

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐẬP NGẦM NHẪM LƯU TRỮ VÀ CHỐNG THẮT THOÁT NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRONG CÁC THÀNH TẠO ĐỆ TỨ KHÔNG PHÂN CHIA KHU VỰC VEN BIỂN NAM TRUNG BỘ

Nguyễn Thành Công, Nguyễn Huy Vượng,
Trần Văn Quang, Vũ Đình Hùng, Phan Việt Dũng
Viện Thủy Công
Nguyễn Bách Thảo
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Trên địa bàn Nam Trung Bộ, các trầm tích đệ tứ không phân chia chủ yếu phân bố dọc theo các lòng sông suối, có thành phần chủ yếu là cát hạt thô, cuội tảng, ..., có độ dốc tương đối lớn. Trên mặt cắt ngang của các sông suối, các thành tạo này thường được giới hạn bởi các đới đất đá thấm nước yếu. Vì vậy nước dưới đất có xu hướng theo độ dốc thủy lực của các trầm tích này thoát ra sông suối, làm tổn thất một lượng lớn nước ngọt của tầng chứa nước dẫn đến thiếu nước ngọt phục sinh hoạt và sản xuất về mùa khô. Đập ngầm là dạng công trình cắt ngang qua tầng chứa nước ngăn không cho dòng ngầm thoát về hạ lưu làm dâng mực nước ngầm trước đập và nhằm giữ nước trong các tầng chứa nước. Kết quả phân tích các cấu trúc địa chất thủy văn đặc trưng của các thành tạo đệ tứ khu vực Nam Trung Bộ cho thấy đập ngầm là dạng công trình phù hợp để lưu giữ và chống thất thoát nước dưới đất trong thành tạo này. Sử dụng mô dòng chảy Visual Modflow để mô phỏng khả năng lưu giữ nước cho một lưu vực tại xã Xuân Phương – thị xã Sông Cầu- tỉnh Phú Yên cho thấy đập ngầm có thể lưu giữ được khoảng 1.035.254,07 m³/năm để phục vụ sinh hoạt và sản xuất cho người dân trong vùng.

Từ khóa: Đập ngầm; lưu giữ nước dưới đất; trầm tích đệ tứ không phân chia, Nam Trung Bộ.

Summary: In the South Central Region, the undifferentiated quaternary sediment is mainly distributed along rivers and streams, consisting mainly of coarse sand, pebbles, ..., with a relatively steep slope. On the cross-section of these rivers and streams, these formations are often underlined by poorly permeable rock layers. Therefore, groundwater tends to flow downstream through these sediments into the rivers, resulting in a significant loss of freshwater from the aquifer, leading to water scarcity for domestic and agricultural purposes during the dry season.

Subsurface dams are structures that cut across the aquifer to prevent the groundwater flow from draining downstream. This aims to raise the groundwater level and retain water within the aquifer layers. Analysis of the hydrogeological characteristics in the South Central region indicates that subsurface dams are suitable structures to retain water in and prevent water loss from the undifferentiated quaternary formation in the region.

Using Visual Modflow to simulate the water storage capacity for a specific area in Xuan Phuong commune, Phu Yen province showed that a subsurface dam can retain approximately 1,035,254.07 m³ per year for local water supply.

Keywords: Underground dams, groundwater retaining, undifferentiated quaternary sediment, South Central Region.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đập ngầm là dạng công trình cắt ngang qua tầng chứa nước ngăn không cho dòng ngầm

thoát về hạ lưu nhằm dâng dòng chảy nước ngầm tự nhiên và, giữ nước trong các tầng chứa nước trước đập, ngoài ra đập ngầm còn có thể ngăn mặn trữ ngọt, để cung cấp cho các nhu cầu dùng nước. Đập ngầm được coi là một giải pháp kỹ thuật có chi phí thấp, có khả năng hỗ trợ cộng đồng dân cư trong các khu vực

Ngày nhận bài: 27/11/2023

Ngày thông qua phản biện: 08/01/2024

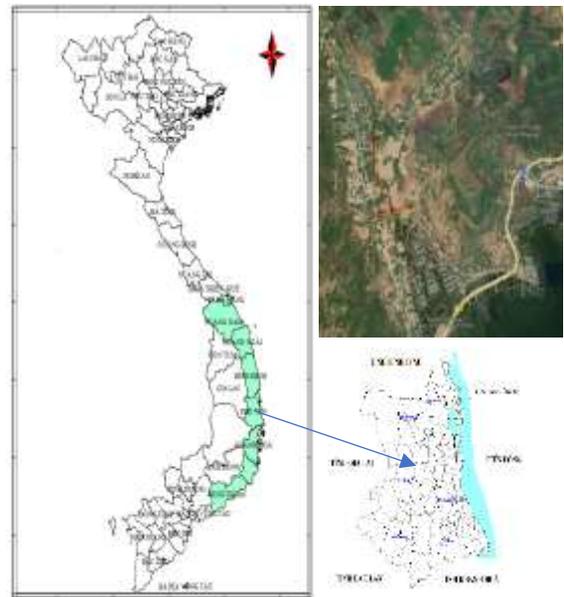
Ngày duyệt đăng: 01/02/2024

nguồn nước mặt khan hiếm, vùng khô hạn. Tuy không được coi là một giải pháp phổ biến trong quản lý tài nguyên nước, nhưng đập trữ nước ngầm được đánh giá là một biện pháp có tác dụng cao trong việc giải quyết thiếu hụt nguồn nước khi những biện pháp trữ nước thông thường không phù hợp hoặc không áp dụng được. Thay vì sử dụng các biện pháp trữ nước thông thường, việc sử dụng đập trữ nước ngầm để tích trữ nước có thể tránh được những bất lợi như bốc hơi mặt nước cao, nguy cơ về ô nhiễm môi trường, nhiễm mặn.

Vùng ven biển Nam Trung Bộ (NTB) bao gồm các tỉnh, thành phố Đà Nẵng, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận (hình 1), với diện tích xấp xỉ 39.118,44 km² và dân số vào khoảng 8.341.392 người.

Các sông suối trong vùng NTB thường ngắn, bắt nguồn từ các dãy núi phía Tây (sông dài, vừa) hoặc trong nội vùng (sông, suối ngắn), dốc và hẹp ở thượng lưu, thoải và nông rộng ở đồng bằng ra đến biển. Mật độ khá dày, chia cắt đồng bằng khá mạnh. Do điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa, mưa tập trung vào 2 đến 3

tháng trong mùa mưa chiếm 70-80% lượng mưa cả năm, mưa ít vào mùa khô. Các sông NTB có lũ lớn, tập trung nhanh, thường gây úng ngập nặng nề kéo dài trong mùa mưa ở đồng bằng. Nhưng, về mùa khô, lưu lượng sông rất nhỏ, rất nhiều sông suối không có dòng chảy, khô cạn.



Hình 1: Bản đồ vị trí khu vực nghiên cứu



(a)



(b)

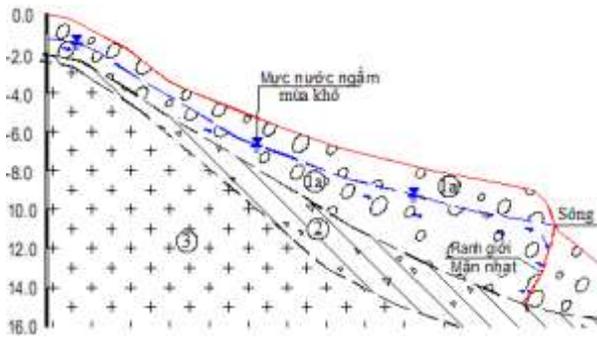
Hình 2: Lòng suối về mùa khô. a) – Suối Cạn An Hiệp, Tuy An, Phú Yên; b) – Suối An Hội, Hoài Sơn, Hoài Nhơn, Bình Định)

Trên địa bàn Nam Trung Bộ các trầm tích đệ tứ không phân chia chủ yếu phân bố dọc theo các lòng sông suối, có thành phần chủ yếu là cát hạt thô, cuội tảng, ..., có độ dốc tương đối

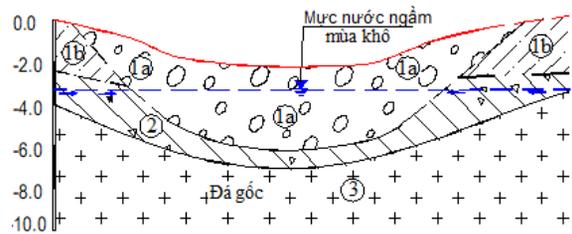
lớn. Trên mặt cắt ngang của các sông suối, các thành tạo này thường được giới hạn bởi các đới đất đá thấm nước yếu phía dưới (hình 3). Vì vậy nước dưới đất có xu hướng theo độ dốc

thủy lực của các trầm tích này thoát ra sông suối, làm tổn thất một lượng lớn nước ngọt của tầng chứa nước dẫn đến thiếu nước ngọt phục

sinh hoạt và sản xuất cũng như hiện tượng hoang mạc hóa.



(a)



(b)

Hình 3: Mặt cắt địa chất thủy văn đặc trưng của các thành tạo đệ tứ không phân chia, khu vực Nam Trung Bộ. a) – Dọc lòng suối; b) Ngang Lòng suối

Từ cấu trúc địa chất thủy văn nêu trên cho thấy có thể sử dụng đập ngầm để lưu giữ và giảm thiểu lượng nước dưới đất thất thoát ra biển, sông và các đầm phá mặt khác đập ngầm cũng có thể ngăn không cho dòng ngầm xâm nhập mặn vào tầng chứa nước.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hansson và Nilsson, 1986 [1] đã chia đập ngầm thành 2 loại đập chính là đập ngầm và đập trữ cát. Đập ngầm là loại đập được xây dựng dưới mặt đất để ngăn dòng chảy của tầng chứa nước tự nhiên về phía hạ lưu. Đập trữ cát là loại đập được xây dựng trên mặt đất nhằm lưu giữ các trầm tích hạt thô, nước được trữ lại trong lỗ rỗng của các trầm tích này tạo nên tầng chứa nước mới, tùy theo lượng trầm tích của dòng mặt có thể mang đến mà chiều cao của đập được bổ sung hàng năm để nâng cao dung tích của tầng chứa.

Theo Nilsson (1988) [2], tại châu Âu đập ngầm được xây dựng ở các quốc gia Đức, Pháp, Hy Lạp và Ý với nhiệm vụ chủ yếu để nâng cao mực nước ngầm cho các tầng chứa nước. Đập ngầm có chức năng chủ yếu bảo vệ chống lại sự xâm nhập của nước biển vào nước

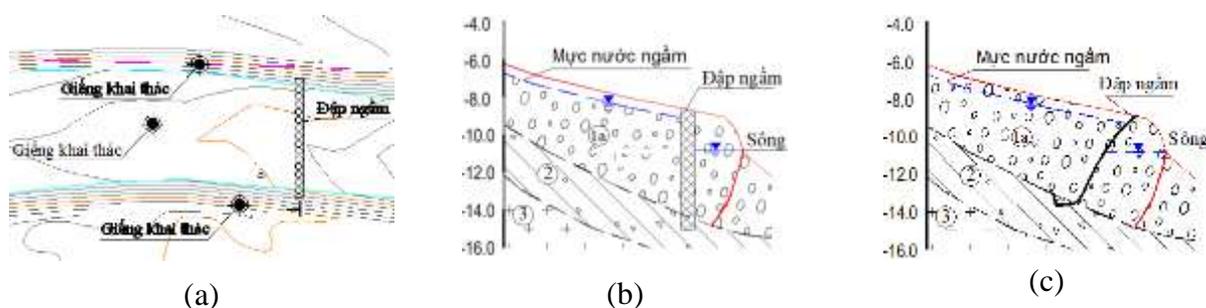
ngọt của tầng chứa nước đã được đề xuất ở Nam Tư và Hy Lạp. Tại châu Phi đập ngầm có quy mô lớn được xây dựng tại Maroc, Algeria và Tanzania với mục đích lưu trữ nước để cung cấp nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất, đập trữ cát được xây dựng ở vùng Machakos, Kenya. Ở Nam Mỹ, Brazil là một quốc gia sử dụng số lượng khá lớn các đập nước ngầm với mục đích lưu giữ nước. Tại Bắc Mỹ, đập ngầm có lịch sử xây dựng từ lâu với mục đích lưu giữ nước trong các vùng sa mạc khô cằn ở các vùng phía Tây-Nam Hoa Kỳ và miền bắc Mexico. Tại châu Á, các đập ngầm được phổ biến khá rộng rãi ở Ấn Độ, Nhật Bản và Thái Lan.

Tại Việt Nam, đập ngầm đã được xây dựng để lưu trữ và cấp nước sinh hoạt cho 154 hộ dân tại xã Nậm Cha – huyện Sin Hồ tỉnh Lai Châu (Nguyễn Quốc Dũng, 2013 [3]), cấp nước sinh hoạt cho 2 trường tiểu học và 50 hộ dân tại xã Nậm Lịch – Huyện Mường Ảng – tỉnh Điện Biên (Nguyễn Huy Vương, 2022 [4]).

Trên cơ sở phân tích cấu trúc địa chất thủy văn đặc trưng của các thành tạo đệ tứ không phân chia trên địa bàn Nam Trung Bộ, nghiên cứu này đề xuất phương pháp tính toán thiết kế đập

ngầm và sử dụng mô hình số Visual Modflow để mô phỏng khả năng lưu giữ nước cho một công trình cụ thể tại xã Xuân Phương – thị xã Sông Cầu- tỉnh Phú Yên. Các thông số địa chất thủy văn của các tầng chứa nước được xác định bằng công tác hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan địa chất thủy văn. Ngoài ra, các tài liệu khác như khí tượng, thủy văn, hiện trạng khai thác nước dưới đất các công trình có được qua công tác điều tra, thu thập.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU



Hình 4: Minh họa đập ngầm a) Mặt bằng; b, c) Cắt dọc sông; b) tường cứng; c) tường mềm

b) Phân loại theo vật liệu và phạm vi áp dụng đập ngầm

Theo vật liệu cấu thành đập, có 5 loại đập phổ biến với phạm vi tương ứng như sau: (1) Đập ngầm bằng vải chống thấm: Áp dụng khi chiều sâu đập từ 3,0 m trở xuống, thi công hố móng khô, lưu lượng dòng ngầm nhỏ; (2) Đập ngầm bằng đất đầm nén: Áp dụng khi chiều sâu đập từ 5,0 m trở xuống, thi công hố móng khô; (3) Đập ngầm bằng tường hào bentonite: Áp dụng cho tầng chứa nước lỗ rỗng trong trường hợp đập ngầm có chiều sâu lớn hơn 3,0 m và có thể thi công trong môi trường bão hòa nước. Nhược điểm khó kiểm soát chất lượng và giá thành cao; (4) Đập ngầm bằng vữa xi măng thi công bằng phương pháp Jet grouting: Áp dụng cho tầng chứa nước lỗ rỗng, chiều sâu đập từ 5,0 m trở lên, có thể thi công được trong môi trường bão hòa nước; (5) Đập ngầm bằng vữa xi măng thi công bằng công nghệ khoan phụt truyền thống: Áp dụng cho tầng chứa nước khe nứt.

3.1. Sơ đồ công nghệ của giải pháp

a) Kết cấu của đập ngầm

Đập ngầm được cấu tạo bởi các loại vật liệu có khả năng chống thấm cắt qua tầng chứa nước và thường cắm sâu vào đới thấm ít từ 0,5m đến 1m (hình 4). Đập ngầm thường có kết cấu dạng tường, có thể cấu tạo từ các loại vật liệu có khả năng chống thấm như bê tông, đất đầm nén, xi măng đất, hỗn hợp bentonite (tường cứng), hoặc đơn giản chỉ là vải chống thấm (tường mềm - hình 4c).

3.2. Phương pháp tính toán

Khi xây dựng đập ngầm cắt qua tầng chứa nước ngăn dòng ngầm thoát về phía hạ lưu, nước ngầm được giữ lại ở khu vực thượng lưu đập tạo thành một hồ ngầm với điều kiện bổ cập và tổn thất nước từ hồ ngầm tương đồng với hồ trữ nước mặt. Các thông số cơ bản của hồ ngầm được thể hiện tại hình 5:

Đập ngầm được thi công cắm sâu vào đới thấm ít (cách nước) khoảng 1,0 m, chiều cao của đập (H_d) được tính bằng chiều dày của tầng chứa nước tại vị trí xây dựng đập + 1,0m. Bề rộng của đập B_d tùy theo vật liệu làm đập, tuy nhiên nên chọn $B_d \geq 1m$. Chiều dài L_d của đập là chiều rộng của tầng chứa nước tại vị trí xây dựng đập, cộng với mỗi bên vai 1,0 m sâu vào lớp ít thấm.

Dung tích của hồ chứa V_h được tính theo công thức (1):

$$V_h = n * H_{tb} * F_h \quad (1)$$

Trong đó: n – độ lỗ rỗng của tầng chứa nước

(%); H_{tb} – Chiều dày trung bình của tầng chứa nước (m); F_h – Diện tích bề mặt tầng chứa nước (m^2).

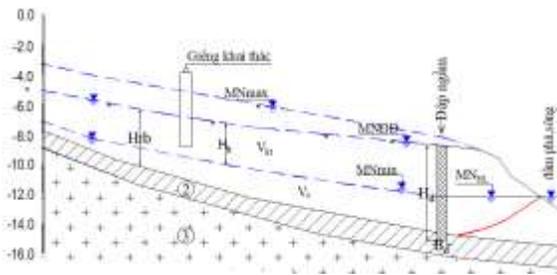
Lượng nước đến Q_d ($m^3/ngày$ đêm) của hồ ngầm được tính theo công thức (2)

$$Q_d = M_d * F_{lv} * 86,4 \quad (2)$$

Trong đó: M_d – mô đun dòng ngầm của khu vực ($l/s/km^2$); F_{lv} - Diện tích của lưu vực

Trữ lượng có thể khai thác của hồ ngầm được tính theo công thức 3:

$$V_{kt} = n * H_h * F_h + M_d * F_{lv} * 86,4 \quad (3)$$



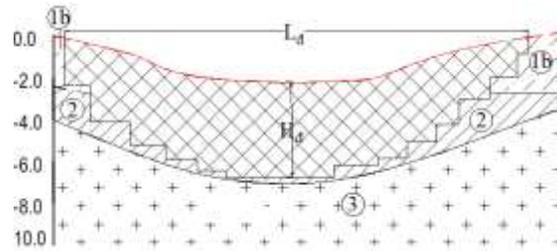
Trong đó là H_h là chiều sâu khai thác tính từ đỉnh đập đến mực nước nhỏ nhất MNmin.

Lượng nước tồn thất nền và thân đập được tính theo công thức 4

$$V_{tt} = (q_d * L_d + q_n * L_d) * t \quad (4)$$

Trong đó: q_d , q_n - lưu lượng đơn vị dòng thấm qua đập và nền; t là thời gian tính tồn thất.

Ngoài phương pháp giải tích nêu trên có thể sử dụng mô hình số để mô phỏng tính toán các thành phần cân bằng nước cho hồ ngầm.



Hình 5: Minh họa các thông số tính toán của hồ ngầm

3.3. Sử dụng mô hình Visual Modflow mô phỏng quá trình hoạt động của đập ngầm tại xã Xuân Phương thị xã Sông Cầu – tỉnh Phú Yên

Phần mềm Visual Modflow được phát triển bởi Hãng Waterloo Hydrogeologic Inc. hoạt động trên hệ điều hành Windows với nguyên lý tính toán cho dòng chảy 3 chiều, về cơ bản sự mô phỏng được thể hiện qua các phương trình sau:

Phương trình Darcy:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) \pm W = S_y \frac{\partial h}{\partial t}$$

Trong đó: K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} : các hệ số thấm theo phương x, y và z ; S_y : hệ số nhả nước; h : cao độ mực nước tại thời điểm t ; W : mô đun dòng ngầm, hay là giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của nước ngầm tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t ; $W(x, y, z, t)$ là hàm số phụ thuộc vào thời gian và không gian (x, y, z) .

Phương trình Dupuy:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(Kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(Kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) \pm W = S_y \frac{\partial h}{\partial t}$$

Trong đó: K : hệ số thấm; h : cao độ mực nước tại thời điểm t ; W : mô đun dòng ngầm, hay là giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của nước ngầm; S_y : hệ số nhả nước.

Mô hình dòng chảy nước dưới đất Visual Modflow được ứng dụng rộng rãi trong địa chất thủy văn để đánh giá trữ lượng nước dưới đất, nghiên cứu xâm nhập mặn, nhiễm bẩn các tầng chứa nước, dự báo, đánh giá hiệu quả của các kịch bản, mô hình bổ sung nhân tạo, lưu giữ nước dưới đất. Một số ứng dụng vào thực tiễn có thể kể đến như sau. Metin Yilmaz (2003) [5] đã sử dụng phần mềm Visual Modflow mô phỏng các kịch bản hoạt động của đập ngầm tại Thổ Nhĩ Kỳ. Nguyễn Cao Đơn (2012) [6] đã tính toán khả năng lưu giữ nước trong các thành tạo bờ rời của đảo Phú

Quý, Bình Thuận, Việt Nam. Mô phỏng quá trình thấm rỉ nước biển từ kênh ven biển ở Đông Nam Florida (Koch M., G. Zhang, 1998) [7]. Mô phỏng cơ chế xâm nhập mặn các tầng chứa nước (Phatcharasak Arlar, 2007 [8]; Bithin, Datta, 2009 [9]). Mô phỏng tính toán trữ lượng nước dưới đất (Nguyễn Huy Vượng, 2021 [10]; Nguyễn Minh Khuyến 2014 [11]).

Trong nghiên cứu này, phần mềm trên được sử dụng để mô phỏng dòng chảy nước dưới đất cho một cấu trúc đệ tử không phân chia trong điều kiện tự nhiên và điều kiện có đập ngầm chắn giữ tại xã Xuân Phương, thị xã Sông Cầu tỉnh Phú Yên. Phiên bản phần mềm Visual Modflow sử dụng trong nghiên cứu này hiện đang được khai thác có bản quyền tại Trường Đại học Mở - Địa chất.

3.3.1. Giới thiệu vị trí xây dựng mô hình

Mô hình xây dựng cho vùng nghiên cứu là xã Xuân Phương (hình 7) với diện tích là 30.8 km². Giới hạn phía Đông Nam là biển Đông, các hướng còn lại giới hạn bởi đá gốc. Phần hoạt động của mô hình được giới hạn bởi tọa độ: X: 956026,3 – 960611,26; Y: 1493168,01 – 1499887,51.

Bảng 1: Các thông số khí hậu trung bình tháng vùng nghiên cứu

Tháng	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Nhiệt độ (°C)	20,6	21,6	23,7	25,7	26,6	26,5	26,3	26,1	25	23,7	22,4	21,0
Bốc hơi (mm)	76,0	74,0	94,0	101,0	134,0	154,0	169,0	164,0	103,0	63,0	65,0	71,0
Mưa (mm)	26,2	9,1	59,4	45,4	130,4	102,7	85,8	81,4	254,2	452,6	461,0	206,7

Trên địa bàn xã Xuân Thịnh hiện không có sông lớn nào chảy qua mà chủ yếu là các suối nhỏ và kênh rạch nhân tạo dùng để tưới tiêu. Cắt qua khu vực thiết lập mô hình là suối nhỏ chỉ có dòng mặt vào mùa mưa.

3.3.3 Cấu trúc địa chất thủy văn khu vực

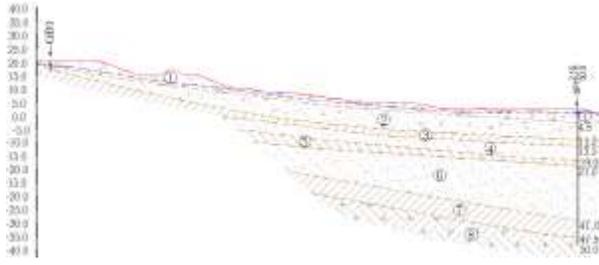
3.3.2. Khí hậu, thủy văn khu vực nghiên cứu

Số liệu khí hậu khu vực được thu thập tại trạm quan trắc Miền Tây thuộc xã Xuân Thịnh, thị xã Sông Cầu, tỉnh Phú Yên, cách vị trí mô hình khoảng 3,5 km. Khí hậu khu vực nghiên cứu có 2 mùa rõ rệt, mùa khô kéo dài từ tháng 1 đến tháng 8 với đặc trưng khô nóng do ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam, mùa mưa bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 12 với lượng mưa lớn, nhiệt độ thấp, mát mẻ. Nhiệt độ trung bình hàng năm dao động từ 21 đến 26,1⁰C, thời tiết nóng khá ổn định. Tổng lượng bốc hơi trung bình hàng năm tại trạm vào khoảng 1269 mm, phân bố không đều trong năm. Từ tháng X đến tháng III năm sau tổng lượng bốc hơi hàng tháng trung bình 63-103 mm, từ tháng VI đến tháng VIII trung bình hàng tháng đạt 101-69 mm. Tổng lượng mưa năm vào khoảng 2000 mm, trong đó lượng mưa của mùa mưa từ tháng IX đến tháng XII chiếm 71 % lượng mưa cả năm, còn mùa khô chiếm 29% cho nên mùa mưa quyết định chủ yếu đến lượng mưa năm. Tổng hợp chi tiết các yếu tố khí hậu từ năm 2009 đến năm 2022 được trình bày tại bảng 1.

Thiết lập mô hình.

Cấu trúc địa chất thủy văn của khu vực được thiết lập trên cơ sở 03 hố khoan khảo sát, và tài liệu thu thập được, động thái nước dưới đất được thành lập dựa trên kết quan trắc mực nước ngầm trong năm 2022. Cấu trúc địa chất

thủy văn khu vực được thể hiện qua các mặt cắt địa chất thủy văn hình 6, hình 7, động thái nước dưới đất được thể hiện tại Hình 8.



Hình 6: Mặt cắt địa chất theo đường A-A

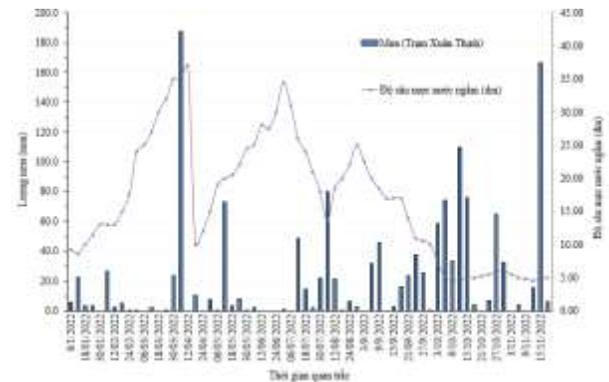


Hình 7: Mặt cắt địa chất theo đường B-B

- (1) - Cát bụi, cát pha lẫn cuội tầng màu xám nâu, nâu kết cấu rời rạc, apQ ; (2) - Cát hạt vừa lẫn sạn sỏi đôi chỗ lẫn cuội, apQ ; (3) - Sét màu xám nâu, xám xanh trạng thái dẻo cứng, amQ_2^2 ; (4) - Cát hạt vừa đến thô màu xám trắng, xám vàng trạng thái chặt vừa, amQ_2^2 ; (5) - Sét màu xám xanh lẫn vỏ sò trạng thái dẻo cứng, amQ_2^{1-2} ; (6) - Cát hạt vừa đến thô lẫn sỏi xám vàng, xám trắng trạng thái chặt, amQ_2^{1-2} ; (7) - Sét pha màu nâu đỏ, nâu vàng, lẫn dăm mảnh trạng thái nửa cứng, edQ ; Lớp 8. Đá granite phong hóa mảnh liệt $\gamma\delta T_{2vc3}$

Tầng chứa nước trong các thành tạo đệ tứ không phân chia thuộc khu vực nghiên cứu có

thành phần thạch học chủ yếu là cát pha lẫn cuội tầng (lớp 1), cát mịn lẫn cuội (lớp 2). Chiều dày của tầng chứa nước tương đối mỏng, trung bình vào khoảng 7.5 m. Tầng chứa nước này có diện phân bố hẹp chỉ tại khu vực lòng suối được ngăn cách với tầng chứa nước phía dưới và 2 bên sườn bằng lớp sét (lớp 3). Mực nước ngầm dao động theo lượng mưa và tùy thuộc vào lượng mưa và thường có sự trễ pha so với lượng mưa từ 3 đến 4 ngày. Vào mùa khô, khi lượng mưa không tăng nhưng mực nước ngầm có biểu hiện tăng lên, nguyên nhân là lượng nước thừa do tưới ngầm xuống. Trên cơ sở cấu trúc địa chất thủy văn và động thái nước dưới đất có thể coi nguồn gốc hình thành trữ lượng của tầng chứa nước chủ yếu là nước mưa và nước tưới. Các chỉ tiêu vật lý của tầng chứa nước được trình bày tại bảng 2, các thông số địa chất thủy văn của tầng chứa nước được trình bày tại bảng 3.



Hình 8: Động thái nước dưới đất khu vực nghiên cứu

Bảng 2: Các chỉ tiêu vật lý của tầng chứa nước

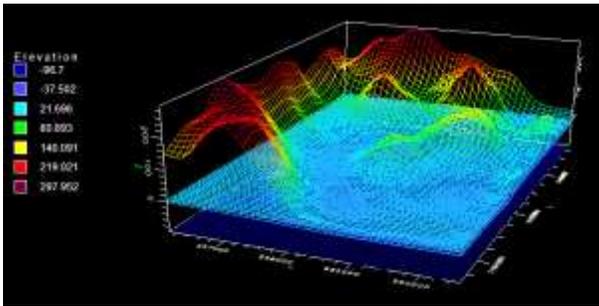
Chỉ tiêu	Thành phần hạt (%)					Khối lượng riêng g/cm^3	Hệ số rỗng e		Độ ẩm phân tử $W_p(\%)$
	Cuội tầng >5mm	Sỏi sạn (2-5mm)	Cát (0.05-5.0mm)	Hạt bụi (0.05-0.005mm)	Sét <5.0mm		e_{min}	e_{max}	
Giá trị	22,6	14,1	53,9	9,4	0,0	2,65	0,678	1,332	9,8

Bảng 3: Các thông số địa chất thủy văn của tầng chứa nước

Ký hiệu	S_0	S_1	S_2	r_1	r_2	Q	H	μ	K	a	R_{dd}
Đơn vị tính	m	m	m	m	m	$m^3/ng.đ$	m		$m/ng.đ$	$m^2/ng.đ$	m
Giá Trị	4.2	0.83	0.26	5	11	60.48	10	0.15	1.40	63.047	15.76

3.3.4. Phân chia ô lưới trong mô hình

Địa hình khu vực được mô phỏng trong phần mềm theo tài liệu bản đồ số độ cao (DEM) với độ phân giải 30x30m. Trên cơ sở mức độ phức tạp của địa hình và hiện trạng số liệu của phạm vi xây dựng mô hình, chúng tôi phân chia ô lưới với kích thước ô lưới tương ứng với độ phân giải của bản đồ số độ cao, vùng chạy mô hình gồm 67 hàng và 46 cột (Hình 9).



Hình 9: Bề mặt địa hình được mô phỏng trên phần mềm mô hình số

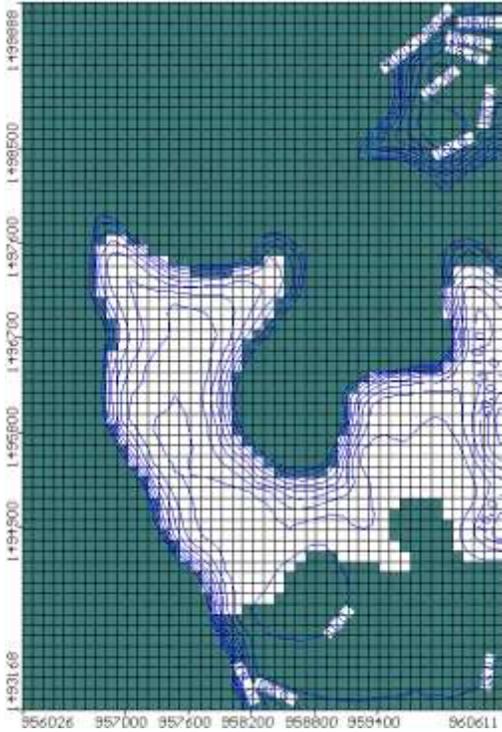
3.3.5. Phân lớp trong mô hình

Dựa vào tài liệu các lỗ khoan địa chất, địa chất thủy văn, hệ thống tầng chứa nước mô phỏng trong mô hình được chia thành 2 lớp với các đặc điểm như sau:

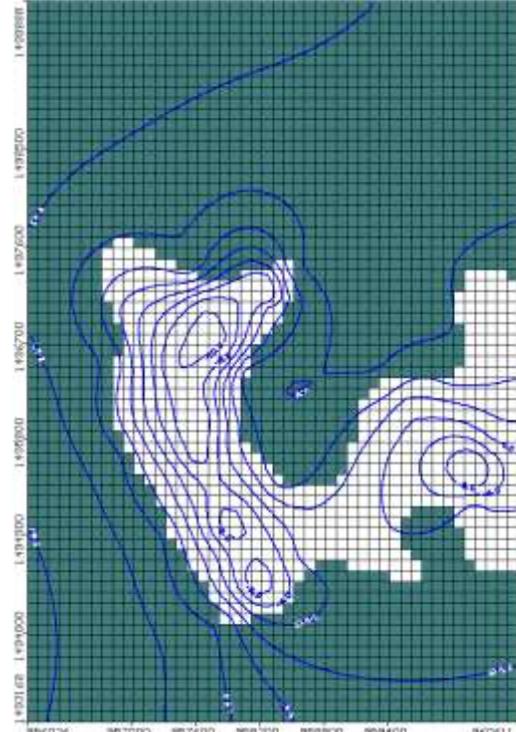
Lớp 1: Lớp chứa nước gồm cát hạt vừa lẫn sạn sỏi, cát pha màu xám nâu, xám trắng xám xanh, chiều dày 4-11 m.

Lớp 2: Lớp cách nước thành phần là sét màu xám nâu, xám xanh, chiều dày 1-5m.

Để xây dựng sơ đồ đẳng bề mặt và đẳng đáy các lớp, cần xác định cao độ bề mặt và chiều dày các tầng chứa nước và lớp cách nước. Để tài sử dụng bản đồ số độ cao (DEM) với độ phân giải 30x30m và hình trụ khoan của lỗ khoan XP1, GĐ1, GĐ2 và GĐ3 để xây dựng các sơ đồ đẳng cao. Kết quả nội suy cao độ cho bề mặt địa hình và đáy các lớp được thể hiện trong Hình 10, Hình 11.



Hình 10: Sơ đồ đẳng bề mặt địa hình



Hình 11: Sơ đồ đẳng đáy tầng chứa nước

3.3.6. Phân vùng hệ số thấm và hệ số nhả nước

Các thông số địa chất thủy văn của các lớp trong mô hình bao gồm: hệ số thấm K và hệ số nhả nước S. Hệ số thấm K: bao gồm hệ số thấm theo phương ngang K_x , K_y và phương thẳng đứng K_z . Trong đó, K_x , K_y xác định theo tài liệu hút nước thí nghiệm chum tại lỗ khoan XP1 và $K_x = 1/10.K_x$. Đối với lớp cách nước

lấy $K_x = K_y = 10^{-7} \text{cm/s}$. Hệ số nhả nước S: trường thấm được mô phỏng là tầng chứa nước không áp, do vậy hệ số nhả nước trọng lực S_y được xác định bằng tài liệu hút nước thí nghiệm tại lỗ khoan XP1, hệ số nhả nước đàn hồi S_x xác định theo giá trị kinh nghiệm, $S_x = 0,0001$. Các thông số địa chất thủy văn được cho tại bảng 4.

Bảng 4: Thông số địa chất thủy văn tầng chứa nước

STT	Số hiệu	X	Y	TCN	Hệ số thấm K_x (m/d)	Hệ số nhả nước S_y
1	XP1	957455.78	1495838.93	qh	1.4	0.22

3.3.7. Điều kiện biên của mô hình

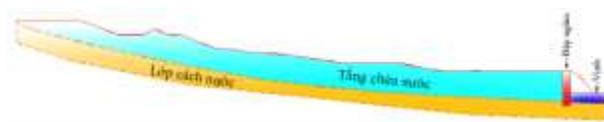
Biên mực nước tổng hợp (GHB) là điều kiện biên loại III ($Q=f(H)$), lưu lượng trên biên phụ thuộc vào sự thay đổi của áp lực. Biên được gán cho hệ thống sông và biên biển trong vùng

nghiên cứu (Hình 13);

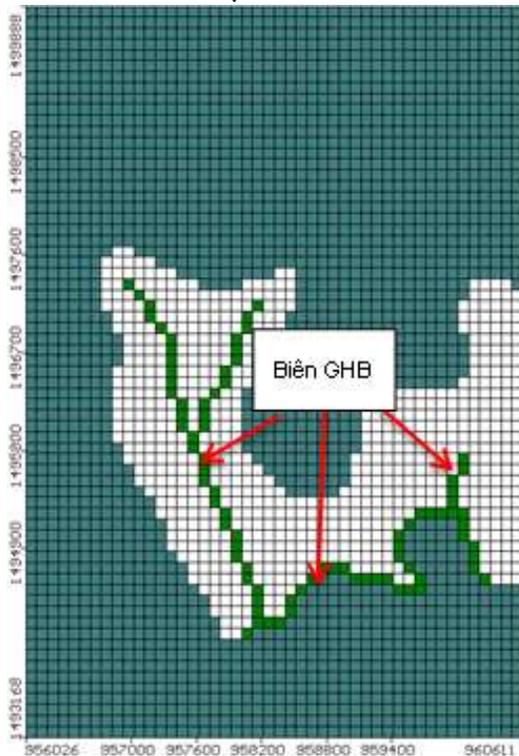
Biên bổ cập (RCH) lượng bổ cập của nước mưa cho nước dưới đất trung bình tháng theo tài liệu khí tượng thủy văn của khu vực (Bảng 1);

Biên bốc hơi (EVAPO): lượng bốc hơi trung bình tháng theo tài liệu khí tượng thủy văn. Giá trị này không đạt được khi mực nước hạ thấp quá sâu so với bề mặt địa hình, ở đây lựa chọn giới hạn không bốc hơi ở độ sâu lớn hơn 5 m. Các công trình khai thác được mô tả trong mô hình dưới dạng điểm.

Đập ngầm: Được xem như một lớp cách nước ngăn không cho dòng ngầm thoát về phía hạ lưu.



Hình 12: Mô hình khái niệm theo mặt cắt dọc suối



Hình 13: Sơ đồ hóa điều kiện biên GHB

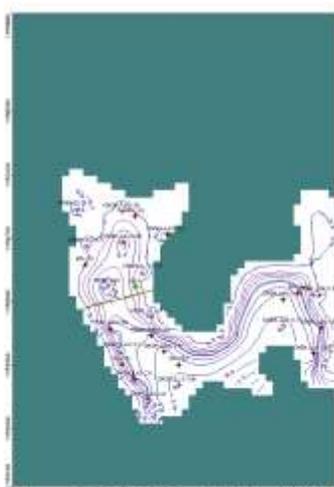
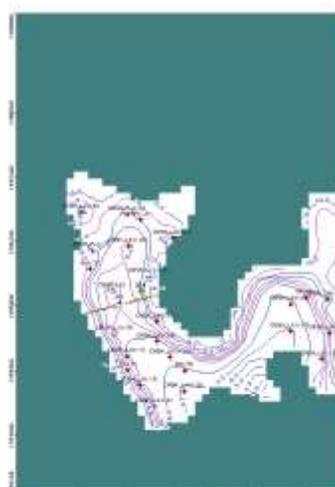
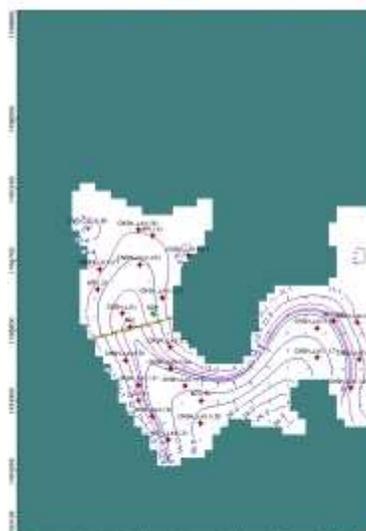
và CHD vùng nghiên cứu

3.3.8. Chạy và chỉnh lý mô hình dòng chảy trong điều kiện tự nhiên

Mô hình dòng chảy được chỉnh lý bằng việc giải bài toán ngược vận động ổn định và bài toán ngược vận động không ổn định nhằm chỉnh lý các thông số địa chất thủy văn (hệ số thấm K, hệ số nhả nước S) và sơ bộ chỉnh lý điều kiện biên của mô hình. Bài toán giải bằng phương pháp lặp, các giá trị được hiệu chỉnh qua từng bước lặp. Vận động ổn định của nước dưới đất là vận động mà các yếu tố dòng thấm như mực nước, lưu lượng dòng chảy, gradient thủy lực không biến đổi theo thời gian. Giải bài toán ngược vận động ổn định nhằm chỉnh lý hệ số thấm và sơ bộ chỉnh lý điều kiện biên của mô hình. Bài toán giải bằng phương pháp lặp, ban đầu gán các thông số đầu vào sau đó mô hình tính toán xác định mực nước. Đối sánh mực nước tính toán và mực nước thực tế theo tài liệu quan trắc năm 2022, nếu giá trị hai mực nước chênh nhau lớn phải tiến hành chỉnh lý các thông số đầu vào. Quá trình được lặp đi lặp lại cho tới khi mực nước thực tế theo lỗ khoan quan trắc và mực nước tính toán trên mô hình xấp xỉ nhau. Thông số đầu vào trong lần lặp cuối là giá trị thông số đã được chỉnh lý xong.

3.3.9. Động thái dòng chảy khi có đập ngầm

Kết quả tính toán bằng mô hình hiện trạng và tính toán dự báo trong trường hợp có công trình đập ngầm theo thiết kế dự kiến cho thấy mực nước tại lỗ khoan ảo (giả định) phía trước đập (thượng lưu đập) dâng lên 1,7 m vào mùa mưa và 1,35 m vào mùa khô so với mực nước trong trường hợp chưa có đập.

**T = 30 ngày (01/2022)****T = 90 ngày (03/2022)****T = 180 ngày (06/2022)****T = 270 ngày (09/2022)****T = 360 ngày (12/2022)**

Hình 14: Sơ đồ mực nước cho kịch bản có đập ngầm mô phỏng bởi mô hình tại thời điểm cuối tháng 01, 03, 06, 09 và 12/2022

Trữ lượng nước được tích trữ bởi đập ngầm vào khoảng 1.599.030,6 m³. Như vậy, với công trình đập ngầm thiết kế cho khu vực Xuân Phương có thể góp phần cung cấp nước cho sinh hoạt và tưới nông nghiệp cho các hộ dân trong khu vực, đặc biệt trong giai đoạn mùa khô.

Hình 14 là các sơ đồ mực nước mô phỏng bởi mô hình kịch bản có đập ngầm trong thời gian T = 0, 90, 180, 270 và 360 ngày tương ứng với

các tháng 01, 03, 06, 09 và 12/2022.

Theo kết quả tính toán từ mô hình số, mực nước dâng cao từ đầu năm 2022 cho tới tháng 04/2022, sau đó giảm dần cho tới hết tháng 08/2022 và tiếp tục lên mạnh vào những tháng cuối năm. Động thái này phù hợp với lượng mưa và hiện trạng khai thác phục vụ sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp của vùng. Lượng khai thác tăng đáng kể vào các tháng mùa khô dẫn tới tình trạng mực nước giảm từ tháng 4 tới hết

tháng 8.

Hình 14 cũng thể hiện gradient dòng chảy từ tầng chứa nước vào sông trong các tháng mùa khô và gradient dòng chảy từ sông vào tầng chứa nước trong các tháng mùa mưa.

3.3.10. Cân bằng nước khi có đập ngầm

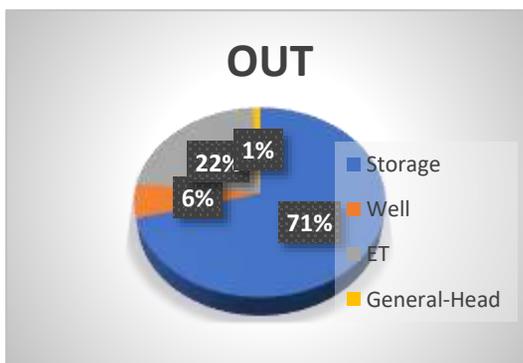
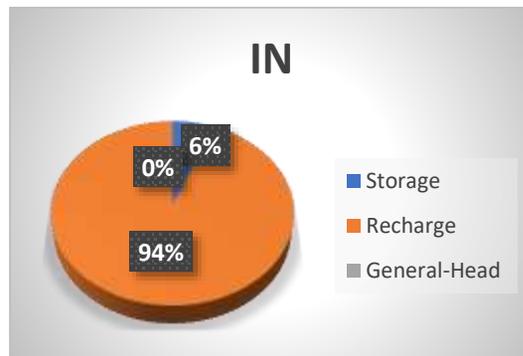
Cân bằng nước vùng nghiên cứu được tính toán chủ yếu dựa trên sự biến đổi về khí hậu và đặc điểm tầng chứa nước. Trong mô hình này, vùng nghiên cứu được xem xét như một vùng tính toán cân bằng, sự khác biệt giữa dòng chảy vào và ra khỏi một đơn vị tính toán được cân bằng bởi sự thay đổi về trữ lượng. Dòng chảy vào chủ yếu bao gồm mưa và biên; trong khi đó dòng ra chủ yếu tạo bởi sự bốc

hơi, khai thác nước ngầm, tích chứa trong tầng chứa nước và thoát ra biên.

Kết quả mô hình vào tháng 12/2022 thể hiện rằng, tổng lượng nước vào là 1.599.030,6 m³, trong đó lượng bổ cập đến từ các biên là 2.343,5 m³ chiếm 1,33%, bổ cập từ mưa và thấm do tưới là 1.481.331,8 m³, chiếm 92,64%, lượng tích chứa 96.366,1 m³ chiếm 6,03%; tổng lượng nước ra là 1.598.691,750 m³, trong đó lượng nước do khai thác là 91.838,6 m³, chiếm 5,74%, thoát ra do bốc hơi là 358.140,1 m³, chiếm 22,04%, thoát ra biên là 17.103,7–m³ chiếm 1,07% và lượng tích chứa còn lại trong tầng chứa nước là 1.131.609,2 m³ chiếm 70,78% (Hình 15).

IN:
 Storage = 96355.1797 [m³]
 Constant Head = 0 [m³]
 Wells = 0 [m³]
 Drains = 0 [m³]
 MNW = 0 [m³]
 LAKE SEEPAGE = 0 [m³]
 Recharge = 1481331.875 [m³]
 ET = 0 [m³]
 River Leakage = 0 [m³]
 Stream Leakage = 0 [m³]
 General-Head = 21343.5234 [m³]
 Total IN = 1599030.625 [m³]

OUT:
 Storage = 1131609.25 [m³]
 Constant Head = 0 [m³]
 Wells = 91838.6484 [m³]
 Drains = 0 [m³]
 MNW = 0 [m³]
 LAKE SEEPAGE = 0 [m³]
 Recharge = 0 [m³]
 ET = 358140.0625 [m³]
 River Leakage = 0 [m³]
 Stream Leakage = 0 [m³]
 General-Head = 17103.7402 [m³]
 Total OUT = 1598691.75 [m³]
 IN - OUT = 338.875 [m³]
 Discrepancy = 0.02%



Hình 15: Cân bằng nước vùng nghiên cứu

4. KẾT LUẬN

Tầng chứa nước trong các thành tạo đệ tứ

không phân chia trên địa bàn Nam Trung Bộ chủ yếu phân bố dọc theo các sông suối, có thành phần chủ yếu là cát hạt thô, cuội tầng, Hướng dốc về các đầm phá, biển và độ dốc tương đối lớn, trên mặt cắt ngang của các sông suối các thành tạo này thường được giới hạn bởi các đới đất đá thấm nước yếu. Nước ngọt trong tầng chứa nước có xu hướng theo độ dốc thủy lực của các trầm tích này thoát ra sông, đầm phá, biển làm tổn thất một lượng lớn nước ngọt của tầng chứa nước. Đập ngầm là dạng công trình cắt ngang qua tầng chứa nước ngăn không cho dòng ngầm thoát về hạ lưu nhằm dâng dòng chảy nước ngầm tự nhiên, lưu giữ nước trong các tầng chứa nước. Đây là giải pháp công trình có tính thực tiễn cao để lưu giữ và chống thất thoát nước trong các thành tạo đệ tứ không phân chia khu vực Nam Trung Bộ.

Kết quả mô phỏng bằng phần mềm Visual Modflow quá trình hoạt động của một đập ngầm giả định để lưu giữ nước trong các thành

tạo đệ tứ không phân chia cho một lưu vực suối tại xã Xuân Phụng - thị xã Sông Cầu – tỉnh Phú Yên cho thấy sau khi xây dựng đập ngầm dâng lên 1,7 m vào mùa mưa và 1,35 m vào mùa khô so với mực nước trong trường hợp chưa có đập. Lượng nước tích chứa được vào khoảng 1.035.254.07 m³ /năm. Như vậy, nếu xây dựng công trình đập ngầm cho khu vực mô phỏng có thể góp phần cung cấp nước sinh hoạt và sản xuất cho nhân dân trong khu vực, đặc biệt trong giai đoạn mùa khô.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo dựa trên các số liệu nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp giảm thất thoát nước dưới đất nhằm tăng cường nguồn nước cho các vùng khan hiếm nước ven biển Nam Trung Bộ” mã số ĐTĐL.CN-68/21 do Bộ Khoa học và Công nghệ quản lý, đơn vị chủ trì thực hiện là Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hansson, G.; Nilsson, A., (1986). “Groundwater dams for rural water supplies in developing countries”. Ground Water, Vol.24, No.4, July-August 1986, pp. 497- 506
- [2] Nilsson, A., (1988). “Groundwater dams for small-scale water supply”. IT Publications, London. 64 pp.
- [3] Nguyễn Quốc Dũng (2012), Đề tài “Nghiên cứu ứng dụng giải pháp cấp nước hữu hiệu phục vụ sinh hoạt kết hợp sản xuất vùng di dân tái định cư hai huyện Phong Thổ và Sìn Hồ, Tỉnh Lai Châu”. Báo cáo tổng kết đề tài.
- [4] Nguyễn Huy Vượng (2021). “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ thu nước đáy sông suối nhằm nâng cao hiệu quả công trình cấp nước sinh hoạt và sản xuất trên địa bàn tỉnh Điện Biên”. Tạp chí khoa học Thủy Lợi, số 70, 2022, 12-22.
- [5] Metin Yilmaz (2003). “Control of groundwater by underground dams”. The middle east technical university.
- [6] Nguyễn Cao Đơn (2012). Báo cáo tổng hợp “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”. Đề tài KC.08.TN01/11-15.
- [7] Koch M, G. Zhang, (1998). “Numerical modeling and management of saltwater seepage from coastal brackish canals in southeast Florida”. Transactions on Ecology and the

Environment vol 18, © 1998 WIT Press, www.witpress.com, ISSN 1743-3541.

- [8] Phatcharasak Arlar, (2007). “*Numerical Modeling of possible Saltwater Intrusion Mechanisms in the Multiple Layer Coastal Aquifer System of the Gulf of Thailand*”.
- [9] (Bithin, Datta, 2009); “*Modeling and control of saltwater intrusion in a coastal aquifer of Andhra Pradesh, India*”. Journal of Hydro-environment Research Volume 3, Issue 3, November 2009, Pages 148-159.
- [10] Nguyễn Huy Vượng, (2021). “*Đánh giá tài nguyên nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời thung lũng Mường Thanh bằng phương pháp mô hình số*”. Tạp chí khoa học công nghệ Việt Nam, số 64(1) 1.2022, DOI: 0.31276/VJST.64(1).10-15.
- [11] Nguyễn Minh Khuyến, (2014). “*Nghiên cứu đặc điểm hình thành trữ lượng nước dưới đất lưu vực sông ven biển tỉnh Bình Thuận và Ninh Thuận*”. Luận án TSKT, Trường ĐH Mở - Địa chất.