trên mô hình tại một số lỗ khoan quan trắc theo thời gian được thể hiện ở Hình 4.



Hình 5. Bản đồ đẳng cao độ mực nước lớp 2 thời điểm tháng II/2005 (trái) và X/2005 (phải)



a) Tháng II/2005

b) Tháng II/2010

Hình 6. Bản đồ phân bố TDS năm 2005 (trái) và 2010 (phải)

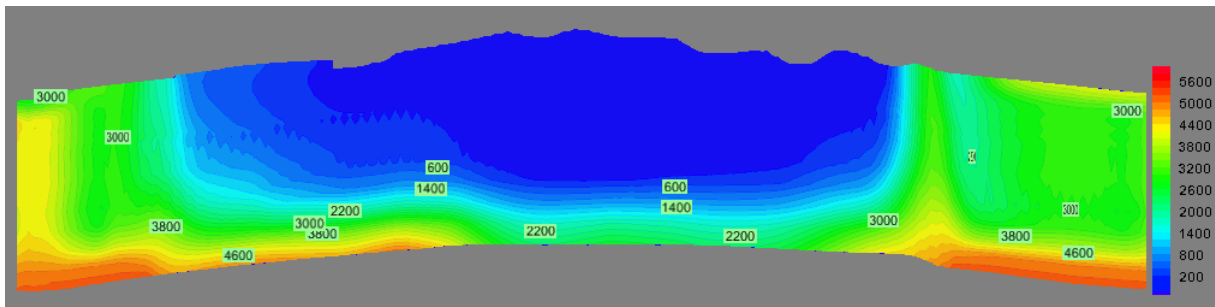
Nhìn chung kết quả chỉnh lý mô hình có thể chấp nhận được trong điều kiện số liệu quan trắc hạn chế. Các thông số đầu vào của mô hình sau khi được chỉnh lý sẽ được sử dụng làm số liệu đầu vào để giải bài toán dự báo. Bản đồ mực nước tại một số thời điểm của năm 2005 (thời điểm tháng II/2005 - giữa mùa khô và tháng X/2005 - giữa mùa mưa) được thể hiện trong Hình 5.

Kết quả tính toán mực nước trên mô hình cho thấy quy luật biến đổi mực nước trong các tầng chứa nước theo không gian và thời gian hoàn toàn phù hợp với các quy luật thực tế. Dao động mực nước trong các tầng chứa nước có chu kỳ dao động tương đồng với (i) lưu lượng nước khai thác từ các giếng, (ii) chu kỳ dao động của lượng mưa trong năm. Mực nước dưới đất thường cao nhất vào tháng X hằng năm (trương ứng với tháng có lượng mưa cao nhất) và thấp nhất vào tháng II hằng năm (trương ứng với thời kỳ ít mưa nhất). Biên độ dao động mực nước trong các tầng chứa nước giảm dần theo chiều sâu (các tầng chứa nước nằm sâu có biên độ dao động nhỏ hơn biên độ dao động của các tầng chứa nước nằm nông). Hướng dòng chảy đều hướng ra phía biển. Trên bản đồ đẳng mực nước các tầng chứa nước đều xuất hiện đỉnh phân thủy nằm ở trung tâm của đảo. Vào mùa mưa

(trong các tháng mùa mưa) thì mật độ các đường đẳng cao độ mực nước phân bố tương đối dày, có giá trị lớn thể hiện sự vận động mạnh mẽ của nước dưới đất.

#### 4.2 Diễn biến quá trình xâm nhập mặn

Để đánh giá diễn biến xâm nhập mặn trong khu vực đảo Phú Quý, phân bố độ mặn (thể hiện bằng tổng chất rắn hòa tan TDS) thời điểm tháng II/2005) được so sánh với thời điểm tháng II/2010) và được trình bày trên Hình 6. Kết quả dự báo xâm nhập mặn cho thấy khu vực phía Tây có sự biến đổi lớn, cụ thể tại khu vực sân bay quân sự và chợ An Phú ranh giới mặn xâm nhập sâu vào trong đất đất liền khoảng 100 - 200 m so với thời điểm năm 2005. Như vậy có thể nói quá trình xâm nhập mặn trên đảo Phú Quý phụ thuộc chủ yếu vào mưa và khai thác nước ngầm. Những năm có lượng mưa lớn thì ranh giới mặn - nhạt (Hình 7) có xu hướng lùi ra phía biển và ngược lại những năm có lượng mưa thấp thì ranh giới mặn - nhạt có xu hướng xâm nhập sâu vào trung tâm đảo. Sự ảnh hưởng của khai thác nước thể hiện chủ yếu vào mùa khô, khi mà lượng nước mưa cung cấp cho nước ngầm nhỏ thì tại những khu vực khai thác lớn, ranh giới mặn có xu hướng xâm nhập vào các bãi giếng khai thác nước ngầm.



Hình 7. Mặt cắt ngang (Đông - Tây) phân bố nồng độ TDS các thời điểm mùa khô 2010

## 5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, động thái nước ngầm và quá trình xâm nhập mặn khu vực đảo Phú Quý được nghiên cứu bằng việc sử dụng các mô hình toán. Kết quả tính toán cho thấy, một phần lượng nước ngọt bổ cập vào hệ thống sau khi gia nhập hệ thống nước ngầm đã chảy ra biển. Hơn nữa, xâm nhập mặn và các tầng chứa nước cũng đang

diễn ra làm gia tăng nguy cơ ô nhiễm nguồn nước và làm giảm lượng nước ngọt. Một số giải pháp công trình đã được tác giả đề xuất để có thể làm gia tăng trữ lượng nước ngầm hoặc khai thác sử dụng hiệu quả của nguồn nước ngầm, như tiến hành xây dựng các đập ngầm tại một số đoạn xung quanh khu vực ven đảo nhằm ngăn mặn giữ ngọt, hạn chế quá trình thoát nước ngầm ra biển.

### Tài liệu tham khảo

1. Guo W., Langevin C.D. (2002) *User's Guide to SEAWAT: a computer program for simulation of three-dimensional variable-density ground-water flow*. Techniques of Water-Resources Investigations 6-A7, USGS, Reston, Virginia
2. McDonald M.G., & Harbaugh A.W. (1988). *A modular three-dimensional finite difference groundwater flow model*. US geological survey techniques of water resources investigations, Open-file report, 83-875.
3. Nguyễn Cao Đơn, Nguyễn Văn Nghĩa và Nguyễn Thị Minh Hằng (2012). Báo cáo chuyên đề “Diễn biến chế độ thủy văn nước ngầm, môi trường nước dưới đất đất cho khu vực nghiên cứu trước khi có đập ngầm”. Đề tài KC.08.TN01/11-15.
4. Nguyễn Cao Đơn, N.T. Minh Hang, Araki H., Yamanishi H. and Koga K. (2006). *Groundwater resources and management for paddy field irrigation and associated environmental problems in an alluvial coastal lowland plain*. Journal of Agricultural Water Management, Vol. 84, No. 3, pp. 295-304, published by Elsevier. Top 25 hottest articles in Agricultural and Biological Sciences 2006.
5. Nguyễn Cao Đơn, Araki H., Yamanishi H. and Koga K. (2005). *Simulation of Groundwater Flow and Environmental Effects Resulting from Pumping*. Journal of Environmental Geology, an International Journal of Geosciences, Vol. 47, No.3, pp 361-374. ISSN: 0943-0105, published by Springer.
6. Zheng Ch. (1990). *MT3D-A modular three-dimensional transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems*. Report to the U.S. Environmental Protection Agency, Ada, Oklahoma, 170 pp.

**Abstract:**  
**IMPACTS OF THE EXPLOITATION AND USE OF WATER RESOURCES  
TO GROUNDWATER HYDROLOGY AND SALTWATER INTRUSION  
IN THE REGIONAL AQUIFER OF PHU QUY ISLAND, BINH THUAN PROVINCE**

*Phu Quy Island of Binh Thuan province is one of the major islands of Vietnam on the development of many activities and has the potential to become a center of logistics. Increased demand on water use in the island has adversely contributed to the degradation and depletion of island water resources and especially salinity intrusion to the groundwater system. In this paper, changes in groundwater hydrology and salinization due to the exploitation and use of water resources in the island were studied. Results show that groundwater dynamics on the island vary seasonally and much depend upon rainfall and other weather conditions while salinity intrusion depends mainly on rainfall and groundwater extraction. Technical solutions were also proposed to help minimize the adverse impacts.*

**Keywords:** Groundwater hydrology, salinity intrusion, solute transport, aquifer system, Phu Quy Island.

---

*Người phản biện:* **TS. Nguyễn Tuấn Anh**

*BBT nhận bài:* 4/12/2012

*Phản biện xong:* 9/1/2013