

Some results of research and forecasting of groundwater salinization in the coastal zone of Soc Trang province

Nguyen Thi Nhan^{1,*}, Dang Tran Trung², Bui Thi Bao Anh¹, Nguyen Xuan Tung¹,
Nguyen Xuan Thanh¹

¹*Institute of Marine Geology and Geophysics, VAST, Vietnam*

²*Center for Water Resources Monitoring and Forecast, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam*

*E-mail: nhantn10@gmail.com

Received: 25 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract

In recent years, the situation of salinity intrusion is very complicated and becomes more serious in the coastal area of Soc Trang province. In this research, SEAWAT modified water density flow model was used to forecast the salinity intrusion for Holocene aquifer (qh) and upper Pleistocene aquifer (qp₃) according to the water use planning scenario. The results show that the impact of groundwater extraction process increases the TDS content in the aquifer, the salt water/fresh water areas change over time, the trend of salinity change increases. In Holocene aquifer, salt water area is relatively large and the TDS concentration increases towards the sea, however, fresh water area changes inconsiderably: In 2015 accounting for 17.42% and by 2030 accounting for 17.77% of aquifer area. In upper Pleistocene aquifer, the fresh water area declines significantly: In 2015 accounting for 9.35% and by 2030 only accounting for 7.53% of aquifer area.

Keywords: SEAWAT model, salinity intrusion, salinity forecasting, aquifer, Soc Trang coastal area.

Một số kết quả nghiên cứu dự báo xâm nhập mặn nước dưới đất vùng ven biển tỉnh Sóc Trăng

Nguyễn Thị Nhân^{1*}, Đặng Trần Trung², Bùi Thị Bảo Anh¹, Nguyễn Xuân Tùng¹,
Nguyễn Xuân Thành¹

¹Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

²Trung tâm Cảnh báo và Dự báo Tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam

*E-mail: nhantn10@gmail.com

Nhận bài: 25-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

Tóm tắt

Những năm gần đây, tình hình xâm nhập mặn diễn biến hết sức phức tạp và ngày càng trở nên nghiêm trọng ở vùng ven biển tỉnh Sóc Trăng. Trong nghiên cứu này, mô hình dòng chảy với tỷ trọng nước thay đổi SEAWAT được ứng dụng để dự báo xâm nhập mặn cho tầng chứa nước Holocen (qh) và Pleistocen trên (qp₃) của vùng theo kịch bản quy hoạch khai thác sử dụng nước. Kết quả cho thấy, ảnh hưởng của quá trình khai thác nước dưới đất khiến hàm lượng TDS trong các tầng chứa nước tăng cao, diện tích mặn/nhạt đều thay đổi theo thời gian, xu hướng mặn tăng dần. Ở tầng chứa nước qh, vùng nước mặn chiếm diện tích khá lớn và hàm lượng TDS tăng cao về phía biển, tuy nhiên diện tích nước nhạt lại thay đổi không nhiều: Năm 2015 chiếm 17,42%, năm 2030 chiếm 17,77% diện tích của tầng chứa nước. Ở tầng chứa nước qp₃, vùng nước nhạt suy giảm đáng kể: Năm 2015 diện tích nước nhạt chiếm 9,35%, đến năm 2030 chỉ còn chiếm 7,53% diện tích của tầng chứa nước.

Từ khóa: Mô hình SEAWAT, xâm nhập mặn, dự báo mặn, tầng chứa nước, vùng ven biển Sóc Trăng.

MỞ ĐẦU

Nước dưới đất vùng ven biển Sóc Trăng bao gồm cả nước mặn và nước nhạt, nhiều nơi phân nước bị nhiễm mặn đã chiếm một diện tích khá lớn, vào mùa khô các tầng chứa nước (TCN) đều bị nước biển xâm nhập. Đặc biệt, các tầng chứa nước qh và qp₃ trong trầm tích Đệ tứ đóng vai trò quan trọng trong cung cấp nước cho vùng, vì vậy việc đánh giá dự báo xâm nhập mặn cho các TCN triển vọng này là hết sức cần thiết.

Trên thế giới, mô hình SEAWAT được áp dụng khá rộng rãi, một số tác giả điển hình như Danny Thorne, Christian D. Langevin và Michael. C. Sukop đã trình bày những tính năng mới của mô hình SEAWAT trong việc mô phỏng dòng chảy có xét đến tỷ trọng của nước

và nhiệt độ của chất lỏng so sánh kết quả với mô hình SUTRA-MS [1]. C. T. Simmons, P. Bauer-Gottwein et al., [2] đã nghiên cứu mô hình dòng chảy xét đến tỷ trọng của nước ở những vùng khu hạn và bán khô hạn, những vùng khí hậu khô hạn lượng mưa ít là môi trường lý tưởng cho muối tích tụ trong đất tự nhiên khi bốc hơi và thoát hơi nước gây nhiễm mặn đối với nước ngầm. Christian D. Langevin (2003) [1] mô phỏng dòng chảy của nước ngầm ra biển ở vịnh Biscayne, Florida ứng dụng mô hình với mật độ thay đổi SEAWAT để đánh giá lượng thoát của nước ngầm ra vịnh. Alexander Vandenbohede, Klaus Hinsby, Carolien Courtens, Luc Lebbe (2011) [3] đã áp dụng mô hình SEAWAT để xây dựng mô hình dòng chảy và dịch chuyển vật chất ở vùng đất lún

biển đồng bằng ven biển Bỉ. Frank T-C.Tsaid, Xiaobao Li [4] đã sử dụng mô hình SEAWAT để nghiên cứu xâm nhập mặn trong các TCN ở khu vực phía đông Baton Rouge Parish, Louisiana; A. Larabi, M. Faouzi, A. H. D. Cheng đánh giá TCN ngầm ven biển Maroc [5]. C. P. Jackson, S. P. Watson (Anh) đã nghiên cứu ảnh hưởng độ mặn của nước tới dòng chảy nước ngầm, kết quả cho thấy độ mặn của nước ngầm càng cao thì mức độ ảnh hưởng càng lớn [6].

Ở Việt Nam, các nghiên cứu hiện nay về khu vực này còn rất hạn chế. Một số công trình tiêu biểu liên quan đến vùng nghiên cứu như: Trần Thị Huệ và nnk., (2011) [7] đã sử dụng phương pháp mô hình xác định lượng cung cấp và trữ lượng có thể khai thác của nước dưới đất khu vực các tỉnh phía tây sông Hậu. Ngô Đức Chân (2010) đã áp dụng mô hình dòng chảy nước dưới đất mô phỏng tính toán mực nước hạ thấp, xác định lượng khai thác giới hạn và tính toán xâm nhập mặn tỉnh Sóc Trăng [8]. Tuy nhiên, các mô hình này đều chưa xét đến ảnh hưởng tỷ trọng của nước trong các TCN. Đối với những vùng TCN bị nhiễm mặn thì tỷ trọng của nước mặn và nước nhạt sẽ khác nhau, do đó việc nghiên cứu mô hình dòng chảy với tỷ trọng thay đổi sẽ cho kết quả chính xác hơn.

CƠ SỞ TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Cơ sở tài liệu

Tài liệu về địa hình vùng nghiên cứu: Bản đồ địa hình 1:200.000 và 1: 50.000, tài liệu các điểm cao độ giếng khoan thăm dò, khảo sát, các giếng quan trắc;

Tài liệu về địa chất: Bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 và 1:50.000 vùng nghiên cứu, thiết đồ hình trụ, địa tầng các giếng khoan khảo sát thăm dò, các giếng khoan quan trắc, các mặt cắt địa chất vùng ven biển Sóc Trăng;

Tài liệu về địa chất thủy văn: Bản đồ địa chất thủy văn tỷ lệ 1:50.000, các mặt cắt địa chất thủy văn (ĐCTV) vùng nghiên cứu, các tài liệu xác định các thông số ĐCTV (hút nước thí nghiệm đơn, hút nước thí nghiệm chum, thí nghiệm slug test & bail test, thí nghiệm đồ nước trong hồ đào xác định hệ số thấm) [9].

Tài liệu về phân bố tổng độ khoáng hóa và độ lồi hồng của các TCN: Số liệu về độ tổng khoáng hóa của các giếng khoan thăm

dò khai thác, các giếng quan trắc, các giếng khoan nhà dân.

Tài liệu về khí tượng, thủy văn: Thu thập lượng mưa, lượng bốc hơi của các trạm khí tượng thủy văn khu vực nghiên cứu, số liệu quan trắc mực nước sông tại các trạm nước mặt trong nhiều năm [9].

Tài liệu về quan trắc động thái mực nước tỉnh Sóc Trăng: Các số liệu quan trắc thực tế được sử dụng để chỉnh lý và đánh giá mức độ chính xác của mô hình.

Phương pháp

Sử dụng công nghệ GIS để nghiên cứu cấu trúc địa chất, bề mặt địa hình, sự phân cắt địa hình, sự phân bố về độ mặn trong các TCN, thông qua các phần mềm chuyên dụng như Mapinfo, ArcGIS, SUFFER, GEOSCENE3D xây dựng các bản đồ thành phần và các thông số đầu vào cho mô hình.

Sử dụng mô hình SEAWAT tích hợp trong phần mềm Visual MODFLOW [9] để dự báo khả năng nhiễm mặn trong các TCN qh và qp₃. Mô hình SEAWAT đầu tiên là sự kết hợp của MODFLOW và MT3D lại với nhau để mô phỏng mô hình dòng chảy có tỷ trọng thay đổi và được xuất bản đầu tiên bởi Guo và Bennett, 1998 [10, 11]. Sau đó, mô hình SEAWAT được cải thiện, nâng cấp và được kiểm chứng bởi (Langevin and Guo (1999); Guo et al., (2001)). Sau này mô hình SEAWAT được phát triển tiếp tục bằng sự kết hợp của MODFLOW và MT3DMS thành một chương trình để giải quyết các bài toán về dòng chảy với tỷ trọng của nước thay đổi và các bài toán về xâm nhập mặn hiện nay.

KẾT QUẢ XÂY DỰNG MÔ HÌNH

Sơ đồ hóa cấu trúc địa chất thủy văn

Dựa theo đặc điểm ĐCTV khu vực ven biển Sóc Trăng, mô hình dòng chảy khu vực nghiên cứu được chia thành 10 lớp gồm 5 tầng chứa nước và 5 lớp thấm nước yếu như sau:

Lớp 1: Lớp thấm nước yếu bề mặt (LCN1);

Lớp 2: Tầng chứa nước Holocen (qh);

Lớp 3: Lớp thấm nước yếu Q₁³ (LCN2);

Lớp 4: Tầng chứa nước Pleistocen trên (qp₃);

Lớp 5: Lớp thấm nước yếu Q₁²⁻³ (LCN3);

Lớp 6: Tầng chứa nước Pleistocen giữa - trên (qp₂₋₃);

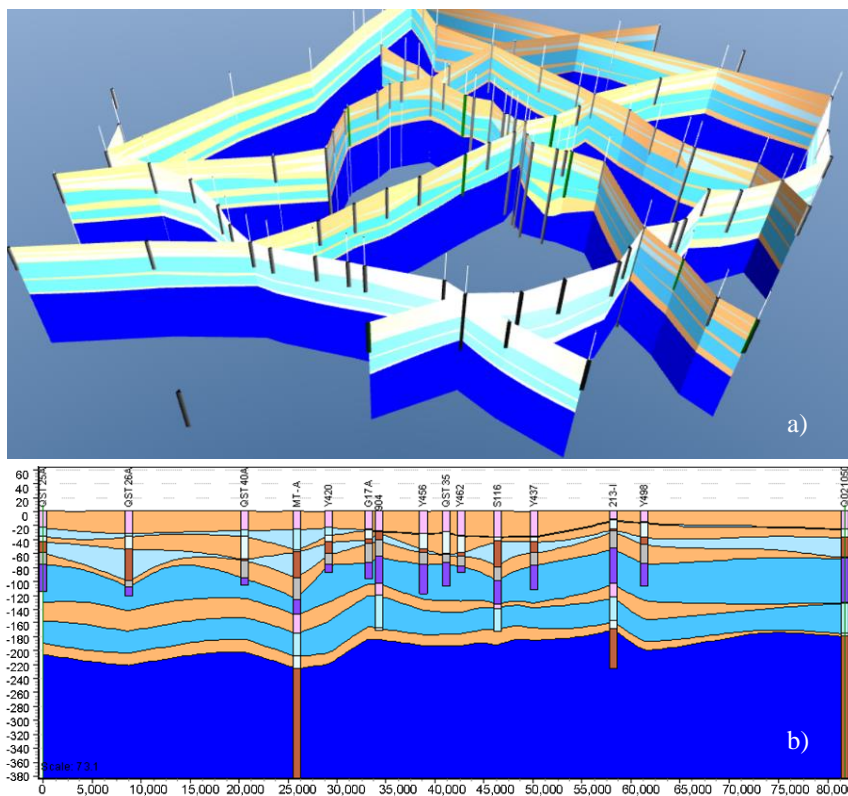
- Lớp 7: Lớp thấm nước yếu Q_1^1 (LCN4);
- Lớp 8: Tầng chứa nước Pleistocen dưới (qp_1);
- Lớp 9: Lớp thấm nước yếu N_2^2 (LCN5);
- Lớp 10: Tầng chứa nước Neogen (N);

Cấu trúc ĐCTV các TCN và lớp thấm nước yếu được xây dựng trên phần mềm Geoscene3D dựa trên cơ sở tài liệu địa chất của 96 lỗ khoan địa chất đã được phân tầng rõ ràng dựa trên các mặt cắt chuẩn của Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Nam, các cột địa tầng, các công trình quan trắc mạng quốc gia, các giếng khoan thăm dò hoặc khai

thác có thông tin chính xác và có độ tin cậy cao được đưa vào nội suy xây dựng cấu trúc 3D ĐCTV vùng nghiên cứu.

Đối với bề mặt địa hình được xây dựng dựa các điểm độ cao của bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 và các điểm cao độ của các giếng quan trắc và các giếng thăm dò giai đoạn cũ.

Các thông số ĐCTV như hệ số thấm, hệ số nhả nước đàn hồi, hệ số nhả nước trọng lực... được xác định dựa theo kết quả bơm thí nghiệm tại các lỗ khoan thăm dò, thành phần thạch học của đất đá.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc (a) và mặt cắt mô hình 10 lớp (b) khu vực nghiên cứu

Xây dựng kịch bản quy hoạch khai thác sử dụng nước đến năm 2030

Hiện tại, vùng ven biển Sóc Trăng có 4 hình thức khai thác nước dưới đất gồm: Khai thác cấp nước đô thị; khai thác cấp nước sinh hoạt nông thôn; khai thác cấp nước phục cho sản xuất công nghiệp; khai thác nhỏ lẻ của các hộ gia đình. Tổng lưu lượng khai thác tính đến thời điểm hiện tại ước tính vào khoảng 101.000

$m^3/ngày$ [0]. Nhưng lượng khai thác này mới chỉ đáp ứng vào khoảng 67% nhu cầu đối với năm 2015 theo tiêu chuẩn sử dụng nước với tỷ lệ cấp nước 100%. Vậy đến năm 2020 để đảm bảo nhu cầu sử dụng nước cho sinh hoạt, dịch vụ và công nghiệp thì lượng khai thác hiện tại phải tăng thêm 118.000 $m^3/ngày$; đến năm 2025 là 150.000 $m^3/ngày$ và đến năm 2030 là 153.000 $m^3/ngày$ so với hiện tại.

Như vậy mô hình dự báo được xây dựng theo kịch bản quy hoạch khai thác sử dụng nước như sau:

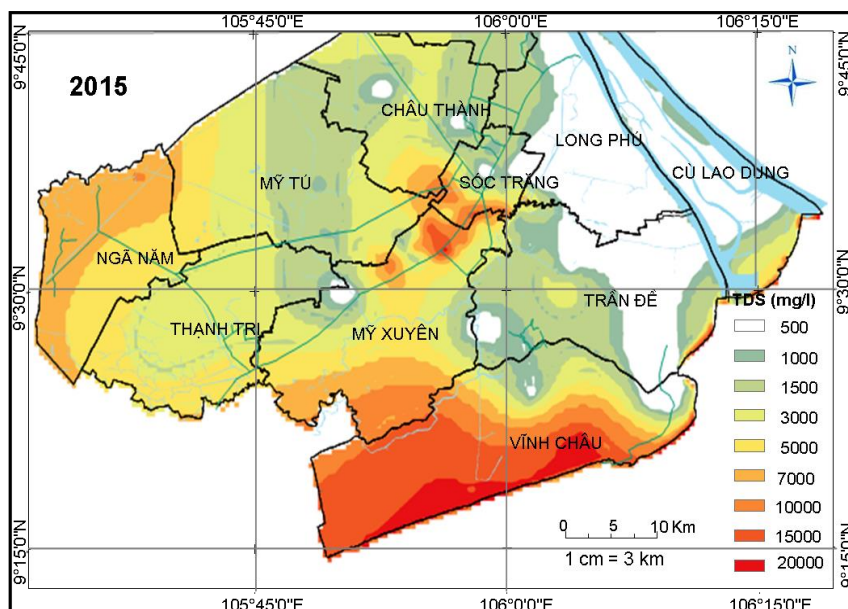
Kịch bản: Dự báo xâm nhập mặn TCN qh và qp₃ với lưu lượng lỗ khoan khai thác tăng dần theo nhu cầu sử dụng nước. Nghĩa là, tổng lưu lượng khai thác tăng dần theo thời gian với mức khai thác tại thời điểm 2020, 2025 và 2030

lần lượt là: 219.081 m³/ngày, 251.246 m³/ngày, 253.994 m³/ngày.

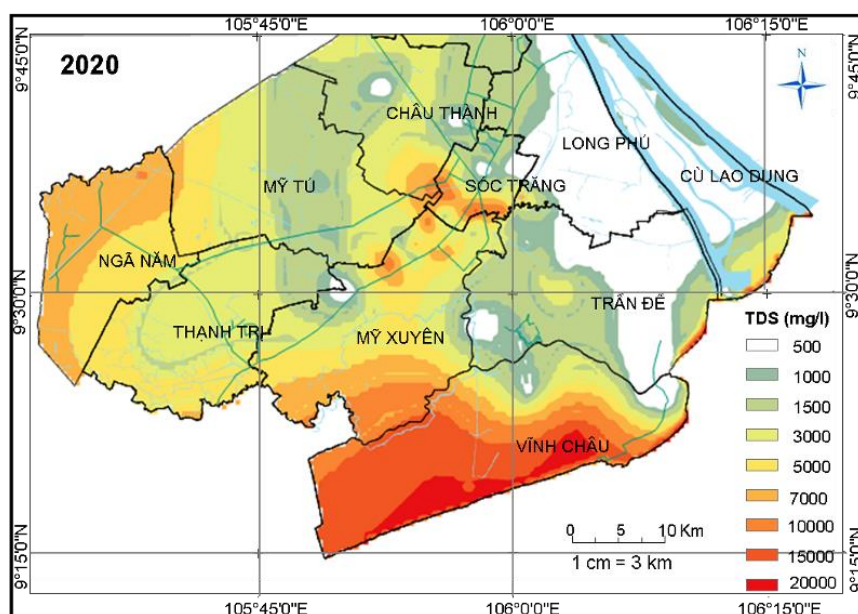
Kết quả dự báo

Mô hình dự báo xâm nhập mặn theo kịch bản quy hoạch khai thác sử dụng nước cho kết quả là các bản đồ dự báo sau:

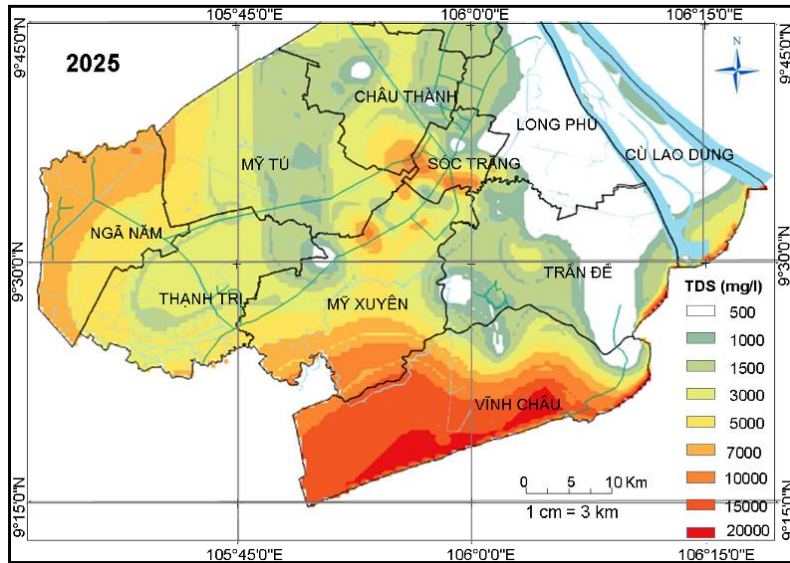
Kết quả dự báo xâm nhập mặn TCN qh:



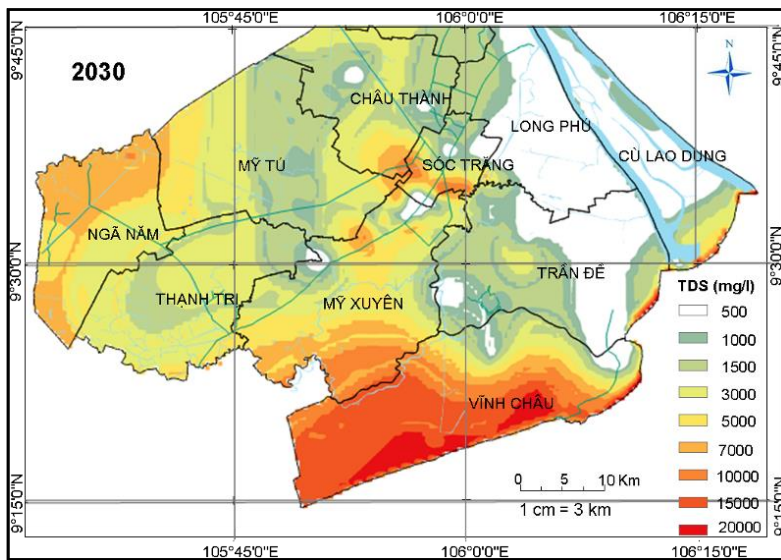
Hình 2. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qh vùng ven biển Sóc Trăng năm 2015



Hình 3. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qh vùng ven biển Sóc Trăng năm 2020



Hình 4. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qh vùng ven biển Sóc Trăng năm 2025

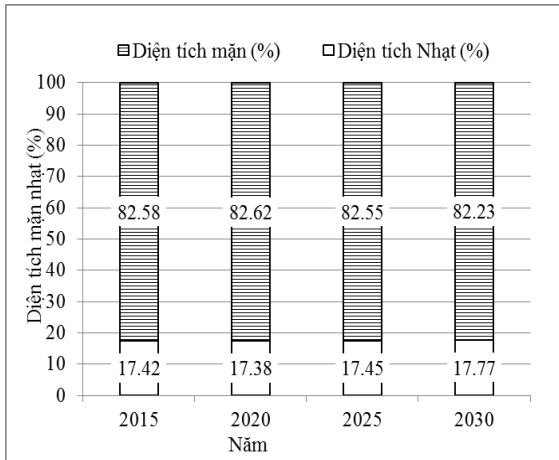


Hình 5. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qh vùng ven biển Sóc Trăng năm 2030

Các bản đồ dự báo xâm nhập mặn trên cho thấy, ảnh hưởng của quá trình khai thác nước dưới đất khiến hàm lượng TDS TCN qh tăng cao, lưỡi mặn ngày càng tiến sâu về phía nam vùng nghiên cứu (khu vực Vĩnh Châu) và tăng cao nhất về phía biển. Tuy nhiên, sự thay đổi diện tích giữa vùng nước mặn và nước nhạt trong TCN qh không nhiều và diễn biến khá phức tạp.

Diện tích vùng nước nhạt TCN qh năm 2015 chiếm 17,42% diện tích TCN, đến năm

2020 giảm còn 17,38% (giảm 0,04%). Từ năm 2025 trở đi, diện tích vùng nước nhạt lại tăng lên: Năm 2025 là 17,45% (tăng 0,03% so với thời điểm ban đầu) đến năm 2030 diện tích nước nhạt chiếm 17,77% diện TCN (tăng 0,35% so với thời điểm ban đầu) (hình 6). Như vậy, theo dự báo đến năm 2030 thì TCN qh có diện tích mặn lúc tăng, lúc giảm, tuy nhiên đây vẫn là TCN bị ảnh hưởng nhiễm mặn nặng nề nhất trong vùng, với hàm lượng TDS rất cao, có nơi lên tới 20.000 mg/l.

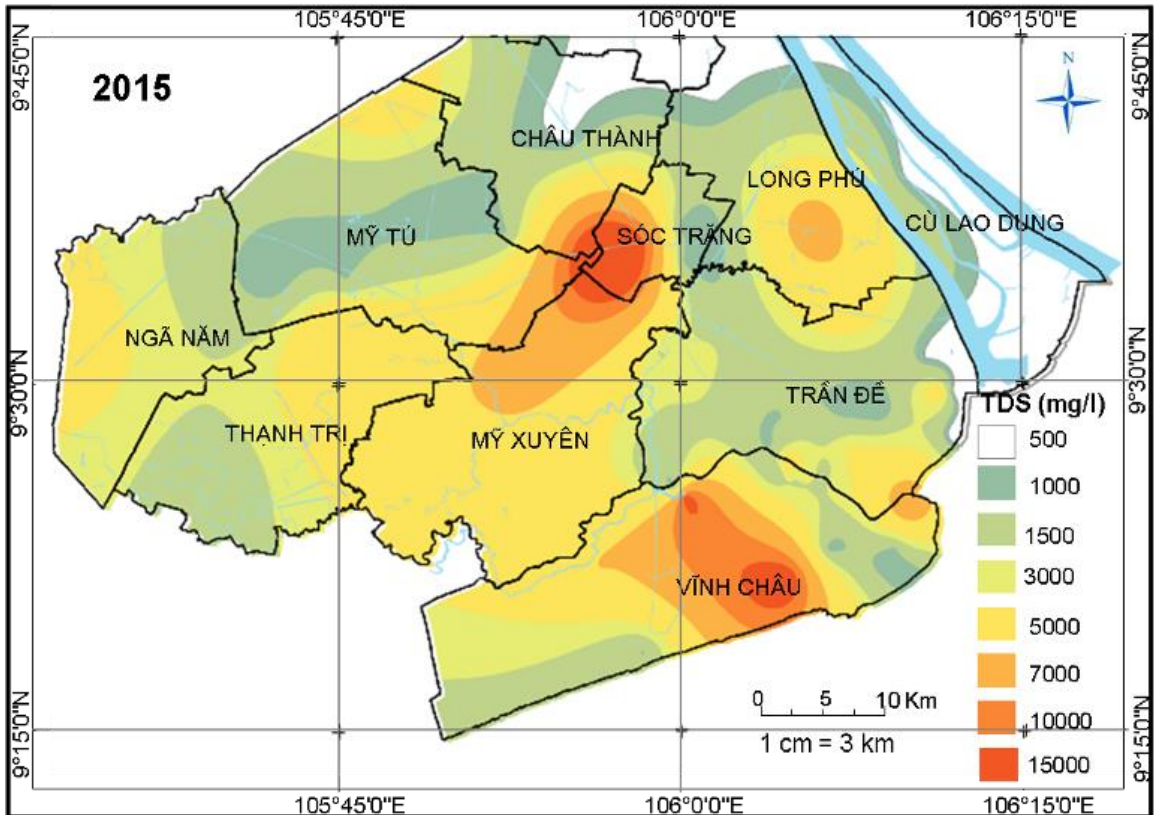


Hình 6. Đồ thị biến đổi diện tích mặn/nhạt TCN qh vùng ven biển Sóc Trăng

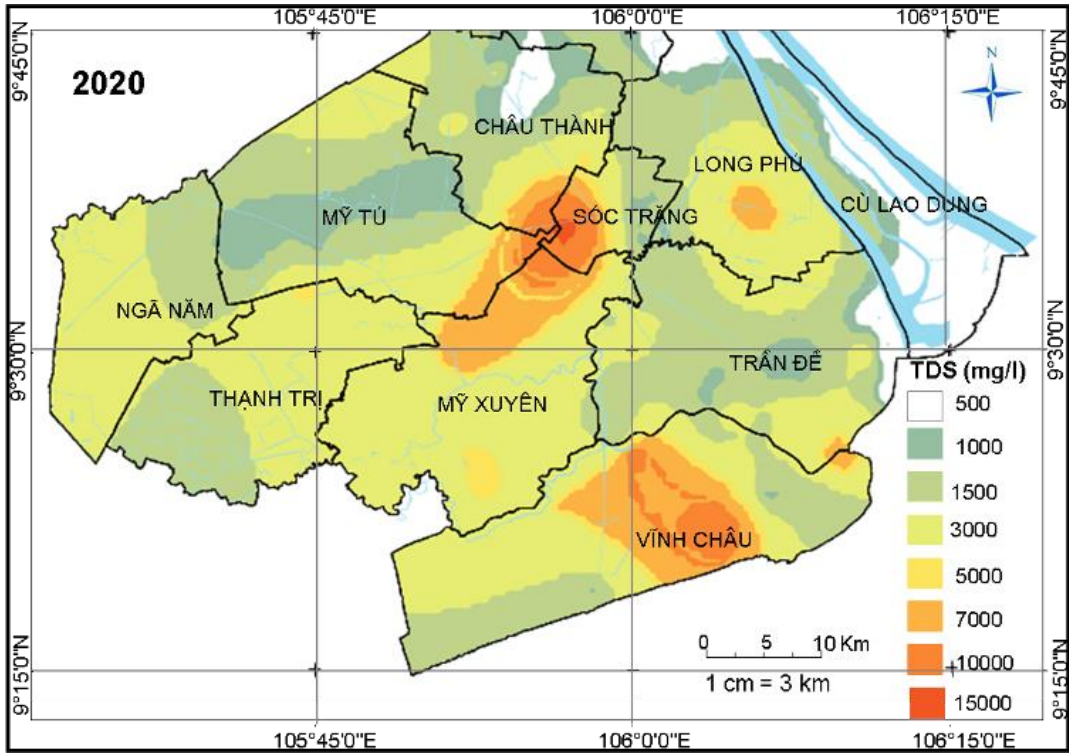
Kết quả dự báo xâm nhập mặn TCN q₃:

Hình 7–10 cho thấy, khi lượng khai thác tăng dần theo nhu cầu sử dụng nước thì diện tích nước mặn cũng tăng dần theo thời gian.

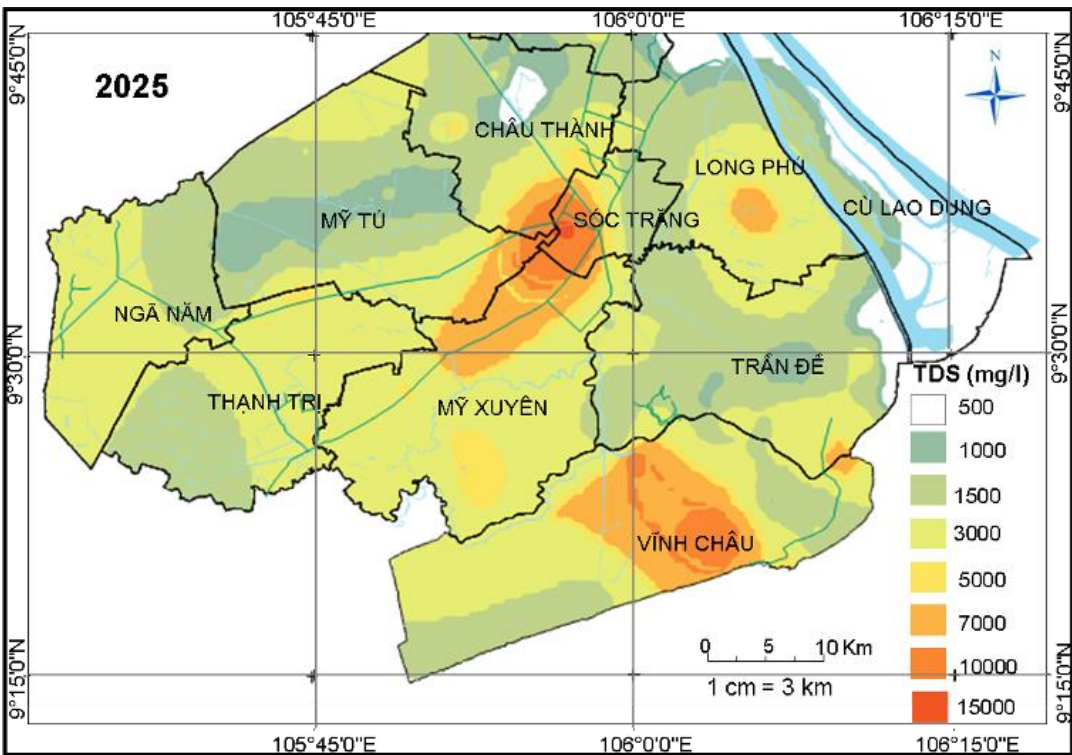
Trong giai đoạn đầu từ năm 2015 đến 2020 do lưu lượng khai thác bắt đầu tăng nhanh gây ra nhiễm mặn từ TCN bên trên xuống. Diện tích nước mặn năm 2015 chiếm 90,65% diện tích TCN, đến năm 2020 diện tích nước mặn chiếm 91,39% (tăng 0,74% so với năm 2015). Vào năm 2025 diện tích nước mặn là 92,09% và năm 2030 diện tích nước mặn lên tới 92,47% diện tích TCN. Diện tích mặn càng tăng thì diện tích nhạt càng bị thu hẹp dần. Từ năm 2020 trở đi, diện tích nước nhạt bị thu hẹp đáng kể. Năm 2015 diện tích nước nhạt chiếm 9,35% diện tích TCN, đến năm 2030 diện tích nước nhạt chỉ còn 7,53% diện tích của TCN (giảm 1,82% so với năm 2015) (hình 11). Nhiều khu vực bị nhiễm mặn cao với hàm lượng TDS lên tới trên 10.000 mg/l như ở trung tâm thành phố Sóc Trăng, huyện Mỹ Xuyên, Vĩnh Châu, Long Phú và một phần phía nam huyện Trần Đề.



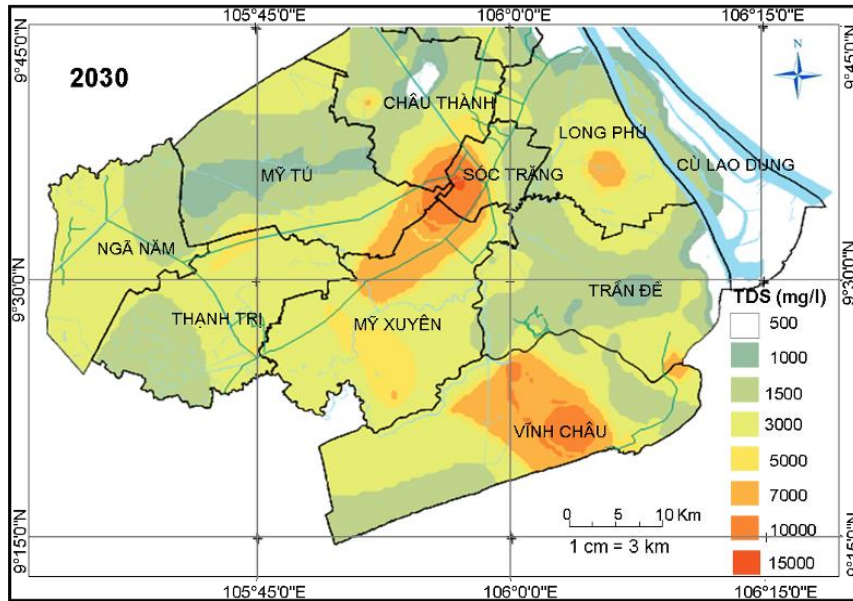
Hình 7. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN q₃ vùng ven biển Sóc Trăng năm 2015



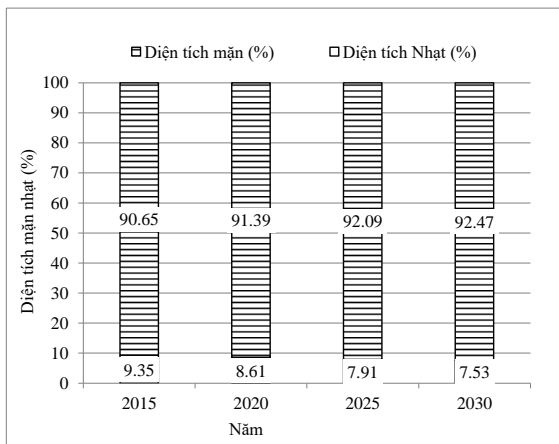
Hình 8. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qp_3 vùng ven biển Sóc Trăng năm 2020



Hình 9. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qp_3 vùng ven biển Sóc Trăng năm 2025



Hình 10. Bản đồ diễn biến mặn/nhạt TCN qp₃ vùng ven biển Sóc Trăng năm 2030



Hình 11. Đồ thị biến đổi diện tích mặn/nhạt TCN qp₃ vùng ven biển Sóc Trăng

KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy rõ sự biến đổi mặn/nhạt của nước dưới đất tầng qh và qp₃ vùng ven biển Sóc Trăng. Kết quả tính toán bằng mô hình dòng chảy với tỷ trọng nước thay đổi SEAWAT theo kịch bản lưu lượng khai thác tăng dần theo nhu cầu sử dụng nước cho thấy đây là hai TCN bị ảnh hưởng xâm nhập mặn nhiều nhất trong các TCN của vùng. Phần lớn diện tích TCN qh và qp₃ đều bị nhiễm mặn, trừ một số khu vực ở phía đông bắc như Cù Lao Dung là có nước nhạt, diện tích TCN bị

nh nhiễm mặn sau dự báo đều tăng thêm so với thời điểm ban đầu.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học dự báo tin cậy, góp phần trong công tác quản lý, sử dụng và khai thác nước dưới đất, đồng thời định hướng và bảo vệ nguồn nước ngầm khu vực ven biển Sóc Trăng trong tương lai.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề tài KHCBTD.02/18–20 và VAST05.05/19–20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thorne, D., Langevin, C. D., and Sukop, M. C., 2006. Addition of simultaneous heat and solute transport and variable fluid viscosity to SEAWAT. *Computers & Geosciences*, 32(10), 1758–1768.
- [2] Simmons, C. T., Fenstemaker, T. R., and Sharp Jr, J. M., 2001. Variable-density groundwater flow and solute transport in heterogeneous porous media: approaches, resolutions and future challenges. *Journal of Contaminant Hydrology*, 52(1–4), 245–275.
- [3] Vandenbohede, A., Hinsby, K., Courtens, C., and Lebbe, L., 2011. Flow and transport model of a polder area in the Belgian coastal plain: example of data

- integration. *Hydrogeology Journal*, 19(8), 1599–1615.
- [4] Tsai, F. T., and Li, X., 2008. Saltwater intrusion and hydraulic conductivity estimation in East Baton Rouge Parish, Louisiana. In *20th Salt Water Intrusion Meeting*.
- [5] Larabi, A., Faouzi, M., and Cheng, A. H. D., 2008. Assessment of groundwater resources in Rmel coastal aquifer (Morocco) by SEAWAT. In *20th Salt Water Intrusion Meeting (Naples, Florida, US Geological Survey)* (pp. 136–140).
- [6] Jackson, C. P., and Watson, S. P., 2001. Modelling variable density groundwater flow. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26(4), 333–336.
- [7] Trần Thị Huệ và nnk., 2011. Ứng dụng mô hình dòng ngầm ba chiều để xác định lượng cung cấp và trữ lượng có thể khai thác của nước dưới đất tại khu vực các tỉnh phía tây sông Hậu. *Cục Quản lý Tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi trường*.
- [8] Ngô Đức Chân, 2010. Quy hoạch khai thác, sử dụng và bảo vệ tài nguyên nước dưới đất tỉnh Sóc Trăng đến năm 2020. *Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước miền Nam*.
- [9] Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Sóc Trăng, 2015. Cơ sở dữ liệu Địa chất thủy văn.
- [10] Guo, W., and Langevin, C. D., 2002. User's guide to SEAWAT; a computer program for simulation of three-dimensional variable-density groundwater flow (No. 06-A7).
- [11] Guo, W., and Bennett, G. D., 1998. SEAWAT version 1.1-A computer program for simulations of ground water flow of variable density. *A report prepared by Missimer International Inc.*
- [12] Guo, W., and Bennett, G. D., 1998. Simulation of saline/fresh water flows using MODFLOW. In *MODFLOW 98 Conference, Golden, CO. In: Poeter, E. et al. (Ed.), 1998 Proceedings (1)* (pp. 267–274).