

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ khai thác nước thấm từ sông phục vụ cấp nước khu vực ven sông Cẩm Giàng

Nguyễn Trung Hiếu¹, Đoàn Thu Hà^{1*}, Hoàng Thị Ngọc Anh²

¹ Trường Đại học Thủy lợi; trunghieu.ma@hotmail.com; thuha_ctn@tlu.edu.vn,

² Trường Đại học khoa học ứng dụng Dresden; thingocanh.hoang@htw-dresden.de

*Tác giả liên hệ: thuha_ctn@tlu.edu.vn; Tel.: +84-948172299

Ban Biên tập nhận bài: 12/6/2022; Ngày phản biện xong: 11/7/2022; Ngày đăng bài: 25/7/2022

Tóm tắt: Nhu cầu dùng nước ngày càng tăng, nguồn nước ngày càng cạn kiệt và ô nhiễm, công nghệ khai thác nước thấm từ sông với các ưu điểm nổi trội: i) Thu được lưu lượng nước tương đối lớn nhờ dòng thấm trực tiếp từ sông vào giếng; ii) Có khả năng xử lý nước sông nhờ tầng lọc thềm sông. Tác giả đã thực hiện nghiên cứu tại khu vực xã Tân Trường, bên bờ sông Cẩm Giàng, Hải Dương. Thực hiện nghiên cứu thí nghiệm hiện trường và mô phỏng dòng chảy ngầm cho thấy có thể khai thác nước thấm ổn định tới 1330 m³/ng.đêm cho một giếng đơn. Bãi giếng 5 giếng với khoảng cách giữa các giếng 80 m cho lưu lượng khai thác đạt gần 4500 m³/ng.đêm. Kết quả nghiên cứu cho thấy công nghệ RBF có khả năng khai thác được lưu lượng nước thấm tương đối lớn, có chất lượng nước tốt, bền vững, có thể áp dụng trong cấp nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất.

Từ khóa: Nước thấm từ sông; Lưu lượng nước thấm; Chất lượng nước thấm.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay nhiều nguồn nước mặt đang bị ô nhiễm nghiêm trọng về vi sinh và chất hữu cơ [1], đòi hỏi phải có các biện pháp xử lý phù hợp đảm bảo chất lượng nước đạt tiêu chuẩn trước khi cấp cho người sử dụng. Nước mặt thường có chất lượng và trữ lượng không ổn định và thay đổi theo mùa, khó khăn trong khai thác và xử lý nước. Nước ngầm thường có hàm lượng cạn nhỏ, ít vi khuẩn vi trùng và có chất lượng tương đối ổn định. Tuy nhiên, hầu hết nước dưới đất có chứa sắt, nhiều nguồn nước dưới đất có hàm lượng mangan và asen cao. Các nghiên cứu cho thấy, chỉ tính riêng vùng Đồng bằng sông Hồng có đến 7 triệu dân có thể sử dụng nước bị nhiễm asen, trên toàn quốc là 11 triệu dân [2]. Khoảng 44% số giếng chứa hàm lượng mangan vượt quá tiêu chuẩn cho phép, và gần 5 triệu người có nguy cơ sử dụng nước nhiễm các chất hóa học có hại cho sức khỏe [3]. Nhiều nguồn nước ngầm khu vực Đồng bằng sông Hồng nhiễm ammoni (NH₄⁺) với nồng độ cao, trong đó vùng bị có nồng độ ammoni cao, lên đến 16 đến 25 mg-N/L, như vùng phía Nam Hà Nội [4].

Theo kết quả quan trắc tài nguyên nước dưới đất của Trung tâm Quan trắc và dự báo tài nguyên nước (Bộ Tài nguyên và Môi trường) đã công bố cho thấy: ở khu vực Đồng bằng Bắc Bộ, Nam Bộ và Tây Nguyên, mực nước ngầm đang giảm mạnh, chất lượng nước cũng có xu hướng ngày kém. Nhiều vùng có hiện tượng sụt lún, do ảnh hưởng của việc khai thác nước quá mức, như ở TP Hồ Chí Minh, Đồng bằng sông Cửu Long, Hà Nội, v.v... Giải pháp khai thác nước thấm từ sông (*Riverbank Filtration – RBF*) đã được áp dụng ở Châu Âu từ hơn 100 năm, như ở Thụy Sĩ – 80% nước uống được lấy từ các giếng RBF, 50% ở Pháp, 48% ở Hà Lan, 40 % ở Hungary, 16% ở Đức, và 7% ở Hà Lan [5–6]. Tại Mỹ, giải pháp RBF đã được áp dụng gần 50 năm [7]. Các quốc gia khác như Ấn Độ [8], Trung Quốc và Hàn Quốc

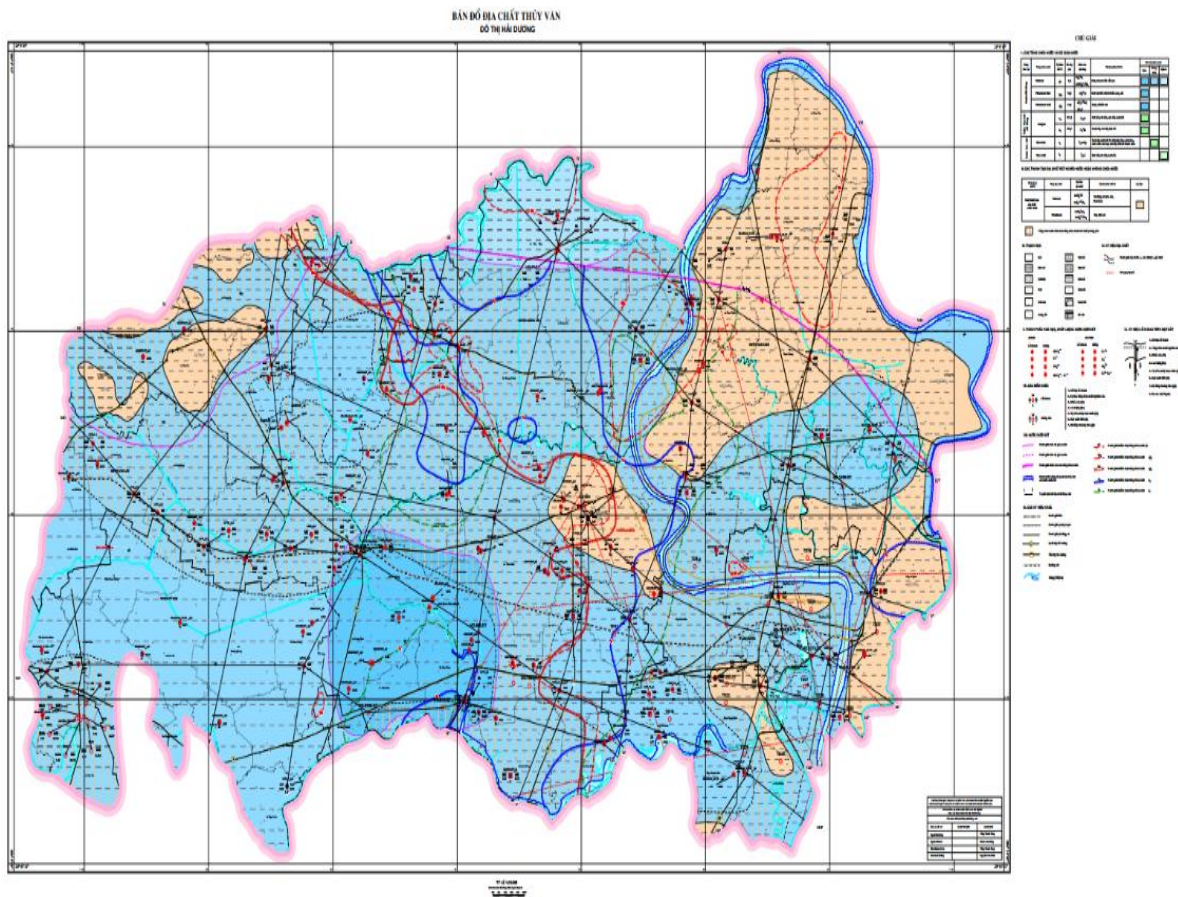
[9] gần đây đã bắt đầu khai thác RBF để cung cấp nước uống. Ở nước ta, cũng có nhiều giếng khai thác nước ngầm xây dựng ở gần sông cho lưu lượng lớn, như ở Phú Thọ, thành phố Tuyên Quang, Quảng Ngãi, Quy Nhơn... Các bãi giếng khai thác nước dưới đất được lựa chọn xây dựng ở gần sông khu vực Hà Nội, như Bắc Thăng Long, Gia Lâm, Cáo Đình, Yên Phụ, Đồn Thủy, Lương Yên, Nam Dư... [10]. Trên phạm vi cả nước, nước thấm từ sông chưa được đầu tư nghiên cứu ứng dụng và chưa được xem là một giải pháp khai thác nguồn nước.

Trong phạm vi bài báo này, tác giả tập trung nghiên cứu khả năng ứng dụng giải pháp RBF phục vụ cấp nước. Địa điểm nghiên cứu tại xã Tân Trường, huyện Cẩm Giàng, tỉnh Hải Dương, bên bờ sông Cẩm Giàng. Các nghiên cứu ban đầu cho thấy, khu vực Cẩm Giàng có tầng thấm ven sông, mực nước sông thường lớn hơn so với mực nước ngầm, có thể khai thác tốt được nước thấm trực tiếp từ sông.

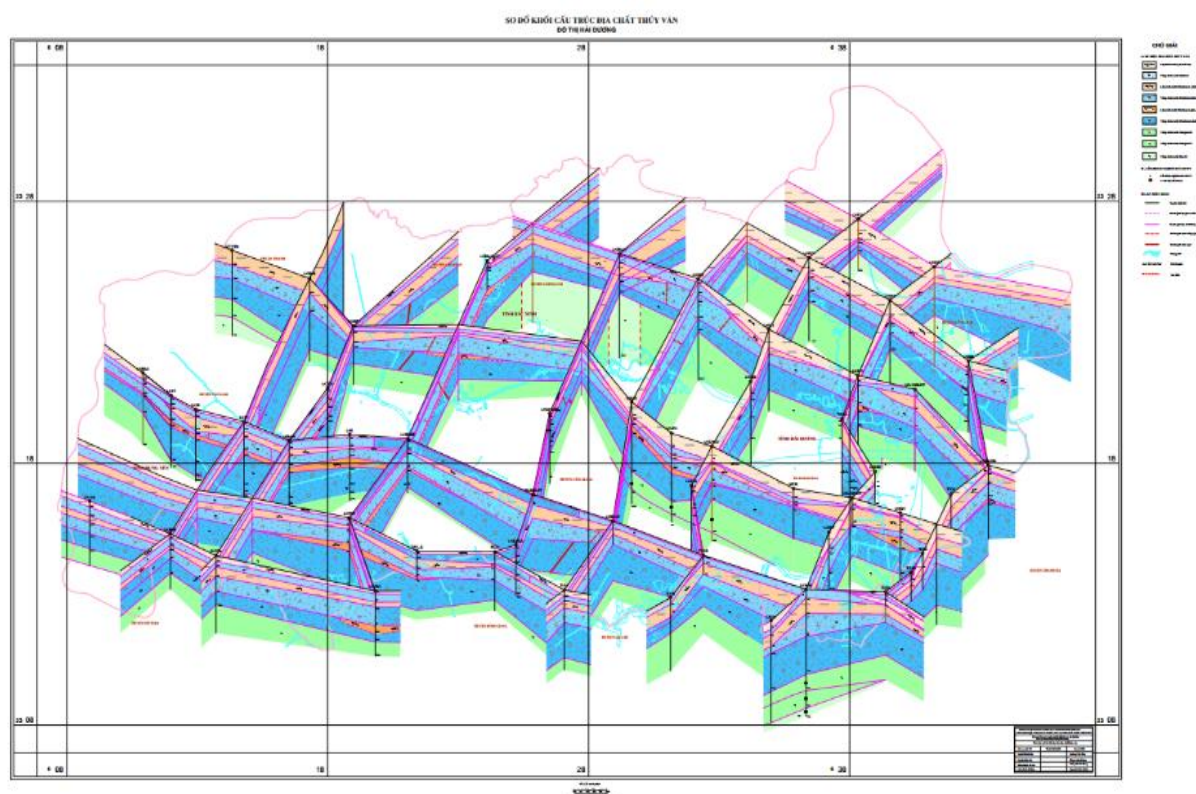
2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

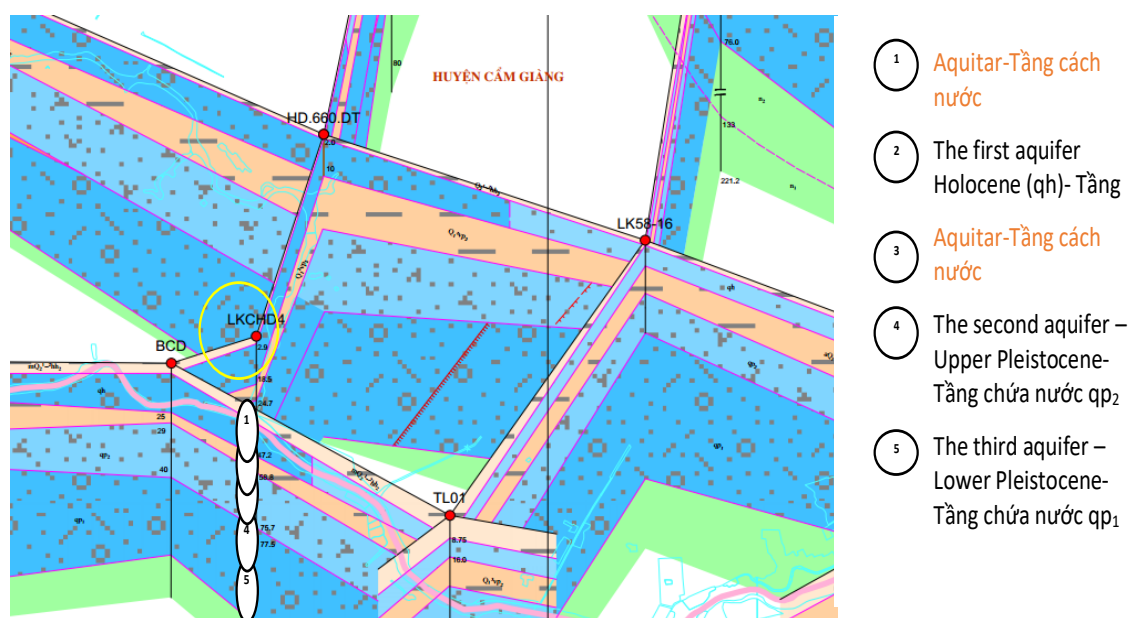
Đánh giá điều kiện địa tầng, khả năng thấm ven sông ở khu vực Cẩm Giàng, Hải Dương. Nghiên cứu dữ liệu địa chất thủy văn khu vực Cẩm Giàng, gồm: Bản đồ địa chất thủy văn khu vực đô thị Hải Dương trong đó bao gồm khu vực Cẩm Giàng (Hình 1); Sơ đồ khối cấu trúc địa chất thủy văn khu vực đô thị Hải Dương (Hình 2); Sơ đồ khối các tầng chứa nước lỗ hổng qh, qp khu vực Cẩm Giàng (Hình 3), cho thấy: Các tầng chứa nước qh tại khu vực ven sông Cẩm Giàng, bao gồm các trầm tích sông hệ tầng Thái Bình (aQ23tb) và trầm tích sông–biển–đầm lầy hệ tầng Hải Hưng (ambQ21–2 hh1), phân bố rộng khắp trên khu vực nghiên cứu. Chiều dày tầng chứa nước lớn nhất gặp tại LK Ford (30 m), LKTD30 (> 17 m); nhỏ nhất tại LK 58–14 (0,5 m); LK CHD4–A gặp mái tầng chứa nước qh ở độ sâu 2,9 m, bề dày 10,6 m cắt trực tiếp vào sông Cẩm Giàng. Chiều dày trung bình toàn vùng là 8,75 m. Cấu trúc địa tầng chủ yếu là cát các loại, cát pha, cát màu xám, xám đen cấu tạo mềm bở.



Hình 1. Bản đồ địa chất thủy văn đô thị Hải Dương.



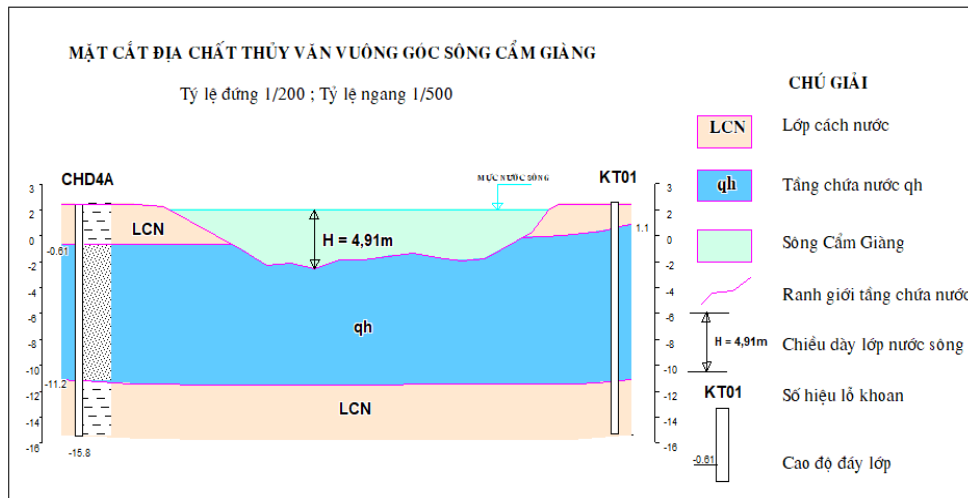
Hình 2. Sơ đồ khối cấu trúc địa chất thủy văn đô thị Hải Dương.



Hình Error! No text of specified style in document.. Sơ đồ khối các lớp địa tầng qh và qp của huyện Cẩm Giàng.

Sông Cẩm Giàng nối sông Thái Bình với sông Bắc Hưng Hải. Do ảnh hưởng bởi nước thải sinh hoạt và sản xuất không được xử lý triệt để trước khi xả ra sông, các thông số chất lượng nước sông Cẩm Giàng như NH_4^+ , NO_2^- , COD vượt nhiều lần quy chuẩn chất lượng nguồn nước cấp cho sinh hoạt. Trạm cấp nước Ghề khai thác nước sông Cẩm Giàng đã phải

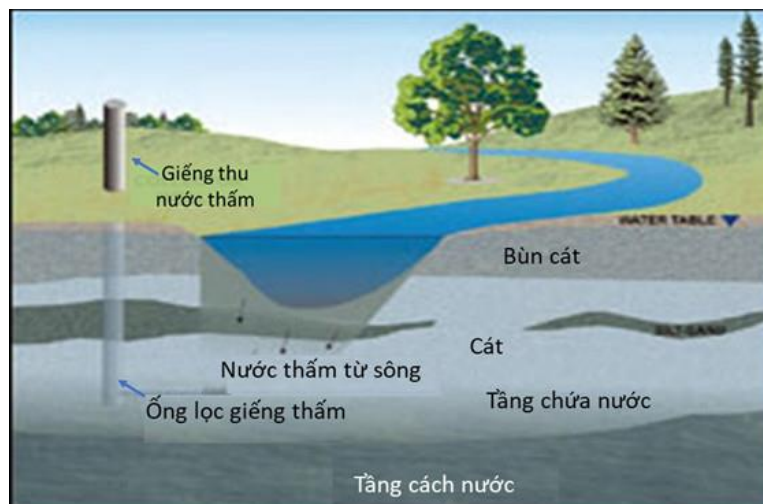
dùng hoạt động. Nước cung cấp cho dân cư và công nghiệp trong khu vực hiện đang được chuyển từ thành phố Hải Dương về.



Hình 4. Mặt cắt địa chất thủy văn ngang sông Cẩm Giàng.

2.2. Cơ sở lý thuyết và thực tiễn

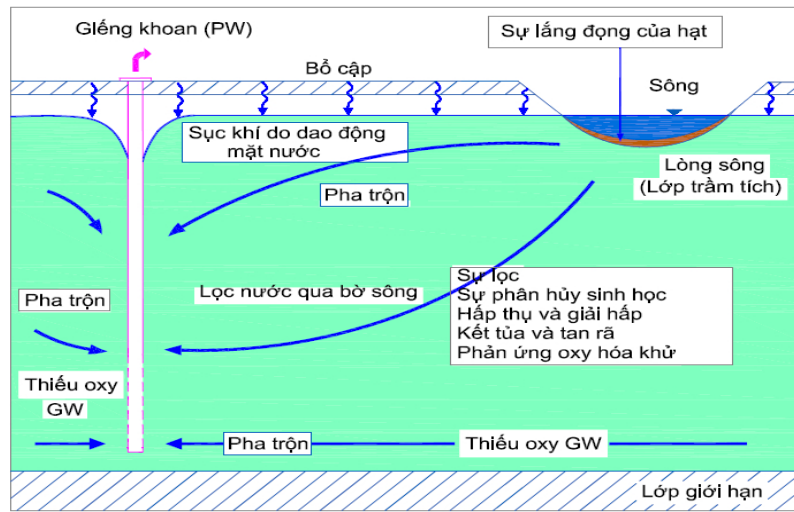
Nước thấm từ sông (RBF) là công nghệ khai thác nước sử dụng các giếng khai thác nước thấm từ nguồn nước mặt như sông hồ. Giếng có ống lọc thu nước được đặt trong tầng chứa nước. Nước thấm lọc có thể được khai thác trong tầng nông là tầng không áp. Nước thấm được bổ cập trực tiếp từ sông vào tầng chứa nước. Nguyên lý bổ cập nước thấm lọc từ sông được thể hiện trên (Hình 5). Nước thấm lọc cũng có thể khai thác trong tầng chứa nước có áp ở những nơi sông cắt trực tiếp vào tầng chứa nước có áp, hoặc ở những vùng ven sông, nước sông bổ cập vào tầng chứa nước không áp, sau đó vào tầng chứa nước có áp thông qua các cửa sổ địa chất thủy văn.



Hình 5. Nguyên lý bổ cập Nước thấm lọc từ sông.

Tại các giếng thấm, khi bơm nước từ giếng, nước mặt được bổ cập vào tầng chứa nước, chảy về giếng. Trầm tích đáy sông, lớp đất đá thềm sông đóng vai trò là bộ lọc tự nhiên loại bỏ nhiều chất ô nhiễm cho chất lượng nước thô tốt hơn [11–13]. Quá trình khai thác nước thấm, nước vào giếng sẽ bao gồm nước mặt và nước ngầm tự nhiên sẵn có trong tầng chứa nước. Nước ngầm tự nhiên khai thác từ hệ thống RBF có chất lượng tốt hơn so với nước ngầm tự nhiên khai thác thông thường, do đã có hiện tượng pha trộn nước mặt và nước ngầm, xảy ra các quá trình phản ứng làm suy giảm các chất ô nhiễm như các quá trình oxy hóa khử,

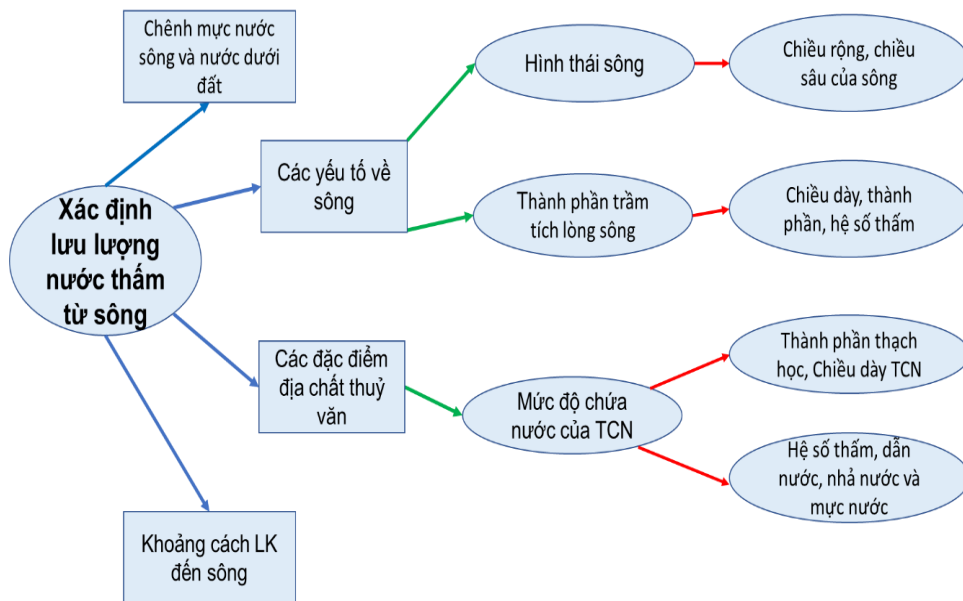
ví dụ thông qua quá trình suy giảm [14] và thay đổi các điều kiện oxy hóa khử [15–16] (Hình 6).



Hình 6. Tổng hợp các quy trình loại bỏ các chất ô nhiễm trong quá trình RBF.

2.3. Cơ sở xác định lưu lượng khai thác nước ngầm

Cơ sở xác định lưu lượng khai thác nước ngầm được thể hiện trên (Hình 7).



Hình 7. Cơ sở xác định lưu lượng khai thác nước ngầm.

Cơ sở của phương pháp xác định lưu lượng nước ngầm từ sông là dựa trên xác định mối quan hệ thủy lực giữa nước sông và NDĐ hoặc sức cản thấm ở đối ven lòng, do lòng sông cắt không hoàn toàn vào lớp chứa nước, do lắng đọng phù sa trên đáy sông và các lớp thấm nước yếu dưới lòng sông.

2.4. Các bài toán nghiên cứu

Nhằm đánh giá xác định vị trí giếng và lưu lượng khai thác cho 1 giếng, số lượng giếng và khoảng cách giữa các giếng trong bãi giếng, tác giả nghiên cứu các bài toán sau:

Bài toán 1: Xác định lưu lượng tối đa có thể khai thác của một giếng

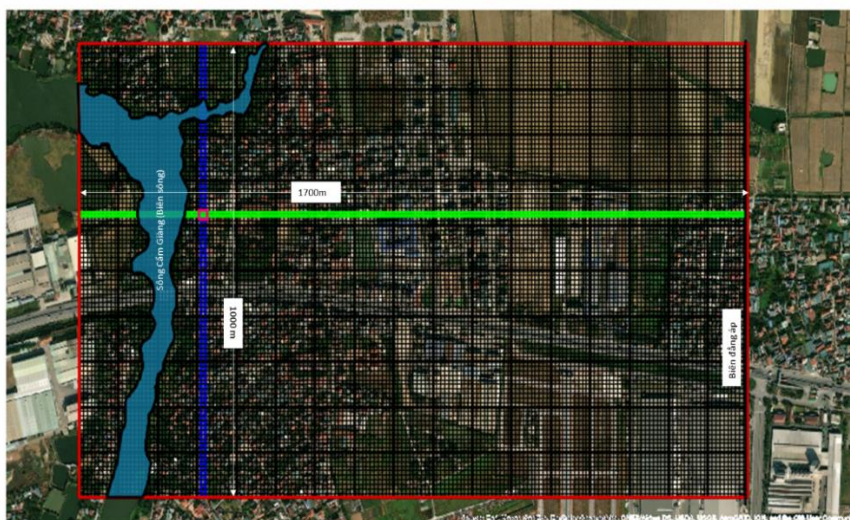
Bài toán 2: Xác định lưu lượng tối đa của mỗi giếng với khoảng cách từ giếng tới sông khác nhau.

Bài toán 3: Xác định lưu lượng tối đa của bãi giếng với khoảng cách giữa các giếng khác nhau.

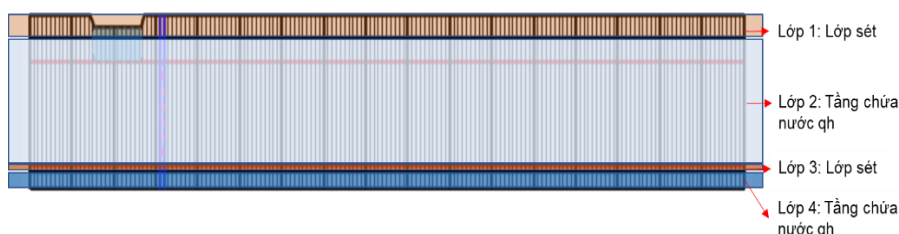
2.5. Thuyết minh mô hình

Giới hạn phạm vi mô hình

Mô hình mô phỏng phạm vi $1700\text{ m} \times 1500\text{ m}$ xung quanh khu vực xây dựng tuyến mặt cắt thí điểm tại Xã Tân Trường, huyện Cẩm Giàng, Hải Dương. Mô hình được chia thành 17000 ô lưới gồm 170 cột ($dx = 10\text{ m}$), và 100 hàng ($dy = 10\text{ m}$) (Hình 8). Dựa theo tài liệu địa chất thủy văn tổng quát của Hải Dương và số liệu khoan khảo sát địa chất thủy văn tại khu vực thí điểm, mô hình được chia thành 4 lớp, như thể hiện trên (Hình 9).



Hình 8. Giới hạn phạm vi mô hình.



Hình 9. Các lớp của mô hình mô phỏng theo tài liệu khoan khảo sát tại Tân Trường.

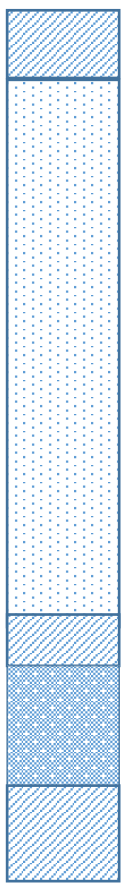


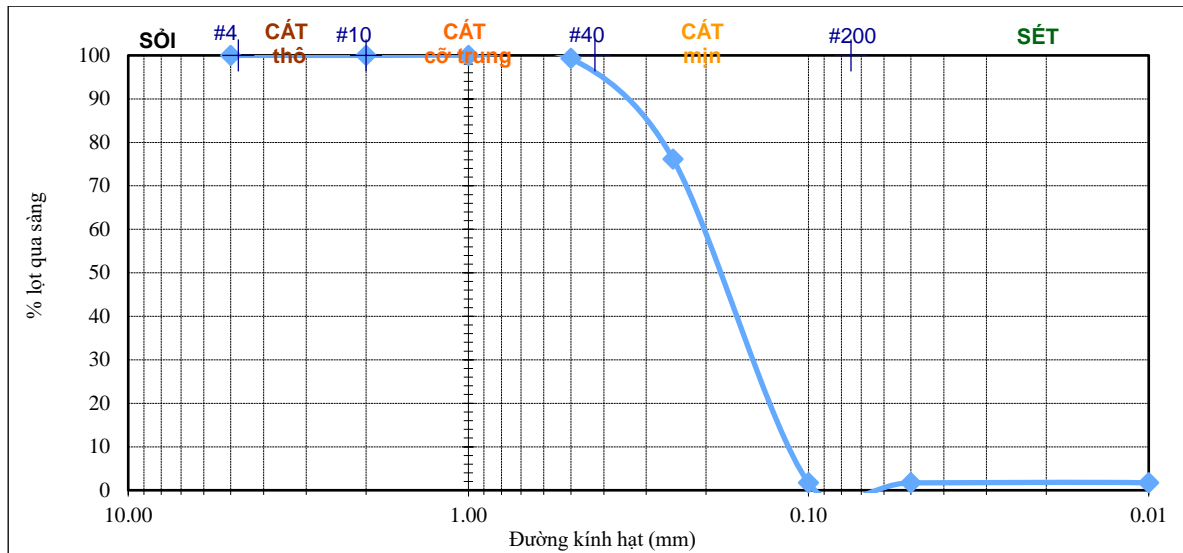
Hình 10. Một số hình ảnh khoan lấy mẫu và thi công giếng tại vị trí thí điểm Tân Trường.

Với cấu trúc địa tầng tại vị trí nghiên cứu Tân Trường, tầng chứa nước lỗ hổng qh được ngăn cách với tầng qh2 bằng lớp sét, nước được thấm trực tiếp từ sông Cẩm Giàng trong tầng qh, nghiên cứu thấm lọc qua bờ sông tại Tân Trường, mô hình chỉ mô phỏng quá trình thấm

trực tiếp từ nước sông đến tầng chứa nước qh. Khoan lấy mẫu được thực hiện ngày 7/5/2020. Các mẫu tầng chứa nước được lấy theo độ sâu như (Bảng 1). Các thí nghiệm xác định phân bố hạt của các lớp địa tầng tại địa điểm nghiên cứu đã được thực hiện. Hình 13 thể hiện phân bố hạt tại lớp cát mịn ở độ sâu 12–12,5 m. Kết quả tính toán cho thấy hệ số thấm tại vùng nghiên cứu Tân Trường, Cẩm Giàng thay đổi từ 0,43–17 m/ngày, độ rỗng dao động từ 0,26–0,44 (Bảng 1). Với lớp cách nước yếu (sét, bột sét) nằm trên bề mặt, hệ số thấm là 0,04 m/ngày. Các dữ liệu này được nhập vào mô hình để mô phỏng quá trình thấm.

Bảng 1. Kết quả khoan khảo sát địa tầng (Lỗ Khoan Trung Tâm TT).

Địa tầng	Độ sâu (m)	Mô tả hạt	Kết quả tính hệ số thấm (K) từ thí nghiệm sàng (m/s)	Kết quả tính toán độ rỗng
	1	Sét	4.24E-07	0,26
	2	Sét		
	3	Cát hạt mịn	4.49E-05	0,45
	4	Cát hạt mịn	3.94E-4	0,44
	5	Cát hạt mịn		
	6	Cát hạt mịn	1.67E-4	0,43
	7	Cát hạt mịn		
	8	Cát nhỏ	2.6E-4	0,43
	9	Cát nhỏ		
	10	Cát nhỏ		
	11	Cát nhỏ	1.95E-4	0,44
	12	Cát nhỏ		
	13	Cát nhỏ	1.81E-4	0,44
	13,5	Sét		
	14	Cát cỡ trung		
	15	Cát cỡ trung lẫn vụn vỏ sò		
	16	Sét		
	16,2	Sét		



Hình 11. Phân bố hạt tại lớp 12–12,5 m.

Điều kiện biên của mô hình

Các biên tự nhiên trong phạm vi lập mô hình được mô phỏng bằng các loại điều kiện biên. Trong mô hình này sử dụng hai loại điều kiện biên sau:

Biên tổng hợp (*General Head*)

Biên tổng hợp, cụ thể biên sông (*RIV package – MODFLOW*) được gán cho sông Cẩm Giàng. Số liệu nhập vào cho loại biên này bao gồm cao độ tuyệt đối của mực nước sông, và hệ số sức cản lòng sông ($0,05 \text{ m}^2/\text{d}$).

Biên mực nước xác định (*Constant Head Boundary*)

Biên mực nước xác định được nhập vào mô hình tại ranh giới phía Đông của mô hình, tại m 1700. Số liệu cao độ tuyệt đối mực nước dưới đất của mô hình được nội suy từ gradient dòng chảy đo tại mực nước sông và lỗ khoan quan trắc trong phạm vi khảo sát. Trung bình gradient dòng chảy tại khu vực nghiên cứu là $0,01 \text{ m/m}$.

Hiệu chỉnh mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh bằng phương pháp thử dần để giảm sự khác biệt giữa cao độ tuyệt đối mực nước dưới đất quan trắc và cao độ tuyệt đối mực nước do mô hình tính toán tại 4 lỗ khoan quan trắc. Trong quá trình hiệu chỉnh, hệ số thấm trung bình, hệ số sức cản lòng sông, hệ số nhả nước đàn hồi được hiệu chỉnh.

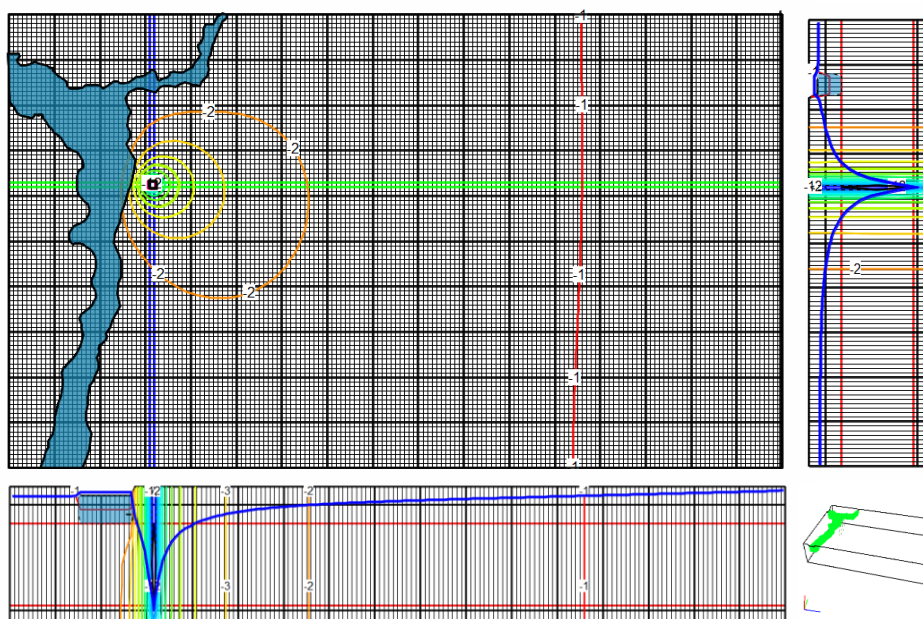
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả mô hình

Bài toán 1: Xác định lưu lượng tối đa tại giếng khai thác

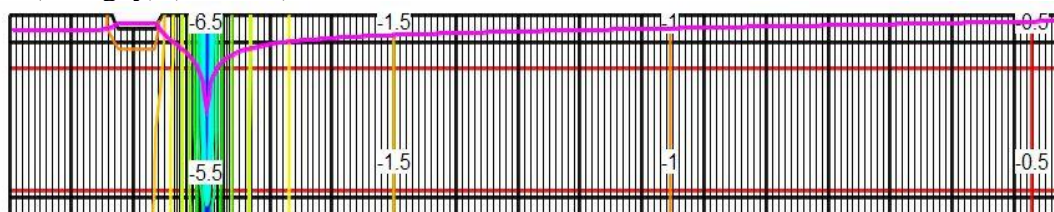
Bài toán này được mô phỏng với giếng đơn độc lập, khoảng cách từ giếng tới sông là 50 m. Bài toán được mô phỏng với 2 trường hợp.

Trường hợp 1: Bài toán giả định, giếng được bơm với độ hạ thấp mực nước tối đa là 11 m, cách đáy của tầng chứa nước 2 m. Kết quả mô phỏng (mô hình đã hiệu chỉnh) cho thấy lưu lượng khai thác tối đa từ tầng chứa nước qh có thể đạt được là $Q_{\max} = 2013 \text{ (m}^3/\text{ngày)}$, như được thể hiện trên (Hình 12).



Hình 12. Độ hạ thấp tối đa 11 m.

Trường hợp 2: Độ hạ thấp an toàn trong thiết kế giếng 1/3 chiều dày tầng chứa nước, hoặc tối đa 5 m từ mái tầng chứa nước. Do mô hình Tân Trường có lớp cách nước dày 2 m trên bề mặt. Nên độ hạ thấp tối đa là 7 m từ mặt đất, lưu lượng khai thác đạt được là $Q_{\max} = 1330 \text{ (m}^3\text{/ngày)}$ (Hình 13).



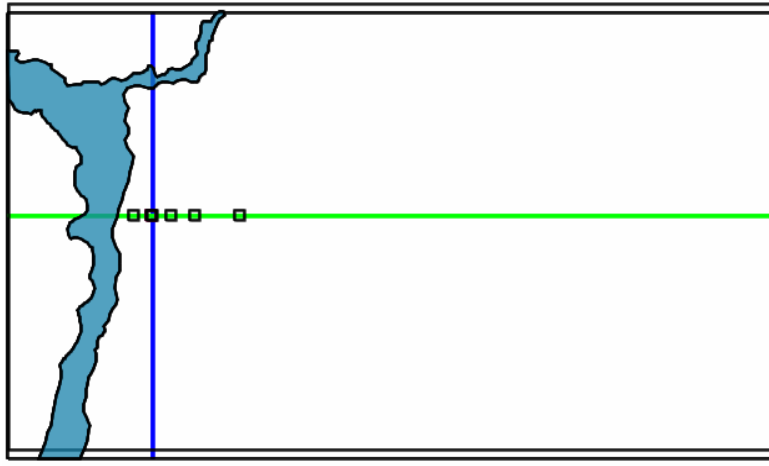
Hình 13. Độ hạ thấp trong thiết kế giếng và đặt máy bơm 7 m.

Bài toán 2: Xác định lưu lượng tối đa của giếng khai thác với khoảng cách từ sông khác nhau

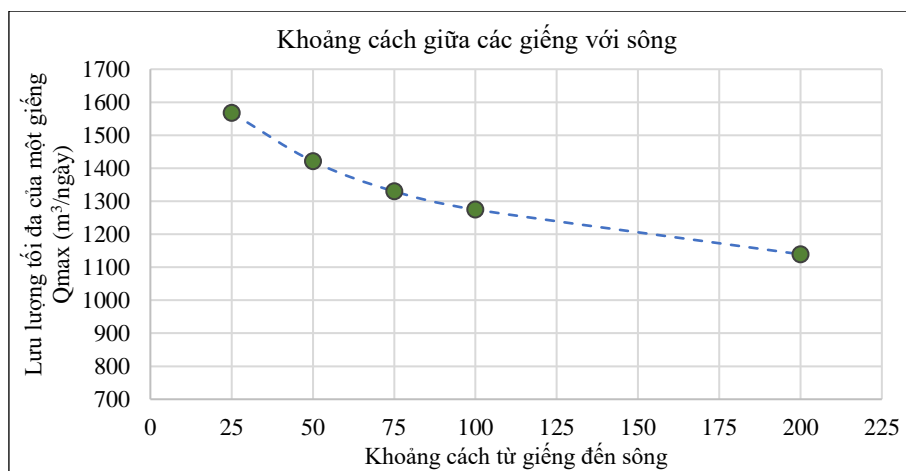
Lưu lượng khai thác tối đa của giếng với khoảng cách tới sông khác nhau được tính toán cho kết quả thể hiện ở (Bảng 2 và Hình 14). Kết quả cho thấy, với khoảng cách từ giếng tới sông giảm từ 200 tới 25 m, lưu lượng khai thác thu được tăng từ 1139 lên 1568 $\text{m}^3\text{/ng.đêm}$ (Hình 15).

Bảng 2. Khoảng cách từ giếng tới sông và lưu lượng khai thác tối đa.

Khoảng cách từ giếng tới sông (m)	Tổng lưu lượng ($\text{m}^3\text{/s}$)	Lưu lượng mỗi giếng ($\text{m}^3\text{/d}$)
25	1.82E-02	1568
50	1.64E-02	1421
75	1.539E-02	1330
100	1.48E-02	1275
200	1.32E-02	1139



Hình 14. Sơ đồ mô phỏng giếng với khoảng cách từ giếng đến sông khác nhau.



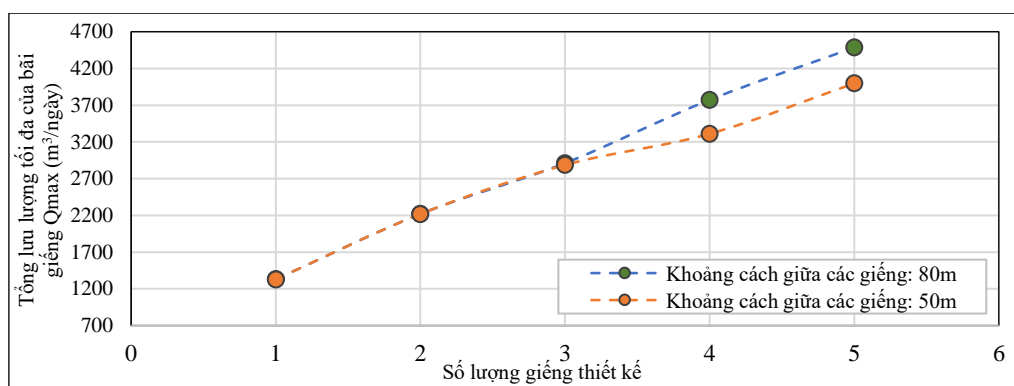
Hình 15. Lưu lượng khai thác tối đa của giếng với khoảng cách tới sông khác nhau.

Bài toán 3: Xác định lưu lượng tối đa của bãi giếng khai thác với khoảng cách giữa các giếng khác nhau

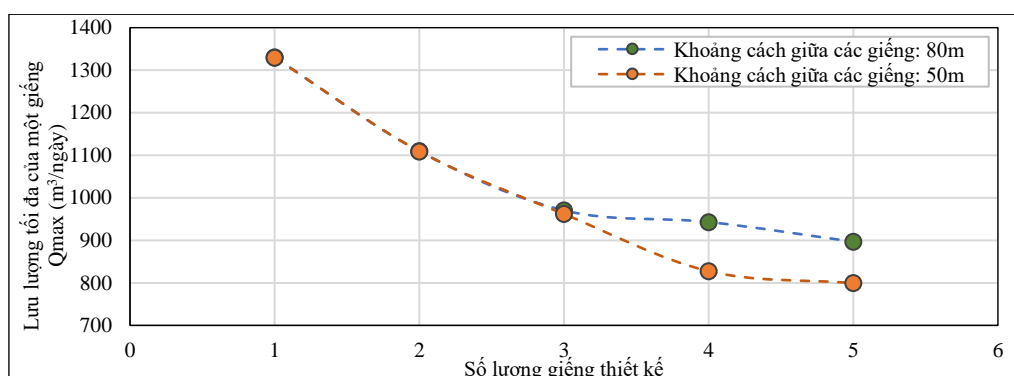
Lưu lượng tối đa tại bãi giếng với khoảng cách giữa các giếng khác nhau được tính toán cho kết quả thể hiện trên (Bảng 3 và Hình 16, 17). Kết quả cho thấy, với bãi giếng tới 5 giếng, khoảng cách giữa các giếng là 80, lưu lượng khai thác tổng cộng của bãi giếng đạt 4485 $m^3/ng.đêm$, với khoảng cách giữa các giếng là 50, lưu lượng khai thác tổng cộng giảm, đạt 3997 $m^3/ng.đêm$.

Bảng 3. Kết quả tính toán lưu lượng tối đa cho cả bãi giếng.

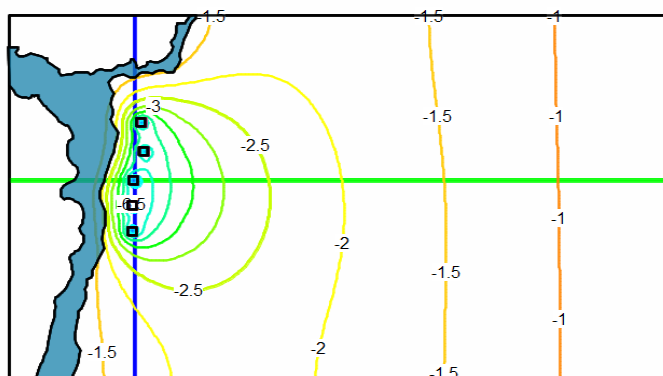
Bãi giếng	Khoảng cách giữa các giếng: 80m		Khoảng cách giữa các giếng: 50m	
	Tổng lưu lượng (m^3/d)	Lưu lượng mỗi giếng (m^3/d)	Tổng lưu lượng (m^3/d)	Lưu lượng mỗi giếng (m^3/d)
1 giếng	1330	1330	1330	1330
2 giếng	2219	1110	2218	1109
3 giếng	2911	970	2886	962
4 giếng	3772	943	3310	828
5 giếng	4485	897	3997	799



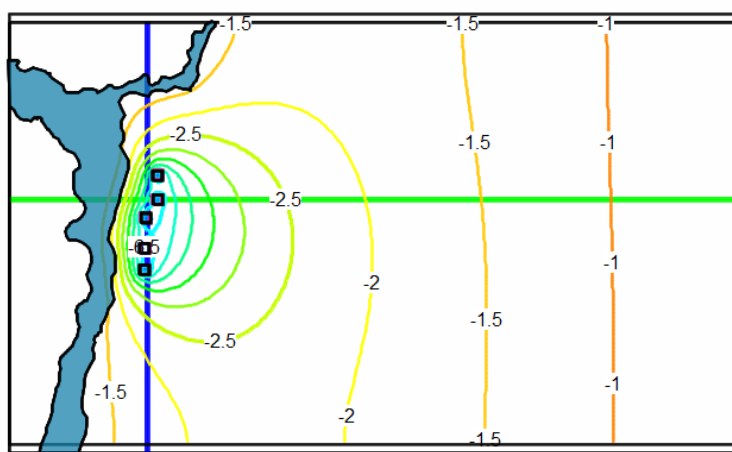
Hình 16. Tổng lưu lượng tối đa của bãi giếng (m³/ngày).



Hình 17. Lưu lượng tối đa của một giếng trong bãi giếng (m³/ngày).



Hình 18. Sơ đồ mô phỏng giếng với khoảng cách giữa các giếng là 80 m.



Hình 19. Sơ đồ mô phỏng giếng với khoảng cách giữa các giếng là 50 m.

4. Kết luận

Kết quả mô phỏng dòng chảy ngầm xác định lưu lượng khai thác tại địa điểm nghiên cứu điển hình áp dụng công nghệ RBF tại Tân Trường, bên bờ sông Cẩm Giàng (sông đào Bắc Hưng Hải), Hải Dương, cho thấy có thể khai thác nước ngầm ổn định lên tới 1330 m³/ng.đêm cho 1 giếng đơn, bãi giếng 5 giếng với khoảng cách giữa các giếng 80 m cho lưu lượng khai thác đạt gần 4500 m³/ng.đêm.

Áp dụng công nghệ RBF, khai thác nước sông qua tầng thấm lọc thềm sông thu được nước với lưu lượng đáng kể và có chất lượng tốt hơn nhờ tầng lọc ven sông. Công nghệ RBF đặc biệt có ý nghĩa ở các khu vực hạn chế khai thác nước dưới đất và có nguồn nước mặt có chất lượng kém, yêu cầu xử lý phức tạp, như ở khu vực Cẩm Giàng Hải Dương. Kết quả nghiên cứu góp phần chứng minh công nghệ RBF có thể được áp dụng như một giải pháp nguồn nước mới phục vụ cấp nước sinh hoạt và sản xuất.

Kết quả nghiên cứu còn hạn chế, chưa bơm thử với các dải lưu lượng khác nhau để có thêm dữ liệu hiệu chỉnh mô hình, chưa tiến hành lấy mẫu phân tích đồng vị để xác định được tỷ lệ nước mặt nước ngầm trong nước thấm khai thác từ giếng thí nghiệm. Cần thiết tiếp tục nghiên cứu góp phần hoàn thiện công nghệ

Đóng góp cho nghiên cứu: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.T.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: Đ.T.H., H.T.N.A.; Thu thập, phân tích, xử lý số liệu: H.T.N.A., N.T.H.; Viết bản thảo bài báo: N.T.H., Đ.T.H., H.T.N.A.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.T.H.

Lời cảm ơn: Bài báo này được hoàn thành trong khuôn khổ thực hiện Đề tài nghiên cứu theo Nghị định thư giữa Bộ Khoa học Công nghệ Việt Nam và Bộ Nghiên cứu và giáo dục Cộng hòa liên bang Đức, mã số đề tài 60.GER-19: “Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ khai thác nước thấm từ sông ở Việt Nam phục vụ sinh hoạt và sản xuất”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài Liệu Tham khảo

1. Asian Development Bank. Viet Nam Water Sector Review, Project Number: 40621-012, 2008.
2. Ly, T.M. Arsenic contamination in groundwater in Vietnam: An overview and analysis of the historical, cultural, economic, and political parameters in the success of various mitigation options. 2012.
3. Bennett, S. Arsenic-Poisoned Water Threatens Vietnamese in "Alarming" Study, Bloomberg.com, 17 January 2011. 2011.
4. Công ty kinh doanh nước sạch Hà Nội. Đánh giá chất lượng nước ngầm và hiệu quả xử lý nước. 2006.
5. Tufenkji, N.; Ryan, J.N.; Elimelech, M. Peer reviewed: the promise of bank filtration. ed: ACS Publications, 2002.
6. Schubert, J. Hydraulic aspects of riverbank filtration-field studies. *J. Hydrol.* **2002**, 266(3-4), 145-161.
7. Ray, C.; Grischek, T.; Schubert, J.; Wang, J.Z.; Speth, T.F. A perspective of riverbank filtration. *J. Am. Water Works Assn.* **2002**, 94(4), 149-160.
8. Sandhu, C.; Grischek, T.; Kumar, P.; Ray, C. Potential for riverbank filtration in India. *Clean Technol. Environ. Policy* **2011**, 13(2), 295-316.
9. Ray, C. Worldwide potential of riverbank filtration. *Clean Technol. Environ. Policy* **2008**, 10(3), 223-225.
10. Đản, N.V. Xây dựng công trình khai thác thấm là giải pháp tốt để bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất. Trang thông tin điện tử Trung tâm quy hoạch và điều tra tài nguyên nước quốc gia, 2018.

11. Hubbs, S.; Hunt, H.; Schubert, J. The costs and benefits of riverbank-filtration systems. in *The Second International Riverbank Filtration Conference, Riverbank Filtration: The Future is Now*, 2003, pp. 3–6.
12. Tyagi, S.; Dobhal, R.; Kimothi, P.; Adlakha, L.; Singh, P.; Uniyal, D. Studies of river water quality using river bank filtration in Uttarakhand, India. *Water Qual. Exposure Health* **2013**, 5(3), 139–148.
13. Sontheimer, H. Experience with riverbank filtration along the Rhine River. *J. Am. Water Works Assn.* **1980**, 72(7), 386–390.
14. Kuehn, W.; Mueller, U. Riverbank filtration: an overview. *J. Am. Water Works Assn.* **2000**, 92(12), 60–69.
15. Bourg, A.C.; Bertin, C. Biogeochemical processes during the infiltration of river water into an alluvial aquifer. *Environ. Sci. Technol.* **1993**, 27(4), 661–666.
16. Hiscock, K.M.; Grischek, T. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. *J. Hydrol.* **2002**, 266(3–4), 139–144.

Evaluation of the effectiveness of improving water quality by appying riverbank filtration technology

Nguyen Trung Hieu¹, Doan Thu Ha^{1*}, Hoang Thi Ngoc Anh²

¹ Thuy loi University; trunghieu.ma@hotmail.com; thuha_ctn@tlu.edu.vn;

² University of Applied Sciences Dresden, Germany; thingocanh.hoang@htw-dresden.de

Abstract: The demand for water is increasing and the water source is increasingly depleted and polluted. Riverbank filtration (RBF) technology with outstanding advantages: i) A relatively large volume of water could be obtained by direct infiltration from the river into the well; ii) Capable of treating river water by the riverbed filter layers. The author conducted the research in Tan Truong commune, on Cam Giang riverbank. Conducting field experiments and simulating underground flow shows that stable seepage water up to 1330 m³/day can be extracted for a single well. The 5–well well yard with the distance between the wells is 80 m for the exploitation flow of nearly 4500 m³/day. Research results show that RBF technology can exploit relatively large infiltration water volume, good water quality and sustainability, and can be applied in water supply for domestic and industrial uses.

Keywords: Riverbank filtration; Seepage water flow; Filtration water quality.