

DIỄN BIẾN MỨC NƯỚC TRONG HỆ THỐNG THỦY LỢI BẮC HUNG HẢI ỨNG VỚI CÁC KỊCH BẢN SUY GIẢM NGUỒN NƯỚC TỪ CÔNG ĐẦU MỖI XUÂN QUAN

Trần Tuấn Thạch

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Nghiên cứu này trình bày các kết quả mô phỏng diễn biến mực nước trong hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải sử dụng mô hình thủy lực MIKE 11. Trước tiên, mô hình MIKE 11 được kiểm định sử dụng số liệu năm 2017. Kết quả thể hiện rằng mô hình đã tái hiện rất tốt mực nước thực đo tại các vị trí khác nhau trong hệ thống, với sai số quân phương và sai số tuyệt đối trung bình tại các vị trí so sánh chỉ bằng từ 2,59 đến 13,1% giá trị của biên độ mực nước thực đo. Hệ số tương quan giữa mực nước tính toán và thực đo tại các vị trí thay đổi từ 0,77 đến 0,98. Sau đó, mô hình MIKE 11 đã được áp dụng để mô phỏng diễn biến mực nước theo ba kịch bản suy giảm nguồn nước tại đầu mối cống Xuân Quan (tương ứng với $H = 1,85, 1,40$ và $1,0$ m). Ứng với kịch bản mực nước $H=1,85$ m và $1,40$ m tại đầu mối cống Xuân Quan, mực nước trên hệ thống có sự thay đổi mạnh mẽ theo không gian và thời gian. Mực nước trên sông trực chính Kim Sơn biến đổi từ $1,85$ đến $1,26$ m ứng với kịch bản $H=1,85$ m, trong khi giá trị trên thay đổi từ $1,40$ đến $1,21$ m cho kịch bản $H=1,40$ m. Ứng với kịch bản $H=1,0$ m, mực nước trên sông trực chính Kim Sơn biến đổi từ $1,0$ đến $1,17$ m và xuất hiện nước chảy ngược trên hệ thống.

Từ khoá: Hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải, Diễn biến mực nước, Mô hình thủy lực.

Summary: This study presents the simulated results of water level changes in the Bac Hung Hai irrigation and drainage system using the hydraulic model MIKE 11. First, the model is validated using the data in year 2017, revealing that the model has reproduced the observed water levels at different locations in the system very well. The mean square error and absolute error of water level at the comparison locations range only from 2,59 to 13,1% of the observed magnitude of water level. The correlation coefficient between calculated and observed water levels at locations varies from 0,77 to 0,98. Then, the MIKE 11 model was applied to simulate the water level changes resulted from the three scenarios corresponding to the decrease in the water level at the Xuan Quan sluice gate (i.e., $H = 1,85, 1,40$, and $1,0$ m). For the scenario of water levels as $H=1,85$ m and $1,40$ m at Xuan Quan sluice gate, the water level in the system varies significantly in both space and time. The water level in the Kim Son river varies from $1,85$ to $1,26$ m for the $H=1,85$ m scenario, while the above value changes from $1,40$ to $1,21$ m for the $H=1,40$ m scenario. For the third scenario as $H=1,0$ m, the water level in the Kim Son changes from $1,0$ to $1,17$ m and there is a reverse water flow in the system.

Keywords: Bac Hung Hai irrigation and drainage system, Variation of water elevation, Hydraulic model.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Bắc Hưng Hải (BHH) được biết đến là hệ thống thủy lợi lớn nhất vùng Đồng bằng châu

thô sông Hồng, với tổng diện tích tự nhiên của hệ thống là 214.932 ha, trong đó diện tích trong đê là 19.2045 ha và diện tích ngoài đê là 22.887 ha [1]. Như thể hiện trên Hình 1, hệ thống bao gồm ranh giới hành chính của toàn bộ 10 huyện thị của tỉnh Hưng Yên (huyện Văn Lâm, Văn Giang, Yên Mỹ, Ân Thi, Khoái

Ngày nhận bài: 20/4/2023

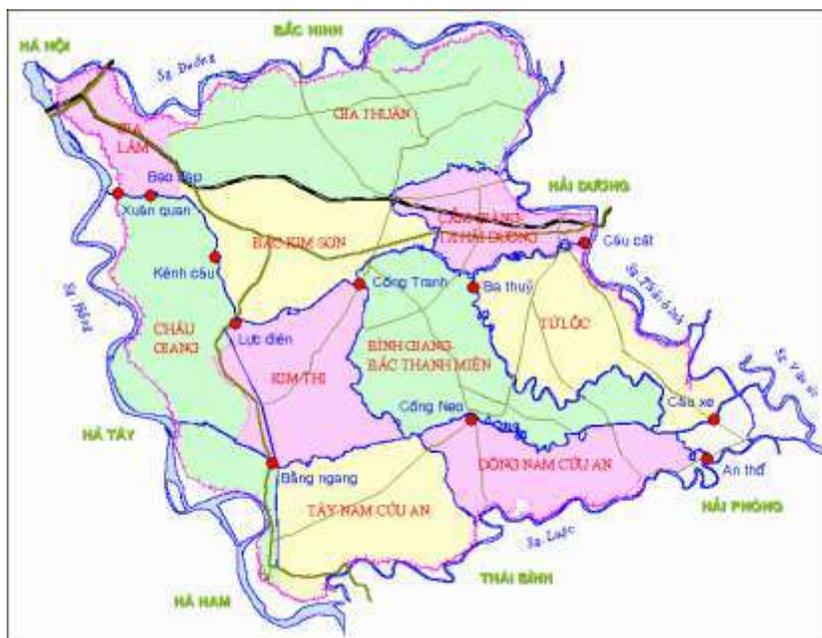
Ngày thông qua phản biện: 15/5/2023

Ngày duyệt đăng: 30/5/2023

Châu, Mỹ Hào, Tiên Lữ, Kim Động, và thành phố Hưng Yên), (ii) 7 huyện và thành phố của tỉnh Hải Dương (như Thành phố Hải Dương, huyện Cẩm Giàng, Ninh Giang, Gia Lộc, Bình Giang, Thanh Miện và Tứ Kỳ), (iii) 3 huyện của tỉnh Bắc Ninh (đó là huyện Lương Tài, Thuận Thành và Gia Bình), (iv) 2 quận huyện của Thành phố Hà Nội (huyện Gia Lâm và quận Long Biên). Hệ thống có vị trí địa lý khoảng từ 20°36' đến 21°07' vĩ độ Bắc và 105°50' đến 106°36' kinh độ Đông. Ranh giới hệ thống được bao bọc bởi bốn con sông lớn, đó là sông Đuống dài 67km từ Xuân Canh đến Phả Lại (ở phía Bắc), sông Luộc dài 72 km từ Hà Lão đến Quý Cao (ở phía Nam), sông Hồng dài 57 km từ Xuân Quan đến Hà Lão (ở phía Tây) và sông Thái Bình dài 73 km từ Phả Lại đến Quý Cao (ở phía Đông).

Theo thiết kế, hệ thống thủy lợi BHH lấy nước từ sông Hồng qua cống Xuân Quan để cấp nước tưới cho vùng nghiên cứu và tiêu tự chảy ra ngoài sông Luộc và sông Thái Bình qua cống Cầu Xe và An Thổ, một số diện tích

được tưới, tiêu chủ động bằng bơm động lực ra sông ngoài. Hệ thống thủy lợi BHH có mạng lưới sông, kênh nội địa khá dày đặc, nối thông với nhau tạo thành mạng lưới sông, kênh tưới, tiêu khá thuận lợi. Một số sông trục chính trên hệ thống có thể kể đến như sông Kim Sơn, Điện Biên, Cửu An, Tây Kê Sặt, Nam Kê Sặt, Đĩnh Đào, Tràng Kỳ, Cầu Xe, An Thổ, Lương Tài, Thạch Khôi, Quang Lãng, An Tảo, Hòa Bình và Bác Hồ. Trên các sông và kênh trục chính nêu trên, có 11 cống chính (Xuân Quan, Báo Đáp, Kênh Cầu, Lược Điền, Bằng Ngang, Cống Tranh, Bá Thủy, Neo, Cầu Cát, Cầu Xe và An Thổ) làm nhiệm vụ điều tiết mực nước để cấp nước tưới và tiêu nước ra sông ngoài trên hệ thống. Trong hệ thống thủy lợi BHH còn có trên 800 cống và 400 trạm bơm lớn nhỏ khác nhau để hỗ trợ lấy nước vào mùa khô cũng như tiêu nước vào mùa mưa, đảm bảo tưới, tiêu được thuận lợi. Mùa khô trên hệ thống kéo dài từ tháng XI đến tháng IV năm sau, trong khi mùa mưa duy trì từ tháng V đến tháng X [2, 3].



Hình 1: Sơ đồ hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải

Hệ thống thủy lợi BHH được xây dựng từ năm 1959 với nhiệm vụ chính là tưới tiêu phục vụ sản xuất nông nghiệp cho khu vực tỉnh Hưng Yên, Hải Dương, một phần tỉnh Bắc Ninh và TP Hà

Nội. Tuy nhiên kể từ sau khi có hồ Hòa Bình, mực nước sông Hồng hạ thấp, vào nhiều thời điểm cống Xuân Quang bị treo không lấy được nước đặc biệt trong giai đoạn lấy nước đồ ải. Để đảm bảo cấp nước tưới và khắc phục ảnh hưởng của tình trạng thiếu nước, trong những giai đoạn căng thẳng có thể lấy nước vào trong hệ thống (lấy nước ngược) qua cống Cầu Xe, An Thổ, và Cầu Cát để tưới cho vùng Nam hệ thống (từ khu vực cống Tranh trở xuống). Theo quy trình vận hành, việc lấy nước ngược chỉ thực hiện từ tháng XI đến tháng I năm sau phục vụ công tác đồ ải cho vụ Đông xuân. Cho đến nay, việc lấy nước ngược phải thực hiện cả trong thời kỳ tưới dưỡng cho lúa (tháng III-IV). Cho đến nay, một số nghiên cứu tính toán mực nước trên hệ thống đã được thực hiện sử dụng mô hình toán thủy lực [2], mô hình dữ liệu [3, 4]. Tuy nhiên, các nghiên cứu nêu trên chưa đề cập đến các trường hợp suy giảm nguồn nước tại đầu mỗi cống Xuân Quan.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là mô phỏng diễn biến mực nước trong hệ thống thủy lợi BHH ứng với các kịch bản suy giảm nguồn nước tại cống đầu mỗi Xuân Quan sử dụng mô hình toán thủy lực. Cụ thể, mô hình

thủy lực trước tiên đã được kiểm định sử dụng số liệu năm 2017. Sau đó, ba kịch bản ứng với mực nước 1,85, 1,40 và 1,0 m tại đầu mỗi cống Xuân Quan đã được sử dụng để tính toán, nhằm cho phép mô phỏng và đánh giá diễn biến theo cả không gian và thời gian về mực nước trên hệ thống.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Dữ liệu thu thập

Để đánh giá diễn biến mực nước trong hệ thống thủy lợi BHH ứng với các kịch bản suy giảm nguồn nước từ cống đầu mỗi Xuân Quan, các dữ liệu khác nhau đã được thu thập. Mô hình thủy lực MIKE 11 của hệ thống được kế thừa từ nghiên cứu trước đây [2]. Số liệu mực nước thực đo với thời đoạn 6 giờ đã được thu thập tại các cống (Hình 1) từ năm 2000 đến 2021.

Các công trình cống chính trong hệ thống thủy lợi BHH được vận hành theo Quyết định số 5471/QĐ-BNN-TCTL ngày 28/12/2016. Theo Quy trình vận hành hệ thống nêu trên, một năm được chia thành bảy thời kỳ khác nhau, với mực nước không chế tại các cống điều tiết chính trên hệ thống được thống kê như trong Bảng 1.

Bảng 1: Mực nước không chế tại thượng lưu các cống điều tiết trên hệ thống thủy lợi BHH theo quy trình vận hành

Thời kỳ (Ngày/tháng)	Kênh Cầu	Bá Thủy	Neo	Cầu Xe	An Thổ
29/10-31/12	1,45 - 1,85	1,1 – 1,3	1,0 – 1,2	0,6-0,8	0,6-0,8
01/01-20/01	Mở thông	Mở thông	Trữ nước thượng lưu	Lấy nước ngược	Lấy nước ngược
21/01-28/02	Mở thông	< 2,2	< 2,0	Lấy nước ngược	Lấy nước ngược
01/03-03/05	1,60 - 2,2	1,3 – 1,7	1,2 – 1,6	0,8-1,0	0,8-1,0
04/05-31/05	1,60 - 2,0	1,2 – 1,5	1,1 – 1,4	0,6-0,8	0,6-0,8
01/06-10/07	1,80 - 2,2	1,4 – 1,8	1,3 – 1,7	0,9-1,1	0,9-1,1
11/07-28/10	1,60 – 2,0	1,2 – 1,5	1,1 – 1,4	0,8-1,0	0,8-1,0

3.2 Giới thiệu về mô hình MIKE 11

Module thủy lực của mô hình MIKE 11 đã

được sử dụng để mô phỏng diễn biến mực nước trong hệ thống thủy lợi BHH. Module

thuỷ động lực của mô hình MIKE 11 giải hệ phương trình cơ bản Saint-Venant viết cho trường hợp dòng chảy một chiều trong lòng kênh dẫn hở, bao gồm phương trình liên tục và phương trình động lượng có dạng như sau [5]:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{n^2 Q |Q|}{R^{4/3} A} = 0 \quad (2)$$

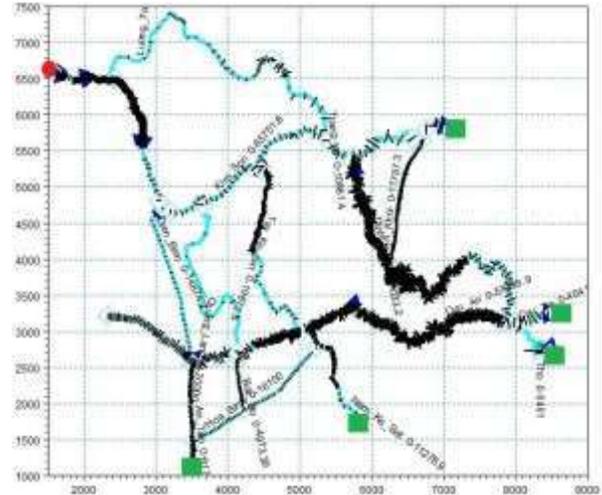
Trong đó Q là lưu lượng nước chảy qua mặt cắt (m^3/s), $g = 9,81$ (m/s^2) là gia tốc trọng trường, x là hướng dòng chảy (m), A là diện tích mặt cắt (m^2), R là bán kính thủy lực ($= A/P$, với P là chu vi ướt) và n là hệ số nhám Manning thể hiện ma sát của bề mặt đáy sông, kênh. Hệ phương trình Saint-Venant được giải bằng cách sử dụng lược đồ sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn. Ngoài ra, mô hình MIKE 11 cũng cho phép mô tả các vị trí phân/nhập lưu khác nhau trên sông, kênh.

3.3 Thiết lập mô hình MIKE 11 cho hệ thống nghiên cứu

Hình 2 thể hiện sơ đồ thiết lập mạng lưới sông, kênh chính của hệ thống thủy lợi BHH trong mô hình thủy lực MIKE 11, bao gồm 15 sông, kênh chính (Kim Sơn, Điện Biên, Cửu An, Tây Kê Sắt, Nam Kê Sắt, Đĩnh Đào, Tràng Kỷ, Cầu Xe, An Thổ, Lương Tài, Thạch Khôi, Quang Lãng, An Tảo, Hòa Bình và Bác Hồ) với tổng số 1575 mặt cắt ngang. Các công chính trên hệ thống (Báo Đáp, Kênh Cầu, Lục Điền, Tranh, Bá Thủy, Neo, Bằng Ngang) cũng được thiết lập trong mô hình nhằm cho phép mô hình để mô phỏng một cách chính xác thực tế.

Mực nước tại công đầu mỗi Xuân Quan (điểm chấm đỏ trên Hình 2) đã được sử dụng là dữ liệu tại vị trí biên thượng lưu trong mô hình MIKE 11, trong khi mực nước tại các công Cầu Cát, Cầu Xe và An Thổ (điểm hình vuông

màu xanh trên Hình 2) được sử dụng làm dữ liệu đầu vào tại các vị trí biên hạ lưu trong mô hình. Để đảm bảo ổn định, bước thời gian $\Delta t = 30$ giây đã được lựa chọn và thiết lập trong tất cả các mô phỏng cho kiểm định và ứng với các kịch bản khác nhau.



Hình 2: Mô hình mạng lưới sông, kênh của hệ thống thủy lợi BHH trong mô hình MIKE 11, cùng vị trí các mặt cắt ngang (đường màu đen), vị trí biên thượng lưu (điểm chấm đỏ) và vị trí biên hạ lưu (hình vuông màu xanh)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả kiểm định mô hình

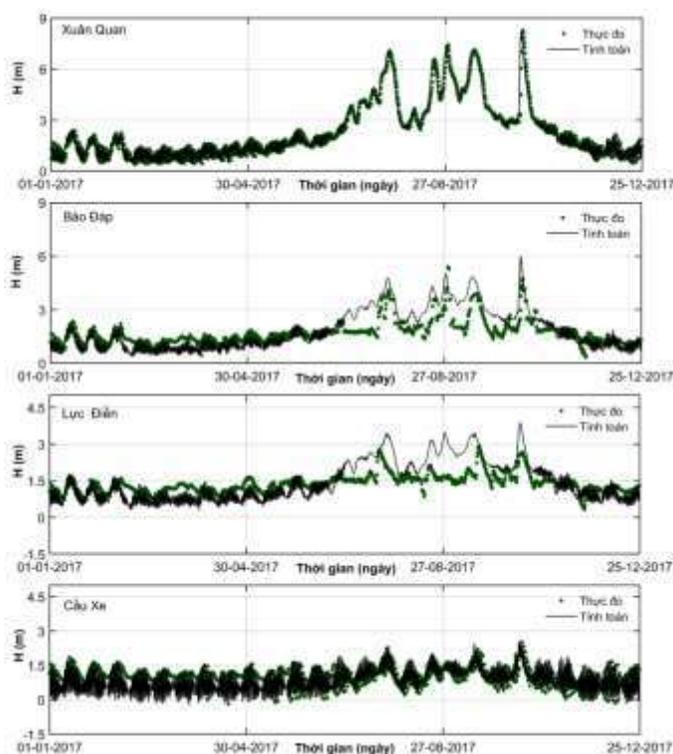
Mô hình thủy lực MIKE 11 cho hệ thống thủy lợi BHH trong nghiên cứu này đã được kế thừa từ các nghiên cứu trước đây [2]. Điều đó có nghĩa rằng, hệ số nhám của đáy lòng sông, kênh trong hệ thống thay đổi trong khoảng từ 0,025 đến 0,05 $s/m^{1/3}$, tùy thuộc vào từng sông, kênh cụ thể trong hệ thống (chi tiết xem trong Pham Van et al., 2018). Tuy nhiên, trước khi mô hình MIKE 11 được áp dụng để mô phỏng diễn biến mực nước trong hệ thống ứng với các kịch bản suy giảm nguồn nước khác nhau tại công đầu mỗi Xuân Quan, mô hình đã được kiểm định sử dụng số liệu từ ngày 1/1/2017 đến 31/12/2017.

Bảng 2: Giá trị của các chỉ tiêu đánh giá sai số tại các vị trí kiểm tra cho kiểm định mô hình sử dụng số liệu năm 2017

Trạm	RMSE		MAE		r	Hmax (m)	
	(m)	%	(m)	%		Tính toán	Thực đo
Xuân Quan	0,37	4,42	0,21	2,59	0,98	8,26	8,27
Báo Đáp	0,36	6,73	0,29	5,43	0,86	5,89	5,40
Lục Điền	0,38	13,10	0,25	8,80	0,84	3,56	2,89
Cầu Xe	0,26	10,43	0,18	7,35	0,77	2,59	2,50

Hình 3 là đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại một số vị trí trong hệ thống thủy lợi BHH khi kiểm định mô hình, trong khi đó chi tiết giá trị của các chỉ tiêu đánh giá sai số (bao gồm sai số quân phương – RMSE, sai số tuyệt đối trung bình – MAE, hệ số tương quan r, giá trị mực nước lớn nhất thực đo và tính toán) được thống kê chi tiết trong Bảng 2. Kết quả tính toán thể hiện rằng đường quá trình mực nước mô phỏng sát với mực nước thực đo tại các vị trí khác nhau trên hệ thống. Giá trị của sai số quân phương (RMSE) và sai số tuyệt đối trung bình

(MAE) tại các vị trí so sánh dao động từ 0,18 đến 0,38 m. Giá trị của các sai số nêu trên tương ứng với 2,59 đến 13,1% giá trị của biên độ mực nước lớn nhất ghi nhận tại các vị trí so sánh. Hệ số tương quan r giữa mực nước tính toán và thực đo tại các vị trí thay đổi từ 0,77 đến 0,98. Điều đó thể hiện rằng mô hình đã tái hiện rất tốt sự thay đổi của mực nước thực đo trong thời gian mô phỏng. Do đó, mô hình MIKE 11 sẽ được sử dụng để mô phỏng diễn biến mực nước trên hệ thống ứng với các kịch bản suy giảm nguồn nước khác nhau tại công đầu môi Xuân Quan.

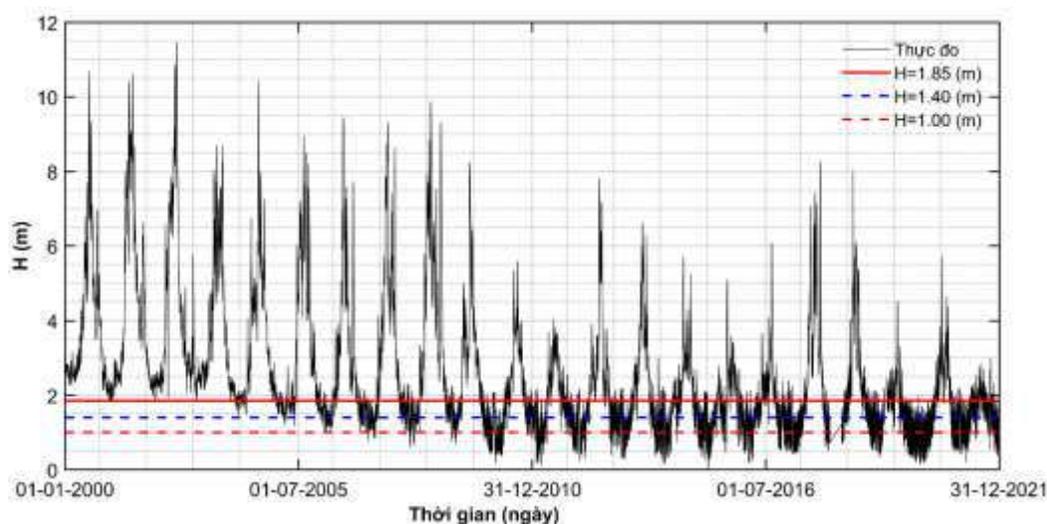


Hình 3: Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán tại các vị trí khác nhau trong hệ thống cho kiểm định mô hình sử dụng số liệu năm 2017

3.2 Kết quả mô phỏng diễn biến mực nước theo các kịch bản

Theo Quyết định số 5471/QĐ-BNN-TCTL ngày 28/12/2016, vận hành công đầu môi và các công điều tiết trong hệ thống thủy lợi BHH được quy định dựa trên các giá trị mực nước khống chế khác nhau ghi nhận được trên sông Hồng tại thượng lưu cống Xuân Quan [6]. Cụ thể, các trường hợp vận hành như sau: trong trường hợp điều kiện thời tiết bình thường, mực nước trên sông Hồng tại thượng lưu cống đầu môi Xuân Quan đạt mức 1,85 m (tương ứng với mực nước thiết kế); Trong trường hợp khó khăn về nguồn nước, nắng nóng kéo dài mực nước mực nước thượng lưu cống Xuân

Quan đạt 1,40m. Do đó, các mực nước trên sẽ được xem xét để xây dựng các kịch bản KB1 và KB2 cho mô phỏng diễn biến mực nước trong hệ thống. Ngoài ra, căn cứ vào dữ liệu mực nước ghi nhận trên sông Hồng tại thượng lưu cống Xuân Quan giai đoạn 2000-2021 (Hình 4), mực nước thượng lưu cống đầu môi Xuân Quan có sự suy giảm rõ rệt kể cả về mùa lũ và mùa kiệt, nhất là trong thời kỳ từ năm 2010 trở lại đây. Do đó, để xem xét sự suy giảm mực nước trên, kịch bản KB3 đã được thực hiện với giả thiết mực nước tại cống đầu môi Xuân Quan là 1,0 m. Các kịch bản tính toán nêu trên được thực hiện trong mùa khô (từ ngày 29/X đến 3/V năm sau).



Hình 4: Diễn biến mực nước trên sông Hồng tại cống Xuân Quan giai đoạn 2000-2021

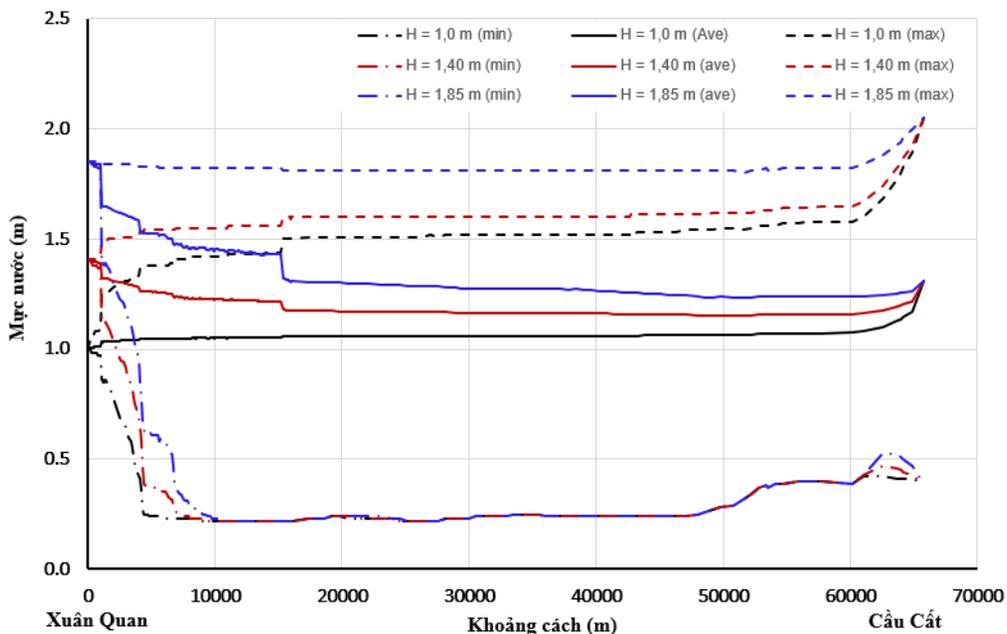
Bảng 3: Bảng thống kê mực nước lớn nhất tại các vị trí khác nhau trên hệ thống ứng với các kịch bản suy giảm nguồn nước tại cống đầu môi Xuân Quan

Kịch bản		Báo Đáp	Kênh Cầu	Lục Điền	Cống Tranh	Bá Thủy	Cống Neo
Kí hiệu	Mực nước (m)	Mực nước lớn nhất tại một số vị trí trên hệ thống (m)					
KB1	1,85	1,83	1,82	1,81	1,81	1,78	1,44
KB2	1,40	1,52	1,56	1,60	1,60	1,60	1,41
KB3	1,00	1,33	1,44	1,51	1,52	1,53	1,40
Kí hiệu	Mực nước (m)	Mực nước nhỏ nhất tại một số vị trí trên hệ thống (m)					
KB1	1,85	1,33	0,86	0,58	0,57	0,55	0,11
KB2	1,40	0,99	0,62	0,50	0,50	0,47	0,08
KB3	1,00	0,69	0,47	0,44	0,44	0,40	0,05

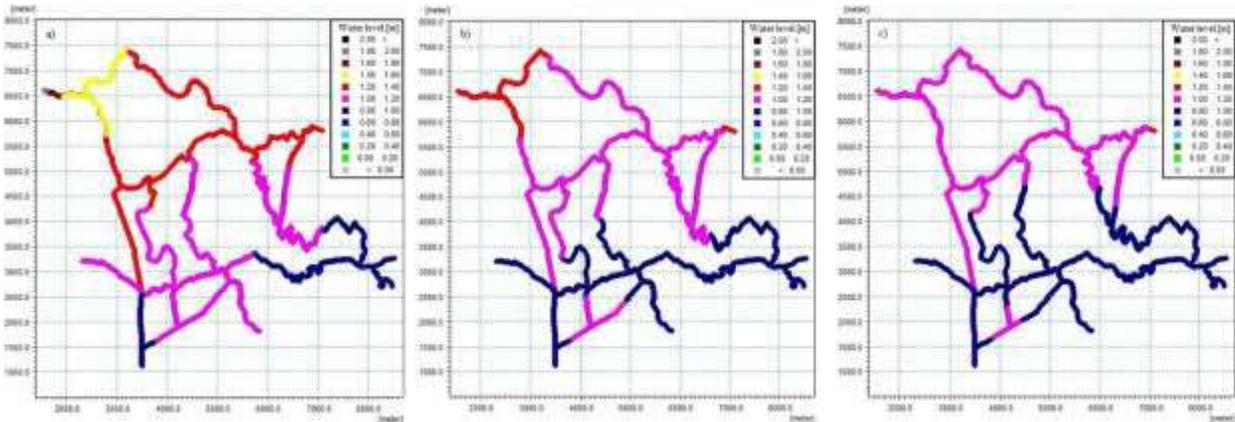
Hình 5 thể hiện sự thay đổi mực nước dọc theo sông Kim Sơn – một trong hai sông trục chính của hệ thống thủy lợi BHH ứng với ba kịch bản. Kết quả tính toán thể hiện rằng khi mực nước tại đầu mỗi cống Xuân Quan đủ lớn (như trường hợp kịch bản KB1 và KB2), dòng chảy trong hệ thống theo hướng từ thượng lưu về hạ lưu (theo hướng từ cống Xuân Quan đến cống Cầu Cát), với mức độ giảm dần. Trong khi đó, kết quả mô phỏng mực nước dọc theo sông trục Kim Sơn thể hiện có sự xuất hiện của dòng chảy ngược (theo hướng từ hạ lưu về thượng lưu hay theo hướng từ cống Cầu Cát đến Xuân Quan) cho kịch bản KB3. Mực nước trên sông trục chính Kim Sơn giảm từ 1,85 đến 1,26 m ứng với kịch bản KB1, trong khi giá trị trên thay đổi từ 1,40 đến 1,21m cho kịch bản KB2. Ứng với kịch bản KB3, mực nước trên sông trục chính Kim Sơn biến đổi từ 1,0 đến 1,17 m. Đồng thời, kết quả mô phỏng thể hiện nước chảy ngược trên hệ thống. Chi tiết các giá trị mực nước lớn nhất, nhỏ nhất tại một số vị trí (như cống Báo Đáp, Kênh Cầu, Lược

Điền, cống Tranh, Bá Thủy và cống Neo) trên hệ thống được tổng hợp trong Bảng 3.

Hình 6 là ví dụ sơ họa về phân bố mực nước trung bình trong toàn bộ thời gian mô phỏng (từ ngày 29/X đến 3/V năm sau, tương ứng với mùa khô) trên các sông, kênh chính của hệ thống ứng với ba kịch bản. Kết quả tính toán thể hiện rằng giá trị mực nước trung bình trong mùa khô trên hệ thống có sự biến động rõ rệt về biên độ và có xu hướng giảm dần từ thượng lưu về hạ lưu. Ứng với kịch bản KB3 (khi mực nước tại cống đầu mỗi Xuân Quan chỉ bằng 1,0 m), mực nước trung bình dao động từ 1,0 đến 1,20 m trong phần diện tích thượng lưu của hệ thống, trong khi đó phần lớn diện tích còn lại của hệ thống có mực nước trung bình nhỏ hơn 1,0 m. Các kết quả mô phỏng theo các kịch bản không chỉ cho phép xem xét diễn biến phân bố mực nước theo không gian trong toàn hệ thống mà còn có thể được sử dụng để trợ giúp cho việc vận hành đóng/mở các cống điều tiết trên hệ thống.



Hình 5: Diễn biến mực nước dọc theo sông chính Kim Sơn trong hệ thống



Hình 6: Phân bố mực nước trung bình trong mùa khô, cho kịch bản: a) KB1, b) KB2 và c) KB3 trên các sông kênh của hệ thống

Như đã trình bày trong các nội dung trước, do sự suy giảm mực nước trên sông Hồng tại công đầu mỗi Xuân Quan, hệ thống thủy lợi BHH còn tăng cường lấy nước ngược từ hệ thống sông Thái Bình qua các công Cầu Xe, An Thổ và Cầu Cát để tưới cho vùng hạ lưu của hệ thống. Tuy nhiên, để đơn giản trong tính toán, nghiên cứu này mới chỉ tập trung khảo sát sự thay đổi và ảnh hưởng của mực nước tại công đầu mỗi Xuân Quan. Quá trình vận hành lấy nước ngược chưa được xem xét trong tính toán hiện tại. Mặt khác, trong mùa khô những năm gần đây, hệ thống thủy lợi BHH còn thực hiện lấy nước ngược và việc tăng cường lấy nước ngược từ hệ thống sông Thái Bình phục vụ tưới cho vùng hạ lưu của hệ thống có thể bị ảnh hưởng của độ mặn. Việc tăng cường lấy nước ngược trong mùa khô có thể sẽ có nguy cơ dẫn đến nhiễm mặn cho vùng hạ lưu. Do đó, vận hành, điều tiết các công lấy nước không chỉ nhằm mục đích đảm bảo mực nước tưới mà còn phải giảm thiểu nguy cơ nhiễm mặn. Điều đó có nghĩa rằng các tính toán mô phỏng không chỉ dừng lại ở các mô phỏng thủy động lực mà còn cần phải thực hiện thêm các tính toán diễn biến, lan truyền và pha loãng mặn trong hệ thống. Các vấn đề nêu trên sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo khi các dữ liệu và thông tin về vận hành điều tiết các

công (Cầu Cát, Cầu Xe và An Thổ) phục vụ cho tăng cường lấy nước ngược cũng như các số liệu đo đạc, quan trắc độ mặn tại hạ lưu các công (Cầu Cát, Cầu Xe và An Thổ) trên hệ thống sông Thái Bình được thu thập và cập nhật.

4. KẾT LUẬN

Mô hình thủy lực MIKE 11 đã được sử dụng để mô phỏng diễn biến mực nước theo các kịch bản suy giảm nguồn nước khác nhau trên hệ thống thủy lợi BHH. Dựa trên các kết quả đã trình bày, một số kết luận chính của nghiên cứu bao gồm:

(i) Mô hình MIKE 11 đã tái hiện rất tốt sự thay đổi của mực nước thực đo năm 2017, với giá trị của sai số quân phương (RMSE) và sai số tuyệt đối trung bình (MAE) tại các vị trí so sánh bằng từ 2,59 đến 13,1% giá trị của biên độ mực nước thực đo và hệ số tương quan r giữa mực nước tính toán và thực đo tại các vị trí thay đổi từ 0,77 đến 0,98.

(ii) Kết quả mô phỏng theo ba kịch bản (KB1, KB2 và KB3) tương ứng với mực nước $H = 1,85, 1,40$ và $1,0$ m tại đầu mỗi công Xuân Quan) thể hiện rằng mực nước trên hệ thống có sự thay đổi mạnh mẽ theo không gian và thời gian. Mực nước trên sông trục chính Kim Sơn giảm từ 1,85 đến 1,26 m ứng với kịch bản KB1, trong khi giá trị trên thay đổi từ 1,40 đến

1,21m cho kích bản KB2. Ứng với kích bản KB3, mực nước trên sông trực chính Kim Sơn biến đổi từ 1,0 đến 1,17 m và xuất hiện nước chảy ngược trên hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vu Thị Thanh Hương, Vũ Quốc Chính, Lê Văn Cư (2015). Đánh giá diễn biến chất lượng nước trong hệ thống thủy lợi Bắc Hưng Hải giai đoạn 2005-2013. *Kỷ yếu hội thảo kỷ niệm 5 năm thành lập Viện Nước TT & MT*, Trang 1-11.
- [2] Chien Pham Van, Giang Nguyen-Van, Nguyen Thi Vanm Le Van Chin, Doanh Nguyen-Ngoc, Drogoul Alexis (2018). Modelling water flow in the Bac Hung Hai Irrigation System. *Proceedings of International Symposium on Lowland Technology 2018*, September 26-28, 2018, Hanoi, Vietnam, trang 1-8.
- [3] Truong Viet Hung, Ly Quang Viet, Le Van Chin, Vu Trong Bang, Le Thi Thanh Thuy, Tran Tuan Thach, Goethals P (2021). Machine learning-based method for forecasting water levels in irrigation and drainage systems. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101762.
- [4] Chien Pham Van, Doanh Nguyen-Ngoc (2022). Multiple linear regression and long short-term memory for evaluating water level in irrigation and drainage systems: an application in the Bac Hung Hai irrigation and drainage system, Vietnam. *Water Supply*, 22(12), 8587-8602.
- [5] DHI (2014). *MIKE 11 – A modelling system for rivers and channels*. 544 Trang.
- [6] Quy trình vận hành hệ thống công trình thủy lợi Bắc Hưng Hải ban hành kèm theo Quyết định số 5471/QĐ-BNN-TCTL ngày 28/12/2016 của Bộ trưởng Bộ NN&PTNT.