



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Trend analysis of groundwater levels in the monitoring boreholes within basalt formations in Dak Lak province



Hung Phu Van^{1,*}, Nguyet Minh Thi Vu¹, Quynh Van Bui¹, Viet The Nguyen², Dat Quang Le²

¹ Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

² Division for Water Resources Planning and Investigation for the Central Region of Vietnam, Dak Lak, Vietnam

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 12th Dec. 2022

Revised 19th Mar. 2023

Accepted 03rd Apr. 2023

Keywords:

Basalt,

Dak Lak,

Groundwater level,

Mann-Kendall,

Precipitation data.

Groundwater from the basalt formations is the main source for the irrigation domestic use in Dak Lak province. Groundwater levels are important information for sustainable management water resources in the region. The evolution of Groundwater level in the basalt aquifer in Dak Lak province is analyzed and evaluated by using the statistical test method. The results of the Mann-Kendall test indicated that the annual groundwater level had downward trend at 6/8 monitoring holes. The reduction was approximately from 0.03 m/year to 0.1 m/year at boreholes LK71T, LK29T, and CB1-II with high reliability in statistics (p -value < 10%). The downward trend also appeared at 6/8 observed boreholes in the rainy season (0.05÷0.2 m/year) and dry seasons (0.03÷0.15 m/year). Groundwater level changed, in this work, was interpreted and linked to precipitation data. Comparison with annual rainfall monitoring data during the period 2010÷2016 at three stations in the study area, the Pearson correlation coefficient showed that the changed in rainfall amount overtime govern the groundwater level in the study area. Specifically, the results have identified a close correlation between the groundwater level at the boreholes LK29T, C4a, LK71T, and LK75T with average rainfall in the dry season in the study area. The strong correlation continued to be maintained at 3/8 monitoring holes (C4a, LK29T, and LK75T) in rainy season. Mann-Kendall statistical method and Pearson correlation can be applied to analyze long-term Groundwater level changes for sustainable management and exploitation of groundwater resources.

Copyright © 2023 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: vanphuhung1710@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(2).05



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Phân tích diễn biến mực nước dưới đất tại một số lỗ khoan quan trắc trong các thành tạo bazan tỉnh Đắk Lắk

Văn Phú Hưng ^{1,*}, Vũ Thị Minh Nguyệt ¹, Bùi Văn Quỳnh ¹, Nguyễn Thế Việt ², Lê Quang Đạt ²

¹ Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

² Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung, Đắk Lắk, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 12/12/2022

Sửa xong 19/3/2023

Chấp nhận đăng 03/4/2023

Từ khóa:

Bazan,
Đắk Lắk,
Lượng mưa,
Mann-Kendall,
Nước dưới đất.

Nước dưới đất trong các thành tạo bazan là nguồn chính để phục vụ tưới tiêu sinh hoạt ở tỉnh Đắk Lắk. Mực nước dưới đất là thông tin quan trọng để quản lý bền vững tài nguyên nước trong khu vực. Diễn biến mực nước dưới đất trong thành tạo bazan tỉnh Đắk Lắk được phân tích, đánh giá áp dụng phương pháp kiểm định thống kê. Kết quả của tính toán Mann-Kendall chỉ ra rằng mực nước dưới đất hàng năm có xu hướng giảm tại 6/8 lỗ khoan quan trắc. Mức giảm từ 0,03 m/năm đến xấp xỉ 0,1 m/năm tại các lỗ khoan LK71T, LK29T, CB1-II, với mức độ tin cậy cao (p -value < 10%). Xu hướng giảm cũng xuất hiện tại 6/8 lỗ khoan quan trắc vào mùa mưa (0,05 ÷ 0,2 m/năm) và mùa khô (0,03 m/năm đến hơn 0,15 m/năm). Diễn biến mực nước dưới đất, trong công trình này, đã được phân tích với dữ liệu lượng mưa hàng năm trong giai đoạn 2010 ÷ 2016 tại ba trạm trong tỉnh Đắk Lắk, hệ số tương quan Pearson cho thấy sự thay đổi lượng mưa theo thời gian chi phối diễn biến mực nước dưới đất khu vực nghiên cứu. Cụ thể kết quả đã xác định được mối tương quan chặt chẽ giữa mực nước dưới đất tại các lỗ khoan LK29T, C4a, LK71T và LK75T với lượng mưa trung bình mùa khô. Mối tương quan mạnh vẫn tiếp tục được duy trì ở 3/8 điểm quan trắc (C4a, LK29T, LK75T) vào mùa mưa. Phương pháp Mann-Kendall và tương quan Pearson có thể áp dụng phân tích diễn biến mực nước trong dài hạn phục vụ quản lý, khai thác bền vững tài nguyên nước dưới đất.

© 2023 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Nước trong thành tạo bazan là nguồn cung cấp chủ yếu cho ăn uống, sinh hoạt và tưới tiêu của

nhân dân vùng Tây Nguyên nói chung và Đắk Lắk nói riêng. Để đảm bảo nguồn nước sinh hoạt và tưới tiêu, hầu hết nhà, rẫy của người dân trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk đều có ít nhất một giếng đào hoặc giếng khoan. Việc quan trắc, theo dõi diễn biến mực nước dưới đất có ý nghĩa quan trọng, là cơ sở để cơ quan quản lý nhà nước theo dõi hiện trạng

*Tác giả liên hệ

E - mail: vanphuhung1710@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(2).05

sử dụng nước của các hộ dân trong khu vực nghiên cứu, hoạch định chính sách, quy hoạch, bảo vệ hợp lý nguồn tài nguyên này.

Trong bài báo này, các tác giả tập trung vào phân tích diễn biến (1) mực nước dưới đất trung bình năm (2) mực nước dưới đất vào thời kỳ mùa khô và (3) mực nước dưới đất vào thời kỳ mùa mưa tại 08 lỗ khoan quan trắc trong tầng chứa nước β (n-qp), đồng thời so sánh với lượng mưa tại khu vực trong giai đoạn 2010÷2016 để xác định mối tương quan giữa hai đại lượng này. Áp dụng phương pháp kiểm định thống kê Mann-Kendall và phân tích hệ số tương quan Pearson phân tích xu thế mực nước dưới đất (cao độ tuyệt đối) trong giai đoạn 2000÷2021, biến động mực nước qua các thời kỳ mùa khô, mùa mưa để làm tiền đề cho những dự báo về tài nguyên nước trong tương lai.

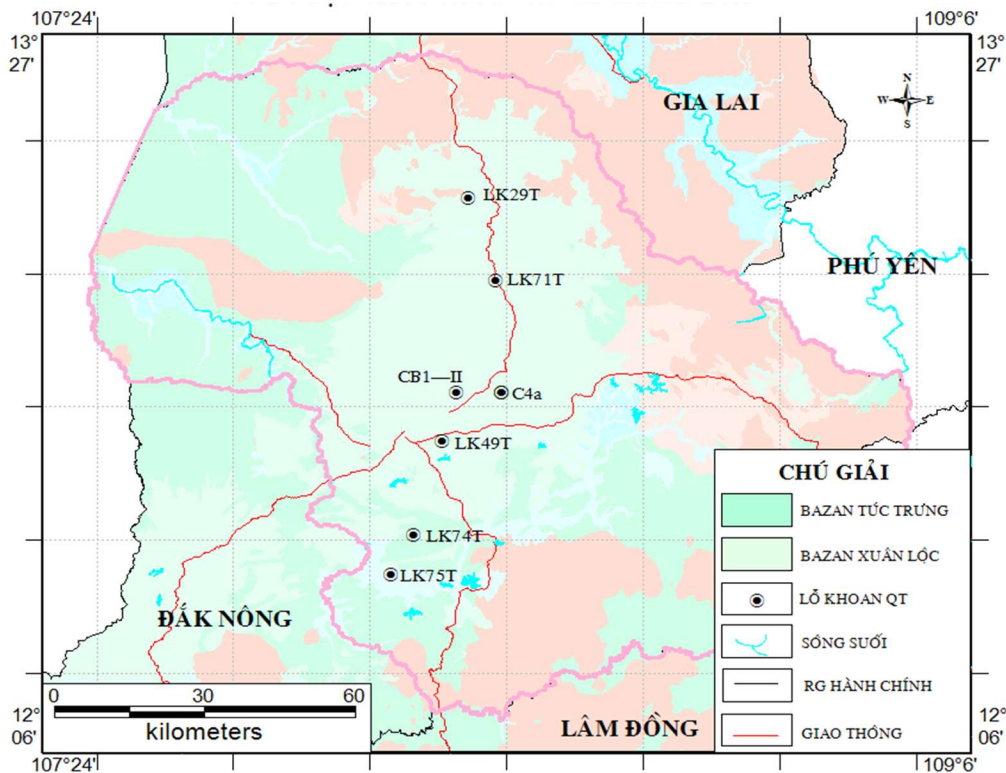
2. Khu vực nghiên cứu

Tỉnh Đắk Lắk có diện tích 13.070,41 km² (Chi Cục thống kê tỉnh Đắk Lắk, 2020) nằm ở trung tâm vùng Tây Nguyên, đầu nguồn của hệ thống sông Sêrêpôk và một phần của sông Ba, nằm trong

khoảng tọa độ địa lý 107°28'57"÷108°59'37" độ kinh Đông và 12°09'45"÷13°25'06" độ vĩ Bắc, có độ cao trung bình 400÷800 m so với mặt nước biển. Phía bắc giáp tỉnh Gia Lai, phía đông giáp Phú Yên và Khánh Hòa, phía nam giáp Lâm Đồng và Đắk Nông, phía tây giáp Campuchia.

Trong phạm vi nghiên cứu, phần lộ ra trên bề mặt địa hình hiện tại chủ yếu là đá trầm tích phun trào bazan trẻ, thuộc các hệ tầng Túc Trưng và Xuân Lộc (Hình 1). Các trầm tích lục nguyên chủ yếu là hệ tầng La Ngà, chỉ lộ ra thành những khối nhỏ ở rìa phía bắc và một số đồi thấp ở phía nam, phần lớn bị tầng trầm tích phun trào bazan phủ lên và chỉ quan sát được thông qua các lỗ khoan, còn các trầm tích tích tụ bờ rời có nguồn gốc sông, hỗn hợp sông, sườn tích có diện tích nhỏ tạo thành những dải hẹp chạy dọc theo các sông, suối lớn (Đặng, 2010). Đặc điểm phân lớp của các thành tạo bazan từ trên bề mặt xuống như sau:

- Lớp vỏ phong hóa triệt để: bao gồm sét, sét pha màu nâu đỏ, ở một số nơi trên bề mặt còn có các kết vón sắt cứng chắc màu nâu sẫm (laterit) lớp này gần như bao phủ toàn bộ vùng nghiên cứu. Chiều dày tăng dần từ tây sang đông.



Hình 1. Sơ đồ địa chất thủy văn tỉnh Đắk Lắk (trích lược Bản đồ Địa chất - thủy văn vùng Tây Nguyên 1:200.000, Đặng, 2010).

- Lớp bazan bán phong hóa, bao gồm các thành phần cát, sét pha màu nâu, ghi, xen lẫn các tầng bazan cứng bị nứt nẻ mạnh và các bazan lỗ hổng. Chiều dày của lớp này thay đổi, thường tồn tại ở dạng các thấu kính hoặc bị vát mỏng, hoặc xen kẹp giữa phong hóa dở dang với lớp đá đặc sít.

- Lớp bazan đặc sít: là các khối đá rắn chắc màu xám đen, nứt nẻ ít và chủ yếu là nứt nẻ do co ngót trong quá trình nguội lạnh của dòng phun trào bazan. Chiều dày của lớp này cũng có xu thế tăng dần từ tây sang đông.

Tầng chứa nước trong các thành tạo bazan được phân thành: tầng chứa nước khe nứt lỗ hổng phun trào bazan Pleistocen giữa $\beta(qp)$, tầng chứa nước khe nứt lỗ hổng phun trào Bazan Pliocen-Pleistocen dưới $\beta(n2-qp)$.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp thống kê Mann-Kendall

Kiểm nghiệm phi tham số Mann-Kendall (Helsel và Hirsch, 2002): nhằm xác định xu thế của một chuỗi số liệu (tập mẫu) đã được sắp xếp theo trình tự thời gian. Phương pháp này so sánh độ lớn tương đối của các phần tử chứ không xét chính giá trị của các phần tử. Điều này giúp tránh được xu thế ảo do một vài giá trị cực trị cục bộ gây ra nếu sử dụng phương pháp tính toán xu thế tuyến tính bằng bình phương tối thiểu thông thường. Một ưu điểm của phương pháp này nữa là không cần quan tâm việc tập mẫu tuân theo luật phân bố nào.

Giả sử có chuỗi trình tự thời gian (x_1, x_2, \dots, x_n) với x_i biểu diễn số liệu tại thời điểm i . Giá trị thống kê Mann-Kendall (S) được định nghĩa:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Trong đó:

$$\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{khi } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{khi } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{khi } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Khi S (giá trị thống kê Mann-Kendall) > 0 , nghĩa là giá trị đo sau lớn hơn giá trị đo trước, thể hiện xu thế tăng và ngược lại. Theo giả định rằng dữ liệu là độc lập và được phân phối giống nhau, giá trị trung bình và phương sai của S ($\text{Var}(S)$) trong phương trình (1) được tính như sau:

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (3)$$

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: g - số nhóm, trong đó mỗi nhóm là một tập các phần tử của chuỗi có cùng giá trị; n - tổng số các quan trắc và t_p - số các phần tử thuộc nhóm p .

Kết quả của Mann-Kendall kiểm tra sẽ cho các thông tin sau: N là tổng số các quan trắc, S (giá trị thống kê Mann-Kendall) > 0 , nghĩa là giá trị đo sau lớn hơn giá trị đo trước, thể hiện xu thế tăng và ngược lại, $\text{Var}(S)$ là phương sai.

z có phân bố chuẩn chuẩn hóa $N(0,1)$. Giá trị z dương thể hiện chuỗi có xu thế tăng, giá trị z âm thể hiện chuỗi có xu thế giảm. P -value là giá trị xác suất (mức ý nghĩa thống kê), Sen's slope là độ dốc chuỗi xu thế.

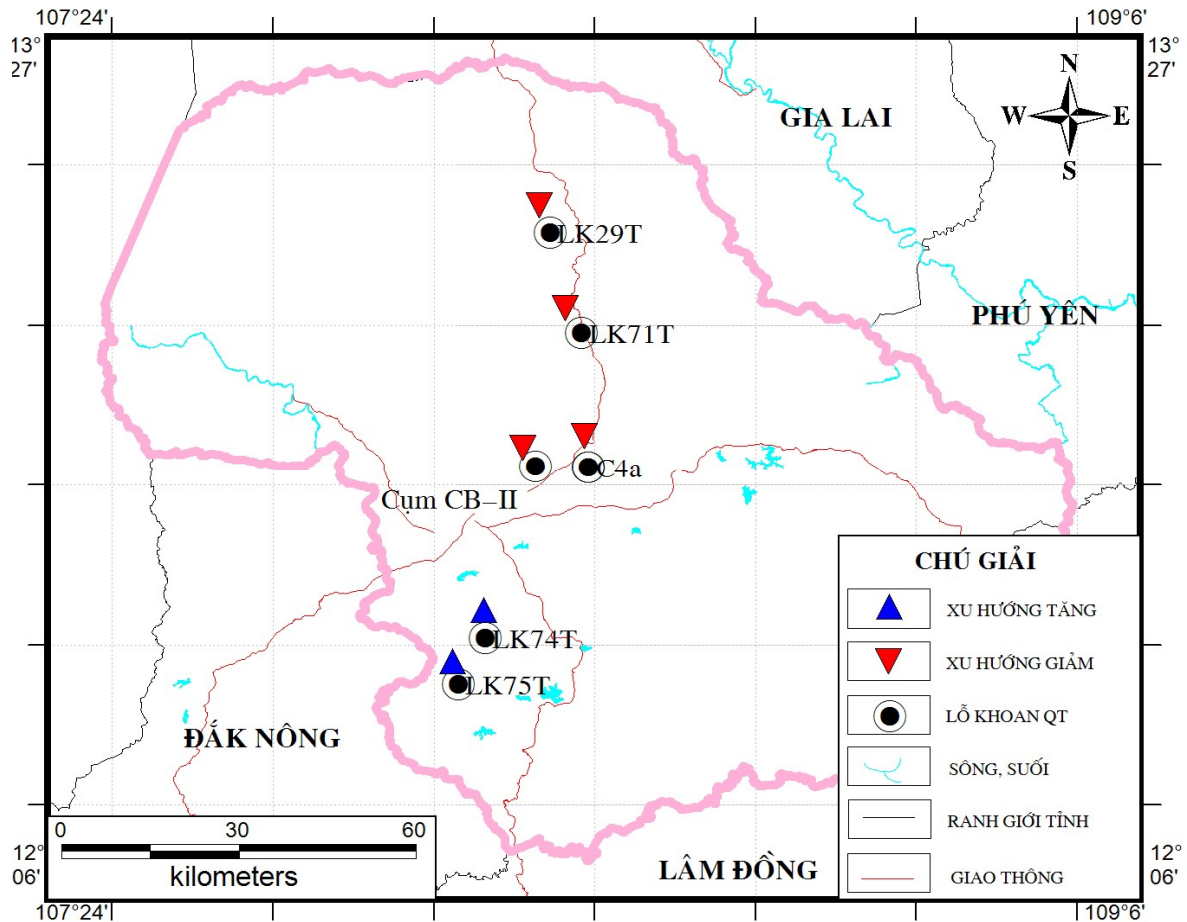
3.2. Số liệu

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu là số liệu mực nước dưới đất đo thủ công và tự động tại 08 lỗ khoan quan trắc trong tầng chứa nước basalt $\beta(n-qp)$ (Ký hiệu: LK29T, LK71T, C4a, CB1-II, CB2-II, CB3-II, LK74T, LK75T) thuộc mạng lưới quan trắc tài nguyên nước Quốc gia (Bảng 1). Việc quan trắc động thái nước dưới đất tại Đắk Lắk được thực hiện bởi Đoàn Tài nguyên nước Trung Tây Nguyên thuộc Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung. Chuỗi số liệu mực nước có độ dài 22 năm (từ năm 2000 đến năm 2021) (Van, 2021).

Số liệu lượng mưa được thu thập trong thời gian từ năm 2010 đến năm 2016 tại 03 trạm khí tượng (Buôn Ma Thuột, Ea H'leo, Buôn Hồ) thuộc mạng lưới trạm khí tượng của Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Diễn biến mực nước dưới đất trung bình năm giai đoạn 2000-2021



Hình 2. Xu thế biến đổi mực nước dưới đất tại các lỗ khoan quan trắc (giai đoạn 2000÷2021).

giảm nước dưới đất là nhanh hơn các điểm quan trắc còn lại. Lỗ khoan LK29T và LK71T đều cho ra xu hướng giảm lần lượt là -0,156 m/năm, -0,031 m/năm tương ứng với mức độ tin cậy rất cao, 0,0003 và 0,002. Đối với lỗ khoan CB1-II đặt tại xã Cuôr Đăng, huyện Cư M'gar, động thái nước có sự biến động tương đối trong mùa khô. Mực nước giảm 0,107 m/năm, trong trường hợp xét khoảng tin cậy $\leq 0,1$ thì kết quả này hoàn toàn chấp nhận được. Giá trị $S < 0$ và $z < 0$ còn xuất hiện ở các lỗ khoan C4a và LK74T, song mức độ tin cậy thấp (36% và 69%) đã nói lên rằng các kết quả xu thế ở đây là không đảm bảo. LK75T là lỗ khoan duy nhất mà mực nước có xu thế tăng 0,009 m/năm nhưng $p\text{-value} > 10\%$ nên kết quả chưa đạt độ tin cậy.

Mức độ khai thác nước dưới đất tập trung rất lớn vào mùa khô, mùa khô năm sau thường cao hơn mùa khô năm trước. Thống kê Mann-Kendall và ước lượng Sen's slope chỉ ra mực nước dưới đất

trong mùa khô có mức giảm khá cao tại các khu vực tập trung đông dân cư, mật độ công trình khai thác nước dưới đất lớn (CB1-II, LK29T) và với mức giảm yếu hoặc tăng nhẹ đối với các khu vực gần hồ chứa nước nhân tạo, sông suối và các điểm xuất lộ (LK71T, LK75T).

4.3. Xu thế mực nước dưới đất trong mùa mưa giai đoạn 2000-2021

Tại Đắk Lắk, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 và kéo dài đến hết tháng 10. Mực nước dưới đất trung bình trong các tháng mùa mưa trong giai đoạn 2000÷2021 vẫn có xu thế giảm tại 7/8 lỗ khoan quan trắc. Mức giảm lớn nhất vẫn phải kể đến tại xã Cuôr Đăng, huyện Cư M'gar (CB1-II) (-0,195 m/năm). Xu thế giảm tại các lỗ khoan thuộc cụm sân cân bằng có mức độ tin cậy cao ($0,01 \leq p\text{-value} \leq 0,02$) (Bảng 4). Lỗ khoan quan trắc C4a và LK71T đều có mức hạ thấp yếu hơn

Bảng 4, Kết quả kiểm định Mann-Kendall xu thế của mực nước dưới đất trong mùa mưa giai đoạn 2000÷2021.

M-K test output	Lỗ khoan quan trắc							
	CB1-II	CB2-II	CB3-II	LK29T	C4a	LK71T	LK74T	LK75T
N	22	22	22	22	22	22	22	22
M-K test value (S)	-85	-85	-81	-45	-63	-62	-1	17
Z	-2,368	-2,368	-2,255	-1,241	-1,748	-1,720	0	0,451
P-value	0,01	0,01	0,02	0,21	0,08	0,08	1	0,65
Sen's slope	-0,195	-0,175	-0,173	-0,106	-0,037	-0,056	-0,003	0,009
					Kết quả M-K test với P-value ≤ 10%			
					Kết quả M-K test với P-value ≤ 5%			

Bảng 5, Hệ số tương quan Pearson giữa mực nước dưới đất tại các lỗ khoan quan trắc và lượng mưa đo được tại khu vực.

Lỗ khoan Quan trắc	Năm (2010-2016)	Mùa khô (2011-2016)	Mùa mưa (2010-2016)
CB1-II	0,64	0,37	0,18
CB2-II	0,31	0,36	0,20
CB3-II	0,29	0,39	0,12
LK29T	0,89	0,77	0,93
C4a	0,32	0,88	0,57
LK71T	0,57	0,96	0,36
LK74T	0,29	0,26	0,43
LK75T	0,71	0,98	0,54

(-0,037 m/năm đến -0,106 m/năm) với p-value tương đối tin cậy (< 0,1). Lỗ khoan quan trắc LK29T có xu thế giảm song độ tin cậy không đảm bảo. Riêng với LK74T, mặc dù hệ số M-K test < 0 nhưng giá trị phân phối chuẩn $z = 0$ và xác suất phạm sai lầm là tuyệt đối (p-value = 1) nên kết quả này không tin cậy.

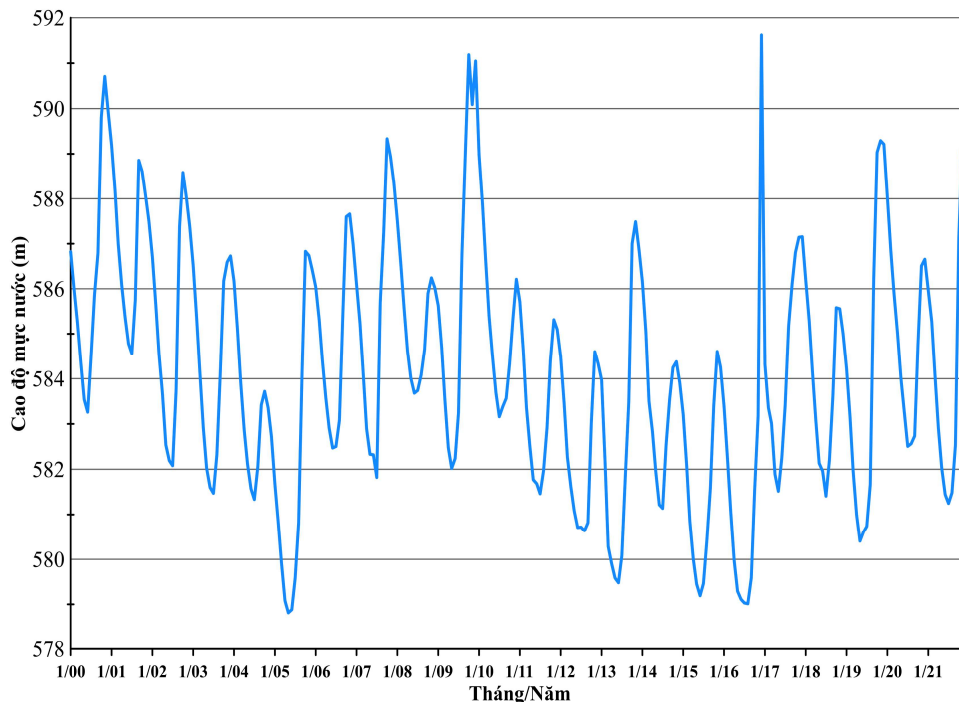
Khác với các lỗ khoan quan trắc còn lại, LK75T tại xã Quảng Điền - huyện Krông Ana cho thấy diễn biến mực nước tăng trong giai đoạn 2000÷2021; cụ thể mực nước có xu thế tăng nhẹ (0,009 m/năm) trong mùa mưa. Tuy nhiên, kết quả này lại có độ tin cậy thấp.

4.4. Tương quan giữa lượng mưa và mực nước dưới đất

Để biết được mối quan hệ thống kê giữa hai biến lượng mưa trung bình năm và mực nước dưới đất trung bình năm, tác giả sử dụng hệ số tương quan Pearson (Pearson correlation coefficient-r) (Schober và nnk., 2018), các giá trị trong Bảng 5 thể hiện mối tương quan cao - rất cao giữa mực nước dưới đất và lượng mưa. Mực nước tại LK29T được phân tích tương quan với lượng mưa đo được tại trạm khí tượng ở chính khu vực

đó (Trạm Ea H'leo). Hệ số tương quan và mức độ tương quan cao ($r > 0,77$) đã chỉ ra rằng luôn có một quan hệ đồng biến giữa lượng mưa và động thái mực nước dưới đất tại lỗ khoan này. Mực nước quan trắc tại các lỗ khoan CB1-II, CB2-II, CB3-II, LK71T, LK74T, LK75T, được đánh giá với kết quả quan trắc lượng mưa tại trạm Buôn Ma Thuột. Kết quả tính hệ số tương quan Pearson cho thấy chuỗi số liệu mực nước tại CB1-II, LK71T, LK75T có tương quan mạnh với lượng mưa trung bình năm tại trạm Buôn Ma Thuột, $r > 0$ chứng tỏ lượng mưa tăng thì mực nước dưới đất cũng tăng và ngược lại. Các lỗ khoan LK71T, LK75T cũng đều có cùng xu thế với lượng mưa ở mức độ tương quan mạnh trong giai đoạn 2010 đến 2016. Riêng với lỗ khoan C4a, tương quan với lượng mưa chỉ ở mức độ trung bình ($r = 0,32$) (Bảng 5).

Kết quả phân tích tương quan theo mùa cho thấy tương quan giữa mưa và dao động nước dưới đất trong mùa khô là rất mạnh ($r = 0,88$) tại C4a. Lấy trạm Buôn Ma Thuột làm trạm trung tâm, mực nước trong các điểm quan trắc LK71T và LK75T có giá trị tương quan gần đến mức tuyệt đối ($r = 1$). Tương quan mạnh cũng được thể hiện ở mực nước tại các lỗ khoan LK29T, C4a vào mùa khô (r



Hình 3. Đồ thị biểu diễn mực nước dưới đất trung bình tháng tại lỗ khoan CB1-II giai đoạn 2000÷2021.

= 0,77, $r = 0,88$). Mực nước dưới đất tại 8 điểm quan trắc đều có cùng xu thế với lượng mưa trung bình mùa mưa giai đoạn 2010 đến 2016. Các giá trị $r = 0,93$, $r = 0,54$, $r = 0,57$ đều thể hiện dao động mực nước ở các lỗ khoan LK29T, LK75T, C4a chịu sự ảnh hưởng trực tiếp của lượng mưa tại khu vực. Các lỗ khoan còn lại cũng đều có giá trị r dương với mức tương quan từ yếu đến trung bình ($0,12 < r < 0,43$).

4.5. Thảo luận

Trong nghiên cứu này, diễn biến mực nước dưới đất trong dài hạn của cụm 03 lỗ khoan sân cân bằng và các lỗ khoan LK29T, C4a, LK71T, LK74T, LK75T đã được phân tích và đánh giá bằng phương pháp thống kê. Kết quả cho thấy, mực nước dưới đất, nhìn chung có xu thế giảm tại hầu hết các lỗ khoan quan trắc trong cả mùa mưa và mùa khô, đặc biệt tại lỗ khoan CB1-II, LK71T ($0,03 \div 0,195$ m/năm) với độ tin cậy cao. So với phương pháp đồ thị thể hiện mực nước dưới đất của lỗ khoan CB1-II (Hình 3) trong giai đoạn 2000÷2021, đánh giá diễn biến mực nước bằng phương pháp Mann-Kendall còn cho biết mức độ tin cậy của kết quả Bên cạnh đó, kết quả đánh giá diễn biến mực nước dưới đất và quan hệ giữa mực nước dưới đất với

lượng mưa khá tương đồng với các thông tin đánh giá của (Đặng, 2003, 2010; Vũ, 2021). Như vậy, sử dụng kiểm định thống kê Mann-Kendal đã xác định được xu thế mực nước dưới đất trong các thành tạo bazan tỉnh ĐL giai đoạn 2000÷2021. Phân tích hệ số tương quan Pearson đã xác định được mối quan hệ chặt chẽ giữa mực nước dưới đất với lượng mưa trong khu vực. Mặc dù còn hạn chế về chuỗi số liệu lượng mưa chưa đủ dài phủ hết giai đoạn 2000÷2021 nhưng với các kết quả đạt được đã khẳng định hiệu quả của áp dụng phương pháp kiểm định thống kê Mann-Kendal kết hợp với phân tích hệ số tương quan Pearson trong đánh giá diễn biến mực nước dưới đất phục vụ quản lý, khai thác bền vững tài nguyên nước trong khu vực.

5. Kết luận

Kết quả kiểm định phi tham số Mann-Kendall cho thấy mực nước dưới đất trung bình năm có xu thế giảm tại 6/8 lỗ khoan quan trắc. Cụ thể mức giảm từ $0,03$ m/năm đến xấp xỉ $0,1$ m/năm tại các lỗ khoan LK71T, LK29T, CB1-II với độ tin cậy cao ($p\text{-value} < 10\%$). Xu thế giảm cũng xuất hiện tại 6/8 lỗ khoan quan trắc vào mùa khô với tốc độ giảm từ $0,03$ m/năm đến hơn $0,15$ m/năm. Lỗ khoan LK71T và LK29T là hai vị trí có xu thế giảm

nhanh (-0,031 m/năm đến -0,156 m/năm), với độ tin cậy cao p-value < 5%. Vào mùa mưa, mức giảm lớn nhất tại CB1-II (xã Cuôr Đăng, huyện Cư M'gar) (-0,195 m/năm). Xu thế giảm tại các lỗ khoan thuộc cụm sân cân bằng có mức độ tin cậy cao ($0,01 \leq p\text{-value} \leq 0,02$). Lỗ khoan quan trắc C4a và LK71T đều có mức hạ thấp yếu hơn (-0,037 m/năm đến -0,106 m/năm) với p-value tương đối tin cậy (< 0,1).

Phân tích quan hệ giữa mực nước tại 8 lỗ khoan quan trắc với lượng mưa ở khu vực trong cùng thời kỳ 2010÷2016 cho thấy hệ số tương quan Pearson biểu thị mối liên hệ nhất định trong 7/8 lỗ khoan với lượng mưa. Cụ thể theo giá trị trung bình năm, $r = 0.57$, $r = 0.71$ thể hiện mối tương quan tuyến tính mạnh giữa sự thay đổi lượng mưa và biến động nước dưới đất ở lỗ khoan LK71T, LK75T; trong mùa khô, $r > 0.5$ ở 4/8 lỗ khoan, đặc biệt chỉ số tương quan rất cao tại các lỗ khoan LK29T, C4a, LK71T và LK75T ($r > 0,8$). Trong mùa mưa, mối tương quan mạnh vẫn tiếp tục được duy trì ở 2/8 điểm quan trắc (CB1-II, LK29T), tương quan trung bình ở 3 điểm quan trắc (LK71T, C4a, LK75T), còn lại là tương quan trung bình và thấp (không có quan hệ nghịch biến giữa 2 đại lượng trong cả mùa khô và mùa mưa). Từ các kết quả trên, có thể nhận định rằng, lượng mưa là yếu tố ảnh hưởng đến diễn biến mực nước dưới đất. Sự thay đổi của lượng mưa hàng năm và lượng mưa theo mùa là tác nhân chính gây nên biến động trữ lượng nước dưới đất tại khu vực nghiên cứu.

Với kết quả đạt được khẳng định độ tin cậy, tính hiệu quả của phương pháp kiểm định thống kê Mann-Kendall kết hợp với phân tích hệ số tương quan Pearson để đánh giá diễn biến mực nước trong dài hạn và cần được áp dụng rộng rãi phục vụ công tác quản lý, khai thác hiệu quả tài nguyên nước khu vực Tây Nguyên nói riêng và Việt Nam nói chung.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành dựa trên nguồn số liệu của Đề tài KHCN cấp Quốc gia: “Tăng cường hiệu quả giải pháp bổ cập và dâng cao mực nước ngầm giải quyết khó khăn về nước cho mùa hạn trong các thành tạo bazan khu vực Tây Nguyên”, mã số TN16/T02; và là kết quả nghiên cứu trực

tiếp của Đề tài cấp cơ sở dành cho cán bộ trẻ của Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam “Phân tích diễn biến mực nước dưới đất tại một số lỗ khoan quan trắc trong các thành tạo bazan tỉnh Đắk Lắk”.

Đóng góp của tác giả

Văn Phú Hưng - xử lý, phân tích số liệu mực nước dưới đất, luận giải kết quả; Vũ Thị Minh Nguyệt - định hướng phân tích, tham gia luận giải diễn biến mực nước dưới đất trong mối tương quan với lượng mưa; Bùi Văn Quỳnh - xây dựng sơ đồ, biểu đồ; Lê Quang Đạt và Nguyễn Thế Việt - lựa chọn điểm quan trắc và thu thập số liệu.

Tài liệu tham khảo

- Chi cục thống kê tỉnh Đắk Lắk. (2018). Niên giám thống kê 2017. Tổng cục thống kê - Cục thống kê Đắk Lắk.
- Đặng Văn Cảnh, (2003). Báo cáo tổng kết đề tài thuộc Chương trình KH&CN cấp Nhà nước, Mã số KC.48.05: *Nghiên cứu xây dựng cơ sở khoa học và đề xuất các giải pháp bảo vệ và sử dụng hợp lý tài nguyên nước vùng Tây Nguyên*.
- Đặng Văn Cảnh, (2010). *Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp thu gom nước mưa đưa vào lòng đất phục vụ chống hạn và bổ sung nhân tạo nước dưới đất vùng Tây Nguyên*. Đề Tài Độc Lập ĐTDL.2007.G/44. Trường Đại Học Mỏ - Địa Chất.
- Helsel, D. R., & Hirsch, R. M., (2002). Chapter A3: Statistical methods in water resources. *Techniques of water-resources investigations of the United States Geologic Survey: Book, 4*.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretatio, Anesthesia & Analgesia.
- Van, P. H., (2021). *Trend Analysis of Groundwater Levels in the Dak Lak province of Vietnam*. University of Science and Technology of Hanoi.
- Vũ Thị Minh Nguyệt, (2021). *Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước “Tăng cường hiệu quả giải pháp dâng cao mực nước ngầm giải quyết khó khăn về nước cho mùa hạn trong các thành tạo bazan khu vực Tây Nguyên”*. Mã số: TN16/T02.