

# XÂY DỰNG BIỂU ĐỒ VẬN HÀNH KHẨN CẤP KIỂM SOÁT LŨ

ThS. Lê Xuân Cầu - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

**V**ận hành khẩn cấp kiểm soát lũ phải đạt hai mục tiêu chính: bảo đảm an toàn đập và bảo vệ nhiều nhất có thể vùng hạ lưu. Vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ có hiệu quả thường được dựa vào biểu đồ vận hành khẩn cấp. Biểu đồ vận hành khẩn cấp được biểu diễn dưới dạng họ các đường cong quy tắc. Các đường cong này biểu diễn lượng nước xả của hồ là hàm của trạng thái hồ, thường là dòng chảy đến hồ (hoặc cường suất mực nước hồ) và mực nước hồ. Biểu đồ vận hành khẩn cấp không phụ thuộc vào kết quả dự báo lượng mưa và dự báo dòng chảy đến, vào điều kiện lũ hạ lưu hoặc các dữ liệu khác. Các biểu đồ vận hành khẩn cấp hướng dẫn người vận hành hoạt động trong điều kiện khẩn. Cơ sở khoa học của phương pháp xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp và áp dụng cho hồ Sông Hình được trình bày trong bài báo này.

## 1. Tổng quan

Vận hành hồ chứa kiểm soát lũ là vận hành sao cho sử dụng hiệu quả nhất dung tích hồ hiện có trong thời gian có lũ. Mục tiêu chủ yếu của vận hành kiểm soát lũ là giảm thiểu thiệt hại vùng hạ lưu trong khi bảo đảm chắc chắn an toàn đập (mực nước hồ không được vượt qua giá trị cho phép). Chế độ vận hành khi có lũ có 2 trạng thái vận hành bình thường và vận hành khẩn cấp. Chế độ vận hành phụ thuộc vào dung tích hồ chứa có đủ để chứa thể tích lũ trong tương lai hay không.

Vận hành bình thường khi hồ chứa có đủ dung tích để chứa dung lượng lũ. Ngược lại khi dung tích còn trống của hồ hiện tại có hạn và dòng chảy đến hồ trong tương lai lớn hơn dung tích còn trống của hồ thì vận hành sẽ được thực hiện theo chế độ khẩn cấp. Mục đích chính của vận hành bình thường khi có lũ là giảm nhiều nhất thiệt hại vùng hạ lưu hồ. Ở các hồ có dung tích phòng lũ thì dung tích này thường đủ để kiểm soát các con lũ nhỏ thường xuyên xảy ra và chế độ vận hành bình thường là chủ yếu.

Mục tiêu chủ yếu của vận hành khẩn cấp là để bảo đảm an toàn đập. Để vận hành hồ chứa kiểm soát lũ cần phải xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp lũ. Biểu đồ vận hành khẩn cấp lũ hướng dẫn người vận hành ra quyết định lượng nước xả thời gian thực là bao nhiêu khi có lũ lớn.

Phương pháp xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp hồ chứa được đề xuất bởi USACE (1959). Với dung tích hồ chứa còn trống cho trước, lưu lượng xả được xác định dựa vào kết quả ước tính tổng lượng

nhỏ nhất dòng chảy lũ đến hồ mong đợi từ thời điểm hiện vận hành tới thời điểm kết thúc lũ. Dung tích dòng chảy đến hồ có được khi giả thiết rằng đường quá trình lưu lượng dòng chảy đến đạt đỉnh và lượng dòng chảy được tính theo nhánh suy giảm của con lũ.

## 2. Vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ

Hai yếu tố quy định vận hành kiểm soát lũ: Dung tích còn trống của hồ và lượng dòng chảy lũ trong tương lai của lũ đến hồ. Dung tích còn trống của hồ luôn biết trước, nhưng lượng dòng chảy lũ dự tính đến hồ thường có tính bất định.

### 2.1. Vận hành bình thường kiểm soát lũ

Vận hành bình thường kiểm soát lũ là vận hành trong trường hợp có lũ theo nguyên tắc làm giảm mực nước gây thiệt hại tại điểm kiểm soát hạ lưu hồ khi có lũ với điều kiện dung tích trống của hồ cho trước. Dung tích này đủ để chứa lượng dòng chảy đến hồ của các con lũ vừa và nhỏ. Với điều kiện lượng chảy đến hồ sẽ không lớn hơn dung tích trống hiện tại, lượng nước xả khỏi hồ được quyết định dựa vào khả năng thoát lũ lớn nhất tại điểm kiểm soát lũ. Khả năng thoát lũ lớn nhất sẽ phụ thuộc vào khả năng dòng chảy tràn bờ (mực nước mà tại đó sẽ xảy ra thiệt hại đáng kể), vào điều kiện môi trường, ngập lụt các công trình hạ tầng.

Trong điều kiện vận hành bình thường khi có lũ, lượng nước khỏi hồ được quyết định sao cho dung tích trống phải được bảo đảm chứa gọn con lũ. Khi có mưa lớn hoặc lượng mưa dự báo lớn, các cửa xả lũ được đóng và sẽ đóng khi lũ chưa đạt đỉnh và mực nước tại điểm kiểm soát hạ lưu dưới mực nước

gây thiệt hại.

Đối với hệ thống hồ chứa, lượng nước xả không lớn hơn khả năng thoát lũ tại điểm kiểm soát chung hạ lưu. Lượng nước xả được quyết định dựa trên nguyên tắc bảo đảm dung tích chứa lũ của các hồ là tương đương. Chẳng hạn, lượng nước xả sẽ từ hồ có phần trăm dung tích phòng lũ đã sử dụng lớn nhất. Các tổ hợp khác để cân bằng dung tích chứa lũ tương đương có thể sẽ được thiết lập.

Quyết định lượng nước xả còn phụ thuộc vào phân bố dòng chảy vùng không kiểm soát (dòng chảy từ khu giữa). Đối với các điểm kiểm soát xa hồ chứa, có thể dòng chảy khu giữa chiếm một phần đáng kể khả năng thoát lũ của sông.

Bất kỳ khi nào có lũ, nếu lũ lớn xảy ra trong khi dung tích trống của hồ chỉ có hạn và không chứa được lượng lũ sẽ đến, vận hành hồ chứa sẽ chuyển sang chế độ vận hành khẩn cấp (vận hành theo biểu đồ xả lũ bảo đảm sự kiểm soát chắc chắn con lũ).

**2.2. Vận hành khẩn cấp kiểm soát lũ**

Vận hành lũ khẩn cấp kiểm soát lũ được quyết định dựa vào biểu đồ vận hành khẩn cấp. Biểu đồ vận hành khẩn cấp được biểu diễn dưới dạng họ các đường cong quy tắc. Các đường cong này biểu diễn lượng nước xả của hồ là hàm của trạng thái hồ, thường là dòng chảy đến hồ (hoặc cường suất mực nước hồ) và mực nước hồ. Biểu đồ vận hành khẩn cấp không phụ thuộc vào kết quả dự báo lượng mưa và dòng chảy đến, điều kiện lũ hạ lưu hoặc các dữ liệu khác. Các biểu đồ vận hành khẩn cấp hướng dẫn người vận hành hoạt động trong điều kiện khẩn.

Biểu đồ vận hành khẩn cấp rất thuận tiện khi thông tin bị gián đoạn, khi tại đập hồ chứa hoàn toàn bị cô lập, khi kết quả dự báo dòng chảy đến có sai số lớn. Đối với các lưu vực sông nhỏ khi mà khoảng thời gian phản ứng của lưu vực và thời gian dự kiến dự báo rất ngắn việc sử dụng thông tin thu thập được vào thời điểm vận hành tại hồ rất quan trọng và thực hiện được.

Ưu tiên số một khi vận hành lũ khẩn cấp là bảo đảm nước không được bị tràn đập. Quyết định lượng nước xả chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hồ chứa mà không dựa vào điều kiện ở hạ lưu, vì vậy mực nước hạ lưu có thể vượt cao độ một số vị trí ở hạ lưu sao cho hồ chứa không được tích đầy trước khi con lũ qua hoàn toàn. Cơ sở của vận hành khẩn

cấp là xả lũ với lượng tương đối lớn trước khi hồ bị đầy có lợi thế hơn nhiều so với cách đợi đến khi hồ đầy rồi mới xả. Vận hành xả nước đón lũ được nghiên cứu bởi (Seth 1998, Tuyen 2010). Mục tiêu số 1 vận hành khẩn cấp là bảo đảm an toàn đập, mục tiêu số 2 vận hành khẩn cấp là bảo vệ nhiều nhất có thể vùng hạ lưu

**3. Xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp – Phương pháp chuẩn của USACE**

**3.1. Mô tả phương pháp xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp theo phương pháp của USACE (United State Army Corps of Engineers)**

Biểu đồ vận hành khẩn cấp được xây dựng dựa trên kết quả ước tính tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất tính từ thời điểm tính toán cho tới thời điểm kết thúc con lũ đơn. Lượng dòng chảy đến được ước tính khi giả thiết rằng lũ đạt đỉnh ở thời điểm tính toán và tính lượng dòng chảy đến dựa vào quy luật suy giảm lưu lượng nhánh xuống của con lũ. Sự suy giảm lưu lượng nhánh xuống đường quá trình lưu lượng lũ được tính dựa vào tốc độ suy giảm lưu lượng của nhánh xuống. Sau khi tính được lượng dòng chảy đến nhỏ nhất (khi biết lưu lượng dòng chảy đến hồ và lưu lượng dòng ra khỏi hồ cho trước), lấy dung tích hồ lớn nhất trừ đi lượng dòng chảy đến nhỏ nhất ta có dung tích hồ lúc khởi đầu sự suy giảm lưu lượng. Từ đó ta có mực nước lúc bắt đầu suy giảm lưu lượng. Mực nước này được xác định dựa vào quan hệ tương quan giữa dung tích và mực nước hồ chứa. Một họ các đường cong quy tắc  $Q_{ra}=f(Q_{đến}, Z_h)$  tạo thành biểu đồ vận hành khẩn cấp lũ (Beard 1976). (Rivera-Ramirez 2004) đề xuất biểu đồ vận hành khẩn cấp lũ dựa vào tính toán mạo hiểm (hình 1).

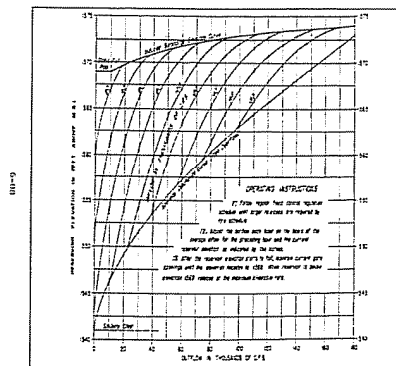
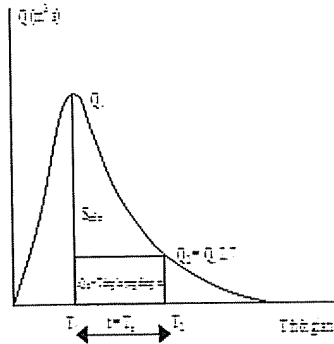


Fig. 3.23. Spillway gate regulation curves based on inflow

**Hình 1. Biểu đồ vận hành khẩn cấp USAC**



**Hình 2. Đường quá trình lũ**

Hình 2 sơ họa đường quá trình lũ và diễn tả cách tính thông số suy giảm lưu lượng nước theo phương pháp USACE. Quá trình suy giảm lưu lượng dòng chảy nhánh xuống của con lũ được mô tả bởi phương trình:

$$Q_t = Q_0 k^t \quad (1)$$

Trong đó:

$Q_0$ : lưu lượng ban đầu

$Q_t$ : lưu lượng sau khoảng thời gian  $t$  từ lúc  $Q=Q_0$

$k$ : hệ số suy giảm,  $t$  là khoảng thời gian

Trữ lượng nước ( $S$ )

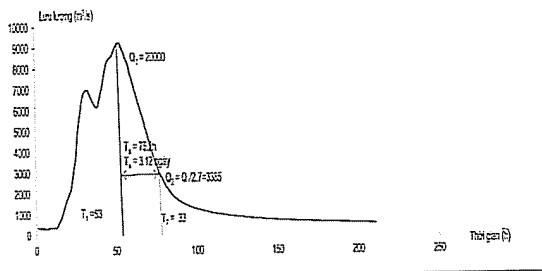
$$S = -Q_0 k t / \ln(k) = -Q_t t / \ln(k) \quad (2)$$

$$\Rightarrow S/Q_t = -t / \ln(k) \quad (3)$$

Khi  $k$  là hằng số thì theo công thức (3) trữ lượng nước  $S$  và lưu lượng nước  $Q$  tỷ lệ với nhau và tỷ số giữa chúng không đổi

$$T_s = -1 / \ln(k) \quad (4)$$

Thông số  $T_s$  có đơn vị là thời gian.  $T_s$  mô tả nhánh xuống của con lũ và là thông số quan trọng trong tính toán xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp.



**Hình 3. Biểu đồ đường quá trình lưu lượng nước**

Nếu lưu lượng biến đổi theo thời gian từ thời điểm  $T_1$  đến  $T_2$  thì  $k = (Q_2/Q_1)^{1/t}$ , công thức (4) được viết dưới dạng sau:

$$\ln\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) = \frac{-t}{T_s} \quad (5)$$

Phương trình (5) có thể được viết như sau:

$$T_2 - T_1 = t = -T_s \ln(Q_2/Q_1) \quad (6)$$

Trong công thức (6) có  $T_2 - T_1 = T_s$  khi  $\ln(Q_2/Q_1) = -1$ . Chú ý rằng  $\ln(Q_2/Q_1) = -1$  khi  $(Q_2/Q_1) = 1/e \approx 1/(2.7)$ . Do đó  $T_s$  là thời gian cần thiết để lưu lượng nước suy giảm từ  $Q_2$  xuống đến  $Q_1$

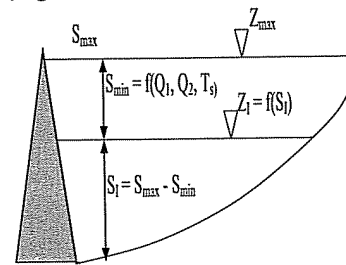
Sự thay đổi trữ lượng được mô tả bởi phương trình cân bằng nước:

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t) \quad (7)$$

Trong đó  $I(t)$  dòng chảy đến,  $O(t)$  dòng chảy ra:

$$T_s = \frac{(S_{min}/2) + Q_2 t}{Q_1 - Q_2} = \frac{S_{min} + 2Q_2 t}{2(Q_1 - Q_2)} \quad (8)$$

Trong hình 2,  $S_{min}$  là tổng lượng dòng chảy đến mà hồ cần phải tích cho đến kết thúc lũ trong điều kiện lưu lượng ra không thay đổi.



**Hình 4. Sơ họa hồ chứa**

Từ (8) và hình 4 ta có:

$$S_{min} = 2T_s [Q_1 - Q_2 (1 + \ln(Q_1/Q_2))] \quad (9)$$

Gọi  $S_1$  là dung tích hồ chứa tại thời điểm bắt đầu suy giảm lưu lượng, ta có

$$S_1 = S_{max} - S_{min} \quad (10)$$

Ở đây  $S_{max}$  là dung tích cho phép lớn nhất của hồ chứa

### 3.2. Các bước xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp

Biểu đồ vận hành khẩn cấp được xây dựng theo các bước sau:

1) Phân tích tính toán suy giảm lưu lượng lũ để có hằng số suy giảm lưu lượng lũ (công thức (5))

2) Tính tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất  $S_{min}$  do suy giảm lưu lượng từ thời điểm lưu lượng bắt đầu suy giảm của dòng chảy đến  $Q_1$  đến lưu lượng bằng lưu lượng dòng chảy ra không đổi  $Q_2$  ( $Q_1$  và  $Q_2$  là 2 giá trị cho trước,  $Q_1 > Q_2$ ) (công thức (9)).

3) Tính mực nước hồ lúc bắt đầu suy giảm lưu lượng (công thức (10))

4) Cho trước các cặp giá trị  $Q_1$  và  $Q_2$  tính mực nước lúc khởi đầu suy giảm, tính lặp theo bước 2 và

3 có bảng các giá trị tính  $Q_{đến}$ ,  $Q_{ra}$ ,  $Z_h$

5) Vẽ họ các đường cong quy tắc vận hành khẩn cấp  $Q_{ra} = f(Q_{đến}, Z_h)$

Để xây dựng biểu đồ ta cần có các dữ liệu sau:

- Đường quá trình lưu lượng lũ (dòng chảy đến hồ)
- Các đặc trưng hồ chứa: các quan hệ cho trước:
  - + Diện tích mặt hồ- Mức nước hồ  $F=f(Z)$
  - + Dung tích hồ- Mức nước hồ  $F=f(Z)$
  - + Khả năng xả- Mức nước hồ  $Q_{max} = f(Z)$ .
- Mức nước hồ lớn nhất cho phép  $Z_{max}$

Biểu đồ vận hành khẩn cấp được sử dụng như sau:  
 Tại thời điểm vận hành cho trước  $t$  ta có  $Q_{đến}$

và mức nước hồ  $Z_t$ , Tra biểu đồ có  $Q_{ra\_tra}$  nếu lưu lượng ra khỏi hồ hiện tại  $Q_{ra\_t}$  nhỏ hơn giá trị tra trên biểu đồ  $Q_{ra\_tra}$ , khi đó chế độ vận hành hồ sẽ là vận hành khẩn cấp. Người vận hành sẽ phải xả lũ với lưu lượng bằng hoặc lớn hơn  $Q_{ra\_tra}$

#### 4. Xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp cho hồ Sông Hình

Sau đây là ví dụ áp dụng xây dựng biểu đồ vận hành khẩn cấp cho hồ Sông Hình nằm trong lưu vực sông Ba. Phạm vi lưu vực nằm trong khoảng 12035' - 14038' vĩ độ Bắc, 180000' - 190055' kinh độ Đông với diện tích lưu vực là 13.900 km<sup>2</sup>.

**Bảng 1. Thông số cơ bản hồ Sông Hình**

Thông số	F	Q <sub>o</sub>	MNDBT	MNC	MNGC (P=1%)	MNGC (P=0,5%)	MN kiểm tra (P=0,1%)	W <sub>tb</sub>	Whi	N <sub>lm</sub>	Năm hoạt động
Đơn vị	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m	m	m	m	m	tr.m <sup>3</sup>	tr.m <sup>3</sup>	mw	
	772	40,2	211,5	196		209	209	209	209	209	2000

**Bảng 2. Đặc tính hồ Sông Hình**

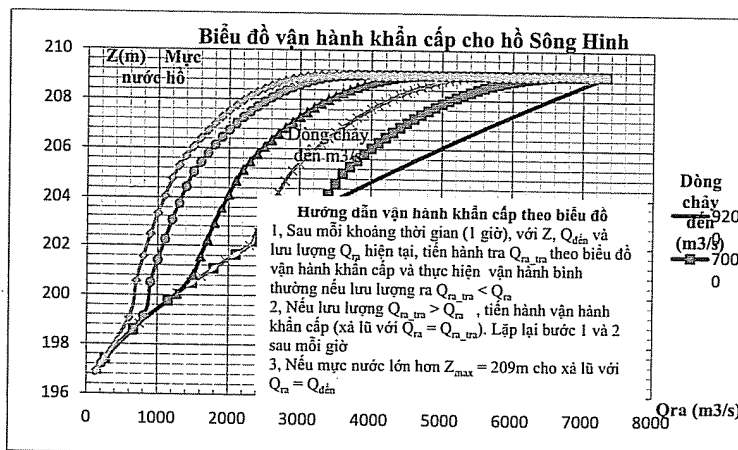
Z (m)	F(km <sup>2</sup> )	W(tr,m <sup>3</sup> )
190,00	1,16	1,93
195,00	8,75	23,76
200,00	19,00	91,50
205,00	30,41	213,91
210,00	43,28	397,19
215,00	58,69	651,14
220,00	71,76	976,72

**Bảng 3. Khả năng xả hồ Sông Hình**

Z (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Z (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Z (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
196,50	55	201,50	2016	206,50	5317
197,00	156	202,00	2297	207,00	5701
197,50	287	202,50	2590	207,50	6094
198,00	442	203,00	2894	208,00	6496
198,50	618	203,50	3210	208,50	6906
199,00	812	204,00	3536	209,00	7325

Biểu đồ vận hành khẩn cấp cho hồ Sông Hình được xây dựng với  $Z_{max} = 209$  m (với  $Z_{max}$  khác ta có biểu đồ khác) và đường quá trình dạng lũ 1988

với suất bảo đảm 1% (hình 2) và các đặc tính hồ Sông Hình. Kết quả ta có biểu đồ vận hành khẩn cấp cho hồ Sông Hình như sau:



## NGHIÊN CỨU & TRAO ĐỔI

Hướng dẫn vận hành khẩn cấp theo biểu đồ

1. Sau mỗi khoảng thời gian (1 giờ), với  $Z$ ,  $Q_{đến}$  và lưu lượng ra khỏi hồ  $Q_{ra}$  hiện tại, tiến hành tra  $Q_{ra\_tra}$  theo biểu đồ vận hành khẩn cấp và thực hiện vận hành bình thường nếu lưu lượng ra  $Q_{ra\_tra} < Q_{ra}$

2. Nếu lưu lượng  $Q_{ra\_tra} > Q_{ra}$ , tiến hành vận hành khẩn cấp ( xả lũ với  $Q_{ra} \geq Q_{ra\_tra}$ ). Lặp lại bước 1 và 2 sau mỗi giờ

3. Nếu mực nước lớn hơn  $Z_{max} = 209m$  cho xả lũ với  $Q_{ra} = Q_{đến}$

Ví dụ: Giả sử vào thời điểm vận hành có mực nước hồ  $Z = 206,07 m$ , dòng chảy đến là  $Q_{đến} = 2500 m^3/s$  và lưu lượng nước khỏi hồ  $Q_{ra} = 2000 m^3/s$ . Với  $Z = 206,07$  và  $Q_{đến} = 2500$ , Ta tra theo biểu đồ ta được  $Q_{ra\_tra} = 2500 m^3/s$ . Vì  $Q_{ra\_tra} > Q_{ra}$  nên vận hành sẽ ở chế độ khẩn cấp và phải mở

cửa xả sao cho  $Q_{ra} \geq 2500 m^3/s$ . Cứ mỗi khoảng 1 giờ sau, quá trình tra biểu đồ lại lặp lại với cặp giá trị mới ( $Z$ ,  $Q_{đến}$ ).

### 4. Kết luận

Biểu đồ vận hành khẩn cấp được xây dựng dựa trên cơ sở khoa học rõ ràng, ước tính tổng lượng dòng chảy đến nhỏ nhất tính từ thời điểm tính toán cho tới thời điểm kết thúc con lũ. Chỉ cần biết mực nước và dòng chảy đến thời điểm vận hành người vận hành đưa ra quyết định lượng xả bao nhiêu để đập bảo đảm an toàn. Biểu đồ vận hành khẩn rất thuận tiện trong tình huống thông tin bị gián đoạn, khi tại đập hoàn toàn bị cô lập, khi kết quả dự báo dòng chảy đến hồ có sai số lớn. Đặc biệt đối với hồ có các lưu vực nhỏ khi mà khoảng thời gian phản ứng của lưu vực và thời gian dự kiến dự báo rất ngắn.

## Tài liệu tham khảo

1. Leo R. Beard (1976). "Flood Control by Reservoir, HEC-IHD-Volume 7
2. Seth, S. M. (1998). "Flood Control Regulation of A Multi-reservoir System." National Institute of Hydrology, Jal Vigyan Bhawan, Roorkee, 247 667 (India).
3. Rivera-Ramirez, H. D., Wurbs, R. A., (2004). "Flood Control Reservoir Operations of Limited Storage Capacity." Precéedings of Fall 2004 Conference, Texas Section, American Society of Civil Engineers, Houston, Texas.
4. Tuyển, H. M. (2010) "Báo cáo xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa sông Ba", Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường