

TẠP CHÍ

251

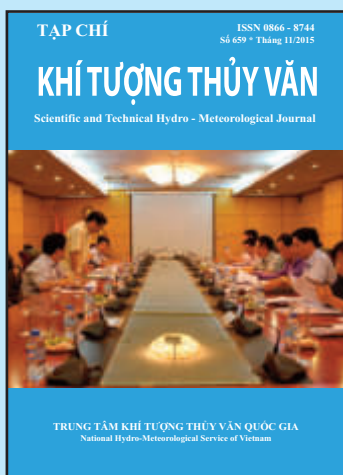
ISSN 0866 - 8744
Số 659 * Tháng 11/2015

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Nguyễn Viết Lành

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. PGS. TS. Trần Hồng Thái | 8. TS. Tống Ngọc Thanh |
| 2. GS. TS. Phan Văn Tân | 9. TS. Hoàng Đức Cường |
| 3. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 10. TS. Đinh Thái Hưng |
| 4. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 11. TS. Dương Văn Khánh |
| 5. PGS. TS. Dương Văn Khám | 12. TS. Trần Quang Tiến |
| 6. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 13. ThS. Nguyễn Văn Tuệ |
| 7. PGS. TS. Hoàng Minh Tuyển | 14. ThS. Võ Văn Hòa |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.39364963; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Ảnh bìa: Làm việc giữa Ban Chủ nhiệm Chương trình KHCN-BĐKH/11-15 với Ủy ban Khoa học và Môi trường Quốc hội.

Giá bán: 25.000 đồng

252

Số 659 * Tháng 11 năm 2015

Trong số này

Nghiên cứu & Trao đổi

- 1 Lê Văn Thắng, Nguyễn Đình Huy và Hồ Ngọc Anh Tuấn:** Đánh giá khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu của một số mô hình sinh kế ở các tỉnh miền Trung Việt Nam
 - 8 Nguyễn Hữu Chính, Lê Hoàng Phương và Nguyễn Thu Hiền:** Nghiên cứu đề xuất khung kiến trúc cơ sở dữ liệu quốc gia về biến đổi khí hậu
 - 14 Đào Trung Chính và Nguyễn Thị Thu Trang:** Nghiên cứu đề xuất bộ tiêu chí và phương pháp giám sát tài nguyên đất đối với các khu vực chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu Việt Nam
 - 21 Hà Thị Thuận, Phạm Thị Thu Hương, Trần Hồng Thái và Hoàng Văn Hoan:** Cơ chế, chính sách tài chính nhằm huy động, quản lý và sử dụng các nguồn lực tài chính trong ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam
 - 27 Hoàng Lưu Thu Thủy, Mai Trọng Thông và Võ Trọng Hoàng:** Đánh giá mức độ tổn thương của hệ thống kinh tế - xã hội vùng Bắc Trung Bộ do biến đổi khí hậu
 - 34 Nguyễn Đình Tuấn, Cấn Thu Văn, Cao Duy Trường, Nguyễn Trọng Khanh, Vũ Thị Vân Anh và Huỳnh Văn Hồng:** Xây dựng và tích hợp thông tin phục vụ xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) trong quản lý tài nguyên đất và nước vùng Đồng bằng sông Cửu Long ứng phó biến đổi khí hậu
 - 42 Nguyễn Xuân Trịnh, Phan Thị Ngọc Diệp, Đỗ Phương Linh, Trần Quang Thọ và Doãn Hà Phong:** Phân vùng sinh thái nuôi trồng thủy sản nội địa vùng Đồng bằng sông Cửu Long do tác động của biến đổi khí hậu
 - 50 Trần Duy Kiều:** Nghiên cứu quá trình dịch chuyển nguyên tố và đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng cho hạ lưu sông Ba
- Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn**
- 55 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp và thủy văn tháng 10 năm 2015 - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
 - 64 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 10 năm 2015 - Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

253 CƠ CHẾ, CHÍNH SÁCH TÀI CHÍNH NHẪM HUY ĐỘNG, QUẢN LÝ VÀ SỬ DỤNG CÁC NGUỒN LỰC TÀI CHÍNH TRONG ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU Ở VIỆT NAM

Hà Thị Thuận⁽¹⁾, Phạm Thị Thu Hương⁽²⁾, Trần Hồng Thái⁽³⁾ và Hoàng Văn Hoan⁽⁴⁾

⁽¹⁾Công ty cổ phần thiết bị Khí tượng Thủy văn và Môi trường Việt Nam;

⁽²⁾Cục Quản lý Tài nguyên nước;

⁽³⁾Trung tâm KTTV quốc gia; ⁽⁴⁾Học viện Chính trị Khu vực 1

Trong thế kỉ XXI, biến đổi khí hậu (BĐKH) là một thách thức lớn của toàn nhân loại. Việt Nam được đánh giá là một trong 30 quốc gia bị tổn thất nặng nề do tác động của BĐKH. Việc ứng phó với BĐKH càng trở nên khó khăn khi điều kiện kinh tế Việt Nam còn thấp, ngân sách và kinh nghiệm quản lý tài chính còn nhiều hạn chế. Bên cạnh việc phân tích thực trạng cơ chế tài chính nhằm ứng phó với BĐKH, một số vấn đề tồn tại đối với cơ chế tài chính để ứng phó với BĐKH của Việt Nam, bài báo còn đề xuất một số giải pháp về cơ chế, chính sách tài chính huy động, quản lý và sử dụng các nguồn lực tài chính hiệu quả trong việc ứng phó với biến đổi khí hậu ở nước ta.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Nguồn lực tài chính; Cơ chế, chính sách tài chính; Ứng phó với biến đổi khí hậu.

1. Thực trạng cơ chế tài chính nhằm huy động, quản lý và sử dụng nguồn lực tài chính ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Là một quốc gia đang phát triển, với bờ biển dài trên 3000 km, Việt Nam là một trong 30 quốc gia có nguy cơ chịu tác động lớn nhất của BĐKH, đặc biệt là đối với khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

Nhận thức rõ những tác động nghiêm trọng của BĐKH đến sự phát triển bền vững, Việt Nam đã sớm có các chính sách ứng phó với BĐKH. Đặc biệt, Chính phủ đã quan tâm đến vấn đề nguồn lực tài chính đối với hoạt động ứng phó BĐKH và bước đầu hình thành cơ chế huy động nguồn lực tài chính trong nước và quốc tế để ứng phó với BĐKH.

Cơ chế, chính sách tài chính huy động, quản lý và sử dụng nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH là tổng thể các thể chế và thiết chế được cụ thể hoá thành các quyết định của Nhà nước, của các cấp, nhằm huy động, quản lý và sử dụng có hiệu quả nguồn lực tài chính để thực hiện các mục tiêu ứng phó với BĐKH. Cơ chế, chính sách này phản ánh các quan điểm, tư tưởng, các giải

pháp, công cụ, các nguyên tắc và phương thức hành động của Nhà nước trong lĩnh vực tài chính nhằm huy động, quản lý và sử dụng nguồn lực tài chính thực hiện những mục tiêu ứng phó với BĐKH của đất nước. Theo đó, các nguồn lực tài chính cho ứng phó với BĐKH tại Việt Nam sẽ được thực hiện bằng ngân sách nhà nước, các dự án BĐKH, các quỹ toàn cầu cho ứng phó với BĐKH, từ các doanh nghiệp trong nước và các chương trình quốc tế ứng phó với BĐKH (hình 1).

Để có thể đánh giá đầy đủ về thực trạng cơ chế, chính sách tài chính trong huy động, quản lý và sử dụng nguồn tài chính nhằm ứng phó với BĐKH, cần xem xét từng nội dung cụ thể:

- Về cơ chế, chính sách huy động: Trong 4 năm qua (2010 - 2013), Việt Nam đã xây dựng và thực hiện được trên 200 hành động chính sách liên quan đến BĐKH. Trên cơ sở xây dựng và thực hiện các hành động chính sách theo đúng tiến độ cam kết với các nhà tài trợ, tính từ năm 2010 - 2015 Việt Nam tiếp nhận khoảng 1,3 tỷ USD (tương đương 26.000 tỷ đồng) thông qua Chương trình SP-RCC, trong đó bao gồm một phần vốn viện trợ không hoàn lại của Ca-na-đa,

Ôt-xtrây-li-a, và phần lớn là vốn vay ưu đãi của WB, JICA, AfD, Hàn Quốc.

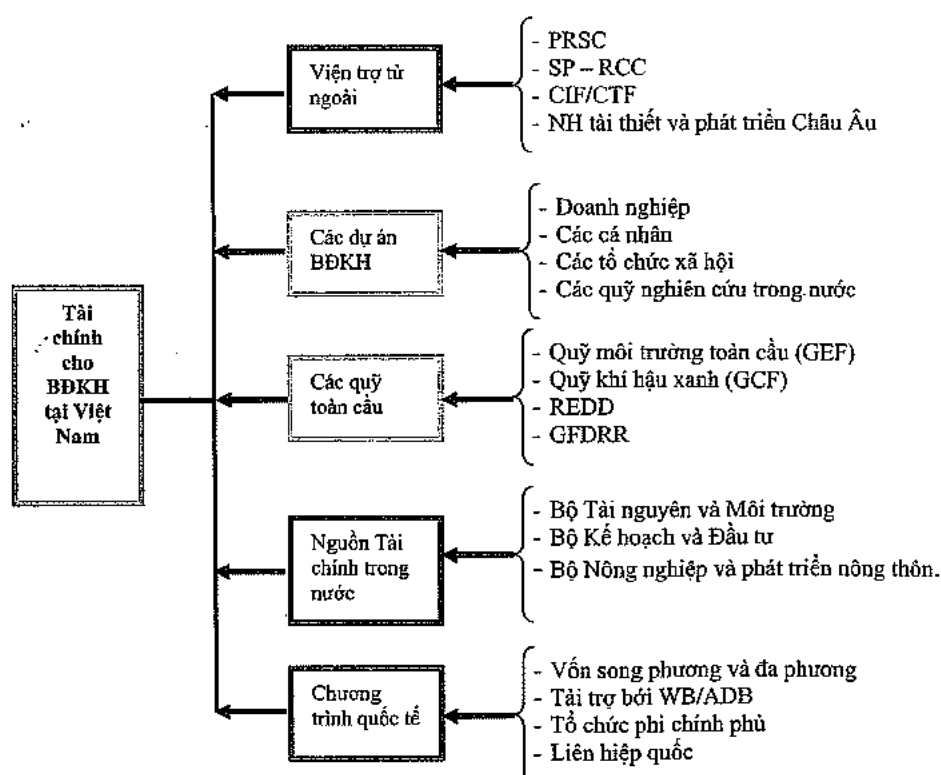
Với danh mục 62 dự án về BĐKH đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, nhu cầu vốn khoảng 20.000 tỷ đồng. Nhìn chung, việc huy động nguồn lực tài chính cho ứng phó với BĐKH ở Việt Nam cơ bản là đáp ứng nhu cầu (từ Chương trình SP-RCC khoảng 17.000 tỷ đồng, vốn từ các địa phương và các nguồn khác khoảng 3.000 tỷ đồng).

- Về cơ chế, chính sách quản lý nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH:

+ Việc triển khai: Đã triển khai các kế hoạch hành động cấp quốc gia, địa phương, các dự án ứng phó với BĐKH, bao gồm: Chương trình mục tiêu Quốc gia; Chương trình hỗ trợ ứng phó với BĐKH; Chương trình khoa học và công nghệ quốc gia về BĐKH; Chương trình Giảm phát thải khí nhà kính thông qua các nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng, quản lý rừng bền vững, bảo tồn và nâng cao trữ lượng các-bon từ

rừng (REDD+); Triển khai ứng phó với BĐKH tại các bộ, ngành.

+ Công tác phân bổ nguồn: Các nguồn lực tài chính cho ứng phó với BĐKH ở Việt Nam vẫn chủ yếu là ngân sách Nhà nước. Nguồn vốn giải ngân từ các nhà tài trợ sẽ được hòa vào ngân sách nhà nước, sử dụng hệ thống ngân sách để bố trí cho các nhiệm vụ, trong đó có nhiệm vụ BĐKH. Việc chi này phải tuân thủ những quy định căn bản của Luật Ngân sách (PSIA-II, 2012); Các nguồn ODA cho các dự án BĐKH được ưu tiên để thực hiện các hoạt động trong khuôn khổ của Chương trình mục tiêu quốc gia trước, sau đó mới đến các hoạt động trong khuôn khổ Chương trình hỗ trợ ứng phó. Việc quản lý ngân sách phân bổ cho Chương trình mục tiêu quốc gia về BĐKH tuân theo các quy định về các Chương trình mục tiêu quốc gia theo Quyết định số 135/QĐ-TTg (2009) và Thông tư liên bộ số 7/2010/TTLT-TNMT-BTC-BKĐT (thay Thông tư liên bộ số 03/2013/TTLT-BTNMT-BTC-BKHĐT).



Hình 1. Nguồn tài chính cho BĐKH tại Việt Nam

Quy trình xây dựng và xét duyệt dự án BDKH: Theo Quyết định số 1719/QĐ-TTg, Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE) sẽ cung cấp hướng dẫn xây dựng hồ sơ dự án BDKH cho các bộ, ngành và các địa phương dựa trên các căn cứ xét duyệt dự án theo Công văn hướng dẫn 3939/BTNMT-KTTVBĐKH (2011). Hồ sơ dự án BDKH phải được gửi cho MONRE để hội đồng liên ngành xét duyệt. Trên cơ sở đó, MONRE sẽ đưa ra danh sách các dự án và lấy ý kiến của Bộ Tài Chính (MOF) và Bộ Kế hoạch và Đầu tư (MPI). Sau đó, MONRE sẽ lên danh sách chính thức và trình Thủ tướng duyệt. Căn cứ trên danh sách được phê duyệt, MPI phối hợp với MOF để phân bổ vốn cho các dự án này (được tính vào ngân sách phân bổ hàng năm của các bộ ngành và địa phương). Các bộ, ngành và địa phương có dự án BDKH được phê duyệt và phân bổ nguồn vốn phải báo cáo tình hình thực hiện cho MPI, MOF và MONRE, sau đó, MPI sẽ báo cáo lại cho Thủ tướng và các nhà tài trợ.

+ Chủ thể xây dựng, thực hiện cơ chế, chính sách tài chính quản lý nguồn lực tài chính ứng phó với BDKH: Chính phủ thống nhất quản lý nhà nước về ứng phó với BDKH trong phạm vi cả nước; MONRE chịu trách nhiệm trước Chính phủ trong việc thống nhất quản lý nhà nước về ứng phó với BDKH; Ủy ban Quốc gia về BDKH (NCCC) chủ trì, điều phối, hài hòa và theo dõi các chương trình tăng trưởng xanh và BDKH; Tổ công tác về BDKH của MPI cập nhật thường xuyên tình hình tài chính dành cho BDKH; MONRE là cơ quan đi đầu trong việc xây dựng chính sách BDKH ở Việt Nam. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (MARD) là một trong những bộ chủ động ứng phó với BDKH; Bộ Công thương (MOIT) đóng vai trò quan trọng trong xây dựng các phương pháp về chiến lược tiết kiệm năng lượng và giảm nhẹ phát thải trong các doanh nghiệp; MPI tăng cường vai trò trong việc xây dựng và thực hiện chính sách tăng trưởng xanh và BDKH, phối hợp chặt chẽ với MONRE và MOF trong việc thúc đẩy chính sách và thực hiện chức năng là các cơ quan điều phối. Điều phối ở cấp tỉnh: Ủy ban nhân dân cấp

tỉnh/thành phố (PPC) đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng chiến lược BDKH và tăng trưởng xanh ở cấp địa phương.

+ Công tác giám sát và đánh giá: Do các dự án BDKH trong khuôn khổ Chương trình hỗ trợ ứng phó có nguồn từ ngân sách Nhà nước nên việc đánh giá và giám sát sẽ tuân theo Nghị định 113/NĐ-CP (2009) và Nghị định 29/NĐ-CP (2011). Trong hai năm 2013 và 2014, ngân sách Trung ương thông qua Chương trình SP-RCC mới bố trí khoảng 1.000 tỷ đồng để bước đầu triển khai 16 dự án trong danh mục. Trong quá trình bố trí và sử dụng vốn, một số dự án chưa bám sát mục tiêu ứng phó với BDKH, cũng như các khâu quy hoạch, thiết kế, kỹ thuật, công nghệ không được kiểm tra, giám sát đầy đủ;

- Về cơ chế, chính sách sử dụng nguồn lực tài chính ứng phó với BDKH: Xuất phát từ tình hình thực tế và khả năng cam kết vốn của các nhà tài trợ, các cơ quan liên quan tiến hành rà soát lại các dự án trong danh mục thuộc Chương trình SP-RCC. Trên cơ sở đó, sắp xếp thứ tự ưu tiên đầu tư, tập trung nguồn vốn đầu tư các dự án cấp bách, dựa trên các tiêu chí ưu tiên: Ưu tiên đầu tư các hạng mục/hợp phần của dự án có tính lồng ghép, đa mục tiêu, tác động trực tiếp đến sản xuất nông nghiệp; Ưu tiên đầu tư dự án của các địa phương có điều kiện khó khăn và chịu tác động trực tiếp của BDKH; Ưu tiên đầu tư dự án về trồng, phục hồi rừng ngập mặn ven biển.

Đánh giá chung, nguồn lực tài chính sử dụng cho BDKH là có hiệu quả, đáp ứng các mục tiêu đặt ra: (i) Các dự án đầu tư phù hợp với quy hoạch phát triển ngành, vùng và địa phương, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội bền vững; (ii) Là động lực huy động các nguồn vốn của địa phương, ODA, và khu vực tư nhân; Nâng cao nhận thức của toàn xã hội về BDKH; (iii) Góp phần cải cách thể chế theo hướng ứng phó có hiệu quả với biến đổi khí hậu; (iv) Xây dựng các luận cứ khoa học cho việc ứng phó có hiệu quả với BDKH; Xác định các giải pháp ứng phó với BDKH trong các lĩnh vực ưu tiên; (v) Cập nhật Kế hoạch hành động ứng phó với BDKH của từng địa phương.

2. Một số vấn đề đặt ra đối với cơ chế tài chính hiện nay cho ứng phó với BĐKH

- Các chính sách về tài chính nhằm huy động nguồn lực cho nâng cao hiệu quả ứng phó BĐKH chưa thực sự đầy đủ, đồng bộ, nhất là chưa có cơ chế để khuyến khích, huy động các nhà đầu tư trong và ngoài nước.

- Còn thiếu các thông tin tổng quan về các thành phần của tài chính BĐKH và các chính sách để huy động các nguồn tài chính từ các quỹ khí hậu quốc tế. Do vậy, mặc dù hiện nay có rất nhiều quỹ hỗ trợ, nhưng các ý tưởng về chương trình/dự án khi trình lên lại bị coi là không hợp lệ.

- Việc đầu tư từ khu vực tư nhân còn thiếu sự hợp tác, đổi mới và hiệu quả từ khu vực công thông qua việc tạo ra môi trường thể chế và đầu tư lành mạnh.

- Cơ chế tăng nguồn thu lấy từ những nguồn vốn của tự nhiên thông qua hệ thống thuế, phí, phạt vi phạm,... còn nhiều hạn chế.

- Nhiều thỏa thuận dự án sử dụng tài chính BĐKH quốc tế không có sự tham vấn của địa phương.

3. Giải pháp hoàn thiện cơ chế, chính sách tài chính nhằm huy động, quản lý và sử dụng các nguồn lực tài chính cho BĐKH ở Việt Nam

Thứ nhất, về hoàn thiện cơ chế, chính sách tài chính huy động nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH:

- Tăng quy mô huy động tài chính cho ứng phó BĐKH thông qua việc lựa chọn công cụ giám nhẹ, đảm bảo sự trung lập về tài khóa, như: đổi mới, hoàn thiện về thuế tài nguyên; Nghiên cứu, xây dựng thuế bảo vệ môi trường; Hoàn thiện chính sách cho thuê môi trường rừng kinh doanh; Hướng tới định giá tích lũy carbon; Xây dựng quy chế điện tái tạo để thu hút các nhà đầu tư điện tái tạo lên lưới; Định giá sản phẩm xăng dầu linh hoạt, phản ánh đủ chi phí; cải cách Quỹ Bình ổn giá xăng dầu,...

- Thúc đẩy hợp tác công tư trong ứng phó với

BĐKH. Để có thể triển khai được mô hình PPP: nhà nước giữ vai trò của rất quan trọng trong việc (i) Khởi xướng hợp tác công tư; (ii) Đối tác trong hợp đồng PPP; (iii) Hỗ trợ các nhà đầu tư tư nhân và (iv) Quản lý sự phát triển của PPP.

- Huy động nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH hậu thông qua các định chế trung gian (thị trường cac bon, trái phiếu xanh,...).

- Huy động nguồn lực tài chính từ nguồn vốn vay ưu đãi và viện trợ của nước ngoài ứng phó với BĐKH; tận dụng hỗ trợ của các Quỹ, nghiên cứu về khả năng, đối tượng, lĩnh vực ưu tiên, cơ chế tiếp cận của Quỹ thích ứng, Quỹ khí hậu xanh; các quy tắc tài chính đã được thống nhất cho hoạt động nâng cao trữ lượng cac-bon, bảo tồn, quản lý rừng bền vững (REDD+) (theo kết luận của COP 19), và các hỗ trợ khác tới năm 2020 đề xuất các dự án phù hợp tiếp cận các nguồn vốn này.

- Sớm thành lập quỹ BĐKH Việt Nam, với cơ chế tài chính có tính độc lập, việc hình thành quỹ này sẽ là địa chỉ thu hút các nguồn tài chính của Nhà nước và xã hội bổ sung cho đầu tư tài chính hỗ trợ cho thích ứng và giảm thiểu của BĐKH.

Thứ hai, hoàn thiện cơ chế, chính sách tài chính, nhằm quản lý nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH:

- Đổi mới công tác lập kế hoạch và dự toán ngân sách cho ứng phó với BĐKH theo hướng chuyển đổi từ việc tập trung vào mục tiêu kinh tế sang mục tiêu phát triển bền vững.

- Nâng cao vai trò của Ủy ban quốc gia về ứng phó với BĐKH; đồng thời tăng cường phối hợp giữa các cơ quan hoạch định chính sách về ứng phó với BĐKH, cũng như liên kết các chính sách với hoạt động ứng phó với BĐKH của các bộ, ngành và tỉnh thành;

- Phân tích ngân sách và chi tiêu liên quan đến BĐKH dựa trên cơ sở bằng chứng sẽ giúp phối hợp quản lý các nguồn lực tài chính hiệu quả hơn giữa đơn vị cấp và đơn vị sử dụng.

- Tăng cường hoạt động giám sát và đánh giá

cũng như cơ chế báo cáo trong năm. Đặc biệt, cần tăng cường tính tự chủ, tính minh bạch, trách nhiệm giải trình và sử dụng hiệu quả các nguồn vốn để đảm bảo có một cơ chế tài chính vững chắc để chủ động ứng phó với BĐKH và tăng trưởng phát triển kinh tế, đưa đất nước phát triển bền vững.

Thứ ba, về hoàn thiện cơ chế, chính sách tài chính nhằm sử dụng nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH:

- Nguồn lực tài chính ứng phó với BĐKH cần được sử dụng vào những dự án đầu tư có chọn lựa. Nhà nước cần có chiến lược trung và dài hạn để đảm bảo nguồn tài chính bền vững đáp ứng được các hoạt động thích ứng với BĐKH.

- Tiếp tục lồng ghép và tăng cường việc thực hiện chương trình hành động quốc gia ứng phó với BĐKH theo kế hoạch thông qua việc áp dụng tích hợp vào kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội dài hạn, trung hạn và ngắn hạn. Đề xuất về lồng ghép BĐKH vào kế hoạch:

+ Cấp quốc gia: Tiếp cận liên ngành. Chính sách và luật pháp với một cách tiếp cận quốc gia bao gồm chính sách thuế, chính sách tài chính, chính sách thương mại và các quy định quản lý đầu tư khu vực tư nhân, bảo vệ và sử dụng tài nguyên thiên nhiên và quy hoạch không gian quy mô lớn.

+ Cấp ngành/tỉnh: Lồng ghép vào chính sách/kế hoạch ngành và tỉnh. Chính sách với cách tiếp cận theo ngành bao gồm, ví dụ như bộ tiêu chuẩn xây dựng và thiết kế cho phát triển cơ sở hạ tầng, các quy định khung giá cho các loại cây trồng và sử dụng các kỹ thuật nông nghiệp, và chương trình học.

+ Cấp dự án: Các cơ quan cấp dự án chịu trách nhiệm thực hiện một hoạt động hoặc một nhóm các hoạt động cụ thể mà các mục tiêu và các thông số cơ bản (cũng như phân bổ ngân sách) đã được thiết lập bởi cấp cao hơn (thường là một chương trình ngành).

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2014), *Hiệu quả đầu tư của các chương trình, dự án ứng phó với biến đổi khí hậu ở nước ta từ năm 2007 đến nay và ở Đồng bằng sông Cửu Long, đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả đầu tư và sử dụng nguồn vốn*, Báo cáo tham luận tại Hội thảo Việc thực hiện chính sách, pháp luật về ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam.
2. Bộ Tài Nguyên và Môi trường (2014), *Báo cáo liên quan đến bố trí nguồn vốn cho các dự án ứng phó với biến đổi khí hậu phục vụ phiên họp Thường trực Chính phủ ngày 17/9/2014*.
3. Học viện Chính trị Khu vực I (2015), *Hoàn thiện cơ chế, chính sách tài chính nhằm huy động, quản lý và sử dụng hiệu quả các nguồn lực tài chính trong ứng phó với tác động của BĐKH tại Việt Nam*, Đề tài NCKH cấp Nhà nước, BĐKH-59.

MECHANISMS AND FISCAL POLICY FOR MOBILIZATION, MANAGEMENT AND UTILIZATION OF FINANCIAL RESOURCES IN RESPONSE TO CLIMATE CHANGE IN VIETNAM

Ha Thi Thuan⁽¹⁾, Pham Thi Thu Huong⁽²⁾, Tran Hong Thai⁽³⁾, Hoang Van Hoan⁽⁴⁾

⁽¹⁾Ministry of Natural Resources and Environment;

⁽²⁾Department of Water Resources Management;

⁽³⁾National Center for Hydro-Meteorological Forecasting; ⁽⁴⁾Academy of Politics, Region I.

In the XXI century, climate change is becoming major challenge to all humanity. Vietnam is considered as one of 30 countries with heavy losses due to climate change impacts. The response to climate change has become increasingly difficult due to undeveloped economic conditions, limited budget and financial management experience.

The paper analyzes the current status of financial mechanisms to respond to climate change, number of existing problems for financial mechanisms to respond to climate change in Vietnam, which proposed a number of solutions on the mechanism, fiscal policy in mobilization, effective management and utilization of financial resources. The proposed solutions have focused on completing mechanisms and policies to: Mobilize, Manage and Utilize financial resources to cope with climate change.

Key words: climate change; financial; mechanisms and financial policy; coping with climate change.

TẠP CHÍ

259

ISSN 0866 - 8744
Số 660 * Tháng 12/2015

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Nguyễn Việt Lành

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. PGS. TS. Trần Hồng Thái | 8. TS. Tổng Ngọc Thanh |
| 2. GS. TS. Phan Văn Tấn | 9. TS. Hoàng Đức Cường |
| 3. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 10. TS. Đinh Thái Hưng |
| 4. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 11. TS. Dương Văn Khánh |
| 5. PGS. TS. Dương Văn Khâm | 12. TS. Trần Quang Tiến |
| 6. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 13. ThS. Nguyễn Văn Tuệ |
| 7. PGS. TS. Hoàng Minh Tuyển | 14. ThS. Võ Văn Hòa |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.39364963; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Ảnh bìa: Thứ trưởng Nguyễn Thái Lai phát biểu tại Hội thảo "Đánh giá tác động, tính dễ bị tổn thương và đề xuất các biện pháp thích ứng với biến đổi khí hậu."

Giá bán: 25.000 đồng

Số 660 * Tháng 12 năm 2015

Trong số này

Nghiên cứu & Trao đổi

- 1 **Trần Hồng Thái, Hoàng Văn Đại, Lưu Đức Dũng:** Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nguy cơ ngập lụt ở tỉnh Nghệ An
- 5 **Trần Duy Hiền, Trần Hồng Thái, Hoàng Văn Đại, Lê Thị Kim Ngân:** Xác định mức độ dễ bị tổn thương của thành phố Đà Nẵng trong lĩnh vực giao thông và đô thị do tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng
- 12 **Lưu Đức Dũng, Hoàng Văn Đại, Hoàng Anh Huy, Nguyễn Khánh Linh:** Mô phỏng các nguy cơ ngập lụt bởi nước biển dâng do biến đổi khí hậu tại cửa sông Mã, Thanh Hóa
- 20 **Đào Trung Chính, Nguyễn Thị Thu Trang:** Nghiên cứu đề xuất quy trình giám sát tài nguyên đất trong điều kiện biến đổi khí hậu thông qua kết quả điều tra đánh giá đất đai định kì
- 26 **Phạm Thanh Long, Bùi Chí Nam, Nguyễn Văn Tín:** Ứng dụng phương pháp AHP đánh giá mức độ tổn thương do thiên tai tại các xã thuộc thành phố Quy Nhơn, Bình Định
- 32 **Nguyễn Đình Tuấn, Cẩn Thu Văn, Cao Duy Trường, Lê Thị Vinh Hương:** Thiết kế hệ hỗ trợ ra quyết định trong quản lí tài nguyên đất và nước vùng Đồng bằng sông Cửu Long ứng phó biến đổi khí hậu
- 38 **Lê Ngọc Cương, Trần Thị Phương Thảo:** Nghiên cứu giải pháp ổn định và liên kết cồn cát ven biển thành đề biển tự nhiên xã Cát Tiến, huyện Phù Cát, tỉnh Bình Định
- 43 **Nguyễn Văn Sỹ:** Đánh giá tác động tích lũy của hệ thống liên hồ chứa lớn trên lưu vực sông ba đến bồi lắng hồ chứa Ba Hạ và vận chuyển bùn cát xuống hạ lưu
- 48 **Nguyễn Bình Phong, Trần Đình Linh:** Nghiên cứu mô phỏng nhiệt độ trên khu vực Bắc bộ bằng mô hình MM5BATS
- Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn**
- 54 **Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp và thủy văn tháng 11 năm 2015 - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 63 **Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 11 năm 2015 - Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NGUY CƠ NGẬP LỤT Ở TỈNH NGHỆ AN

Trần Hồng Thái⁽¹⁾, Hoàng Văn Đạt⁽²⁾, Lưu Đức Dũng⁽³⁾

⁽¹⁾Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

⁽²⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽³⁾Viện Chiến lược, Chính sách Tài nguyên và Môi trường

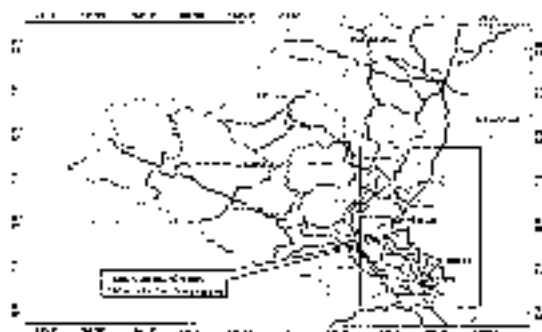
Biến đổi khí hậu (BĐKH) khiến mực nước biển dâng (NBD) là một trong những thách thức to lớn đối với các tỉnh ven biển ở Việt Nam. Theo các kịch bản BĐKH và NBD, (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009; 2012), Nghệ An là một trong những địa phương có khả năng chịu ảnh hưởng nặng nề trong tương lai. Do vậy, kết quả đánh giá khả năng ngập lụt theo các kịch bản cung cấp cơ sở khoa học quan trọng phục vụ chiến lược phát triển kinh tế trong bối cảnh BĐKH ở địa phương. Từ đó, việc nghiên cứu đánh giá nguy cơ ngập lụt do BĐKH trong tương lai ở khu vực ven biển Nghệ An được thực hiện. Kết quả tính toán cho thấy, đến 10% diện tích các huyện ven biển Nghệ An có thể bị ngập lụt vào cuối thế kỷ 21 theo kịch bản BĐKH trung bình.

Từ khóa: Ngập lụt, biến đổi khí hậu.

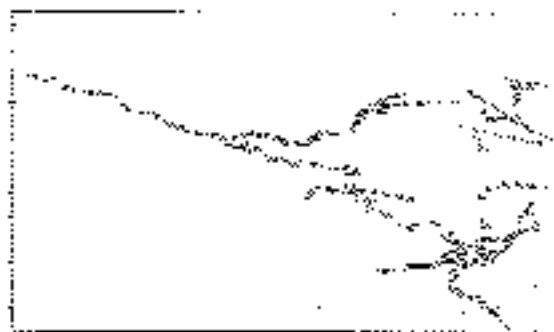
1. Mở đầu

Nghệ An là tỉnh nằm ở trung tâm khu vực Bắc Trung Bộ với diện tích 16.490 km² và đường bờ biển dài 82 km. Sông Cả là hệ thống sông chính trong Tỉnh với mật độ sông suối tương đối dày, gần với dốc đổ ra biển, đây là điều kiện dễ hình thành lũ nhanh và mạnh (hình 1). Khu vực nghiên cứu thuộc khí hậu nhiệt đới gió mùa có

nhiều ảnh hưởng bởi các tổ hợp thời tiết khác nhau gây mưa lớn tạo lũ sớm trên các sông trong lưu vực. Trong bối cảnh BĐKH và NBD như hiện nay, tình hình mưa cũng như ngập lụt sẽ càng trở nên nghiêm trọng, do đó, việc đánh giá các tác động của BĐKH và NBD đến ngập lụt của tỉnh Nghệ An là một trong những nhiệm vụ cần thiết [3].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu



Hình 2. Mạng lưới tính toán thủy lực trong mùa lũ trên các sông trong mô hình Mike 11

2. Phương pháp đánh giá tác động của BĐKH và NBD đến ngập lụt

Bài báo trình bày kết quả đánh giá tác động của BĐKH và NBD ở lưu vực sông Cả thuộc địa phận Nghệ An dựa trên cơ sở sử dụng mô hình thủy lực MIKE 11 (hình 2), MIKE FLOOD, để đánh giá ngập lụt trong các điều kiện biến khác nhau. Để tính toán ngập lụt, mô hình sẽ mô

phỏng thủy lực cho mùa lũ và tính toán dòng chảy lũ. Chỉ tiêu Nash được dùng để đánh giá độ tin cậy của mô hình trong hiệu chỉnh và kiểm định hệ thống số trong mô phỏng để hiệu chỉnh sử dụng năm 1978, còn kiểm định sử dụng kết quả của năm 1988, các giá trị Nash đều nằm trong giới hạn cho phép (bảng 1).

Bảng 1. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mùa lũ

Vị trí	Mức cắt	Kết quả hiệu chỉnh năm 1978						Kết quả kiểm định năm 1998					
		Hmax (m)			I _{max} (m ³)			Hmax (m)			Qmax (m ³)		
		TD	TT	N	TD	TT	N	TD	TT	N	TD	TT	N
Dầu	1	24,9	24,57	0,87	99%	8991	0,25	24,97	24,31	0,88	8630	8570	0,49
Bến Bồ Lương	41	20,32	19,85	0,83				19,38	19,38	0,9		9154	
Việt Thường	44	12,03	12,32	0,9	13100	12947	0,49	12,21	11,23	0,89	7130	7090	0,43
Nam Bả	49	10,16	9,71	0,88				9,44	8,51	0,84		8863	
Chợ Tráng	61	7,57	7,09	0,9				6,95	6,71	0,94		12541	
Đền Thủy	70	1,8	5,64	0,93				5,72	5,32	0,9		12594	
Linh Cảm	94	7,88	7,54	0,82				7,3	7,31	0,91		6677	

TT: Thực đo, TT: tính toán; N: Nash

3. Kịch bản BĐKH ở tỉnh Nghệ An

Kịch bản biến đổi nhiệt độ và lượng mưa cho tỉnh Nghệ An được xây dựng dựa trên kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam cập nhật năm 2012 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [1], sử dụng kịch bản phát thải trung bình B2 với các đặc điểm sau:

Nhiệt độ ở Nghệ An có xu hướng tăng, đặc biệt tăng mạnh nhất vào mùa khô. Nhiệt độ trung bình năm đến năm 2020 tăng 0,5°C, năm 2030 là 0,7°C, và năm 2050 có thể tăng từ 1,0 - 1,4°C. Do sự gia tăng của nhiệt độ khá rõ rệt, dẫn tới bốc hơi tiềm năng trên các lưu vực sông của tỉnh Nghệ An cũng có xu hướng tăng. Lượng bốc hơi tiềm năng thời kỳ 2020 - 2039 tăng từ 7,6 - 13,8%; thời kỳ 2040-2059 tăng từ 13,7 - 25,6%; thời kỳ 2060 - 2079 tăng từ 19,8 - 35,9%; thời kỳ 2080 - 2099 tăng từ 24 - 44,3% so với thời kỳ nền.

Lượng mưa cũng có xu hướng tăng lên, nhưng không đồng đều trong năm. Lượng mưa mùa khô có xu hướng tăng từ 0,6 - 2,6%, nhưng có một số trạm lại có lượng mưa mùa khô giảm nhẹ. Lượng mưa mùa mưa tăng ở hầu hết các trạm, phổ biến từ 3,0 - 5,1%. Lượng mưa năm tăng từ 0,6 - 3,7%.

Theo kịch bản B2, mực nước vùng hiện Nghệ An tăng theo thời gian, đến năm 2020, NBD từ 7 - 8 cm và đến cuối cuối thế kỷ 21, NBD từ 49 - 65 cm so với thời kỳ nền.

4. Tác động của BĐKH và NBD đến ngập lụt ở hạ lưu ven biển tỉnh Nghệ An

a. Tác động đến dòng chảy lũ

Đối với ảnh hưởng của BĐKH, quá trình mực nước và lưu lượng tại các vị trí trên hệ thống sông theo thời gian ngày càng tăng. Kết quả dự báo mực nước, lưu lượng trên hệ thống sông Cả theo thời gian được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả gia tăng mực nước theo các thời kỳ tương lai (m)

Thời kỳ	Vị trí	Linh cảm	Đầu	Bến Thủy	Chợ Tráng	Hồ Lương	Vườn Thượng
	Lũ						
Δ 2020	1%	0,09	0,1	0,09	0,09	0,12	0,05
	5%	0,01	0,1	0,03	0,02	0,1	0,01
Δ 2030	1%	0,12	0,14	0,12	0,12	0,15	0,08
	5%	0,04	0,13	0,04	0,03	0,14	0,04
Δ 2050	1%	0,2	0,22	0,2	0,19	0,24	0,13
	5%	0,1	0,22	0,11	0,1	0,22	0,08
Δ 2075	1%	0,28	0,32	0,28	0,27	0,34	0,18
	5%	0,18	0,31	0,28	0,27	0,32	0,14
Δ 2100	1%	0,38	0,42	0,39	0,36	0,45	0,25
	5%	0,26	0,4	0,31	0,28	0,43	0,2

Từ bảng 2 ta thấy, tại các trạm Chợ Tráng, Linh Cảm, Bến Thủy mực nước đều tăng mạnh trong cả trường hợp lũ 1% và 5%. Cụ thể:

Đầu năm 2020, mực nước lớn nhất tại các trạm vùng hạ lưu tăng từ 0,01 - 0,09 m so với

thời kỳ nền, trong khi đó, mực nước đến ngã ba Chợ Tráng mực nước lớn nhất (tăng lên mức từ 0,02 - 0,09 m thì trên sông Lào (mảnh từ sông La) tại trạm Linh Cảm vẫn có sự gia tăng mực nước từ 0,01 - 0,09 m. Điều này cho thấy diễn biến mực

nước hiện thời kỳ 2020 đã có phần nghiêm trọng so với thời kỳ nền.

- Thời kỳ 2030, 2050 sẽ có sự khác biệt lớn về mực nước so với thời kỳ 2020. Mực nước lớn nhất tại Bến Thủy và Chợ Trừng có thể tăng từ 0,03 - 0,22 m và các trạm thượng lưu như Yên Thượng cũng tăng lên từ 0,04 - 0,17 m so với thời kỳ nền.

- Đến năm 2070 có thể thấy sự tăng rõ rệt tại hầu hết các trạm, mực nước lớn nhất tại các trạm vùng thượng lưu có thể tăng lên 0,14 - 0,34 m, còn tại Linh Cảm cũng tăng lên 0,28 m so với thời kỳ nền.

Đến năm 2100, mực nước lớn nhất tại các trạm Bến Thủy, Chợ Trừng, Linh Cảm tăng lên từ 0,26 - 0,39 m so với thời kỳ nền, và các vị trí thượng lưu cũng gia tăng từ 0,2 - 0,45 m.

Trên cơ sở các kết quả tính toán, kết hợp với mô phỏng chồng xếp đã xây dựng bản đồ ngập lụt cho tỉnh Nghệ An, trong đó, độ sâu ngập được phân thành 3 cấp: cấp 1: <0,5 m; cấp 2: 0,5 - 1 m;

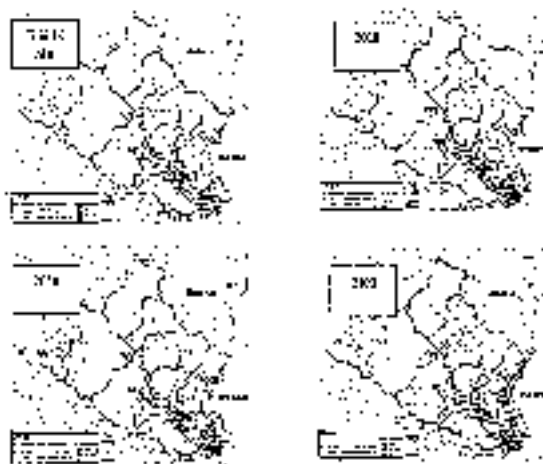
cấp 3: >1 m. Một số bản đồ nguy cơ ngập lụt theo các thời kỳ nền, 2020, 2050, 2100 ứng với lũ 1% được đưa ra trong hình 3.

h. Tác động đến ngập lụt

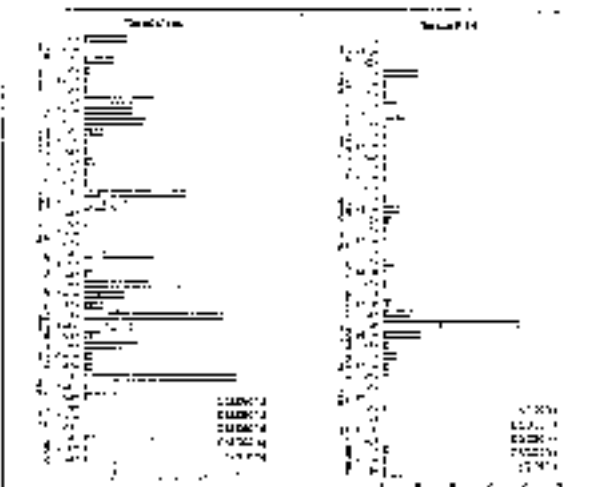
Diện tích các vùng ngập lụt được tính toán trên cơ sở chồng xếp các bản đồ hành chính và bản đồ ngập lụt. Bản đồ ngập lụt cho cái nhìn tổng quan về tình trạng ngập lụt và được biểu thị dưới dạng tỉ lệ diện tích các huyện có nguy cơ ngập lụt theo các thời kỳ.

Nguy cơ ngập lụt ở tỉnh Nghệ An tăng rõ rệt theo thời gian. Trong đó các huyện luôn luôn có nguy cơ bị ngập lụt trong tương lai là Diễn Châu, Nghi Lộc, Quỳnh Lưu, thành phố Vinh và thị xã Cửa Lò; đặc biệt thành phố Vinh là nơi có khả năng bị ngập lụt nghiêm trọng nhất (hình 4).

Nhìn chung, thời kỳ 2020 và 2030 xét theo lũ 1% và 5%, diện tích ngập lụt tại thị xã Cửa Lò hầu như không có sự biến động đáng kể, chỉ dao động trong khoảng 0,1% so với thời kỳ nền.



Hình 3. Bản đồ nguy cơ ngập lụt tại tỉnh Nghệ An ứng với lũ 1%



Hình 4. Tổng tỉ lệ diện tích có nguy cơ ngập lụt tại các huyện qua các thời kỳ tương lai so với thời kỳ nền

Thời kỳ 2050, trong trường hợp lũ 1% và 5% diện tích ngập lụt tại huyện Quỳnh Lưu và thành phố Vinh có sự gia tăng lớn. Trong đó, tại Quỳnh Lưu, tỉ lệ diện tích ngập cấp 1 nằm trong khoảng từ 1,1 - 1,16%, cấp 2 từ 1,11 - 1,71%, cấp 3 từ 0,11 - 3,3% và thành phố Vinh từ 0,27 - 1,67% ở cấp ngập 1, từ 1,09 - 1,29% ở cấp 2, đặc biệt là cấp 3 với 1,69 - 3,43% tỉ lệ diện tích có nguy cơ ngập so với thời kỳ nền.

Thời kỳ 2070, tại huyện Diễn Châu có sự gia tăng đáng kể so với các thời kỳ trước, với trường hợp lũ 1% với 2,27% tỉ lệ diện tích có nguy cơ ngập cấp 3. Bên cạnh đó, huyện Quỳnh Lưu cũng có tỉ lệ diện tích ngập đáng kể trong cả lũ 5% và lũ 1% với cấp ngập 1 gia tăng từ 0,4 - 1,97%, cấp ngập 2 từ 0,34 - 1,72%, cấp ngập 3 từ 0,23 - 4,83% so với thời kỳ nền. Tỷ lệ diện tích có nguy cơ ngập gia tăng tại thành phố Vinh

trong trường hợp lũ 1% so với thời kỳ nền cũng cao hơn rất nhiều với cấp ngập 3 là 3,77%, cấp ngập 1, 2 từ 2,06 - 2,2%.

Đến thời kỳ 2100, khả năng ngập lụt tăng lên tới 18,61% so với thời kỳ nền. Bên cạnh đó, tại thành phố Vinh nước gia tăng trong cả 3 cấp ngập với 2,24% ở cấp 1, tăng 3,17% ở cấp 2 và 4,29% ở cấp 3 so với thời kỳ nền.

5. Kết luận

Nguy cơ ngập lụt trên địa bàn tỉnh Nghệ An ngày càng gia tăng nghiêm trọng đối với cả lũ 1% (100 năm lặp lại) và 5% (20 năm lặp lại). Định lũ tại các trạm trên hệ thống sông Cả có sự gia tăng nhanh chóng theo thời gian, nhất là các trạm khu vực thượng lưu như Yên Thượng, Đưa, Đổ Lương, tới thời kỳ 2100 có thể tăng so với thời kỳ nền tới 26 cm (lũ 5%) - 40 cm (lũ 1%). Ở hạ lưu tại Chợ Tráng, định lũ gia tăng tới 26 cm (lũ 5%) - 36 cm (lũ 1%); Định lũ tại Lĩnh Cẩm uốn sông La tăng

đến 38cm so với thời kỳ nền.

Dựa vào các bản đồ ngập lụt có thể thấy trên tỉnh Nghệ An có đến 14 huyện có nguy cơ ngập lụt nghiêm trọng trung tương lai, đặc biệt đối với lũ 1%. Nhìn chung, diện tích các huyện có nguy cơ ngập lụt trung tương lai có thể vượt qua mức 10% so với tổng diện tích huyện. Trong đó, các huyện ngập nghiêm trọng nhất là các huyện ven biển như Hưng Nguyên, Diễn Châu, Quỳnh Lưu, Nghi Lộc và thành phố Vinh. Cụ thể, đến thời kỳ 2100, tỉ lệ diện tích có nguy cơ ngập tại Hưng Nguyên lên tới 77,65%, tại thành phố Vinh là 42,85%, tại Diễn Châu là 27,57%. Nghi Lộc và Quỳnh Lưu có nguy cơ ngập thấp hơn, khoảng 16%. Bên cạnh đó, huyện Nam Đàn tuy không phải là một trung các huyện ven biển nhưng trong tương lai cũng là vùng có nguy cơ ngập lụt nghiêm trọng với tỉ lệ diện tích ngập lụt tính đến thời kỳ 2100 có thể lên đến 44,36%.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012), *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*, Hà Nội.
2. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2011), *Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng*, Hà Nội.
3. Sở Tài nguyên và Môi trường Nghệ An (2013), *Điều tra, đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đến nước cấp cho nông nghiệp tại các huyện ven biển tỉnh Nghệ An, đề xuất biện pháp giảm thiểu và ứng phó*, Nghệ An.

ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE ON INUNDATION IN NGHE AN

Tran Hong Thuat⁽¹⁾, Hoang Van Dal⁽²⁾, Luu Duc Dung⁽³⁾

⁽¹⁾National Hydro - Meteorological Service

⁽²⁾Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change

⁽³⁾National Scientific Program to Respond to Climate Change

Abstracts: Sea level rise due to climate change is one of the great challenges to coastal provinces. Actually, reports of climate change and sea level rise scenarios (MCONRE, 2009; 2012) showed that, Nghe An is one of the province would be greatly impacted by sea level rise due to climate change in the future. Therefore, detail inundation assessment results under climate change scenarios in the future provide important basic information for strategy of social-economic development of Nghe An. From this, the research of inundation due to climate change over coastal areas of Nghe An province was implemented. Our research results showed that, by the end of 21st century, the inundation area would be 10% area of coastal districts in Nghe An province under the medium scenario.

Key words: Inundation, climate change.

TẠP CHÍ

265

ISSN 0866 - 8744
Số 660 * Tháng 12/2015

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Nguyễn Việt Lành

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. PGS. TS. Trần Hồng Thái | 8. TS. Tổng Ngọc Thanh |
| 2. GS. TS. Phan Văn Tấn | 9. TS. Hoàng Đức Cường |
| 3. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 10. TS. Đinh Thái Hưng |
| 4. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 11. TS. Dương Văn Khánh |
| 5. PGS. TS. Dương Văn Khâm | 12. TS. Trần Quang Tiến |
| 6. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 13. ThS. Nguyễn Văn Tuệ |
| 7. PGS. TS. Hoàng Minh Tuyển | 14. ThS. Võ Văn Hòa |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.39364963; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Ảnh bìa: Thứ trưởng Nguyễn Thái Lai phát biểu tại Hội thảo "Đánh giá tác động, tính dễ bị tổn thương và đề xuất các biện pháp thích ứng với biến đổi khí hậu."

Giá bán: 25.000 đồng

Số 660 * Tháng 12 năm 2015

Trong số này

Nghiên cứu & Trao đổi

- 1 **Trần Hồng Thái, Hoàng Văn Đại, Lưu Đức Dũng:** Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nguy cơ ngập lụt ở tỉnh Nghệ An
- 5 **Trần Duy Hiền, Trần Hồng Thái, Hoàng Văn Đại, Lê Thị Kim Ngân:** Xác định mức độ dễ bị tổn thương của thành phố Đà Nẵng trong lĩnh vực giao thông và đô thị do tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng
- 12 **Lưu Đức Dũng, Hoàng Văn Đại, Hoàng Anh Huy, Nguyễn Khánh Linh:** Mô phỏng các nguy cơ ngập lụt bởi nước biển dâng do biến đổi khí hậu tại cửa sông Mã, Thanh Hóa
- 20 **Đào Trung Chính, Nguyễn Thị Thu Trang:** Nghiên cứu đề xuất quy trình giám sát tài nguyên đất trong điều kiện biến đổi khí hậu thông qua kết quả điều tra đánh giá đất đai định kì
- 26 **Phạm Thanh Long, Bùi Chí Nam, Nguyễn Văn Tín:** Ứng dụng phương pháp AHP đánh giá mức độ tổn thương do thiên tai tại các xã thuộc thành phố Quy Nhơn, Bình Định
- 32 **Nguyễn Đình Tuấn, Cẩn Thu Văn, Cao Duy Trường, Lê Thị Vinh Hương:** Thiết kế hệ hỗ trợ ra quyết định trong quản lí tài nguyên đất và nước vùng Đồng bằng sông Cửu Long ứng phó biến đổi khí hậu
- 38 **Lê Ngọc Cương, Trần Thị Phương Thảo:** Nghiên cứu giải pháp ổn định và liên kết cồn cát ven biển thành đề biển tự nhiên xã Cát Tiến, huyện Phù Cát, tỉnh Bình Định
- 43 **Nguyễn Văn Sỹ:** Đánh giá tác động tích lũy của hệ thống liên hồ chứa lớn trên lưu vực sông ba đến bồi lắng hồ chứa Ba Hạ và vận chuyển bùn cát xuống hạ lưu
- 48 **Nguyễn Bình Phong, Trần Đình Linh:** Nghiên cứu mô phỏng nhiệt độ trên khu vực Bắc bộ bằng mô hình MM5BATS
- Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn**
- 54 **Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp và thủy văn tháng 11 năm 2015 - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 63 **Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 11 năm 2015 - Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

XÁC ĐỊNH MỨC ĐỘ DỄ BỊ TỒN THƯƠNG CỦA THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG TRONG LĨNH VỰC GIAO THÔNG VÀ ĐÔ THỊ DO TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NƯỚC BIỂN DÂNG

Trần Duy Hiền⁽¹⁾, Trần Hồng Thái⁽²⁾, Hoàng Văn Đạt⁽³⁾ và Lê Thị Kim Ngân⁽³⁾

⁽¹⁾Vụ Khoa học và Công nghệ - Bộ Tài nguyên và Môi trường

⁽²⁾Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia

⁽³⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu và nước biển dâng (BĐKH&NBD) hiện nay đang là vấn đề hết sức quan trọng đối với các quốc gia chịu tác động mạnh mẽ như Việt Nam và đặc biệt với các đô thị ven biển như Đà Nẵng. Tốc độ phát triển kinh tế - xã hội của Đà Nẵng đang tăng, thúc đẩy hệ thống giao thông và đô thị (GT&ĐT) ngày một phát triển và mở rộng về cả không gian và quy mô. Hệ thống GT&ĐT bị tác động và cũng dễ bị tổn thương trước những tác động của BĐKH&NBD. Vì vậy, việc đánh giá mức độ dễ bị tổn thương của hệ thống GT&ĐT trước những tác động của BĐKH&NBD sẽ cho cái nhìn tổng quan trong quá trình lập quy hoạch phát triển lĩnh vực GT&ĐT nói riêng và kinh tế - xã hội nói chung. Bài báo sẽ trình bày kết quả định lượng về mức độ dễ bị tổn thương do BĐKH&NBD trong lĩnh vực GT&ĐT của thành phố Đà Nẵng

Từ khóa: Giao thông, biến đổi khí hậu, tính tổn thương.

1. Đặt vấn đề

BĐKH&NBD đang là một vấn đề được toàn cầu quan tâm và thực tế cho thấy tác động tiềm tàng của BĐKH&NBD tại các khu vực khác nhau trên trái đất, đặc biệt là các đô thị ven biển ngày càng rõ rệt. Theo Cơ quan Môi trường châu Âu (EPA, 2012), cơ sở hạ tầng nói chung và đặc biệt là hệ thống GT&ĐT rất nhạy cảm với những thay đổi về khí hậu. Mặt khác đánh giá tính dễ tổn thương do BĐKH&NBD là một trong hai vấn đề thiết yếu trong việc lập kế hoạch thích ứng trong tương lai.

Việc nghiên cứu tính dễ bị tổn thương trong bối cảnh biến BĐKH góp phần giải quyết nhu cầu cho việc thích ứng là vấn đề được nhiều nhà khoa học và quản lý quan tâm. Theo báo cáo trong Công ước khung của Liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu (UNFCCC) có "Tổng quát về phương pháp và công cụ để đánh giá tác động và tính dễ bị tổn thương của biến đổi khí hậu", phương pháp, công cụ để đánh giá tính dễ tổn thương do BĐKH ngày càng trở nên sâu sắc và tính ứng dụng càng được phổ biến nhiều cách

tiếp cận khác nhau đã được phát triển. Theo quan điểm của IPCC (2007) [4], tính dễ bị tổn thương là hàm của độ phơi lộ, độ nhạy và khả năng thích ứng ($V=f(E, S, AC)$). Do chưa đưa ra được một bản luận học chính xác về tính dễ bị tổn thương nên việc áp dụng các khái niệm này có thể được hiểu theo nhiều cách khác nhau. Ví dụ, tổ chức CARE tập trung vào các khía cạnh chất lượng của việc giải quyết các nguyên nhân cơ bản của tổn thương tại các quy mô (từ trung ương đến các hộ gia đình/cá thể) [5]; Tính dễ bị tổn thương thực tế dẫn hành động ứng phó (V2R) đã nhấn mạnh bản chất động lực và mang tính chu kỳ của việc xây dựng khả năng phục hồi trước BĐKH [7]. Khung toàn diện nhất để đánh giá tính dễ tổn thương với BĐKH của IPCC cũng tập trung vào việc thu thập dữ liệu định tính từ các cộng đồng và dữ liệu khoa học [6]. Tổ chức Tearfund đã tích hợp định lượng rủi ro gây ra bởi nhiều mối nguy hiểm liên quan đến khí hậu, cho phép ưu tiên và lựa chọn các giải pháp thích ứng [8]. Tuy nhiên, công bố của Tearfund chỉ dừng lại ở đó, và không phát triển một cách định lượng lĩnh vực bị

tổn thương tổng thể và giải pháp thích ứng. Viện Quốc tế về Phát triển Bền vững (USD) phát triển công cụ CRISTAL (Công cụ sàng lọc rủi ro dựa vào cộng đồng - Thích ứng và sinh kế), nằm là một tương tác để từng bước định hướng các thành phần sinh kế liên quan đến môi nguy hiểm. Tuy nhiên, trọng tâm được đặt rất nhiều vào môi nguy hiểm, chiến lược đối phó hơn là thích ứng, và tác động đối với các dự án hiện có, chứ không phải cộng đồng.

Đà Nẵng hiện nay là đô thị ven biển có chỉ số cạnh tranh năng lực đứng đầu cả nước trong nhiều năm. Đây cũng là nơi có vị trí chiến lược trong giao thương quốc gia và quốc tế, nằm ở trung lộ của trục giao thông Bắc - Nam về đường bộ, đường sắt, đường thủy, đường hàng không và là cửa ngõ ra biển của Tây Nguyên và Nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào. Hệ thống cơ sở hạ tầng GTVT cũng ngày càng phát triển. Ước tính đến năm 2030 dân số và diện tích đô thị tăng 2,5 lần so với thời điểm hiện nay [2]. Như vậy, Đà Nẵng sẽ là thành phố dễ bị tổn thương trước tác động của BĐKH&NBD, nên việc xác định chỉ số đánh giá mức độ dễ bị tổn thương của BĐKH&NBD là việc cần thiết để phục vụ cho công tác thích ứng và lập các quy hoạch kế hoạch phát triển tương lai. Bài báo sẽ trình bày kết quả xác định chỉ số tổn thương đối với lĩnh vực GTVT của thành phố Đà Nẵng trước tác động của BĐKH&NBD.

2. Phương pháp xây dựng hệ chỉ số tổn thương

Bộ chỉ số tổn thương sẽ được xác định cho các quận/huyện của thành phố Đà Nẵng (không tính huyện Đảo Hoàng Sa). Như vậy các vùng được lựa chọn ban gồm 7 quận (Hải Châu, Thanh Khê, Sơn Trà, Ngũ Hành Sơn, Liên Chiểu, Cẩm Lệ) và huyện Hòa Vang. Việc lựa chọn vùng này sẽ tạo điều kiện thuận lợi trong việc xác định các tham số để xây dựng hệ chỉ số cũng như ứng dụng kết quả trong các quy hoạch kế hoạch trong tương lai của Đà Nẵng.

Trong nghiên cứu này, phương pháp trọng số không bằng nhau của Iyengar & Sudarshan được

sử dụng để xác định chỉ số đánh giá mức độ tổn thương của Đà Nẵng trong lĩnh vực GTVT do tác động của BĐKH & NBD. Phương pháp này dựa trên cơ sở thống kê và cũng rất phù hợp cho việc phát triển đa chỉ số tổn thương do BĐKH được Iyengar và Sudarshan (1982) đề xuất, một chỉ số từ đa dữ liệu và sau đó sử dụng để xếp hạng các huyện theo khả năng kinh tế. Việc xác định chỉ số đánh giá mức độ tổn thương trong lĩnh vực giao thông sẽ được chia thành 3 nhóm nhân tố:

(1) Nhóm nhân tố tác động (E): Tác động hay mức độ lộ diện được định nghĩa thông qua tác động của BĐKH ở Đà Nẵng bao gồm các loại hình thiên tai và các yếu tố khí hậu cực trị. Các tham số giai đoạn nền (2012) được dùng để từ các dữ liệu thực tế và nội suy cho từng vùng tính toán qua phân tích xu thế tác động của BĐKH bằng các dữ liệu thống kê khí tượng thủy văn thực tế. Các tham số tương lai sẽ được lấy từ kịch bản BĐKH&NBD của Bộ Tài nguyên và Môi trường đã công bố năm 2012 [1]. Qua thống kê, nghiên cứu đã đưa ra được 8 tham số là hệ quả trực tiếp do tác động của BĐKH ứng với các giai đoạn (năm năm 2012 (hàng 1), 2020, 2030, 2050 và 2100).

(2) Nhóm các nhân tố thể hiện mức độ nhạy cảm, để thay đổi do BĐKH (S), bao gồm: các loại đối tượng dễ chịu ảnh hưởng như dân số, diện tích dân số; Các đối tượng chịu ảnh hưởng như: diện tích đô thị bị ngập, tỉ lệ các loại đường ngập, dân số bị ảnh hưởng bởi ngập lụt, nước biển dâng, xâm nhập mặn. Việc xác định mức độ phơi lộ dưới tác động của BĐKH được thực hiện bằng cách áp dụng GIS để lập bản đồ dự báo các nguy cơ (ngập lụt và xâm nhập mặn) đến điều kiện cơ sở hạ tầng giao thông và đô thị. Các bản đồ nguy cơ được xây dựng dựa trên kịch bản BĐKH các giai đoạn nền, 2020, 2030, 2050, 2100. Các tham số về dân số và diện tích đô thị được xác định từ các quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội và nội suy theo xu thế phát triển. Nghiên cứu đã xác định được 11 tham số nhạy cảm (hàng 2).

Bảng 1. Các tham số tác động (E) tại Đà Nẵng – giai đoạn nền (2012)

Chỉ số	Ký hiệu	Hải Chiên	Thanh Khê	Sơn Trà	Ngũ Hành Sơn	Liên Chiểu	Cẩm Lệ	Hải Vân
Lượng mưa năm (mm)	E1	2657	2210	2211	2522	7341	2303	2789
Số ngày mưa lớn trong năm (>50mm)	E2	13	13	13	13	13	13	13
Nhiệt độ trung bình năm	E3	25,8	25,8	25,9	25,8	25,7	25,7	25,4
Nhiệt độ cao nhất ngày trong bình năm (°C)	E4	27,7	27,6	27,9	27,7	27,8	27,7	27,7
Nhiệt độ ngày cao nhất mùa hè (°C)	E5	30,0	35,1	31,2	35,9	35,1	35,9	35,5
Nhiệt độ ngày thấp nhất trung bình năm	E6	26,5	26,3	26,7	26,5	25,6	26,1	24,9
Nhiệt độ thấp nhất mùa đông (°C)	E7	21,5	23,9	23,4	23,3	22,4	22,9	21,1
Số ngày nắng nóng trung bình năm (>35°C)	E8	43	43	41	45	43	43	45

Bảng 2. Bảng các tham số độ nhạy (S) cho lĩnh vực GT&ĐT tại Đà Nẵng – giai đoạn nền (2012)

Chỉ tiêu		Ký hiệu	Hải Chiên	Thanh Khê	Sơn Trà	Ngũ Hành Sơn	Liên Chiểu	Cẩm Lệ	Hải Vân
Tỷ lệ Diện tích đất đô thị bị ngập	Cấp 1	S1	3,10	1,53	1,51	3,15	0,26	5,08	2,38
	Cấp 2		1,80	3,36	1,85	3,19	0,36	0,19	3,50
	Cấp 3		70,70	97,66	97,30	48,40	0,86	62,60	84,68
Số km đường ngập		S2	3,11	1,38	22,13	23,02	54,64	58,50	390,17
Mật độ dân số (người/km ²)		S3	2689	19528	7573	1537	1864	2880	170
Độ dài đường ngập		S4	30771	18430	140541	2665	47472	101306	0
Diện tích độ thị (ha)		S5	23,25	9,41	59,22	29,12	79,14	33,27	0
Tỷ lệ Đường quốc lộ bị ngập	Cấp 1	S6	0	0	0	0	1,535	1,7	0,13
	Cấp 2		2,52	5,405	0,045	0	2,1	1,622	0,26
	Cấp 3		47,45	44,335	36,065	50	51,14	59,82	87,195
Tỷ lệ Đường tỉnh lộ bị ngập	Cấp 1	S7	0,11	0,63	2,41	2,15	0,72	0,84	0,06
	Cấp 2		0,22	1,9	1,63	2,30	1,29	1,62	0,09
	Cấp 3		22,55	19,77	25,11	15,82	19,26	20,31	32,61
Tỷ lệ Đường xã lộ bị ngập	Cấp 1	S8	0	0	0	0	4,02	2,76	7,27
	Cấp 2		0	0	0	0	5,79	8,86	3,04
	Cấp 3		0	20	0	0	44,31	77,73	81,09
Tỷ lệ Đường phân lộ bị ngập	Cấp 1	S9	0,18	1,98	1,43	1,72	0	0	0
	Cấp 2		19,56	50,8	2,65	3,02	4,11	0	0
	Cấp 3		26,48	45,6	80,49	87,82	18,81	0	0
Tỷ lệ Dân số bị ảnh hưởng bởi ngập lụt có ID + NRD		S10	11	84	47	70,54	85,79	72,51	26,51
Tỷ lệ Dân số bị ảnh hưởng do xâm nhập mặn		S11	0	0	0	0	56	90	12

(3) Nhóm các nhân tố thể hiện khả năng thích ứng đối với tác động của BHKH (A), bao gồm cơ sở hạ tầng như độ dài đường giao thông, số nhà kiên cố, số lượng trang thiết bị, mạng lưới

điện, giao thông, nhân lực, ... (bảng 3). Các tham số tương lai được được xác định trên cơ sở quy hoạch phát triển các vùng quận, huyện.

Bảng 3. Bảng chỉ tiêu vùng phủ (A) trong lĩnh vực giao thông & đô thị trong giai đoạn nền (2012)

Chỉ số vùng phủ	Ký hiệu	Hải Chiên	Thanh Khê	Sơn Trà	Ngũ Hành Sơn	Liên Chiểu	Cẩm Lệ	Hải Vân
Số km đường 4 cơ	A1	39,781	3,639	36,942	20,425	34,145	11,561	50,401
Số km đường tỉnh lộ	A2	0	0	0	0,237	1,010	0	82,336
Số km đường xã	A3	0	0,264	0	0	70,576	7,295	6,235
Số km đường phố	A4	56,21	29,044	17,575	3,013	6,485	0	0
Tỷ lệ Dân số có hệ thống nước máy	A5	80	87	86	79	81	85	83
Tỷ lệ dân số có hệ thống thoát nước thải chung	A6	81	85	87	78	80	73	65
Tỷ lệ gia đình có điện lưới quốc gia	A7	85	82	98	80	95	86	73

Các tham số sau khi được thu thập đều được thống kê theo các thứ nguyên khác nhau, vì thế khi sử dụng trong một hàm quan hệ cần phải

được chuẩn hóa trước khi tính toán. Trong nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp đánh giá chỉ số phát triển con người (HDI) của UNDP

(2006) để chuẩn hóa, đưa về khoảng cho phép từ 0-1. Trong đó, việc trước hết là cần phải xác định mối tương quan giữa các tham số với tính dễ bị tổn thương:

+ Quan hệ thuận tình dễ bị tổn thương tăng lên/giảm xuống tương ứng với sự tăng lên/giảm xuống của các giá trị tham số tương ứng với các tác động (sử dụng cho nhóm nhân tố tác động và nhạy cảm).

$$x_0 = \frac{x_0 - \min_i x_i}{\max_i x_i - \min_i x_i} \quad (1)$$

Quan hệ nghịch: là tính dễ bị tổn thương tăng lên/giảm xuống với sự giảm xuống/tăng lên của các giá trị tham số tương ứng với khả năng ứng phó.

$$x_0 = \frac{\max_i x_i - x_0}{\max_i x_i - \min_i x_i} \quad (2)$$

Trong đó: $i = 1, 2, \dots, M$ với M là số vùng (với trường hợp tính toán trong nghiên cứu là 7 vùng), $j = 1, 2, \dots, K$ với K là số tham số trong nhóm tính tổn thương.

Mức độ tổn thương riêng của mỗi nhóm nhân tố sẽ được tính toán như sau:

Với $M=7$ vùng và giả sử có K là số chỉ tiêu trong nhóm tính thương và x_i ($i=1, 2, \dots, M$; $j=1, 2, \dots, K$) là các giá trị được chuẩn hóa. Mức độ bị tổn thương trong mỗi nhân tố (K, S, A) của vùng thứ i , gọi chung là $\bar{x}_i$ được xác định theo một tổng tuyến tính của x_j như sau:

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^K w_j \times x_{ij} \quad (3)$$

Trong đó $0 < w < 1$ và $\sum_{j=1}^K w_j = 1$ là những trọng số. Theo phương pháp của Iyengar và Sudarsanan thì các trọng số được giả định là tỉ lệ nghịch với

phương sai của chỉ tiêu dễ bị tổn thương. Theo đó, trọng số được tính theo công thức:

$$w_j = \frac{1}{\sum_{j=1}^K \text{var}(x_j)} \quad (4)$$

với

$$c = \left[\sum_{j=1}^K \frac{1}{\text{var}(x_j)} \right]^{-1} \quad (5)$$

+ Sau khi tính toán chỉ số tổn thương cho mỗi lĩnh vực E, S, A , lại tiếp tục chuẩn hóa thuận và sau đó tính toán trọng số cho từng lĩnh vực theo công thức (4) được w_E, w_S, w_A là trọng số của các chỉ số tác động, độ nhạy và khả năng chống chịu.

$0 < V_i < 0,20$	RI	Tổn thương rất thấp
$0,20 < V_i \leq 0,40$	T	Tổn thương thấp
$0,40 < V_i \leq 0,60$	TB	Tổn thương trung bình
$0,60 < V_i \leq 0,80$	BT	Tổn thương cao
$0,80 < V_i < 1,00$	BTB	Tổn thương rất cao

$$\text{Trong đó: } w_E + w_S + w_A = 1 \quad (6)$$

+ Kết quả chỉ số dễ bị tổn thương cho mỗi khu vực quận (huyện) tương ứng cho từng lĩnh vực ở đây được tính theo công thức sau:

$$V_i = E_i \times w_E + S_i \times w_S + A_i \times w_A \quad (7)$$

Trong đó V_i là chỉ số dễ bị tổn thương tính cho vùng i .

Việc phân cấp mức độ tổn thương sẽ sử dụng hàm phân bố đều như sau:

3. Kết quả định lược mức độ dễ bị tổn thương của thành phố Đà Nẵng trong lĩnh vực GI&ĐT trước BĐKH&NBD

Kết quả tính toán trọng số cho các tham số (bảng 4) và mỗi nhóm nhân tố (bảng 5):

Bảng 4. Các trọng số của các tham số của các nhóm nhân tố các giai đoạn

Chỉ tiêu	2012	2020	2030	2050	2100	Chỉ tiêu	2012	2020	2030	2050	2100
E1	0,130	0,114	0,115	0,111	0,108	S6	0,097	0,150	0,148	0,150	0,147
E2	0,118	0,126	0,128	0,116	0,103	S7	0,099	0,129	0,126	0,126	0,130
E3	0,144	0,150	0,152	0,147	0,136	S8	0,076	0,104	0,111	0,117	0,112
E4	0,134	0,090	0,091	0,095	0,107	S9	0,082	0,114	0,115	0,137	0,110
E5	0,105	0,106	0,106	0,110	0,109	S10	0,094	0,129	0,129	0,126	0,126
E6	0,129	0,134	0,135	0,138	0,143	S11	0,077	0,092	0,100	0,099	0,099
E7	0,129	0,134	0,134	0,137	0,141	A1	0,142				
FR	0,133	0,132	0,129	0,136	0,133	A2	0,137				
S1	0,205	0,204	0,209	0,203	0,205	A3	0,137	0,202	0,200	0,200	0,200
S2	0,205					A4	0,135	0,200	0,200	0,202	0,200
S3	0,095	0,130	0,130	0,134	0,129	A5	0,110	0,156	0,156	0,153	0,168
S4	0,057					A6	0,101	0,154	0,156	0,159	0,150
S5	0,074					A7	0,144				

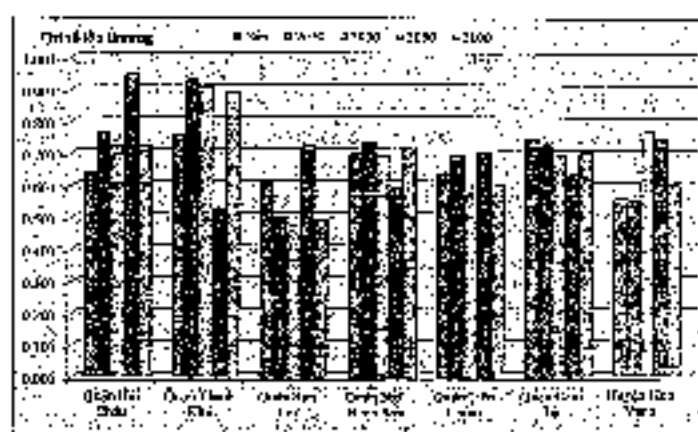
Bảng 5. Giá trị các trọng số cho lĩnh vực GT&ĐT

	Nên (2012)	2020	3030	2050	2100
w_1	0,175	0,233	0,737	0,313	0,257
w_2	0,516	0,491	0,401	0,514	0,514
w_3	0,310	0,276	0,362	0,173	0,229

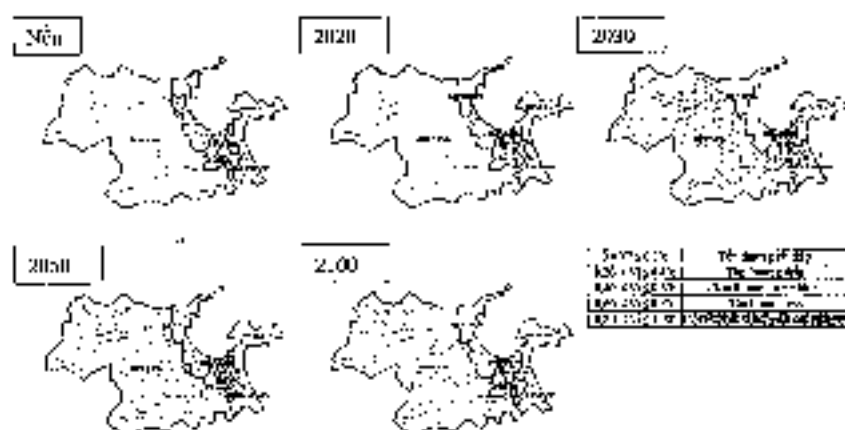
Cải số đánh giá mức độ tổn thương trong lĩnh vực GT&ĐT của Đà Nẵng được xác định trong bảng 6, Hình 1.

Hình 6. Chỉ số dễ bị tổn thương cho lĩnh vực giao thông & đi lại qua các giai đoạn

Giai đoạn	Chỉ số	Biển Châu	Thạch Khê	Sơn Trà	Ngũ Hành Sơn	Lưu Châu	Cẩm Lệ	Hải Vân
Nên (2012)	E	1,384	1,677	1,508	1,345	1,507	1,627	0,936
	S	0,416	0,553	0,119	0,408	0,487	0,523	0,138
	A	0,463	0,604	0,416	0,973	0,402	0,616	0,640
	V	0,654	0,754	0,687	0,554	0,615	0,746	0,538
	Mức độ	C	C	C	C	C	C	TĐ
2020	E	1,778	2,039	1,399	1,616	1,623	1,655	0,770
	S	0,525	0,181	0,373	0,473	0,526	0,538	0,189
	A	0,279	0,303	0,090	0,486	0,228	0,313	1,000
	V	0,763	0,653	0,496	0,422	0,691	0,723	0,550
	Mức độ	C	BC	TE	C	C	C	TĐ
3030	E	1,671	2,050	1,365	1,477	1,769	1,576	1,721
	S	0,475	0,781	0,371	0,413	0,111	0,508	0,308
	A	0,365	0,311	0,300	0,179	0,224	0,320	0,361
	V	0,723	0,905	0,136	0,686	0,571	0,691	0,767
	Mức độ	C	BC	TE	C	TĐ	C	C
2050	E	1,970	1,388	1,538	1,1	1,512	0,974	1,725
	S	0,759	0,364	0,474	0,105	0,494	0,297	0,509
	A	0,507	0,003	0,159	0,223	0,293	1,050	0,262
	V	0,443	0,521	0,120	0,589	0,700	0,522	0,745
	Mức độ	BC	TE	C	TR	C	C	C
2100	E	1,714	1,920	1,377	1,616	1,354	1,543	0,874
	S	0,507	0,733	0,334	0,128	0,448	0,737	0,316
	A	0,765	0,215	0,609	0,472	0,720	0,257	1,000
	V	0,123	0,556	0,491	0,719	0,599	0,000	0,606
	Mức độ	C	BC	TR	C	TE	C	C



Hình 1. Biểu đồ chỉ số dễ bị tổn thương GT&ĐT các giai đoạn tại Đà Nẵng



Hình 2. Bản đồ tổn thương trong lĩnh vực giao thông & đô thị các giai đoạn

4. Kết luận

Từ kết quả tính toán tính dễ bị tổn thương tại Đà Nẵng cho lĩnh vực GTVT có thể thấy giá trị tổn thương nằm trong khoảng 0,4 - 0,95, đa phần ở mức tổn thương cao. Điều này được giải thích cho việc có nhiều các chỉ tiêu về diện tích giao thông ngập lụt dưới tác động của BĐKH.

Trong các quận, huyện thì Thanh Khê là quận có chỉ tiêu tổn thương cao nhất ở nhiều giai đoạn, đây cũng là quận có nhiều tổn thương về diện tích giao thông bị ngập lụt so với các quận còn

lại. Đáng thứ 2 là quận Hải Châu, các chỉ tiêu tổn thương ở các giai đoạn đều nằm ở mức cao và rất cao (năm 2050 là 0,943). Vậy, đây cũng chính là hai quận, huyện cần quan tâm hơn cả không chỉ trong giai đoạn hiện tại mà cả trong tương lai trong quá trình quy hoạch và phát triển hệ thống giao thông và sử dụng và đô thị. Mặt khác, các quận huyện khác của thành phố cũng đều có chỉ tiêu tổn thương ở mức cao, cũng cần được quan tâm để có những biện pháp thích ứng kịp thời với BĐKH và giảm thiểu nguy cơ tổn thương.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012), *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*, Hà Nội.
2. Sở xây dựng Đà Nẵng (2013), *Định hướng quy hoạch chung đến năm 2039 và những thách thức về giao thông đô thị*.
3. Alistair Hunt, And Paul Watkiss University of Bath, United Kingdom (2007), *Literature review on climate change impacts on urban city centres: initial findings*.
4. IPCC (2007a), *Climate change (2007), Synthesis report, The physical science basis, Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
5. Dazé, A., Arnrose, K., & Ehrhart, C. (2009), *Climate Vulnerability and Capacity Analysis*, (Handbook). London: CARE International.
6. Marshall, N. A., Marshall, P. A., Tamekender, J., Obura, D., Malleret-King, D., & Girner, J. F. (2009), *A Framework for Social Adaptation to Climate Change: Sustaining Tropical Coastal Communities and Industries*, Gland, Switzerland: IUCN.
7. Pasteur, K. (2010), *Integrating approaches: Sustainable livelihoods, disaster risk reduction and climate change adaptation (Policy Briefing)*, Rugby: Practical Action.
8. Wiggins, S. (2009), *CCDRA: Climate Change and Environmental Degradation Risk and Adaptation Assessment (Toolkit)*, Teddington, U.K.: Tearfund.

IMPACTS OF CLIMATE CHANGE AND SEA LEVEL RISE TO TRAFFIC FLOODING OF DA NANG

Tran Duy Hien⁽¹⁾, Tran Hong Thai⁽²⁾, Hong Van Dai⁽³⁾ and Le Thi Kim Ngau⁽⁴⁾

⁽¹⁾Department of Science and Technology, Ministry of Natural Resources and Environment

⁽²⁾National Hydro Meteorological Service, Ministry of Natural Resources and Environment

⁽³⁾Vietnam Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change

Climate change and sea level rise (CC&SLR) is now a very important issue for the countries strongly affected as Vietnam and especially with coastal cities such as Da Nang. The speed of economic-economic development of Da Nang is rising, accordingly transport systems and urban (TS&UB) on a development and expansion. TS&UB systems also are vulnerable to the impacts of CC&SLR. Therefore, the assessment of vulnerability of the TS&UB system to the impacts of CC&SLR would be helpful to the process of planning of economic and society. The paper will be presented to the quantitative vulnerable of CC&SLR to TS&UB, Da Nang. Key words: Zoning, Aqua ecological zoning, climate change impact on Aquaculture, Aqua-ecological zoningscenarios.

Keywords: Traffic, climate change, vulnerability.

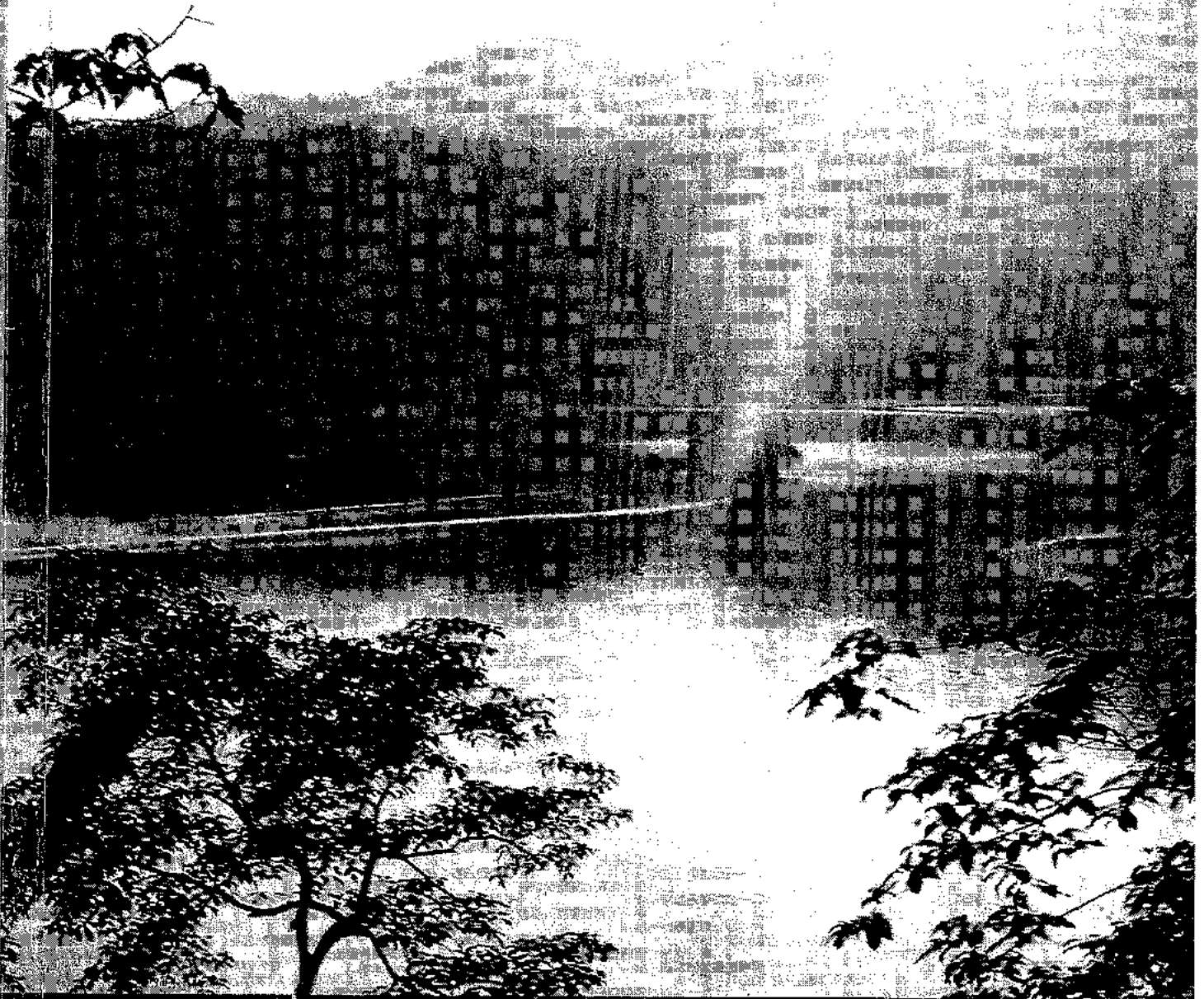


274

Môi trường

Số 7

Website: tapchimoitruong.vn



**Bảo vệ
môi trường
và phát triển
du lịch bền vững**

**Đẩy mạnh kiểm
soát hoạt động
bảo vệ môi
trường để tăng
cường hiệu lực,
hiệu quả quản
lý nhà nước**

**Tri thức bản
địa trong công
tác quản lý
tài nguyên đất
ngập nước khu
vực hồ Ba Bể**

**Tăng trưởng xanh
và cơ hội
thương mại
đối với Việt Nam**

TRONG SƠ NÀY

SỰ KIỆN - HOẠT ĐỘNG

- [1] BỘ TN&MT: TỔ CHỨC THỰC HIỆN HIỆU QUẢ CHÍNH SÁCH PHÁP LUẬT VỀ TN&MT
- [2] LỄ TRAO BIỂU TRƯNG GHI CÔNG THỨ TRƯỞNG BỘ TN&MT BÙI CÁCH TUYẾN VÀ CÔNG BỐ QUYẾT ĐỊNH BỐ NHIỆM TỔNG CỤC TRƯỞNG TỔNG CỤC MÔI TRƯỜNG
- [4] ĐẠI HỘI ĐẠI BIỂU ĐẢNG BỘ TỔNG CỤC MÔI TRƯỜNG LẦN THỨ II NHIỆM KỲ 2015 - 2020 VỚI TÌNH THÂN ĐỐI MÔI, ĐÀN CHỦ VÀ TRÍ TUỆ



1



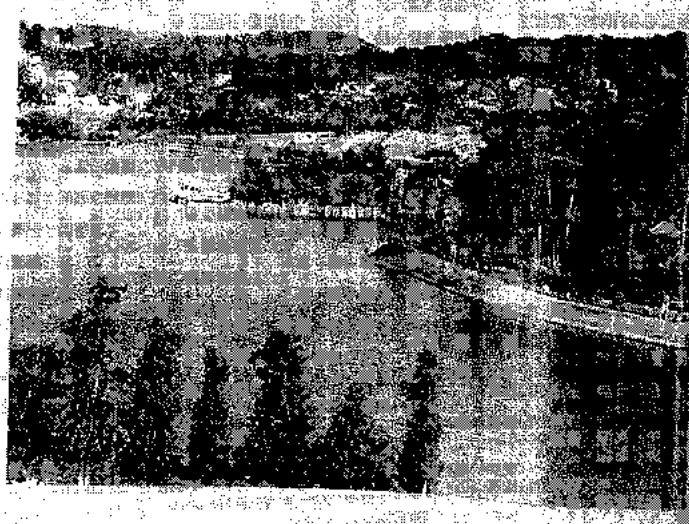
LUẬT PHÁP - CHÍNH SÁCH

- [8] BVMT VÀ PHÁT TRIỂN DU LỊCH BỀN VỮNG
- [10] ĐẨY MẠNH KIỂM SOÁT HOẠT ĐỘNG BVMT ĐỂ TĂNG CƯỜNG HIỆU LỰC, HIỆU QUẢ QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC
- [12] TÌNH HÌNH NHẬP KHẨU PHÉ LIỆU VÀ CÔNG TÁC QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG TRONG HOẠT ĐỘNG NHẬP KHẨU PHÉ LIỆU CỦA VIỆT NAM
- [15] LUẬT TÀI NGUYÊN, MÔI TRƯỜNG BIỂN VÀ HẢI ĐẢO - THỂ CHẾ QUAN TRỌNG BVMT BIỂN VÀ HẢI ĐẢO
- [18] ÁP DỤNG THỰC THI PHÁP LUẬT LIÊN QUAN ĐẾN CÁC LOẠI ĐỘNG VẬT HOANG DÃ NGUY CẤP, QUÝ HIẾM
- [20] TĂNG CƯỜNG KIỂM SOÁT Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG TRONG HOẠT ĐỘNG SẢN XUẤT NÔNG LÂM THỦY SẢN

TRAO ĐỔI - DIỄN ĐÀN

- [26] TĂNG CƯỜNG NĂNG LỰC HOẠT ĐỘNG CỦA ASOEN VIỆT NAM, HƯỚNG TỚI CỘNG ĐỒNG ASEAN NĂM 2015
- [29] DỊCH TỄ HỌC MÔI TRƯỜNG - PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN KHOA HỌC TRONG ĐÁNH GIÁ RỦI RO CỦA HÓA CHẤT ĐỘC HẠI
- [31] TRI THỨC BẢN ĐỊA TRONG CÔNG TÁC QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN ĐẤT NGẬP NƯỚC KHU VỰC HỒ BA BÈ

26

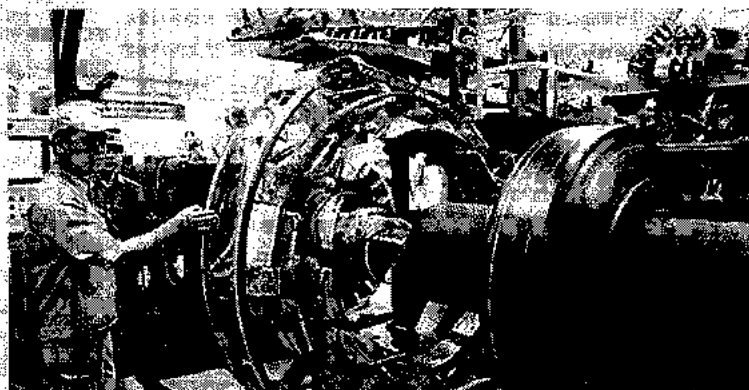


GIẢI PHÁP & CÔNG NGHỆ XANH

- [33] VƯỜN QUỐC GIA BẾN EN - ĐẨY MẠNH ỨNG DỤNG TIẾN BỘ KHOA HỌC TRONG CÔNG TÁC BẢO TỒN HỆ SINH THÀI
- [35] TRIỂN KHAI PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG KHÔNG-KHÍ XUNG QUANH BẢNG CÁC THIẾT BỊ ĐO NHANH
- [38] MÔ HÌNH CỘNG ĐỒNG GIÀM SÁT CHẤT LƯỢNG NGUỒN NƯỚC

MÔI TRƯỜNG & DOANH NGHIỆP

- [42] ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ HƯỚNG TỚI PHÁT TRIỂN XANH CỦA DOANH NGHIỆP



PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

- [44] HỘI LHPN HIỆP HÒA PHÁT HUY HIỆU QUẢ PHONG TRAO BVMT
- [46] CÂY SA MỘC DẦU Ở HÀ GIANG - NHỮNG ĐIỀU CÒN ÍT BIẾT ĐẾN
- [47] QUẢNG NAM VỚI BÀI TOÁN BẢO TỒN VÀ PHÁT TRIỂN CÂY SÂM QUÝ
- [50] CÁN NÂNG CAO Ý THỨC CỘNG ĐỒNG THAM GIA BẢO VỆ NGUỒN NƯỚC

TĂNG TRƯỞNG XANH

- [51] TĂNG TRƯỞNG XANH VÀ CƠ HỘI THƯƠNG MẠI ĐỐI VỚI VIỆT NAM
- [54] MỘT SỐ VẤN ĐỀ CHUNG VỀ THỊ TRƯỜNG PHÁT THẢI
- [57] KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VỀ XÂY DỰNG CHÍNH SÁCH LIÊN KẾT VÙNG TRONG BVMT VÀ ỨNG PHÓ VỚI BĐKH
- [60] GIẢM NHẸ TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH ĐẾN KINH TẾ VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÌN RA THẾ GIỚI

- [63] 10 THÀNH PHỐ KHÔNG KHÍ Ô NHIỄM NHẤT THẾ GIỚI

NGHIÊN CỨU

- [65] TÁC ĐỘNG CỦA VẬN CHUYỂN TRÁM TÍCH (BÙN CÁT) ĐẾN TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN VÙNG ĐỒNG BANG SÔNG CỬU LONG
- [68] DỰ BÁO BIẾN ĐỘNG TRÁM TÍCH TẦNG MẶT ĐÁM THỊ NẠI, TỈNH BÌNH ĐỊNH THEO KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NƯỚC BIỂN DẰNG

Môi trường



HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

GS. TS. Bùi Cách Tuyến
(Chủ tịch)
GS. TS. Đặng Kim Chi
TS. Mai Thanh Dung
GS. TSKH. Phạm Ngọc Đăng
TS. Nguyễn Thế Đông
GS. TS. Nguyễn Văn Phước
TS. Nguyễn Ngọc Sinh
PGS. TS. Nguyễn Danh Sơn
PGS. TS. Lê Kế Sơn
PGS. TS. Lê Văn Thắng
GS. TS. Trần Thục
PGS. TS. Trương Mạnh Tiến
GS. TS. Lê Văn Trinh
PGS. TS. Nguyễn Anh Tuấn
TS. Hoàng Dương Tùng

TỔNG BIÊN TẬP

Đỗ Thanh Thủy
Tel: (04) 61281438

TỌA SOẠN

Tầng 7, Lô E2, phố Dương Đình Nghệ,
phường Yên Hòa, quận Cầu Giấy, Hà Nội
Ban Trisư: (04) 66569135
Ban Biên tập: (04) 61281446
Fax: (04) 39412053
Email: tcbvmt@yahoo.com.vn
<http://www.tapchimoitruong.vn>

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1347/GP-BTTTT cấp ngày 23/8/2011

Bìa I: Vườn quốc gia Ba Bể

Ảnh: TTXVN

Thiết kế mỹ thuật: Nguyễn Việt Hưng

Chức năng & in

Công ty TNHH Thiết kế in thương mại T&V

Số 7/2015

Giá: 15.000đ



Dự báo biến động trầm tích tầng mặt đầm Thị Nại, tỉnh Bình Định theo kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng

PHẠM THANH LONG¹, TRẦN HỒNG THÁI², PHẠM VĂN THANH³,
ĐẶNG THỊ HUƠNG³, NGUYỄN THỊ THANH HUYỀN³,
ĐÀO MẠNH TRÍ⁴, ĐÀO HUƠNG GIANG⁵, NGUYỄN BÙI PHONG⁶

1. Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn & BĐKH;

2. Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia; 3. Hội Địa chất Biển VN;

4. Viện TNMT & PTBV;

5. Viện Thương mại và Kinh tế quốc tế;

6. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn & BĐKH

độc hại, các chất ô nhiễm; môi trường sống của các hệ sinh thái rừng ngập mặn, các loài sinh vật; các hoạt động nuôi trồng và đánh bắt thủy sản...

Do vậy, việc đánh giá hiện trạng phân bố và dự báo những biến động trầm tích tầng mặt khu vực đầm Thị Nại dưới tác động của BĐKH NBD theo các kịch bản phát triển, sẽ cho ta viên cảnh toàn diện về tác động của BĐKH tới điều kiện tự nhiên, tài nguyên môi trường và KT- XH; trên cơ sở đó sẽ có những chiến lược thích ứng hiệu quả hơn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các phương pháp nghiên cứu trầm tích đã được sử dụng: Phân tích đặc điểm hình thái độ hạt để xác định tương trầm tích, nguồn gốc và chế độ thủy động lực của môi trường. Kiểu trầm tích được phân loại trên cơ sở hàm lượng phân trăm các cấp hạt sạn, cát, bùn theo biểu đồ phân loại của Hoàng Gia Anh (hình 1).

Phương pháp mô hình hóa được sử dụng để dự báo biến động thành phần và diễn biến phân bố các trường trầm tích theo các kịch bản BĐKH NBD.

Mô hình được sử dụng để mô phỏng dòng chảy tầng mặt qua cửa sông, vùng đầm Thị Nại theo các kịch bản nước biển dâng do BĐKH là mô hình Mike 21FM, thuộc bộ phần mềm Mike do Viện Thủy lực Đan Mạch DHI (Danish Hydrodynamic Institute) xây dựng. Đây là phần mềm kỹ thuật tác nghiệp để tính toán dòng chảy, sóng, vận chuyển trầm tích và sinh thái học trong sông, hồ, cửa sông, vịnh, các vùng biển ven bờ và ngoài

khơi. Việc nghiên cứu và tính toán quá trình vận chuyển trầm tích được thực hiện bằng phần mềm Mike 21 ST (Sand Transport Model) hoặc Mc. Lorent Model.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

a. Hiện trạng phân bố và thành phần trầm tích tầng mặt đầm Thị Nại

Theo kết quả khảo sát và lập bản đồ phân bố các trường trầm tích tầng mặt đầm Thị Nại, tác giả đã xác định được diện phân bố của các loại trầm tích khác nhau của đầm Thị Nại hiện nay như sau:

- Trường trầm tích cát bùn sạn (gmS): Trường trầm tích này phân bố chủ yếu ở khu vực xã Phước Hòa, vùng cửa sông Hà Thanh. Ngoài ra còn nằm rải rác trên vùng ven bờ xã Phước Thuận, vùng ven rìa bán đảo Phương Mai. Trầm tích được thành tạo trong môi trường vùng vịnh kín.

- Trường trầm tích cát (S): Rất phổ biến trên khu vực đầm Thị Nại, thường phân bố vùng ven rìa của đầm đến vùng gần trung tâm đầm ở

độ sâu khoảng 8 - 9m nước. Trầm tích được hình thành trong điều kiện vùng vịnh kín.

- Trường trầm tích cát bùn (mS): Là một trong những trường trầm tích có diện tích phân bố lớn nhất trên đầm Thị Nại. Phân bố ở phần ven bờ xung quanh đầm Thị Nại và tập trung thành một dải dài phía trung tâm đầm thuộc xã Phước Hòa. Trầm tích có màu xám, xám tối lẫn ít mùn bã thực vật.

- Trường trầm tích bùn cát (sM): Phân bố ở trung tâm đầm Thị Nại thuộc xã Phước Hòa; phát triển kéo dài theo phương Á kinh tuyến. Bùn cát màu xám đến xám tối lẫn mùn bã thực vật, được thành tạo trong môi trường vùng vịnh kín.

- Trường trầm tích bùn (M): Phân bố rải rác trên đầm Thị Nại và tập trung nhiều ở vùng vịnh Quy Nhơn thuộc xã Nhơn Hội. Trầm tích có màu xám xanh đến xám đen. Trầm tích được hình thành trong môi trường vùng vịnh kín.

b. Biến động phân bố trầm tích tầng mặt theo kịch bản BĐKH NBD B2

cho năm 2030 khu vực đầm Thị Nại

Dưới đây dự báo sự di chuyển và lắng đọng trầm tích theo kịch bản BĐKH NBD ở mức phát thải trung bình(B2) cho năm 2030 khu vực Đầm Thị Nại.

Do BĐKH, NBD nên vị trí đường bờ năm 2030 thay đổi so với hiện trạng và dịch chuyển về phía đất liền, đặc biệt là bờ Tây đầm Thị Nại.

Dòng chảy trong đầm Thị Nại, tháng có lưu lượng nhỏ nhất là tháng 4 và tháng có lưu lượng lớn nhất là tháng 11. Do vậy, các yếu tố thủy động lực ứng với kịch bản BĐKH B2 cho năm 2030 được tính cho 2 tháng là tháng 4 đặc trưng cho mùa kiệt và tháng 11 đặc trưng cho mùa lũ.

Sự thay đổi về diện tích phân bố các trường trầm tích của đầm Thị Nại theo kịch bản B2 cho năm 2030 không có sự khác biệt nhiều so với hiện tại.

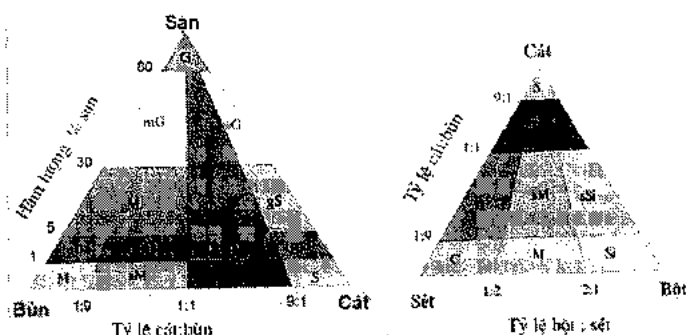
- Trường trầm tích cát bùn sạn (gmS): Tập trung chủ yếu ở các vùng cửa sông điển hình như sông Côn, sông Hà Thanh. Tại vùng trung tâm đầm thuộc xã Phước Hòa thì trường trầm tích này phân bố nằm xen kẽ giữa các trường cát và bùn cát. Trường trầm tích này có vị trí phân bố không khác nhiều so với nền trầm tích hiện tại của đầm Thị Nại. Điều này cho thấy, chế độ thủy động lực tại khu vực giữa đầm ở đỉnh đầm tương đối ổn định.

- Trường trầm tích cát (S): Phổ biến trên diện tích phía Đông của đầm tiếp giáp với bán đảo Phương Mai. Trầm tích có độ hạt thay đổi từ thô đến trung bình và phân bố dưới dạng kéo dài từ vùng đỉnh đầm đến khu vực vịnh Quy Nhơn.

- Trường trầm tích cát bùn (mS): Theo kịch bản cho năm 2030 có vị trí chủ yếu ở phía Tây và vùng trung tâm đầm thuộc xã Phước Hòa. Theo kết quả mô hình thủy động lực kết hợp với khảo sát thực tế đã xác định tốc độ lắng đọng trầm tích của trường trầm tích này tại vùng trung tâm vào khoảng 1,25cm/năm.

- Trường trầm tích bùn cát (SM): Có diện tích phân bố rộng, dạng kéo dài theo phương kinh tuyến từ xã Phước Hòa đến cửa đầm. Thành phần các cấp hạt của trường trầm tích này thay đổi từ trung bình đến mịn.

- Trường trầm tích bùn (M): Đa phần phân bố ở khu vực cửa đầm Thị Nại với thành phần độ hạt từ trung bình đến mịn. Theo mô hình dòng chảy cùng đặc điểm phân bố, đã



Hình 1. Biểu đồ phân loại trầm tích biển theo Cục Địa chất Hoàng Gia Anh

xác định được tốc độ lắng đọng tại vùng cửa đầm của trường trầm tích này khoảng 1,3cm/năm.

- Trường trầm tích sét cát (sC): Trầm tích này được thành tạo trong môi trường vùng vịnh. Thành phần chủ yếu là cát, bùn cát, sét. Trầm tích có màu xám, xám tối giàu mảnh đá vụn sinh vật. Phân bố trên một diện nhỏ sát với đường bờ về phía Tây đầm Thị Nại, thuộc khu vực Vịnh Quang (xã Phước Sơn-Ninh Phước).

c. Biến động phân bố trầm tích tầng mặt theo kịch bản BĐKH NBD B2 cho năm 2030 khu vực đầm Thị Nại

Tổng quan dòng chảy theo hai mùa kiệt và mùa lũ kết hợp với quá trình triều lên và triều xuống theo mùa cho thấy tốc độ lắng đọng trầm tích định tính theo kịch bản sẽ không khác nhiều so với năm 2030 và chỉ ở khoảng mức 1,3cm/năm.

Vị trí đường bờ thay đổi rõ rệt theo kịch bản cho năm 2030 so với đường bờ năm 2030. Ở phía Bắc-Tây Bắc đầm, vị trí đường bờ năm 2030 dịch chuyển về phía lục địa với khoảng lớn nhất lên tới khoảng 1,5km, trung

bình khoảng 1,2km. Càng xuống dần xuống phía Nam của đầm Thị Nại thì vị trí đường bờ có sự dịch chuyển nhỏ hơn so với phía Bắc, có nơi còn không thấy sự dịch chuyển tương đối nào.

- Trầm tích cát bùn sạn (gmS): Phân bố trên diện tích bờ Tây của đầm, tập trung chủ yếu tại hai cửa sông Hà Thanh và Sông Côn. Do phân bố chủ yếu ở vùng sát với đường bờ nên bề dày trầm tích của trường này nhỏ, tốc độ lắng đọng cũng không lớn so với các trường trầm tích ở vùng trung tâm đầm.

- Trầm tích cát (S): Phân bố chạy dọc theo cửa các con sông từ đất liền đổ ra, kéo dài từ xã Cát Tiến, Cát Chánh theo hướng Bắc Nam và phát triển dần vào khu vực trung tâm đầm. Đặc biệt vùng trung tâm đầm có trầm tích cát phân bố rộng nhất là khu vực thuộc xã Phước Hòa. Trầm tích có độ hạt thay đổi từ thô đến mịn theo chiều từ Bắc xuống Nam. Điều này phản ánh quá trình phân dị và lắng đọng trầm tích.

- Trường trầm tích cát bùn (mS): Có diện tích phân bố rộng trên vùng nghiên cứu, đặc biệt là vùng xã Phước



Hòa. Trầm tích này ở trung tâm đầm thường có bề dày tương đối lớn. Điều này khẳng định rằng sự tích tụ và lắng đọng trầm tích xảy ra ở vùng trung tâm đầm diễn ra mạnh với tốc độ lớn hơn so với khu vực đỉnh đầm và hai bên sườn Tây và Đông của đầm. Tốc độ lắng đọng trường trầm tích này khoảng 1,5 - 1,6cm/năm.

- *Trầm tích bùn cát (SM)*: Trầm tích này xuất hiện nhiều hơn về phía Nam đầm so với khu vực phía Bắc đầm. Đặc biệt là tại khu vực vịnh Quy Nhơn. Tốc độ lắng đọng trầm tích của trường này nhỏ hơn so với trường bùn.

- *Trầm tích bùn (M)*: Phân bố chủ yếu ở khu vực cửa đầm, vùng vịnh Quy Nhơn và một phần diện tích phía Tây của đầm thuộc xã Phước Thuận. Trầm tích có độ hạt mịn hơn so với các trường trầm tích phân bố ở các khu vực lân cận. Điều này cho thấy quy luật phân dị trầm tích tại khu vực đầm rất rõ nét.

- *Trầm tích sét cát (SC)*: Là trầm tích điển hình ở khu vực giáp đường bờ phía Tây của đầm, trên một diện tích rộng kéo dài từ Bắc đầm đến Nam đầm (từ xã Cát Tiến đến Phước Thuận). Sự có mặt của trường trầm tích này liên quan tới hoạt động địa chất, ảnh hưởng bởi quá trình dâng và hạ mực nước biển theo mùa.

d. Biến động phân bố trầm tích tầng mặt theo kịch bản B2 cho năm 2100 tại đầm Thị Nại

Dấu hiện đường bờ phía đỉnh đầm của năm 2100 chỉ dịch chuyển tương đối nhỏ so với đường bờ của năm 2050. Nhưng giữa phía Đông và phía Tây đầm có sự thay đổi rõ rệt hơn. Đáng kể hơn là sự thay đổi phân bố trường trầm tích. Ở khu vực trung tâm đầm chiếm ưu thế hơn vẫn là trầm tích cát bùn, bùn cát. Càng xuống phía cửa đầm (phía Nam cầu Thị Nại) thì trầm tích bùn lại chiếm ưu thế. Tốc độ lắng đọng trầm tích tại khu vực trung tâm lớn, có thể đạt từ 1,4 - 1,65cm/năm.

Kết quả tính toán của mô hình cho thấy, dòng chảy trong các sông Hà Thanh, sông Côn năm 2100 là tương tự như năm 2050. Nhìn chung ở đầm Thị Nại, sự phân bố trường dòng chảy của các năm 2030, 2050 và 2100 khác nhau không nhiều. Tuy nhiên, vận tốc dòng chảy thay đổi đáng kể theo mùa và theo các vị trí trong đầm. Về mùa kiệt (tháng 4), dòng chảy ở đầm chủ yếu là dòng

triều. Tốc độ dòng chảy đạt khoảng 15 - 25cm/s ở khu vực bắc đầm, 32 - 45cm/s ở khu vực nam đầm (phía nam cầu Thị Nại). Ở khu vực gần cửa đầm, vận tốc dòng chảy rất lớn, có thể đạt tới trên 80cm/s. Trong mùa lũ (tháng 11), vận tốc dòng chảy trong đầm lớn hơn nhiều. Ở khu vực Bắc đầm, dòng chảy đạt khoảng 30 - 40cm/s (đỉnh đầm khoảng 15 - 20cm/s). Ở khu vực Nam đầm, do ảnh hưởng mạnh của dòng triều, tốc độ dòng chảy ở đây đạt tới 40 - 55cm/s. Ở cửa đầm dòng chảy rất lớn, vận tốc dòng cực đại có thể đạt tới gần 1m/s.

Do sự thay đổi dòng chảy giữa hai mùa kiệt và mùa lũ liên tục trong nhiều năm nên sự vận chuyển trường trầm tích của đầm cũng có nhiều biến động. Nhìn chung, hầu như dòng chảy phân dòng từ đỉnh đầm thuộc khu vực xã Cát Tiến, Cát Chánh xuống dần phía cửa đầm thuộc xã Nhơn Hội càng mạnh hơn.

- *Trầm tích cát bùn sạn (gmS)*: Trầm tích có diện tích phân bố không khác nhiều so với kịch bản trầm tích của năm 2050. Hầu như chúng chỉ tập trung ở các vùng cửa sông có dòng lực dòng lớn như sông Hà Thanh và sông Côn. Tốc độ lắng đọng trầm tích nhỏ, khoảng 1,25cm/năm.

- *Trường trầm tích cát (S)*: Phân bố phổ biến dọc theo cửa các con sông, nhánh sông nhỏ đổ vào đầm Thị Nại và khu vực rìa phía Tây của bán đảo Phương Mai. Đây là trường trầm tích tương đối phổ biến trên diện tích nghiên cứu. Trầm tích có hướng dọc theo đường bờ và tập trung rộng chủ yếu ở

phía Nam cầu Thị Nại.

- *Trường trầm tích cát bùn (mS)*: Là một trong những trường trầm tích phổ biến với diện tích rộng, tập trung tại trung tâm của đầm và một phần ở vùng cửa sông Côn. Tại vùng trung tâm, khu vực từ cửa sông Hà Thanh ra vịnh Quy Nhơn thì đa số bắt gặp trường trầm tích này. Điều này có thể giải thích bởi sự phân dị trầm tích. Càng gần vùng cửa sông Hà Thanh thì tập trung chủ yếu trường trầm tích hạt thô nhưng cát, cát bùn sạn.

- *Trường trầm tích bùn cát (SM)*: Phân bố rộng trong đầm Thị Nại ở khu vực xã Phước Sơn. Chúng nằm dọc theo hướng đường bờ. Trầm tích này hầu như không xuất hiện trên khu vực phía Bắc mà chỉ tập trung ở khu vực giữa đầm và phần phía Nam của đầm. Đây lại là minh chứng thể hiện cho sự phân dị trầm tích theo hướng dòng chảy chung trong đầm là hướng Bắc Nam từ đỉnh đầm đến cửa đầm.

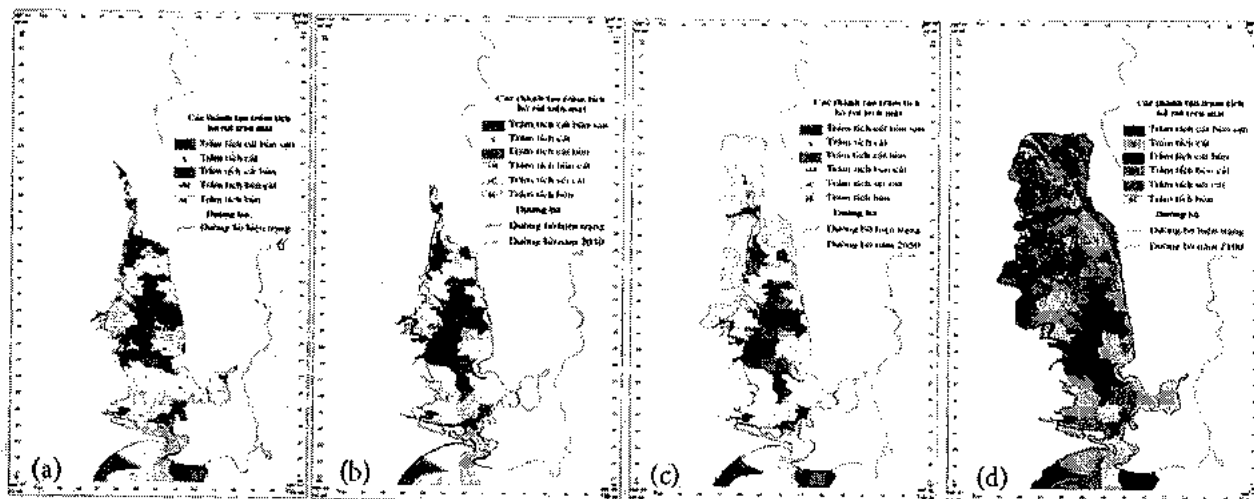
- *Trầm tích bùn (M)*: Đặc trưng cho vùng diện tích phía Nam đầm (phía Nam cầu Thị Nại). Trên khu vực xã Phước Hòa, ở hai rìa Đông và Tây của đầm trầm tích bùn phân bố khá phổ biến. Và khu vực này rất thuận lợi cho phát triển nuôi trồng thủy hải sản.

- *Trường trầm tích sét cát (SC)*: Phân bố chủ yếu ở phía Bắc đầm kéo dài từ xã Cát Tiến đến Phước Thuận. Trên khu vực xã Phước Hòa trường trầm tích này bao quanh đầm Thị Nại, chủ yếu tích tụ vào mùa kiệt (tháng 4) là chủ yếu với tốc độ lắng đọng nhỏ.

Biến động các quá trình trầm tích của đầm Thị Nại tại



thời điểm hiện trạng và dự báo theo kịch bản BĐKH NBD B2 cho các năm 2030, 2050 và 2100 được thể hiện trong hình 2(a), 2(b), 2(c), 2(d) dưới đây:



Hình 2. Bản đồ trầm tích tầng mật đầm Thị Nại theo hiện trạng (a); theo kịch bản B2 năm 2030 (b), năm 2050 (c), năm 2100 (d).

4. KẾT LUẬN

Trong đầm Thị Nại phát triển trầm tích trong môi trường vũng vịnh kín, với đặc điểm trầm tích chủ yếu là hạt mịn như bùn, bùn cát, cát bùn. Các thành tạo trầm tích trong đầm thường biến động mạnh tại các khu vực cửa sông và chủ yếu là trầm tích hạt thô hơn như cát bùn sạn, cát; tại trung tâm đầm, thành phần trầm tích chủ yếu là hạt mịn hơn vùng cửa sông.

Đòng chảy tầng mặt trong đầm được thể hiện rõ nét theo hai mùa chính là mùa kiệt (tháng 4) và mùa

lũ (tháng 11). Mùa kiệt chịu ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam với dòng chảy chủ yếu là dòng triều nên tốc độ dòng chảy nhỏ và có sự khác nhau rõ rệt về tốc độ dòng ở phía Bắc và phía Nam đầm. Vào mùa lũ (tháng 11) chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc và dòng chảy do sông nên tốc độ dòng chảy lớn và có nhiều khác biệt giữa khu vực đỉnh đầm và cửa đầm.

Hướng dòng chảy chủ yếu trong đầm theo hướng từ Bắc xuống Nam với tốc độ dòng chảy tương ứng tăng dần. Thành phần

trầm tích thay đổi từ thô đến mịn theo chiều từ đỉnh đầm đến cửa đầm và tuân theo đúng quy luật phân dị trầm tích.

Kịch bản trầm tích tầng mặt đầm Thị Nại các năm 2030, 2050 và 2100 được thực hiện trên cơ sở áp dụng mô hình thủy thạch động lực của đầm Thị Nại và cửa sông Hà Thanh và sông Côn của kịch bản BĐKH, NBD. Nhìn chung, kịch bản cho 3 năm này có một số khác biệt cả về trầm tích và tốc độ lắng đọng, cũng như phân bố dòng theo mùa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Kịch bản BĐKH NBD cho Việt Nam. Bộ TN&MT. Năm 2012.
- Đinh Văn Mạnh, 2014. Mô phỏng dòng chảy mặt và xâm nhập mặn qua cửa sông theo kịch bản BĐKH và nước biển dâng KKT Nhơn Hội. Lưu trữ Viện TNMT & PTBV, Hà Nội.
- Đào Mạnh Tiến và nnk, 2008. Báo cáo Đề tài: "Điều tra đánh giá TNMT các vùng vịnh trọng điểm ven bờ phục vụ phát triển KT - XI và BVMT". Lưu trữ tại Trung tâm Địa chất và khoáng sản biển.
- EPA, 1992. Bảo vệ các tài nguyên vùng bờ và đất ngập nước: Hướng dẫn cho các chính quyền địa phương.
- IPCC, 2007. Climate change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability.
- Wilby R.L., et al, 2004. Guideline for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods, NOAA.

TẠP CHÍ

281

ISSN 0866 - 8744
Số 643 * Tháng 7/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khâm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: *Họp ban chủ nhiệm chương trình "Tổng kết hoạt động năm 2013 và Định hướng công tác năm 2014 của chương trình KHCN-BĐKH/11-15"*

Giá bán: 25.000 đồng

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, ThS. **Lưu Đức Dũng**, TS. **Nguyễn Đắc Đồng** và ThS. **Mai Kim Liên**: Vai trò của nghiên cứu khoa học và công nghệ trong đào tạo, phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực biến đổi khí hậu
- 5 TS. **Mai Văn Khiêm**, ThS. **Nguyễn Đăng Mậu**, **Đào Thị Thúy**, **Lê Duy Điện** và **Phạm Thị Hải Yến**: Khí hậu Việt Nam trong thập kỷ 2001 – 2010
- 10 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS. TS. **Trần Ngọc Anh** và ThS. **Ngô Chí Tuấn**: Xây dựng chỉ số dễ bị tổn thương lũ lụt sử dụng phương pháp phân tích hệ thống phân cấp (AHP) - Thử nghiệm cho vài đơn vị cấp xã tỉnh Quảng Nam thuộc vùng hạ lưu sông Thu Bồn
- 19 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Minh Tuyền**, ThS. **Lương Hữu Dũng**, ThS. **Nguyễn Xuân Tiến** và **Trần Đức Anh**: Diễn biến dòng chảy ở Đồng bằng sông Cửu Long
- 24 ThS. **Hoàng Văn Đại**, **Nguyễn Thị Hiền**, ThS. **Trần Duy Hiền** và TS. **Nguyễn Quốc Khánh**: Đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Mã
- 29 TS. **Đỗ Nam Thắng**: Lượng giá lợi ích kép của các hoạt động giảm nhẹ biến đổi khí hậu trong lĩnh vực quản lý chất thải ở Việt Nam
- 33 **Lê Xuân Tuấn**, **Nguyễn Hải Đông** và PGS. TS. **Trần Hồng Thái**: Nghiên cứu tác động của mực nước biển dâng đối với rừng ngập mặn xã Đại Hợp, Kiến Thụy, Hải Phòng và các giải pháp thích ứng
- 40 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, ThS. **Ngô Chí Tuấn** và ThS. **Nguyễn Xuân Tiến**: Đánh giá ảnh hưởng của sử dụng đất đến kết quả tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ – Áp dụng tính cho huyện Điện Bàn tỉnh Quảng Nam thuộc hạ lưu vực sông Thu Bồn
- 45 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan**, ThS. **Phạm Thị Thu Hương** và ThS. **Mai Kim Liên**, **Trần Đức Anh**: Kinh nghiệm của một số nước trên thế giới trong quy hoạch, quản lý, sử dụng các nguồn tài chính ứng phó với biến đổi khí hậu và giải pháp của Việt Nam
- 52 TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thủy điện Sơn La và Lai Châu đến bồi lắng cát bùn hồ Hòa Bình
- 57 ThS. **Hà Thị Thuận**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan** và ThS. **Phạm Thị Thu Hương**: Huy động nguồn lực tài chính từ khu vực kinh tế tư nhân trong ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 62 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 6 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** và **Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 72 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 6 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

DIỄN BIẾN DÒNG CHẢY Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

PGS.TS. **Trần Hồng Thái** - Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

PGS.TS. **Hoàng Minh Tuyền**, ThS. **Lương Hữu Dũng** - Viện Khoa học KTTV và Biến đổi khí hậu

ThS. **Nguyễn Xuân Tiến** - Đài Khí tượng Thủy văn Bắc Trung Bộ

Trần Đức Anh - Trường Đại học St. Thomas

Vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có hệ thống sông suối, kênh rạch chằng chịt, có bờ biển và vùng biển rộng lớn nhiều tài nguyên. Bên cạnh những thuận lợi thì ĐBSCL cũng luôn phải đối mặt với không ít khó khăn và hạn chế trong điều kiện dòng chảy vào đồng bằng phụ thuộc hoàn toàn vào khai thác nguồn nước thượng lưu. Nổi bật đặc điểm, diễn biến dòng chảy mặt vùng ĐBSCL là điều cần thiết phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước của vùng. Trên cơ sở phân tích số liệu đo lưu lượng dòng chảy tại các trạm thủy văn ở ĐBSCL và trạm thủy văn Kratie thu thập được, bài báo trình bày những nét chính kết quả phân tích, tổng hợp diễn biến dòng chảy ở ĐBSCL trong những năm gần đây.

1. Giới thiệu chung

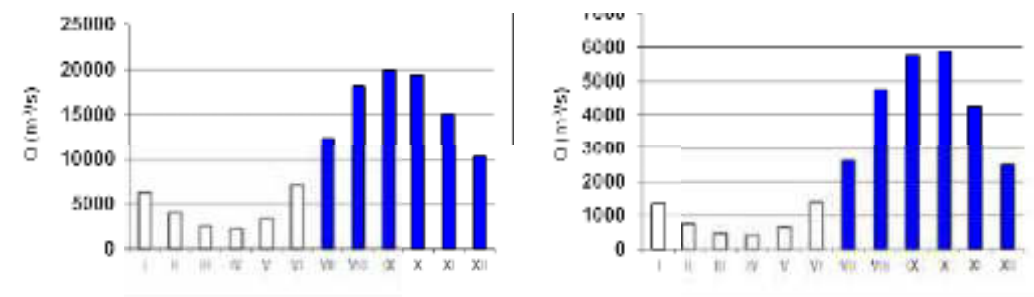
Đồng bằng sông Cửu Long bao gồm địa phận của 13 tỉnh, thành phố: Long An, Tiền Giang, Đồng Tháp, An Giang, Cần Thơ, Vĩnh Long, Hậu Giang, Trà Vinh, Bến Tre, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Kiên Giang và Cà Mau là vùng châu thổ phì nhiêu có nhiều tiềm năng phát triển nông nghiệp, công nghiệp, thủy sản và du lịch sinh thái. Trong những năm qua, ĐBSCL đã có những đóng góp vô cùng quan trọng trong nền kinh tế quốc dân, hơn 50% sản lượng lương thực, 70% lượng trái cây và 65% sản lượng thủy sản cả nước [1]. Vùng ĐBSCL tiếp giáp với biển Đông và biển Tây có địa hình khá bằng phẳng và thấp, mạng lưới sông, kênh rạch chằng chịt.

2. Đặc điểm dòng chảy ở ĐBSCL

Chế độ thủy văn ở ĐBSCL chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của dòng chảy thượng lưu và chế độ thủy triều vùng biển Đông, biển Tây. Thủy triều biển Đông có chế độ bán nhật triều. Thời gian triều lên kéo dài khoảng 6 giờ và thời gian triều xuống khoảng 7 giờ. Độ lớn thủy triều trung bình khoảng 3 - 4 m, cực đại là 4,1 + 0,1m. Trong khi đó, chế độ thủy triều ở biển Tây rất phức tạp, nói chung thuộc loại triều hỗn hợp và thiên về nhật triều. Tuy trong ngày cũng có 2

đỉnh và 2 chân nhưng dạng gần như nhật triều và biên độ triều thấp hơn nhiều so với triều biển Đông, chỉ khoảng 0,8÷1,2 m. Mặt khác, ở vùng ĐBSCL, xét về không gian, có thể chia thành 2 vùng chính: vùng ảnh hưởng ngập lụt là các tỉnh Kiên Giang, An Giang, Đồng Tháp và Long An và vùng ảnh hưởng triều như Bến Tre, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau. Một số tỉnh thì chịu ảnh hưởng của cả 2 yếu tố trên như Hậu Giang, Cần Thơ, Vĩnh Long và Tiền Giang. Do đó, trong quá trình truyền vào sông, các đặc trưng thủy văn, thủy triều có sự khác biệt, biến dạng mạnh mẽ [1, 3].

Để có cơ sở cho phân tích đặc điểm chính dòng chảy ở ĐBSCL, bài báo này tính toán xác định mùa dòng chảy dựa trên số liệu quan trắc lưu lượng tại trạm Tân Châu và Châu Đốc từ 1996-2011. Mùa lũ được xác định theo chỉ tiêu “vượt trung bình”, tức mùa lũ bao gồm các tháng liên tục trong năm có lượng dòng chảy tháng lớn hơn hay bằng lượng dòng chảy trung bình năm với mức độ ổn định hàng năm lớn hơn hay bằng 50 %. Kết quả phân mùa cho thấy, mùa lũ kéo dài từ tháng 7 - 12, mùa cạn kéo dài từ tháng 1 -6, thời đoạn này là cơ sở cho các phân tích dưới đây [4].



Hình 1. Phân phối dòng chảy trung bình nhiều năm

Trong mùa lũ, mực nước tại Mỹ Thuận (cách cửa sông 92 km) và tại Cần Thơ (cách cửa sông 77 km) dao động rõ rệt theo chế độ thủy triều. Tại Tân Châu (cách cửa sông 211 km) và Châu Đốc (cách cửa sông 190 km), trong những ngày không có lũ hoặc lũ thấp (nhỏ hơn 4,0 m), thì dao động mực nước hàng ngày có cùng hình dạng với thủy triều. Ngược lại, khi mực nước lũ tại Tân Châu lớn hơn 4 m, dao động của mực nước tại Tân Châu và Châu Đốc hầu như phụ thuộc vào dao động của mực nước lũ từ thượng nguồn [3, 5].

Trong mùa cạn, chế độ dòng chảy của sông Tiền và sông Hậu bị chi phối mạnh bởi chế độ thủy triều ở biển Đông. Thời gian truyền triều từ cửa biển đến Tân Châu, Châu Đốc khoảng 7 - 8 giờ. Tốc độ truyền triều trung bình trên sông Tiền đến Tân Châu khoảng 25 - 30 km/giờ; trên sông Hậu đến Châu Đốc khoảng 22 - 24 km/giờ.

Mùa cạn ở hạ lưu sông Cửu Long có thể tính từ tháng 1 đến tháng 5. Tháng 12 được xem như tháng chuyển tiếp từ mùa lũ sang mùa cạn và tháng 6 là tháng chuyển tiếp từ mùa cạn sang mùa lũ. Do ảnh hưởng của thủy triều, trong mùa cạn, vào thời kỳ cạn kiệt nhất (tháng 3 - 4), lưu lượng chảy ngược tại Tân Châu đạt 3750 m³/s (tháng 4/2010) và 6780 m³/s tại Châu Đốc (tháng 1/1999) [3].

Lưu lượng trung bình tháng nhỏ nhất trung bình nhiều năm (TBNN) tại Tân Châu là 2243 m³/s và tại Châu Đốc là 422 m³/s (tháng 4). Lưu lượng trung bình tháng nhỏ nhất trong chuỗi số liệu (1996-2011) tại Tân Châu là 1270 m³/s (tháng 7/1997) và tại Châu Đốc là 225 m³/s (tháng 7/2005).

Lưu lượng nhỏ nhất (ngày) tại Tân Châu thay đổi từ 882 m³/s (ngày 25/3/1998) đến 2250 m³/s (ngày 26/3/2009), lớn gấp 2,55 lần và tại Châu Đốc từ 145 m³/s (ngày 28/3/2004) đến 408 m³/s (ngày 6/4/1997), lớn gấp 2,8 lần. Như vậy, thời gian xuất hiện lưu lượng nhỏ nhất (ngày) giữa Tân Châu và

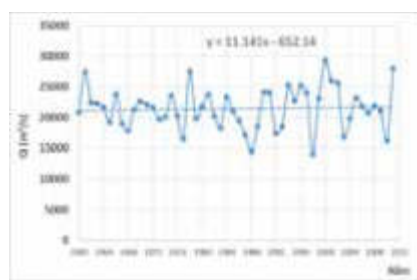
Châu Đốc không hoàn toàn đồng pha. Lưu lượng nhỏ nhất (ngày) trong mỗi năm xuất hiện chủ yếu vào tháng 4 với tần suất khoảng 80 - 90%. Tổng lưu lượng nhỏ nhất (ngày) qua Tân Châu và Châu Đốc đạt mức thấp nhất 1143 m³/s vào ngày 23/3 /1998.

Lưu lượng trung bình tháng lớn nhất TBNN tại Tân Châu là 18640 m³/s (tháng 9) và tại Châu Đốc là 5890 m³/s (tháng 10). Lưu lượng TBNN tháng lớn nhất qua Tân Châu và Châu Đốc khoảng 24530 m³/s. Lưu lượng trung bình tháng lớn nhất trong chuỗi số liệu (1996-2011) tại Tân Châu là 26100 m³/s và tại Châu Đốc là 8370 m³/s (tháng 9/2011). Do vậy, lưu lượng tháng lớn nhất qua Tân Châu và Châu Đốc xảy ra vào tháng 9/2011 khoảng 34470 m³/s.

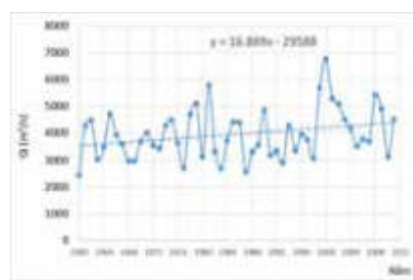
3. Xu thế dòng chảy ở ĐBSCL

Dòng chảy vào ĐBSCL chịu tác động lớn của dòng chảy thượng nguồn. Trạm thủy văn Kratie trên dòng chính sông Mê Công và trạm PrekDam trên lưu vực sông Tông Lê Sáp là hai vị trí khống chế cửa ngõ dòng chảy đổ vào ĐBSCL. Dòng chảy tại Phnom Penh là tổng hợp quá trình dòng chảy tại Kratie và quá trình điều tiết của hồ Tông Lê Sáp. Từ Phnom Penh sông Mê Công đi vào ĐBSCL theo hai nhánh là sông Tiền và sông Hậu. Trên sông Tiền có hai trạm thủy văn Tân Châu và Mỹ Thuận, còn trên sông Hậu là hai trạm Châu Đốc và Cần Thơ. Vì vậy, để thấy được diễn biến dòng chảy vào ĐBSCL, bài báo này sẽ phân tích sự thay đổi dòng chảy tại các vị trí Kratie, Tân Châu, Châu Đốc, Mỹ Thuận và Cần Thơ.

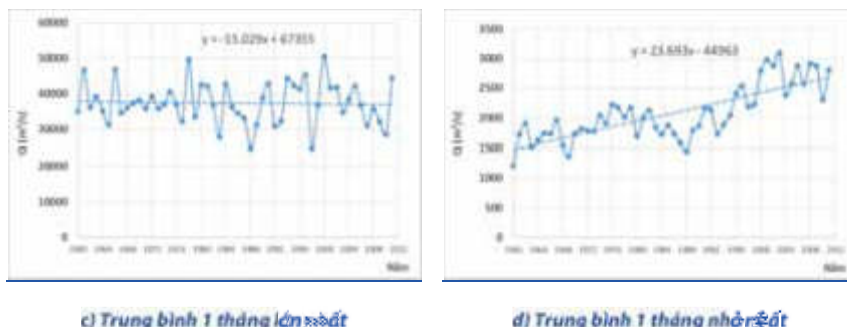
- Tại trạm thủy văn Kratie: Dòng chảy trung bình (TB) mùa lũ, mùa cạn và tháng lớn nhất, trung bình mỗi năm tăng khoảng 11 m³/s đối với mùa lũ, 17 m³/s đối với dòng chảy TB mùa cạn, 23 m³/s đối với tháng nhỏ nhất, còn dòng chảy TB tháng lớn nhất trung bình mỗi năm giảm 15 m³/s (hình 2).



a) Trung bình mùa lũ



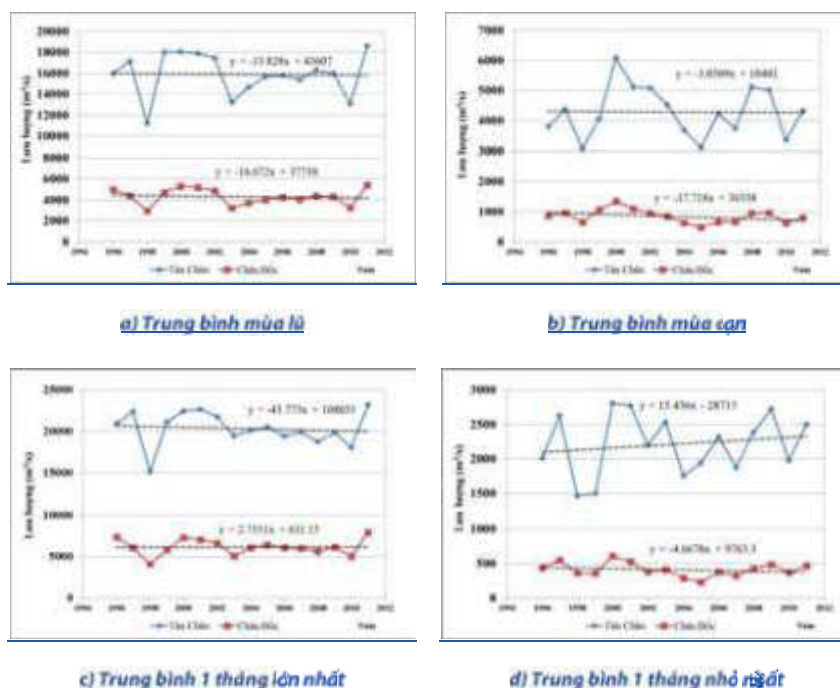
b) Trung bình mùa cạn



Hình 2. Xu thế diễn biến dòng chảy trạm Kratie

Tại trạm thủy văn Tân Châu và Châu Đốc: Trái với trạm Kratie, dòng chảy trung bình mùa lũ, mùa cạn, tháng lớn nhất và tháng nhỏ nhất tại trạm thủy văn Tân Châu và Châu Đốc có xu hướng giảm: mùa lũ trung bình mỗi năm tại Tân Châu giảm $14 \text{ m}^3/\text{s}$, tại Châu Đốc giảm $17 \text{ m}^3/\text{s}$; dòng chảy TB mùa cạn trung

bình mỗi năm tại Tân Châu giảm $3 \text{ m}^3/\text{s}$, tại Châu Đốc giảm $18 \text{ m}^3/\text{s}$; đối với dòng chảy tháng lớn nhất trung bình mỗi năm tại Tân Châu giảm khoảng $44 \text{ m}^3/\text{s}$, tại Châu Đốc tăng khoảng $3 \text{ m}^3/\text{s}$ và dòng chảy tháng nhỏ nhất trung bình mỗi năm tại Tân Châu tăng $15 \text{ m}^3/\text{s}$, tại Châu Đốc giảm $5 \text{ m}^3/\text{s}$ (hình 3).

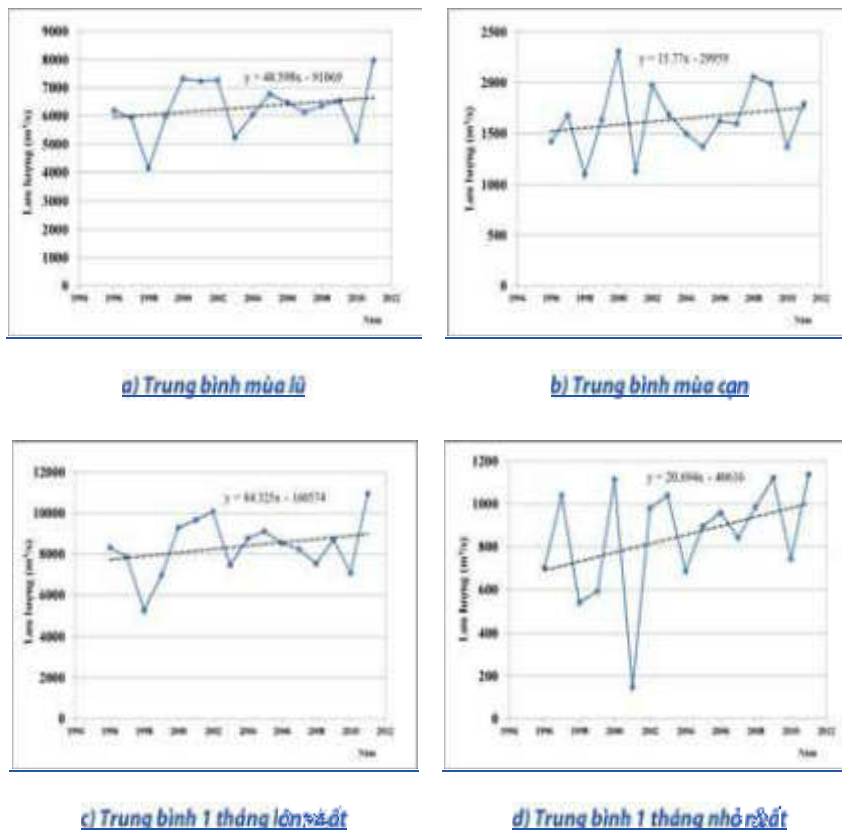


Hình 3. Xu thế diễn biến dòng chảy trạm Tân Châu và Châu Đốc

Nguồn nước vào ĐBSCL qua sông Tiền được chuyển một phần sang sông Hậu qua sông Vàm Nao. Sau khi nhận nước từ sông Tiền qua sông Vàm Nao, dòng chảy sông Hậu tăng lên. Để đóng góp thêm hình ảnh về diễn biến dòng chảy mặt vùng ĐBSCL, ảnh hưởng phân lưu sông Tiền sang sông Hậu, bài báo phân tích diễn biến dòng chảy tại trạm Vàm Nao trên sông Vàm Nao, Mỹ Thuận trên sông

Tiền, Cần Thơ trên sông Hậu.

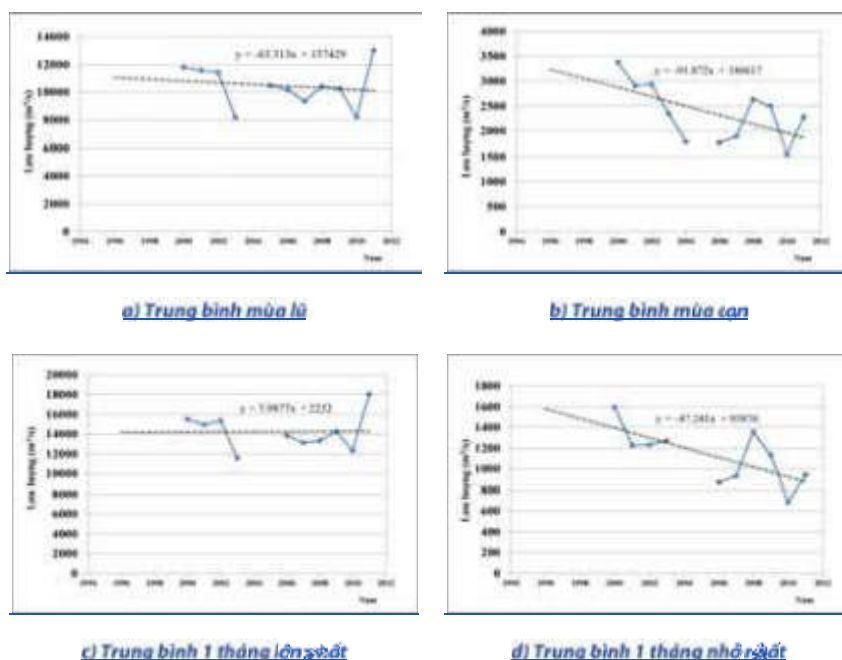
Tại trạm thủy văn Vàm Nao: Dòng chảy trung bình mùa lũ, mùa cạn, tháng lớn nhất và tháng nhỏ nhất tại trạm Vàm Nao có xu hướng tăng: mùa lũ trung bình mỗi năm tăng $49 \text{ m}^3/\text{s}$; $16 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với mùa cạn; $84 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với tháng lớn nhất và $21 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với tháng nhỏ nhất (hình 4).



Hình 4. Xu thế diễn biến dòng chảy trạm Vàm Nao

Tại trạm thủy văn Cần Thơ: Dòng chảy trung bình mùa lũ, mùa cạn và tháng nhỏ nhất có xu hướng giảm: đối với mùa lũ trung bình mỗi năm

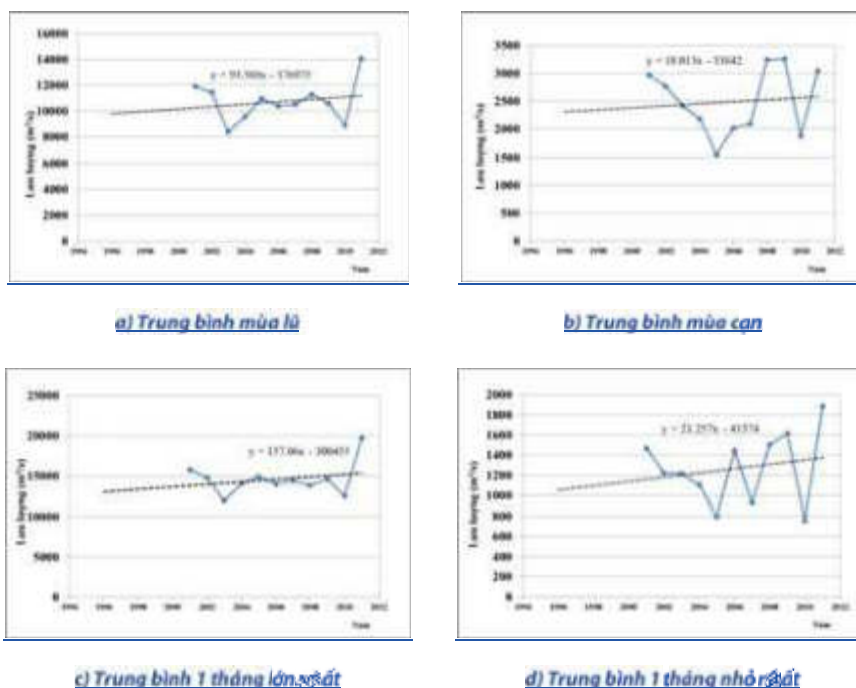
giảm khoảng $63 \text{ m}^3/\text{s}$; $92 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với mùa cạn; $47 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với tháng nhỏ nhất; còn dòng chảy tháng lớn nhất có xu hướng tăng nhẹ khoảng $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (hình 5).



Hình 5. Xu thế diễn biến dòng chảy trạm Cần Thơ

Tại trạm thủy văn Mỹ Thuận: Dòng chảy trung bình mùa lũ, mùa cạn, tháng lớn nhất và tháng nhỏ nhất đều có xu hướng tăng: đối với mùa lũ trung

bình mỗi năm tăng khoảng $94 \text{ m}^3/\text{s}$; $18 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với mùa cạn; $157 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với tháng lớn nhất và $21 \text{ m}^3/\text{s}$ đối với tháng nhỏ nhất (hình 6).



Hình 6. Xu thế diễn biến dòng chảy trạm Mỹ Thuận

4. Kết luận

Mùa cạn ở hạ lưu sông Cửu Long có thể tính từ tháng 12 đến tháng 6 năm sau. Tuy nhiên, trong tháng 12 lượng dòng chảy còn tương đối cao do ảnh hưởng kéo dài của lũ. Trong tháng 6, do ảnh hưởng của những trận mưa sớm đầu mùa, lượng dòng chảy trong sông cũng đã được nâng lên rõ rệt. Vì vậy, thời kỳ mùa cạn thực chất kéo dài từ tháng 1 đến tháng 5. Trong mùa cạn, vào thời kỳ cạn kiệt nhất (tháng 3 - 4), thủy triều có ảnh hưởng chính đến chế độ thủy văn ở ĐBSCL, lưu lượng chảy ngược tại Tân Châu có thể đạt $3750 \text{ m}^3/\text{s}$ và $6780 \text{ m}^3/\text{s}$ tại Châu Đốc. Lưu lượng TBNN tháng nhỏ nhất

qua Tân Châu và Châu Đốc khoảng $2600 \text{ m}^3/\text{s}$. Dòng chảy trung bình mùa cạn vào ĐBSCL (tại Tân Châu và Châu Đốc) có xu hướng giảm, trung bình mỗi năm giảm khoảng $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Trong mùa lũ, lưu lượng trung bình tháng lớn nhất trung bình nhiều năm tại Tân Châu là $18640 \text{ m}^3/\text{s}$ (tháng 9) và tại Châu Đốc là $5890 \text{ m}^3/\text{s}$ (tháng 10). Tổng lưu lượng TBNN tháng lớn nhất qua Tân Châu và Châu Đốc khoảng $24530 \text{ m}^3/\text{s}$. Dòng chảy trung bình mùa lũ vào ĐBSCL (tại Tân Châu và Châu Đốc) có xu hướng giảm, trung bình mỗi năm giảm khoảng $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tài liệu tham khảo

1. PGS.TS. Trần Hồng Thái, Đề tài cấp nhà nước "Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến sự biến đổi tài nguyên nước Đồng bằng sông Cửu Long" năm 2013.
2. Viện QHTL Miền nam, Dự án "Quy hoạch tổng thể thủy lợi ĐBSCL trong điều kiện biến đổi khí hậu-nước biển dâng" năm 2010.
3. PGS.TS. Ngô Trọng Thuận, Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học lần thứ 10- Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường, "Dòng chảy mùa cạn ở Đồng bằng sông Cửu Long".
4. ThS. Lương Hữu Dũng, Bài báo "Một số đặc điểm mưa, lũ lưu vực sông Ba trong bài toán vận hành liên hồ chứa kiểm soát lũ", Tạp chí Khí tượng Thủy văn, năm 2010.

TẠP CHÍ

288

ISSN 0866 - 8744
Số 643 * Tháng 7/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khâm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: *Họp ban chủ nhiệm chương trình "Tổng kết hoạt động năm 2013 và Định hướng công tác năm 2014 của chương trình KHCN-BĐKH/11-15"*

Giá bán: 25.000 đồng

289

Số 643 * Tháng 7 năm 2014

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, ThS. **Lưu Đức Dũng**, TS. **Nguyễn Đắc Đồng** và ThS. **Mai Kim Liên**: Vai trò của nghiên cứu khoa học và công nghệ trong đào tạo, phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực biến đổi khí hậu
- 5 TS. **Mai Văn Khiêm**, ThS. **Nguyễn Đăng Mậu**, **Đào Thị Thúy**, **Lê Duy Điện** và **Phạm Thị Hải Yến**: Khí hậu Việt Nam trong thập kỷ 2001 – 2010
- 10 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS. TS. **Trần Ngọc Anh** và ThS. **Ngô Chí Tuấn**: Xây dựng chỉ số dễ bị tổn thương lũ lụt sử dụng phương pháp phân tích hệ thống phân cấp (AHP) - Thử nghiệm cho vài đơn vị cấp xã tỉnh Quảng Nam thuộc vùng hạ lưu sông Thu Bồn
- 19 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Minh Tuyền**, ThS. **Lương Hữu Dũng**, ThS. **Nguyễn Xuân Tiến** và **Trần Đức Anh**: Diễn biến dòng chảy ở Đồng bằng sông Cửu Long
- 24 ThS. **Hoàng Văn Đại**, **Nguyễn Thị Hiền**, ThS. **Trần Duy Hiền** và TS. **Nguyễn Quốc Khánh**: Đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Mã
- 29 TS. **Đỗ Nam Thắng**: Lượng giá lợi ích kép của các hoạt động giảm nhẹ biến đổi khí hậu trong lĩnh vực quản lý chất thải ở Việt Nam
- 33 **Lê Xuân Tuấn**, **Nguyễn Hải Đông** và PGS. TS. **Trần Hồng Thái**: Nghiên cứu tác động của mực nước biển dâng đối với rừng ngập mặn xã Đại Hợp, Kiến Thụy, Hải Phòng và các giải pháp thích ứng
- 40 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, ThS. **Ngô Chí Tuấn** và ThS. **Nguyễn Xuân Tiến**: Đánh giá ảnh hưởng của sử dụng đất đến kết quả tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ – Áp dụng tính cho huyện Điện Bàn tỉnh Quảng Nam thuộc hạ lưu vực sông Thu Bồn
- 45 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan**, ThS. **Phạm Thị Thu Hương** và ThS. **Mai Kim Liên**, **Trần Đức Anh**: Kinh nghiệm của một số nước trên thế giới trong quy hoạch, quản lý, sử dụng các nguồn tài chính ứng phó với biến đổi khí hậu và giải pháp của Việt Nam
- 52 TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thủy điện Sơn La và Lai Châu đến bồi lắng cát bùn hồ Hòa Bình
- 57 ThS. **Hà Thị Thuận**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan** và ThS. **Phạm Thị Thu Hương**: Huy động nguồn lực tài chính từ khu vực kinh tế tư nhân trong ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 62 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 6 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** và **Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 72 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 6 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA MỰC NƯỚC BIỂN DÂNG ĐỐI VỚI RỪNG NGẬP MẶN XÃ ĐẠI HỢP, KIẾN THUY, HẢI PHÒNG VÀ CÁC GIẢI PHÁP THÍCH ỨNG

TS. **Lê Xuân Tuấn** - Tổng Cục Biển và Hải đảo Việt Nam

ThS. **Nguyễn Hải Đông** - Cục Viễn thám Quốc gia

PGS. TS **Trần Hồng Thái** - Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Rừng ngập mặn (RNM) là hệ sinh thái đặc trưng ở vùng ven biển nhiệt đới, có ý nghĩa hết sức quan trọng đối với đời sống của người dân trong vùng và có những giá trị to lớn trong việc bảo tồn, bảo vệ môi trường và tài nguyên sinh vật. Ngoài ra, RNM còn đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ vùng cửa sông chống lại các tác động của sóng, đặc biệt là sóng bão. Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu (BĐKH) ngày càng ảnh hưởng tiêu cực đến cuộc sống người dân, nhất là cộng đồng dân cư ven biển. Sóng, bão, nước dâng do triều cường,... thường xuyên đe dọa tài sản, tính mạng của một bộ phận không nhỏ cư dân ven biển. Việc bảo tồn RNM trước đe dọa của BĐKH gây ra có giá trị to lớn về nhiều mặt. Những cánh RNM tạo ra sự vành đai bảo vệ các vùng ven biển chống lại nước biển dâng cao và tấn công của bão. Để đánh giá vai trò của một số kiểu RNM trong việc thích ứng với nước biển dâng (NBD) ở khu vực ven biển xã Đại Hợp, Kiến Thụy, Hải Phòng, chúng tôi đã tiến hành xác định thành phần đa dạng sinh học thảm thực vật RNM, các kiểu cấu trúc, độ che phủ của tán rừng, khả năng phát tác của cây ngập mặn cũng như đánh giá khả năng thích ứng của thảm thực vật RNM dưới tác động của nước biển dâng.

1. Đặt vấn đề

RNM là hệ sinh thái có ý nghĩa vô cùng quan trọng đối với đời sống con người và môi trường. RNM cung cấp các nguyên vật liệu cho cuộc sống của người dân. RNM giúp điều hoà nhiệt độ, duy trì tính ổn định và sự màu mỡ của đất, giảm bớt tình trạng nhiễm mặn, cung cấp thức ăn, là nơi trú ngụ và sinh sản cho cả động vật dưới nước cũng như trên cạn. Ngoài ra, RNM còn điều hoà khí hậu, tham gia kiến tạo bảo vệ cảnh quan ven bờ, hạn chế bão gió, lũ lụt, hạn hán, bảo vệ đê ven biển,... Đặc biệt, RNM góp phần làm sạch môi trường do có thể làm giảm hàm lượng kim loại nặng có trong nước thải nội địa đổ ra vùng cửa sông, ven biển, đồng thời giữ gìn sự cân bằng sinh thái cho những vùng đất bị ngập nước, vùng cửa sông ven biển.

Đối với RNM, NBD được coi là thách thức lớn do BĐKH đem lại [7]. Hầu hết các nghiên cứu đều cho rằng RNM có nguy cơ mất dần khi mực nước biển tăng 1cm/năm [9]. Gần đây, tốc độ xói lở bờ biển ở Hải Phòng được ghi nhận ở mức 4,4-5,1m/năm và 19,5-23,7 ha/năm trong tổng diện tích đất bị mất

[10]. Như một hệ quả tất yếu, xói mòn bờ biển sẽ ảnh hưởng đến thảm thực vật ven biển và có khi còn hủy diệt chúng [2].

Ở Việt Nam, những nghiên cứu, đánh giá về vai trò của RNM trong việc thích ứng với BĐKH và NBD cũng đang được quan tâm chú ý song chưa có những nghiên cứu cụ thể, mà chỉ mới đề cập chủ yếu về tác dụng của RNM đối với sóng bão, vai trò của hệ sinh thái RNM trong việc tích lũy cacbon, giảm hiệu ứng nhà kính, quản lý và bảo tồn gen thực vật RNM để thích ứng với BĐKH, NBD vào kỳ triều cường tại các vùng ven biển chứ chưa tập trung nghiên cứu cụ thể về tác động của NBD đối với RNM và chưa đưa ra giải pháp cụ thể.

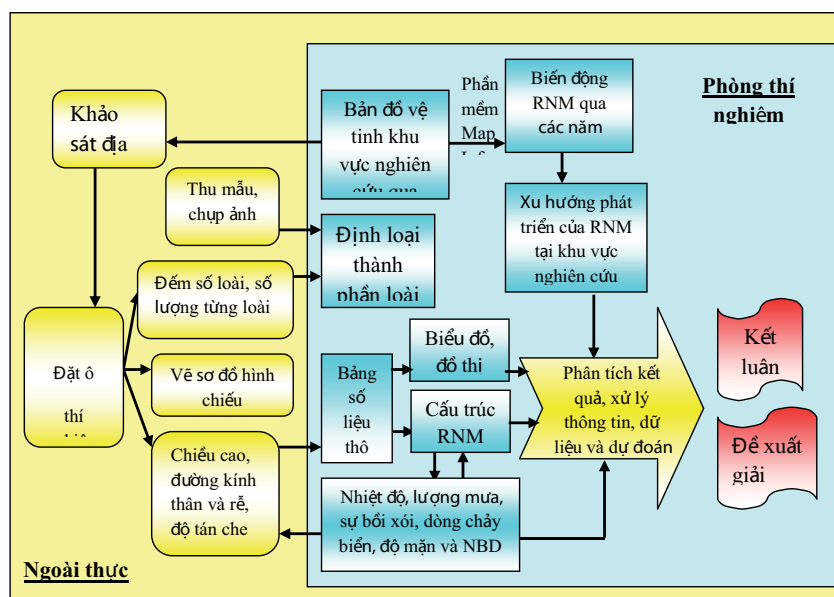
Đại Hợp là xã ven biển có tuyến đê biển dài 4,2 km. Đây là một trong những tuyến đê xung yếu nhất của Hải Phòng. Vào mùa mưa bão, địa phương thường phải dồn sức bảo vệ đê, đặc biệt trong các năm 1954, 1967, 1968 đã xảy ra vỡ đê, gây thiệt hại lớn về người và của. Hàng năm, Nhà nước đầu tư khá nhiều kinh phí để tu bổ, sửa chữa đê điều nhưng hiệu quả đạt được còn thấp. Cuối năm 1998,

Người đọc phản biện: TS. **Trần Quang Tiến**

đã thực hiện dự án “Trồng rừng ngập mặn phòng ngừa thảm họa”. Qua 11 năm thực hiện dự án (1999 - 2010), toàn xã đã trồng được 450 ha RNM dọc theo tuyến đê biển xung yếu với 2 loại chủ yếu là trang và bần. Đến nay, rừng đã phát triển mạnh, thực sự là bức tường xanh vững chắc, góp phần tích cực chắn sóng, bảo vệ đê biển. Những chỗ có rừng ngập mặn, cường độ sóng biển của những cơn bão cấp 10 giật cấp 11 kết hợp với triều cường đã bị triệt

tiêu cơ bản, đê không còn trực tiếp chịu tác động của sóng biển. Nghiên cứu, đánh giá tác động của mực NBD đối với rừng ngập mặn xã Đại Hợp có vai trò quan trọng trong việc đưa ra các nhận định khoa học và giải pháp phù hợp trong việc lồng ghép vấn đề về BĐKH vào các kế hoạch hành động hướng tới mục tiêu phát triển bền vững ở địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 1. Sơ đồ tóm tắt phương pháp nghiên cứu

* Tiến hành thu mẫu và định loại thành phần loài bằng phương pháp hình thái so sánh dựa vào mẫu vật (hình 1), nguồn ảnh chụp trên thực địa hành từ 12/2011 đến 10/2013 kết hợp với các tài liệu về phân loại thực vật [1, 2, 3].

* Nghiên cứu cấu trúc RNM của Braun-Blanquet [6].

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

a. Thành phần loài thực vật

Khu vực ven biển Hải Phòng chịu sự tác động của hệ thống 5 cửa sông, hàng năm cung cấp một lượng lớn phù sa, mặt khác hiện tượng xói lở bồi tụ diễn biến phức tạp. Điều đó quyết định đến thành phần loài và sự phân bố của thực vật ngập mặn ở khu vực này. Qua điều tra thành phần thực vật ở địa điểm nghiên cứu, các loài được dẫn ra trong bảng 1:

Bảng 1. Danh mục các loài thực vật trong RNM điều tra ở khu vực xã Đại Hợp

STT	Tên khoa học	Đặc điểm sinh thái	Loại cây	Biểu tượng
01	<i>Scaevola taccada</i> (L.) Gaertn.	Cây bụi	B	1
02	<i>Kandelia obovata</i> Shuen, Lui and Yong	Cây bụi	B	1
03	<i>Rhizophora stylosa</i> (L.) Merr.	Cây bụi	B	1
04	<i>Sonneratia caseolaris</i> L.	Cây bụi	B	1
05	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Cỏ dại		

06	<i>Cyperus pygmaeus</i> Retz.	lúa nếp	+	1
07	<i>Cyperus rotundus</i> L.	củ gạo cẻ	+	2
08	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) Jac.	trạch biển	+	2
09	<i>Mimosa diplotricha</i> C. Wright ex Sauvalle	bông rủ gai		2
10	<i>Mimosa pudica</i> L.	đậu biếc		2
11	<i>Phragmites karka</i> (L.) Stapf	sậy	+	2
12	<i>Plantago major</i> L.	ngải		2
13	<i>Scirpus kimsonensis</i> K. MacG.	cỏ ngạnh	+	1
14	<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Nees	cỏ cây	+	1
15	<i>Ruellia tuberosa</i> L.	quả nỏ	+	2
16	<i>Wedelia biflora</i> (L.) DC.	cúc hai hoa	+	2

Ghi chú: * Loài cây ngập mặn chủ yếu; + Loài cây tham gia RNM, các loài còn lại là những loài nội địa phát tán ra vùng ven biển sống ở nơi đất bị nhiễm mặn (ven đê); 1. Vùng ngập triều đều đặn, tự nhiên; 2. Quần xã thực vật trên bờ đầm, bờ đê, đất bị nhiễm mặn và có bị ảnh hưởng khi triều cường.

Do rừng trồng từ năm 1999 nên thành phần loài tại khu vực này không phong phú. Trong bảng 1 ta thấy, có 4 loài cây ngập mặn chính thức, còn lại là các loài tham gia RNM và những loài cây nội địa phát tán ra vùng ven biển sống ở bờ đê, bờ đầm, nơi đất bị nhiễm mặn ít.

Kết quả khảo sát và phân tích cho thấy trong ô nghiên cứu theo lát cắt dọc (có độ rộng 700 m tính từ chân đê ra phía biển) có hai loài cây ngập mặn chủ yếu là trang và bần chua và 4 kiểu quần xã như sau:

- Phía ngoài cùng giáp biển: quần xã bần thuần loại.

- Nằm giữa quần xã thứ nhất và quần xã thứ ba (khoảng 200 m): chủ yếu là cây trang.

- Nằm giữa quần xã thứ hai và quần xã thứ tư: chủ yếu là cây bần xen trang.

- Phía trong cùng giáp đê: chủ yếu là trang (khoảng 20 m).

1) Sự phân tầng cây trong rừng

Khu vực nghiên cứu có ba tầng cây sau:

• Tầng vượt tán: cây có chiều cao trên 5 m, chủ yếu là bần chua. Chiều cao trung bình là 7,6 m, có khả năng phân hoá và chi phối ảnh hưởng tới các tầng dưới.

• Tầng ưu thế: cây có chiều cao từ 1- 5 m, có sự

hợp nhất của hai loài là trang và bần chua, ngoài ra còn có thêm một số ít các loài khác là ô rô biển, đàng. Tầng này có độ che phủ lớn (96% diện tích/ô thí nghiệm), có thể là tầng chủ đạo của rừng hoặc có khả năng thay thế tầng vượt tán.

• Tầng cây tái sinh 1 năm: có chiều cao từ 0,5-1 m, là tầng thấp nhất của quần xã với hai loài cây chủ yếu là trang và bần chua, có vai trò quan trọng trong tái sinh rừng.

Số cây con tái sinh trong RNM với mỗi ô tiêu chuẩn 1mx1m đối với bần chua là 11 cây/m², đường kính từ 0,7-1,5 cm, chiều cao từ 15-100 cm; trong đó chiều cao chủ yếu của cây bần tái sinh từ 15-50 cm. Số cây con tái sinh ở trang là 15 cây/m², đường kính từ 0,3 - 1,2 cm, chiều cao từ 35 -100 cm; trong đó chiều cao chủ yếu của cây trang tái sinh từ 45-70 cm. Số rễ thở của bần dày khá dày đặc, trung bình 55 rễ/m² với đường kính từ 1-1,5 cm, chiều cao dao động từ 12-53 cm.

2) Mức độ che phủ của tán lá cây RNM

RNM bao gồm 4 kiểu quần xã theo chiều từ bờ đê ra phía biển. Trong đó quần xã thứ nhất là trang tái sinh tự nhiên 3 năm tuổi với tỉ lệ che phủ đạt 89%. Ở quần xã thứ hai, khoảng cách các cây khá đều, tỉ lệ che phủ đạt 93%. Khoảng cách giữa các cây trang ở quần xã thứ ba cũng tương đối đồng đều, qua khảo sát và tính toán, tỉ lệ che phủ ở đây

đạt 96%. Trong khi đó, quần xã thứ tư là rừng bần trồng phía ngoài cùng sát biển có tỉ lệ che phủ đạt 95% với khoảng cách khá đều nhau. Rừng trang xen bần trồng đoạn trong cùng sát đê cũng với mật độ với 0,7m x 0,7m, khoảng cách các cây khá đều, rừng chưa khép tán, tỉ lệ che phủ chỉ đạt 90%. Bốn quần xã trên trải dài một chiều rộng 700 m từ bờ đê ra phía biển tạo nên cấu trúc đặc trưng RNM của xã Đại Hợp.

b. Kịch bản BĐKH và ảnh hưởng của NBD đến RNM

1) Kịch bản BĐKH

Các nghiên cứu trên thế giới gần đây đã dự báo, hầu hết các hệ sinh thái ven biển sẽ bị đe dọa bởi NBD và bão một cách nhanh chóng [8]. Dưới tác động của NBD, diện tích đất RNM có diễn biến rất phức tạp; phản ứng của RNM với NBD sẽ thay đổi tùy thuộc vào từng khu vực có địa hình khác nhau; hơn nữa, tình hình thay đổi các yếu tố tự nhiên trong tương lai rất phức tạp, cũng rất khó xác định loài chiếm ưu thế ở các vùng khu hỗn hợp.

Năm 2009 và 2012, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã đưa ra các kịch bản NBD cho Việt Nam. Khu vực nghiên cứu ở Đồng bằng Bắc Bộ có mực NBD so với thời kì 1980-1999 được dẫn ra trong bảng 2.

Bảng 2 Mực nước biển dâng (cm) so với thời kỳ 1980-1999

Khu vực đồng bằng Bắc Bộ	Năm 2050	Năm 2070	Năm 2100
Kịch bản phát thải thấp (B1)	120	130	140
Kịch bản phát thải trung bình (B2)	130	140	150
Kịch bản phát thải cao (A2)	140	150	160

Từ bảng 2, ta có thể tính được tốc độ NBD trung bình tương đối cho mỗi năm tại khu vực Đồng bằng

Bắc Bộ qua bảng 3.

Bảng 3. Tốc độ nước biển dâng trung bình cho mỗi năm (cm/năm) so với thời kỳ năm 1980- 1999

Khu vực đồng bằng Bắc Bộ	Năm 2050	Năm 2070	Năm 2100
Kịch bản phát thải thấp (B1)	0,30	0,33	0,36
Kịch bản phát thải trung bình (B2)	0,33	0,36	0,39
Kịch bản phát thải cao (A2)	0,36	0,39	0,42

Cây ngập mặn (CNM) thích nghi với tình trạng ngập mặn nhưng chỉ ở một mức độ nào đó trong giới hạn khả năng sinh lý và cũng tùy thuộc từng loài và độ mặn khác nhau. Hầu hết các cây ngập mặn đều bị ảnh hưởng khi NBD quá 0,14 cm mỗi năm [9]). Theo cả ba kịch bản phát thải thấp, trung bình, cao, tốc độ NBD trung bình cho mỗi năm đều lớn hơn 0,14 cm, rõ ràng các cây ngập mặn đều bị ảnh hưởng theo những mức độ khác nhau.

2) Ảnh hưởng của NBD đến hệ rễ cây ngập mặn

Môi trường đất ngập nước yếm khí và thể nền nhão tác động đến CNM, do đó khả năng chống đỡ

về mặt cơ học kém. Để thích nghi hầu hết hệ thống rễ CNM phát triển theo chiều ngang, hệ thống rễ thường nông, độ sâu không quá 2 m [4].

Ảnh hưởng của NBD đến RNM theo những mức độ khác nhau, phụ thuộc vào mực NBD và vị trí của RNM. Khu vực nghiên cứu có hệ thống rễ thở của bần với chiều cao chỉ dao động từ 12 - 53 cm nên mực NBD trên 53 cm sẽ bị ảnh hưởng đến các quá trình sinh lý.

Vị trí của RNM cũng ảnh hưởng đến thời gian ngập trong nước của chúng do mực nước thủy triều lên xuống. Tuy nhiên, khu vực nào có tốc độ NBD

nhỏ hơn so với tốc độ bồi tụ thì NBD hầu như không gây ảnh hưởng đến rễ CNM.

3) Ảnh hưởng của NBD đến thân và lá

Ở những khu vực có tốc độ bồi tụ nhỏ hơn tốc độ xói lở và tốc độ NBD thì NBD là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến thân và lá của RNM. Chiều cao của các tầng cây cho thấy tầng vượt tán và tầng ưu thế bị tác động của NBD ở mức độ thấp, tầng cây tái sinh có chiều cao từ 0,5-1m chịu tác động lớn hơn. Đặc biệt, khi NBD lên tới 1m thì tầng cây này chìm ngập một phần hoặc hoàn toàn.

NBD làm thời gian lá CNM bị ngập trong nước lâu hơn, từ đó ảnh hưởng đến quá trình quang hợp và năng suất của cây.

Tuy nhiên, ở những khu vực có tốc độ NBD nhỏ hơn tốc độ bồi tụ thì NBD dâng hầu như không gây ảnh hưởng đến RNM.

4) Ảnh hưởng của NBD đến đến khả năng phát tán của RNM

Một đặc điểm khá thú vị của các loài cây ngập mặn (họ đước) là có hiện tượng sinh con. Hạt của loài này nảy mầm ngay ở trên cây mẹ, tạo ra cây con nổi liền với quả gọi là trụ mầm. Khi trụ mầm già sẽ rời khỏi cây mẹ, khi rụng xuống nước thì dễ nổi. Khi NBD, trụ mầm chín sẽ theo dòng nước phát tán đi những nơi khác giúp cho diện tích RNM tăng lên.

Tuy nhiên, nếu NBD cao, khi nước triều rút mà RNM vẫn bị ngập thì trụ mầm cũng không cắm được xuống đất, ảnh hưởng đến số lượng cây RNM.

5) Ảnh hưởng của NBD đến đến khả năng tái sinh của RNM

NBD cũng gây ảnh hưởng nhất định đến khả năng tái sinh của CNM do khả năng cố định của trụ mầm và khả năng cố định của cây con.

Ảnh hưởng của NBD đến RNM phức tạp và phụ thuộc vào nhiều nhân tố khác nhau, đặc biệt là sự xói lở và bồi tụ, địa hình của khu vực nghiên cứu, vị trí của từng RNM; từ đó có ảnh hưởng tích cực hay tiêu cực đến từng RNM.

6) Ảnh hưởng của NBD đến độ mặn

Độ mặn là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sự sinh trưởng, tỷ lệ sống của các loài và phân bố RNM. RNM phát triển tốt ở nơi có

nồng độ muối trong nước 10-25‰. Kích thước cây và số loài giảm đi khi độ mặn cao (40-80‰) [5]. Những nơi độ mặn quá thấp (<4‰) thì mọc tự nhiên.

Tại khu vực nghiên cứu, độ mặn dao động trong khoảng 5-14‰, phù hợp với cây chịu mặn thấp (7-20‰) như trang và bần chua.

c. Khả năng thích ứng của RNM

1) Biến động RNM tại khu vực nghiên cứu qua các giai đoạn

Giai đoạn 1989 -1999: Năm 1989, khu vực nghiên cứu không có RNM. Đến năm 1999, diện tích RNM tại khu vực nghiên cứu là 315 ha.

Giai đoạn này rừng mới trồng nên thể nền chưa ổn định, ngập triều cao và CNM chịu tác động mạnh của sóng, gió, bão, cây dễ bị chết, độ che phủ thấp, hai loài CNM chính là trang và bần chua. Tuy nhiên, CNM có xu hướng sinh trưởng, phát triển mạnh, độ che phủ tăng dần:

Giai đoạn 1999-2005: Cấu trúc rừng về cơ bản không có sự thay đổi đáng kể: theo cấu trúc nằm ngang, rừng vẫn gồm ba kiểu quần xã: bần xen trang, trang và bần; theo cấu trúc thẳng đứng, RNM vẫn gồm hai tầng cây. Thay đổi rõ nét nhất là sự tăng lên về độ che phủ (dao động từ 90-93%) và chiều cao của các tầng cây.

Quá trình bồi tụ diễn ra mạnh, tác động của sóng, gió, bão giảm, thể nền dần ổn định.

Giai đoạn 2005-2010: Đến năm 2010, quá trình bồi tụ diễn ra mạnh mẽ, quá trình xói lở hầu như rất ít, thể nền được bồi tụ phù sa nhiều. Lượng nước ngọt tăng lên làm xuất hiện thêm một số loài khác với 3 tầng cây chính:

+ Tầng 1 (tầng vượt tán): chiều cao trên 5 m, chủ yếu là bần chua.

+ Tầng 2 (tầng ưu thế): chiều cao từ 1- 5 m, có sự hợp nhất của hai loài chủ yếu là trang và bần chua, thêm một số ít các loài khác là ô rô biển, đàng (đước vôi).

+ Tầng 3 (tầng cây tái sinh): 1 năm tuổi, có chiều cao từ 0,5- 1m, cây chủ yếu là trang và bần chua

Độ che phủ lớn, dao động từ 89 - 96%, số rễ thở của bần chua đạt 105 rễ/m², rừng có xu hướng sinh

trưởng, phát triển mạnh.

Như vậy ngoài sự sinh trưởng của RNM còn có sự mở rộng diện tích vào sâu trong nội địa với tốc độ $\approx 20 \text{ m/3 năm}$. Nguyên nhân chính giúp các trụ mầm của trang theo dòng nước phát tán vào sâu trong nội địa là dòng chảy biển, thủy triều, ngoài ra, một yếu tố cũng giữ vai trò quan trọng trong sự phát tán này là NBD.

Giai đoạn 2010-2020: Dựa trên vào kết quả biến động RNM giai đoạn 1989-2005-2010 và dựa trên các thông số về nhiệt độ, lượng mưa, độ mặn, sự bồi xói và NBD, chúng tôi đưa ra kết quả dự đoán về xu hướng phát triển và cấu trúc RNM tại khu vực nghiên cứu trong giai đoạn 2010-2020 như sau:

Trong 10 năm tiếp theo, đất sẽ được bồi tụ làm thể nền cao thêm 2 m, trầm tích được bồi tụ làm tăng thêm lượng nước ngọt và là điều kiện để một số CNM phát triển làm số loài tăng lên. Do đó, tác động của NBD lên RNM ở đây hầu như không đáng kể. Vùng đất bồi sẽ là môi trường sống cho CNM, RNM sẽ mở rộng diện tích theo hai hướng:

+ Tiến ra phía biển: khu vực giáp biển được bồi tụ là môi trường thuận lợi cho CNM phát triển.

+ Phát triển vào trong nội địa: Khu vực nghiên cứu xây dựng đê kè chắc chắn. Căn cứ vào kết quả của những nghiên cứu trước đây và dựa trên xu hướng phát triển của RNM từ năm 1999 - 2010, có thể thấy rằng khoảng cách còn lại giữa RNM và đê biển sẽ là không gian để RNM phát triển do sự phát tán của trụ mầm, hạt, quả, hình thành thêm quần xã mới. Tuy nhiên, không gian này để CNM phát triển vào sâu trong nội địa (10 m) là nhỏ so với tốc độ tiến vào trong nội địa của CNM là 20 m/3 năm . Do đó, nếu đê kè bị phá, RNM có đủ không gian để phát triển vào trong đất liền thì diện tích RNM sẽ còn tăng lên.

Tuy nhiên, khu vực giáp ranh giữa xã Bằng La và Đại Hợp diễn ra quá trình xói lở nhẹ nên diện tích RNM hầu như không mở rộng.

Đến giai đoạn 2010-2020, chiều cao, đường kính thân cây bần chua và trang sẽ đạt tối đa, phát triển ổn định.

2) Khả năng thích ứng của thảm thực vật RNM dưới tác động của NBD

CNM sống trong điều kiện môi trường đất ngập nước yếm khí nên hàm lượng oxy thấp và thể nền nhão, lại chịu tác động của sóng, gió nên khả năng chống đỡ về mặt cơ học kém. Để thích nghi với điều kiện môi trường khắc nghiệt như vậy, CNM đã có hình thức thích nghi rất đặc biệt. Bộ rễ khá độc đáo, ngoài những rễ cắm trong đất, chúng còn phát triển hệ rễ khí sinh nổi trên mặt đất, vừa có tác dụng tăng cường sức chống đỡ cho cây, vừa có tác dụng hô hấp. Hiện tượng sinh con chỉ gặp ở một vài loài cây sống trong môi trường đặc biệt của các khu rừng lầy mặn vùng ven biển. Lá CNM thường xanh, lá dày, nhẵn bóng, có lớp sáp mỏng ở cả hai mặt có tác dụng bảo vệ và chống chịu lực tác động của nước khi thủy triều lên và NBD. Đặc điểm thích nghi của CNM với điều kiện môi trường sống khắc nghiệt cũng là những đặc điểm thuận lợi để CNM thích ứng trong điều kiện NBD.

4. Kết luận và kiến nghị

RNM xã Đại Hợp, Kiến Thụy, Hải Phòng có 4 loài cây ngập mặn chính thức, 13 loài tham gia RNM và những loài cây nội địa phát tán ra vùng ven biển sống ở bờ đê, bờ đầm, nơi đất bị nhiễm mặn ít. Tuy có thành phần loài không phong phú nhưng thảm thực vật nơi đây phát triển mạnh mẽ với độ che phủ lớn, dao động từ 89%-96%. Cấu trúc của RNM được thể hiện qua bốn kiểu quần xã nằm dọc từ chân đê ra phía biển với ba tầng cây: tầng vượt tán, tầng ưu thế và tầng cây tái sinh.

Sự xâm nhập mặn vào sâu trong nội địa tạo thêm môi trường sống cho cây ngập mặn và làm tăng diện tích RNM nhưng nếu độ mặn tăng quá cao lại gây ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và khả năng sống sót của CNM.

Sự bồi xói có ảnh hưởng lớn đến sự phát triển của RNM, bồi tụ vào mùa hè lớn hơn vào mùa đông nên sự phát triển và mở rộng diện tích CNM vào mùa hè mạnh hơn. Qua thời gian 1 năm, 10 năm, 20 năm, RNM ngày càng phát triển, phong phú về số loài và diện tích ngày càng được mở rộng do bồi tụ là chủ yếu, ở một số ít khu vực diễn ra xói lở, diện tích RNM có thể bị thu hẹp.

Dưới tác động của dòng chảy biển, trụ mầm, quả, hạt ở các khu vực lân cận đã theo dòng nước

phát tán đến khu vực nghiên cứu là một trong những yếu tố góp phần mở rộng diện tích RNM, làm độ che phủ tăng và số loài CNM ngày càng phong phú.

Ảnh hưởng của NBD đến RNM còn phụ thuộc vào sự tác động của nhiều nhân tố khác, đặc biệt là sự bồi xói và do quy hoạch của con người. Dưới tác động của NBD, CNM bị ảnh hưởng về hệ rễ, thân, lá và khả năng tái sinh, tuy nhiên NBD lại là một trong những điều kiện thuận lợi giúp cho CNM phát tán tốt, từ đó giúp RNM mở rộng diện tích ra những vùng lân cận.

Qua phân tích biến động RNM kết hợp đi khảo sát thực địa, chúng tôi nhận thấy rằng RNM có xu hướng mở rộng diện tích RNM ra phía biển, sang hai bên và tiến sâu vào trong nội địa nếu còn không gian cho CNM phát triển.

Những đặc điểm thích nghi của CNM với điều kiện môi trường sống khắc nghiệt cũng là những đặc điểm thuận lợi để CNM có thể thích ứng trong điều kiện NBD. Bởi khả năng thích ứng cao với môi trường sống như vậy, NBD gây tác động hầu như

không đáng kể đối với sự phát triển của RNM.

Quá trình tác động của NBD đến RNM diễn biến phức tạp và còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố; vì thế việc tiếp tục nghiên cứu về tác động của BĐKH, NBD đến RNM là hết sức quan trọng và cần thiết. Từ những phân tích nêu trên, chúng tôi kiến nghị các cấp có thẩm quyền cần xác định và bảo vệ những khu vực RNM quan trọng, đặc biệt là những khu RNM có xu hướng tiến về phía bờ do chúng rất dễ chịu tác động của con người. Trước mắt cần thiết lập những vành đai xanh và vùng đệm, giảm nhẹ tác động do các hoạt động sử dụng đất liền kề gây ra. Việc thiết lập những vành đai xanh và vùng đệm cho phép RNM có thể dịch chuyển đến khi NBD. Nếu xây dựng đê ngay sau RNM thì không còn đất để RNM tiếp tục phát triển, do đó, các địa phương trước khi lên kế hoạch xây dựng đê cần hết sức thận trọng. Việc nghiên cứu cấu trúc thảm thực vật vùng RNM, năng suất sơ cấp, cơ chế thủy văn, tốc độ quá trình trầm tích, NBD... sẽ là cơ sở để khu vực chịu ảnh hưởng của NBD lên kế hoạch hành động cụ thể, phù hợp với sự phát triển và điều kiện của khu vực đó.

Tài liệu tham khảo

1. Phan Nguyên Hồng (2004), *Hệ sinh thái RNM vùng ven biển đồng bằng sông Hồng*, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.
2. Phan Nguyên Hồng và Lê Xuân Tuấn (2008). *Rừng ngập mặn và khả thích ứng với mực nước biển dâng. Báo cáo tại Hội thảo về Biến đổi khí hậu toàn cầu và các giải pháp ứng phó của Việt Nam. Hà Nội và Nam Định, 26-29/02/2008.*
3. Phạm Hoàng Hộ, 1991-1999. *Cây cỏ Việt Nam*. NXB Trẻ. 3 tập.
4. Nguyễn Hoàng Trí (1999), *Sinh thái học rừng ngập mặn*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 272 tr.
5. Blasco, F., 1984. *Climatic factors and the biology of mangrove plants. In the M.E. Research methods. Ed. by S.C. Snedaker and J.G. Snedaker. UNESCO Paris: 18-35.*
6. Braun-Blanquet (1964), *. Plant sociology: The study of plant communities. Mc Graw – Hill, New York: 439pp.*
7. Field C.D, (1995), *Impacts of expected climate change on mangroves. Hydrobiologia 295 (1-3): 75-81.*
8. IUCN - The World Conservation Union. (2006), *Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. IUCN Resilience Science Group Working Paper Series No. 2.*
9. Le Xuan Tuan, 2012. *Preliminary assessment of sea level rise impacts to coastal ecosystems in Thua Thien-Hue. VNU Journal of Science, Earth Sciences 28:140-151.*

TẠP CHÍ

297

ISSN 0866 - 8744
Số 643 * Tháng 7/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khâm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lã Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: *Họp ban chủ nhiệm chương trình "Tổng kết hoạt động năm 2013 và Định hướng công tác năm 2014 của chương trình KHCN-BĐKH/11-15"*

Giá bán: 25.000 đồng

298

Số 643 * Tháng 7 năm 2014

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, ThS. **Lưu Đức Dũng**, TS. **Nguyễn Đắc Đồng** và ThS. **Mai Kim Liên**: Vai trò của nghiên cứu khoa học và công nghệ trong đào tạo, phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực biến đổi khí hậu
- 5 TS. **Mai Văn Khiêm**, ThS. **Nguyễn Đăng Mậu**, **Đào Thị Thúy**, **Lê Duy Điện** và **Phạm Thị Hải Yến**: Khí hậu Việt Nam trong thập kỷ 2001 – 2010
- 10 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS. TS. **Trần Ngọc Anh** và ThS. **Ngô Chí Tuấn**: Xây dựng chỉ số dễ bị tổn thương lũ lụt sử dụng phương pháp phân tích hệ thống phân cấp (AHP) - Thử nghiệm cho vài đơn vị cấp xã tỉnh Quảng Nam thuộc vùng hạ lưu sông Thu Bồn
- 19 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Minh Tuyền**, ThS. **Lương Hữu Dũng**, ThS. **Nguyễn Xuân Tiến** và **Trần Đức Anh**: Diễn biến dòng chảy ở Đồng bằng sông Cửu Long
- 24 ThS. **Hoàng Văn Đại**, **Nguyễn Thị Hiền**, ThS. **Trần Duy Hiền** và TS. **Nguyễn Quốc Khánh**: Đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Mã
- 29 TS. **Đỗ Nam Thắng**: Lượng giá lợi ích kép của các hoạt động giảm nhẹ biến đổi khí hậu trong lĩnh vực quản lý chất thải ở Việt Nam
- 33 **Lê Xuân Tuấn**, **Nguyễn Hải Đông** và PGS. TS. **Trần Hồng Thái**: Nghiên cứu tác động của mực nước biển dâng đối với rừng ngập mặn xã Đại Hợp, Kiến Thụy, Hải Phòng và các giải pháp thích ứng
- 40 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, ThS. **Ngô Chí Tuấn** và ThS. **Nguyễn Xuân Tiến**: Đánh giá ảnh hưởng của sử dụng đất đến kết quả tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ – Áp dụng tính cho huyện Điện Bàn tỉnh Quảng Nam thuộc hạ lưu vực sông Thu Bồn
- 45 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan**, ThS. **Phạm Thị Thu Hương** và ThS. **Mai Kim Liên**, **Trần Đức Anh**: Kinh nghiệm của một số nước trên thế giới trong quy hoạch, quản lý, sử dụng các nguồn tài chính ứng phó với biến đổi khí hậu và giải pháp của Việt Nam
- 52 TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thủy điện Sơn La và Lai Châu đến bồi lắng cát bùn hồ Hòa Bình
- 57 ThS. **Hà Thị Thuận**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan** và ThS. **Phạm Thị Thu Hương**: Huy động nguồn lực tài chính từ khu vực kinh tế tư nhân trong ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 62 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 6 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** và **Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 72 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 6 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

KINH NGHIỆM CỦA MỘT SỐ NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI TRONG HUY ĐỘNG, QUẢN LÝ, SỬ DỤNG CÁC NGUỒN TÀI CHÍNH ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ GIẢI PHÁP CỦA VIỆT NAM

PGS.TS. **Trần Hồng Thái** - Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia

PGS.TS. **Hoàng Văn Hoan** - Học viện Chính trị Khu vực I

ThS. **Mai Kim Liên** - Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

ThS. **Phạm Thị Thu Hương** - Cục Quản lý Tài nguyên nước

Trần Đức Anh - Trường Đại học St. Thomas

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là một trong những thách thức nghiêm trọng đối với nhân loại và Việt Nam trong thế kỷ 21. Tuy nhiên, do điều kiện kinh tế đất nước còn khó khăn, ngân sách và kinh nghiệm quản lý còn hạn chế. Vậy đâu là giải pháp nhằm giảm gánh nặng ngân sách và tăng cường hiệu quả công tác ứng phó với BĐKH ở Việt Nam. Bài viết nêu kinh nghiệm của một số nước trên thế giới về vấn đề này, nhằm nâng cao hiểu biết về tài chính cho BĐKH tại Việt Nam và đề xuất các khuyến nghị, gợi ý tăng khả năng huy động và nâng cao hiệu quả sử dụng tài chính cho BĐKH tại Việt Nam trong thời gian tới.

1. BĐKH đang nổi lên như một trong những thách thức lớn nhất đối với nhân loại thế kỷ 21. Nhiệt độ trung bình toàn cầu, thước đo phổ biến nhất hiện nay về thực trạng khí hậu toàn cầu, đã cho thấy xu hướng ấm lên của khí hậu toàn cầu. Trong 100 năm qua (1906-2005) khí hậu toàn cầu đã tăng $0,7^{\circ}\text{C}$ (UNDP 2008, tr. 34). Nhiệt độ toàn cầu tăng lên sẽ dẫn đến hiện tượng băng tan tại các cực khiến cho mức nước biển dâng (MNBD). Các nghiên cứu về số liệu quan trắc trên toàn cầu cho thấy MNBD trung bình toàn cầu trong thời kỳ 1961-2003 với tốc độ $1,8 + -0,5\text{mm/năm}$ (MONRE 2012, tr. 5). MNBD đã và đang gây ngập lụt, nhiễm mặn nguồn nước, ảnh hưởng đến nông nghiệp, gây rủi ro lớn đối với công nghiệp và các hệ thống kinh tế - xã hội. Theo Stern (2006) BĐKH sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất, đời sống và môi trường trên phạm vi toàn thế giới: đến 2080 sản lượng ngũ cốc có thể giảm 2 - 4%, giá tăng 13 - 45%, tỷ lệ dân số chịu ảnh hưởng của nạn đói chiếm 36 - 50%. Đến 2050, các hình thái thời tiết cực đoan, kết quả của BĐKH, sẽ làm giảm GDP toàn cầu 1% và nếu chúng ta không có hành động gì để giảm thiểu, BĐKH có thể khiến GDP toàn cầu tổn thất ít nhất 5% mỗi năm. Nếu kịch bản xấu nhất xảy ra, thì tổn thất có thể lên đến hơn 20% GDP.

Nhằm đạt được mục tiêu đã được đồng thuận giữa các nước rằng nhiệt độ trung bình toàn cầu không tăng quá 2°C , lượng khí thải toàn cầu cần đạt

đỉnh vào năm 2020 và sau đó giảm 50% so với mức khí thải năm 1990 vào năm 2050. Để đạt được điều này đòi hỏi những nỗ lực quốc tế, đặc biệt trên phương diện tài chính cho các hành động ứng phó với BĐKH. Bên cạnh những nguồn tài chính của bản thân của các nước đang phát triển thì đối với hoạt động giảm thiểu ở các nước đang phát triển cần xấp xỉ 55-80 tỷ Euro mỗi năm nguồn tài trợ từ các nước phát triển. Đối với hoạt động thích ứng con số này là 10-20 tỷ mỗi năm. Nguồn tài trợ nhằm ứng phó với BĐKH từ các nước phát triển sang các nước đang phát triển bao gồm cả nguồn tư nhân và chính phủ. Nguồn tư nhân chủ yếu thông qua hệ thống trao đổi khí thải (ETS). ETS sẽ cung cấp khoảng 15-30 tỷ Euro cho các nước đang phát triển mỗi năm trong giai đoạn 2010-2020. Bên cạnh đó các nguồn chính phủ và các tổ chức quốc tế khác cung cấp khoảng 50-70 tỷ Euro mỗi năm (Stewart R. B. và cộng sự, 2011).

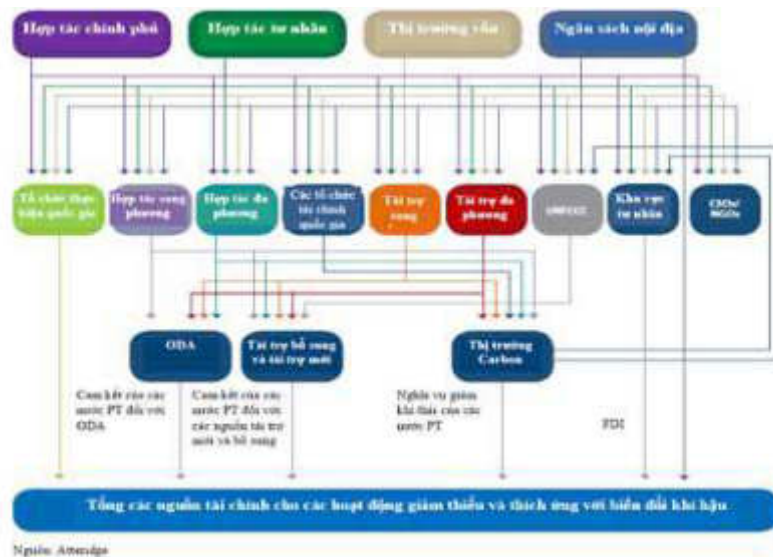
Với xu hướng ngày càng gia tăng về giá trị và số lượng các nguồn tài chính nhằm ứng phó với BĐKH giành cho các nước đang phát triển, hệ thống này ngày càng trở nên phức tạp hơn. Một cách khái quát chúng ta có thể hình dung toàn bộ các nguồn tài chính đó và các tổ chức, thành viên có liên quan trong sơ đồ 1. UNDP ước tính hiện tại có 50 quỹ quốc tế, 45 thị trường Carbon và 6000 quỹ tư nhân cung cấp các nguồn tài chính cho các hoạt động ứng phó với BĐKH. Theo Tổ chức Năng lượng Quốc

tế (IEA) vai trò của khu vực tư nhân trong cung cấp nguồn tài chính nhằm ứng phó với BĐKH ngày càng lớn. Vào năm 2020 sẽ có khoảng 40% nguồn bổ sung đến từ các hộ gia đình, 40% từ các doanh nghiệp và chỉ có 20% là từ khu vực chính phủ.

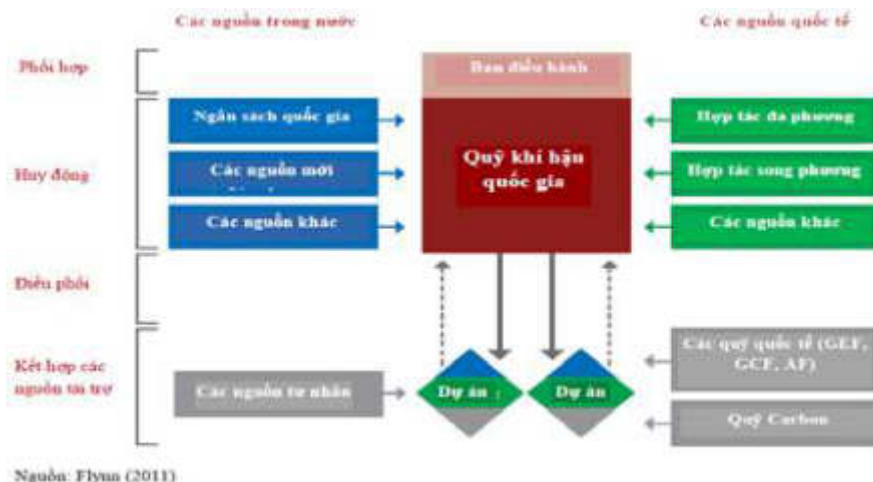
Tuy nhiên, việc các nguồn tài chính ngày càng đa dạng hơn sẽ làm cho việc quản lý chúng của các quốc gia đang phát triển trở nên phức tạp và kém hiệu quả hơn. Các quốc gia này đang đứng trước thách thức đối với việc xác định xem những nguồn nào là phù hợp với mình, phối hợp, quản lý các nguồn đó như thế nào để hỗ trợ cho các hoạt động ứng phó với BĐKH một cách có hiệu quả.

Một trong những công cụ để khắc phục vấn đề này mà hiện nay được rất nhiều quốc gia đang phát triển áp dụng, đặc biệt là các nước Châu Á-Thái Bình Dương, là mô hình quỹ khí hậu quốc gia (NCF)

(Irawan S. và cộng sự, 2012). NCF được hiểu là một cơ chế hỗ trợ các quốc gia trong việc định hướng tài trợ các dự án, chương trình, hoạt động ứng phó với BĐKH. NCF có 4 mục tiêu căn bản: (i) Huy động các nguồn tài chính và định hướng chúng cho các hoạt động ứng phó với BĐKH theo trình tự ưu tiên của quốc gia; (ii) Phối hợp các nguồn tài trợ khác nhau nhằm tối đa hóa khả năng ứng phó của quốc gia; (iii) Phối hợp trên phạm vi quốc gia nhằm đảm bảo các hoạt động cốt yếu nhằm ứng phó với BĐKH được thực hiện có hiệu quả; (iv) Nâng cao năng lực quản lý và sở hữu quốc gia đối với các nguồn tài trợ. Mô hình hoạt động của NCF được dẫn ra trong hình 1 và 2:



Hình 1. Các nguồn tài chính cho ứng phó với BĐKH



Hình 2. Mô hình hoạt động của Quỹ khí hậu quốc gia (NCF)

Tất nhiên, NCF không phải là một công thức duy nhất cho tất cả các quốc gia trong việc huy động, quản lý và sử dụng các nguồn tài chính nhằm ứng phó với BĐKH. Hơn nữa việc áp dụng mô hình này cũng khác nhau giữa các quốc gia. Có thể kể ra đây kinh nghiệm của 5 quốc gia khác nhau áp dụng NCF (Flynn, 2011).

+ Quỹ BĐKH quốc gia Brazil (FNMC): thành lập 2010 nhằm tài trợ các dự án thích ứng và giảm thiểu ảnh hưởng của BĐKH và hỗ trợ các nghiên cứu về BĐKH và tác động của nó. Quỹ này tập trung vào các lĩnh vực như năng lượng, nông nghiệp, sa mạc hóa, giáo dục đào tạo, các dự án REDD+, phát triển công nghệ, xây dựng chính sách công, sản xuất bền vững, chi trả dịch vụ môi trường và các hoạt động khác. Quỹ này đóng một vai trò quan trọng trong việc đẩy mạnh phát triển carbon thấp ở Brazil.

+ Quỹ Yasuni Ishpingo Tambococha Tipotini (ITT) Ecuador: được thành lập nhằm hỗ trợ quyết định của Ecuador về việc từ bỏ vĩnh viễn các mỏ dầu ở Yasuni. Sáng kiến này sẽ hỗ trợ Ecuador trong việc huy động và hình thành các quỹ nhằm ứng phó với BĐKH và phát triển bền vững. Từng bước cho phép quốc gia này thay đổi hiện trạng năng lượng thông qua đầu tư thân thiện hơn với môi trường và các dự án sử dụng năng lượng tái tạo. Đặc biệt quỹ này sẽ tài trợ các chương trình phát triển bền vững dưới những chỉ đạo của Kế hoạch phát triển quốc gia Ecuador. Các chương trình này tập trung vào lâm nghiệp, quản lý nước, năng lượng, phát triển xã hội, nghiên cứu, khoa học, công nghệ và đổi mới.

+ Quỹ cơ chế phát triển sạch Trung Quốc (CDM fund): do Bộ Tài chính và Ủy ban Cải cách và Phát triển Quốc gia (NDRC) xây dựng nhằm hỗ trợ Chương trình BĐKH quốc gia và thúc đẩy hợp tác quốc tế. Nó huy động, quản lý và sử dụng nguồn từ các dự án CDM và phân bổ nguồn cho các sáng kiến đối phó với BĐKH và phát triển bền vững kinh tế - xã hội.

+ Quỹ ứng phó với BĐKH Bangladesh (BCCRF): được thành lập năm 2000 và được liên kết chặt chẽ với Kế hoạch hành động và Chiến lược BĐKH Bangladesh (BCCSAP) giai đoạn 2009-2018. Quỹ có

mục đích cung cấp hỗ trợ cho các cộng đồng dễ bị tổn thương trong thích ứng với tính bất ổn của BĐKH ngày càng gia tăng và thay đổi điều kiện sản xuất nông nghiệp.

+ Quỹ BĐKH Indonesia (ICCTF): là một phần trong cam kết của chính phủ Indonesia thực hiện cam kết Jakarta nhằm nâng cao sở hữu quốc gia và cải thiện sự phối hợp viện trợ trong ứng phó với BĐKH. Mục tiêu của ICCTF đạt được các mục tiêu trong việc xây dựng nền kinh tế Carbon thấp và tăng khả năng ứng phó với BĐKH; Cho phép chính phủ nâng cao hiệu quả và hiệu lực lãnh đạo và quản lý của mình trong ứng phó với BĐKH.

Từ thực tế triển khai có thể thấy tài chính khí hậu không phải hình thức hỗ trợ phát triển truyền thống. Nhiều nước hiện đang nắm giữ các nguồn tài chính khí hậu đã lồng ghép nó vào các chương trình nghị sự phát triển quốc gia và một số nước khác đang cố gắng thu hút các nguồn tài chính này phục vụ mục tiêu phát triển. Những bài học kinh nghiệm được nêu ra là:

- Tận dụng nguồn tài chính lớn, đồng bộ: Chi phí xây dựng và triển khai các mô hình kinh tế mới thường là con số khổng lồ mà ngân sách quốc gia hay các nguồn hỗ trợ phát triển theo dự án khó có thể kham nổi. Lúc này, các nước cần nỗ lực huy động và tập trung các nguồn tài chính khí hậu nhằm tạo được sự chuyển biến trong nền kinh tế, đồng thời tăng khả năng thích ứng BĐKH.

- Quy hoạch từ dưới lên: Các chính phủ phải thay đổi quy hoạch từ trên xuống bằng quy hoạch từ dưới lên. Ngoài ra, các tiến trình quy hoạch kỹ trị cũng phải có sự thống nhất cao giữa quốc gia và các nhà tài trợ. Điều này lâu nay vẫn chịu ảnh hưởng lớn từ các ưu tiên cùng chương trình nghị sự của các nhóm lợi ích mà không tác động nhiều tới khả năng thích ứng hay nền kinh tế ở cấp địa phương hoặc hộ gia đình.

- Linh hoạt trong tài trợ, hiệu quả trong triển khai: Các nhà tài trợ cần phát triển những phương thức hợp tác mới với các nước nhận tài trợ để đảm bảo rằng các cách tiếp cận sáng tạo được thúc đẩy để đảm bảo rằng BĐKH sẽ trở thành vấn đề chính

trong quản trị và phát triển. Đồng thời, các nước nhận tài trợ cũng cần thực thi các hệ thống quản lý tài chính hiệu quả, giám sát chặt chẽ tiến độ thực hiện và bảo đảm trách nhiệm giải trình của mình trước công chúng.

- Lập kế hoạch phân đoạn: Giám sát, báo cáo, thẩm định là một phần trong các cách tiếp cận giảm thiểu BĐKH, theo đó các nước cần những hệ thống tương tự để đánh giá đóng góp của các khoản đầu tư thích ứng khí hậu đối với các mục tiêu phát triển.

2. Một quốc gia đang phát triển có bờ biển kéo dài trên 3000 km, Việt Nam chịu ảnh hưởng nặng nề của BĐKH toàn cầu. Theo UNDP (2008, tr. 105-106), BĐKH đe dọa Việt Nam ở nhiều cấp, lượng mưa dự kiến sẽ gia tăng và bão nhiệt đới sẽ mạnh hơn. MNBD dự kiến cao 33cm vào năm 2050 và 1m vào năm 2100. MNBD cao như dự báo vào năm 2030 sẽ khiến 45% diện tích của Đồng bằng sông Cửu Long có nguy cơ nhiễm mặn, đồng thời gây ra thiệt hại mùa màng do lũ lụt, năng suất lúa dự báo giảm 9%. Nếu MNBD cao 1m, phần lớn Đồng bằng này sẽ hoàn toàn ngập trắng nhiều thời gian dài trong năm. Tính trên phạm vi cả nước, sẽ có 22 triệu người mất nhà cửa với thiệt hại lên đến 10% GDP. Ban cán sự Đảng Chính phủ (2013) cũng đã tổng kết chỉ trong 15 năm trở lại đây các loại thiên tai như: bão, lũ, lũ quét, sạt lở đất, úng ngập, hạn hán, xâm nhập mặn và các thiên tai khác đã làm thiệt hại đáng kể về người và tài sản, đã làm chết và mất tích hơn 10.711 người, thiệt hại về tài sản ước tính chiếm khoảng 1,5% GDP/năm.

Nhận thức rõ những tác động nghiêm trọng của BĐKH đến sự phát triển bền vững của đất nước, Đảng và Chính phủ Việt Nam đã sớm có các chính sách ứng phó với BĐKH. Đối với hợp tác quốc tế, Chính phủ Việt Nam đã sớm tham gia và phê chuẩn Công ước khung của Liên Hợp Quốc về BĐKH và Nghị định thư Kyoto. Bên cạnh đó, Chính phủ cũng chỉ đạo từng bước hoàn thiện các văn bản pháp luật, tạo hành lang pháp lý cho công tác phòng chống và giảm nhẹ thiên tai, ứng phó với BĐKH. Có thể kể ra một số chính sách mà Chính phủ đã ban hành như: Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với

BĐKH đã được phê duyệt vào tháng 12/2008, Chiến lược quốc gia Phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai đến năm 2020; Chiến lược Phát triển ngành Khí tượng Thủy văn đến năm 2020; Chiến lược Phát triển Thủy lợi đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050; Chiến lược Tăng trưởng xanh; Luật Đề điều; Luật Tài nguyên nước; Luật Bảo vệ và Phát triển rừng; Luật Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả; Pháp lệnh Phòng, chống lụt bão; Pháp lệnh Khai thác và bảo vệ các công trình thủy lợi; Pháp lệnh Bảo vệ công trình khí tượng thủy văn. Đặc biệt là tháng 12/2011, Thủ tướng đã phê duyệt Chiến lược quốc gia về BĐKH giai đoạn 2012-2015 và sau đó là Kế hoạch hành động quốc gia về BĐKH.

Trong số các chính sách đó, Nhà nước đã có quan tâm đến vấn đề cơ chế tài chính đối với hoạt động ứng phó BĐKH và bước đầu hình thành cơ chế huy động nguồn lực hợp tác quốc tế và từ xã hội để ứng phó với BĐKH. Nhà nước đã có những ưu tiên bố trí kinh phí từ ngân sách cho các chương trình ứng phó với BĐKH và nghiên cứu khoa học và công nghệ về BĐKH. Bên cạnh đó, Nhà nước cũng ưu tiên huy động vốn vay ưu đãi và khai thác nguồn hỗ trợ không hoàn lại từ các tổ chức quốc tế và Chính phủ các nước cho ứng phó với BĐKH. Nguồn vốn vay và tài trợ quốc tế cho ứng phó với BĐKH từ năm 2010 đến nay đạt trên 500 triệu USD [1]. Hàng năm, Nhà nước ưu tiên và tăng dần nguồn đầu tư từ ngân sách cho công tác phòng tránh, giảm nhẹ thiên tai, các chương trình mục tiêu cụ thể như trồng rừng, nâng cấp hệ thống đề điều, hồ chứa nước, phòng chống sạt lở, chung sống với lũ, an toàn cho tàu thuyền. Nhà nước cũng bố trí một tỷ lệ ngân sách nhất định và dự trữ một số vật tư thiết yếu để cứu trợ khẩn cấp, nhanh chóng khắc phục hậu quả thiên tai. Các địa phương đã huy động tốt nguồn lực tại chỗ, tranh thủ đóng góp, tham gia của nhân dân, các tổ chức chính trị - xã hội, đoàn thể, từ thiện trong công tác cứu trợ và khắc phục hậu quả thiên tai [1].

Tuy nhiên, cùng chung với xu hướng của quốc tế, các chính sách về cơ chế tài chính ứng phó BĐKH tại Việt Nam hiện nay vẫn còn nhiều bất cập chưa đáp ứng được yêu cầu trong tương lai.

Thứ nhất, Chính phủ hiện nay chưa có cơ chế, chính sách phù hợp, thuận lợi để khuyến khích, huy động các tổ chức, cá nhân, doanh nghiệp trong và ngoài nước tham gia đầu tư cho ứng phó với BĐKH trên cơ sở mang lại lợi ích cho nhà đầu tư và xã hội. Hiện nay gần như chưa huy động được các nguồn lực từ doanh nghiệp và cộng đồng cho ứng phó với BĐKH. Còn nhiều bất cập về cơ chế tài chính, thủ tục hành chính trong tiếp nhận và quản lý nguồn vốn ứng phó với BĐKH, nên chưa tạo ra một môi trường pháp lý hấp dẫn với các nhà tài trợ quốc tế, khối doanh nghiệp và tư nhân đầu tư giảm nhẹ BĐKH ở Việt Nam [1].

Thứ hai là việc huy động nguồn lực từ các tổ chức quốc tế, chính phủ các nước, khai thác nguồn hỗ trợ phát triển chính thức (ODA), cũng như huy động các nguồn hỗ trợ kỹ thuật và công nghệ cho ứng phó với BĐKH chưa hiệu quả. Đầu tư cho phòng tránh, giảm nhẹ thiên tai còn dàn trải, chưa đáp ứng yêu cầu. Chưa cân đối được nguồn lực từ ngân sách cho một số dự án trọng điểm, đặc biệt là chương trình nâng cấp đê sông, đê biển, an toàn hồ chứa [1].

Bên cạnh đó, mặc dù đã thiết lập và duy trì được một số mối quan hệ hợp tác, đối tác quốc tế, song chủ yếu vẫn còn ở phạm vi hẹp, ngắn hạn. Các cơ chế, thể chế tài chính có tầm chiến lược, dài hạn chưa được thiết lập để đón đầu, thu hút nguồn lực tài chính và sự hỗ trợ công nghệ từ đối tác về BĐKH toàn cầu [1].

Một trong các nguyên nhân chính của thực trạng nêu trên là do thiếu các nghiên cứu lý luận, tổng kết thực tiễn về ứng phó BĐKH. Các kết quả nghiên cứu khoa học chưa cung cấp đầy đủ luận cứ cho việc hoạch định chính sách, pháp luật về chủ động ứng phó với BĐKH nói chung và cho các chính sách tài chính nói riêng. Đặc biệt là hầu như vắng bóng các nghiên cứu định lượng đánh giá tác động của các chính sách. Nguyễn Danh Sơn (2013) đã chỉ ra ngay chính nhu cầu nghiên cứu của quốc gia đã được xác định trong Chương trình khoa học công nghệ về BĐKH giai đoạn 2009-2015 là “Phân tích đánh giá hiệu quả kinh tế - xã hội (chi phí lợi ích) của các hoạt động ứng phó với BĐKH” hiện vẫn còn

chưa có được các kết quả nghiên cứu cụ thể của các nhà kinh tế Việt Nam. Hầu như các số liệu về hiệu quả kinh tế, phân tích chi phí lợi ích của các hoạt động ứng phó BĐKH ở Việt Nam thường được viện dẫn lại từ các công bố của nước ngoài như đánh giá thiệt hại, tổn thất kinh tế so với GDP, dự báo kinh tế về các tác động của BĐKH, hiệu quả đầu tư ứng phó với BĐKH, đầu tư cho giảm nhẹ phát thải khí nhà kính.

Chính vì vậy, quan điểm để để huy động, sử dụng và quản lý nguồn lực tài chính nhằm giảm thiểu và thích ứng với BĐKH ở Việt Nam được xác định là: cần đa dạng hóa nguồn lực tài chính cho ứng phó với BĐKH và bảo vệ tài nguyên, môi trường; kết hợp tăng chi từ ngân sách với tăng cường, đa dạng hóa các nguồn vốn đầu tư, ưu tiên vốn vay ưu đãi, tích cực huy động nguồn tài trợ không hoàn lại của các tổ chức quốc tế, chính phủ các nước; đẩy mạnh hợp tác công, tư và huy động các nguồn lực trong xã hội bảo đảm nguồn lực tài chính để thực hiện các nhiệm vụ trọng tâm về ứng phó với BĐKH và bảo vệ tài nguyên, môi trường; vận dụng linh hoạt phù hợp với điều kiện nước ta các nguyên tắc phát triển bền vững, như người gây ô nhiễm phải trả chi phí xử lý, khắc phục, cải tạo và phục hồi môi trường; người hưởng lợi từ tài nguyên, môi trường phải trả tiền để hình thành cơ chế tạo nguồn thu từ tài nguyên, môi trường đầu tư trở lại cho công tác bảo vệ tài nguyên, môi trường; Tăng cường, áp dụng linh hoạt các cơ chế, chính sách ưu đãi, hỗ trợ như vay vốn ưu đãi, giảm thuế, trợ giá đối với hoạt động ứng phó với BĐKH và bảo vệ tài nguyên, môi trường. Theo đó, định hướng cho các giải pháp tài chính trong tương lai được xác định là:

Một là, cần có chiến lược trung và dài hạn để đảm bảo nguồn tài chính bền vững đáp ứng được các hoạt động thích ứng với BĐKH. BĐKH không chỉ là vấn đề môi trường mà là vấn đề phát triển. Thích ứng với BĐKH là để tồn tại, tăng cường khả năng phục hồi tổn thương và giảm thiểu nhằm đóng góp vào giải pháp toàn cầu và tận dụng các cơ hội để bắt đầu một quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế thích ứng với khí hậu và ít các bon; chính

sách/chiến lược cần dựa trên các nghiên cứu khoa học và phân tích để thu hút nguồn vốn ODA và các nguồn lực bên ngoài;

Hai là, chính sách thu hút nguồn lực bên ngoài và nguồn vốn ODA nên được chuyển hướng; thích ứng vẫn là hoạt động chính trong các chương trình nghị sự của Chính phủ, nhưng cần đề xuất chính sách thu hút các nguồn lực cho phát triển kinh tế ít các-bon. Đó là đầu tư cho tương lai bền vững;

Ba là, BĐKH là một vấn đề phát triển phức tạp, đòi hỏi cách tiếp cận toàn diện của chính phủ: sự tham gia quốc hội và chính quyền các cấp. Trong bối cảnh như vậy, Bộ Kế hoạch và Đầu tư đóng vai trò điều phối để tích hợp BĐKH vào trong chiến lược và kế hoạch phát triển cũng như trong huy động nguồn lực. Nguồn lực này sẽ được sử dụng để thiết lập hoặc mở rộng cơ chế tài chính công hiện có cho đàm phán BĐKH. Các cơ chế tài chính công cho giảm thiểu BĐKH gồm: Dòng tín dụng cho các định chế tài chính thương mại địa phương (CFI); Bảo lãnh để chia sẻ với các CFI địa phương rủi ro tín dụng thương mại cho vay đối với các dự án và công ty; Nợ tài chính của các dự án theo các chủ thể khác ngoài CFI; Các quỹ cổ phần tư nhân (PE) đầu tư vốn rủi ro của các công ty và dự án; Các quỹ đầu tư mạo hiểm (VC), vốn đầu tư rủi ro trong đổi mới công nghệ; Quỹ tài chính các-bon; Viện trợ và các khoản dự phòng để chia sẻ chi phí phát triển dự án, các khoản vay, huy động các nguồn vốn trong nước; Các giải thưởng khuyến khích nghiên cứu và phát triển (R&D) hoặc phát triển công nghệ; Hỗ trợ kỹ thuật để xây dựng năng lực các bên liên quan. Một phần quan trọng trong kinh nghiệm sử dụng các cơ chế tài chính công này là để thúc đẩy đầu tư hiệu quả năng lượng (EE) và đặc biệt là công nghệ năng lượng tái tạo (RE). Nó cần thiết để khuyến khích đổi mới và phát triển công nghệ. Nếu được quản lý tốt, những cơ chế tài chính công có thể làm giảm các rào cản thị trường, khoảng cách và chia sẻ rủi ro với khu vực tư nhân.

Để cơ chế tài chính công hoạt động hiệu quả, nên có sự đánh giá chính xác các rào cản thị trường công nghệ và thị trường tài chính; phân đoạn thị trường mục tiêu; sử dụng và tăng cường năng lực

hiện có trong cả chuỗi trung gian tài chính; xác định rõ các tiêu chí cho vay hoặc đầu tư cho các bên tham gia tài chính thương mại; xác định trách nhiệm của dự án dựa trên các phân tích rủi ro, kế hoạch tiếp thị và tập hợp thị trường; xây dựng kế hoạch các chương trình hỗ trợ kỹ thuật do khu vực công hoặc các nhà tài trợ hỗ trợ, lưu ý tới tất cả vai trò hoặc rủi ro chưa được các bên tính đến trong giả thiết.

Bốn là, cần phải huy động các nguồn lực khác nhau, đặc biệt là hỗ trợ tài chính từ các nhà tài trợ và các nguồn tài trợ sáng tạo. Việc huy động các nguồn tài chính mới và phát triển các cơ chế huy động vốn mới, khai thác cả nguồn tài chính tư nhân là rất cần thiết. Khu vực tư nhân sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc huy động vốn thông qua thị trường các-bon. Để có thể huy động hiệu quả nhất các nguồn tài chính cho BĐKH nên: (i) Tăng quy mô huy động tài chính cho BĐKH thông qua việc lựa chọn công cụ giảm nhẹ, đảm bảo sự trung lập về tài khóa, sự đơn giản và giảm thiểu các chi phí hành chính, các tác động về phân phối và sự nhất quán về chính sách; (ii) Tạo ra các nguồn tài chính mới cho thích ứng và giảm nhẹ như các loại thuế đánh vào chi phí các-bon; thuế đánh vào phát thải từ hoạt động vận tải; bán đấu giá các đơn vị phát thải được phân bổ, nguồn thu đấu giá trong nước; (iii) Các giải pháp thị trường là hết sức quan trọng bên cạnh việc huy động tài chính, song cần thêm các công cụ chính sách hỗ trợ; (iv) Tăng quy mô và hiệu quả của các thị trường các – bon; (v) Tạo ra các khuyến khích tài chính cho giảm phát thải khí nhà kính từ nỗ lực giảm mất rừng và suy thoái rừng (REDD); (vi) Tận dụng các nguồn tài chính tư nhân cho việc thích ứng nhằm khuyến khích khu vực tư nhân, như chia sẻ chi phí thích ứng với các công trình đầu tư cơ sở hạ tầng và tận dụng nguồn vốn tư nhân cho một số dự án cụ thể; (vii) Đảm bảo tính minh bạch, hiệu quả và bình đẳng trong việc sử dụng vốn; (viii) Gắn kết các nhu cầu huy động vốn và nguồn vốn

Năm là, tiếp tục lồng ghép và tăng cường việc thực hiện chương trình hành động quốc gia ứng phó với BĐKH theo kế hoạch thông qua việc áp

dụng tích hợp vào Kế hoạch phát triển KT-XH dài hạn, trung hạn và ngắn hạn;

- Lồng ghép BĐKH vào trong kế hoạch phát triển của cấp tỉnh cần có dự toán kinh phí để đảm bảo thực hiện khả thi cả phần thích ứng và giảm thiểu.

- Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH cần được cập nhật để đáp ứng với các yêu cầu thay đổi;

- Khuyến khích đầu tư từ các thành phần kinh tế, huy động nguồn vốn ODA và vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài cho phát triển cơ sở hạ tầng và quản lý đất đai bền vững, từng bước nâng cao vai trò của các doanh nghiệp nhà nước.

Đề xuất về lồng ghép BĐKH vào kế hoạch:

- Cấp quốc gia: tiếp cận liên ngành. Chính sách và luật pháp với một cách tiếp cận quốc gia bao gồm chính sách thuế, chính sách tài chính, chính sách thương mại và các quy định quản lý đầu tư khu vực tư nhân, bảo vệ và sử dụng tài nguyên thiên nhiên và quy hoạch không gian quy mô lớn.

- Cấp ngành/tỉnh: Lồng ghép vào chính sách/kế hoạch ngành và tỉnh. Ví dụ Bộ Giao thông Vận tải, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Bộ Công

thương và các Bộ Y tế và Bộ Giáo dục và Đào tạo. Chính sách với cách tiếp cận theo ngành bao gồm, ví dụ như bộ tiêu chuẩn xây dựng và thiết kế cho phát triển cơ sở hạ tầng, các quy định khung giá cho các loại cây trồng và sử dụng các kỹ thuật nông nghiệp, và chương trình học.

- Cấp dự án: Các cơ quan cấp dự án là những người chịu trách nhiệm thực hiện một hoặc một nhóm hoạt động cụ thể mà các mục tiêu và các thông số cơ bản (cũng như phân bổ ngân sách) đã được thiết lập bởi cấp cao hơn (thường là một chương trình ngành).

Phương thức tiếp cận chương trình: để thích ứng do qui mô và độ lớn của vấn đề và sự cần thiết để giải quyết tính dễ bị tổn thương KT-XH cũng như các mô hình phát triển.

Như vậy, có thể thấy rằng, nếu chỉ huy động tài chính sẽ là không đủ mà cần phải có các giải pháp thị trường và những công cụ chính sách khác nữa. Đồng thời, việc đảm bảo tính minh bạch, hiệu quả và bình đẳng trong việc sử dụng vốn cũng là yếu tố quan trọng trong việc thúc đẩy cơ chế tài chính công phục vụ cho BĐKH.

Tài liệu tham khảo

1. Ban cán sự Đảng Chính phủ 2013, Báo cáo tóm tắt đề án Chủ trương, giải pháp chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu, đẩy mạnh công tác bảo vệ tài nguyên môi trường (trình hội nghị Ban chấp hành Trung ương lần thứ 7 khóa XI – Dự thảo);

2. Bộ Tài chính (2010), Hội thảo khoa học: Chính sách tài khoá ứng phó với biến đổi khí hậu và vai trò của Bộ Tài chính;

3. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Bộ Tài chính, Bộ Kế hoạch và đầu tư (2013), Hội nghị tập huấn cho các tỉnh miền Trung, Tây Nguyên về cơ chế tài chính cho chương trình hỗ trợ ứng phó với biến đổi khí hậu cho các tỉnh miền Trung, Tây Nguyên;

4. <http://infor.net.vn/vai-tro-cua-tai-chinh-khi-hau-ngay-cang-duoc-khang-dinh-post106182.info>

5. UNDP 2008, “Cuộc chiến chống lại biến đổi khí hậu: Đoàn kết nhân loại trong một thế giới chia cắt”, Báo cáo phát triển con người 2007/2008;

TẠP CHÍ

306

ISSN 0866 - 8744
Số 643 * Tháng 7/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khâm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lã Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: *Họp ban chủ nhiệm chương trình "Tổng kết hoạt động năm 2013 và Định hướng công tác năm 2014 của chương trình KHCN-BĐKH/11-15"*

Giá bán: 25.000 đồng

307

Số 643 * Tháng 7 năm 2014

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, ThS. **Lưu Đức Dũng**, TS. **Nguyễn Đắc Đồng** và ThS. **Mai Kim Liên**: Vai trò của nghiên cứu khoa học và công nghệ trong đào tạo, phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực biến đổi khí hậu
- 5 TS. **Mai Văn Khiêm**, ThS. **Nguyễn Đăng Mậu**, **Đào Thị Thúy**, **Lê Duy Điện** và **Phạm Thị Hải Yến**: Khí hậu Việt Nam trong thập kỷ 2001 – 2010
- 10 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS. TS. **Trần Ngọc Anh** và ThS. **Ngô Chí Tuấn**: Xây dựng chỉ số dễ bị tổn thương lũ lụt sử dụng phương pháp phân tích hệ thống phân cấp (AHP) - Thử nghiệm cho vài đơn vị cấp xã tỉnh Quảng Nam thuộc vùng hạ lưu sông Thu Bồn
- 19 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Minh Tuyền**, ThS. **Lương Hữu Dũng**, ThS. **Nguyễn Xuân Tiến** và **Trần Đức Anh**: Diễn biến dòng chảy ở Đồng bằng sông Cửu Long
- 24 ThS. **Hoàng Văn Đại**, **Nguyễn Thị Hiền**, ThS. **Trần Duy Hiền** và TS. **Nguyễn Quốc Khánh**: Đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Mã
- 29 TS. **Đỗ Nam Thắng**: Lượng giá lợi ích kép của các hoạt động giảm nhẹ biến đổi khí hậu trong lĩnh vực quản lý chất thải ở Việt Nam
- 33 **Lê Xuân Tuấn**, **Nguyễn Hải Đông** và PGS. TS. **Trần Hồng Thái**: Nghiên cứu tác động của mực nước biển dâng đối với rừng ngập mặn xã Đại Hợp, Kiến Thụy, Hải Phòng và các giải pháp thích ứng
- 40 ThS. **Cần Thu Văn**, PGS. TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, ThS. **Ngô Chí Tuấn** và ThS. **Nguyễn Xuân Tiến**: Đánh giá ảnh hưởng của sử dụng đất đến kết quả tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ – Áp dụng tính cho huyện Điện Bàn tỉnh Quảng Nam thuộc hạ lưu vực sông Thu Bồn
- 45 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan**, ThS. **Phạm Thị Thu Hương** và ThS. **Mai Kim Liên**, **Trần Đức Anh**: Kinh nghiệm của một số nước trên thế giới trong quy hoạch, quản lý, sử dụng các nguồn tài chính ứng phó với biến đổi khí hậu và giải pháp của Việt Nam
- 52 TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thủy điện Sơn La và Lai Châu đến bồi lắng cát bùn hồ Hòa Bình
- 57 ThS. **Hà Thị Thuận**, PGS. TS. **Hoàng Văn Hoan** và ThS. **Phạm Thị Thu Hương**: Huy động nguồn lực tài chính từ khu vực kinh tế tư nhân trong ứng phó với biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 62 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 6 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** và **Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 72 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 6 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

VAI TRÒ CỦA NGHIÊN CỨU KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ TRONG ĐÀO TẠO, PHÁT TRIỂN NGUỒN NHÂN LỰC CHO LĨNH VỰC BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, ThS. **Lưu Đức Dũng**

Chương trình KH&CN phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH

TS. **Nguyễn Đắc Đồng** - Vụ Khoa học và Công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường

ThS. **Mai Kim Liên** - Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Nhận diện được diễn biến phức tạp của biến đổi khí hậu (BĐKH) và đe dọa của nó tới sự phát triển bền vững của đất nước, Chính phủ đã phê duyệt và ban hành nhiều văn bản quan trọng, như Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH; Chiến lược Quốc gia về BĐKH; Kế hoạch hành động Quốc gia về BĐKH giai đoạn 2011 – 2020. Một trong những nội dung xuyên suốt các chiến lược, kế hoạch, chương trình nêu trên là cần đẩy mạnh công tác nâng cao nhận thức và phát triển nguồn nhân lực. Bài báo này phân tích nhu cầu đào tạo nguồn nhân lực ứng phó với BĐKH từ Trung ương đến địa phương và xác định yêu cầu kiến thức khác nhau đối với từng nhóm đối tượng cụ thể. Kết quả của những nghiên cứu thuộc Chương trình khoa học công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia về BĐKH cũng được thảo luận nhằm hướng tới mục tiêu xây dựng nền tảng tri thức cần thiết để phục vụ hiệu quả công tác đào tạo nguồn nhân lực ứng phó với BĐKH.

1. Tác động của BĐKH và nhu cầu đào tạo nguồn nhân lực về BĐKH

a. Tác động của BĐKH

BĐKH là một trong những thách thức lớn nhất đối với nhân loại trong thế kỷ 21, đang tác động nghiêm trọng đến sản xuất, đời sống và môi trường trên phạm vi toàn thế giới. Dưới tác động của BĐKH, các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan ngày càng diễn ra khốc liệt hơn về tần suất và cường độ, gây thiệt hại lớn về người và tài sản.

Ở Việt Nam, chỉ tính riêng trong 10 năm gần đây (2001-2010), các loại thiên tai như: bão, lũ, úng ngập, hạn hán và các thiên tai khác, làm chết và mất tích hơn 9.500 người, thiệt hại về tài sản ước tính chiếm khoảng 1,5% GDP/năm. Theo các kịch bản BĐKH, nước biển dâng cho Việt Nam, đến cuối thế kỷ 21, mực nước biển có thể dâng cao 1m, ước tính khoảng 40% diện tích Đồng bằng sông Cửu Long, 11% diện tích Đồng bằng sông Hồng và 3% diện tích của các tỉnh khác thuộc vùng ven biển bị ngập, thành phố Hồ Chí Minh có thể bị ngập đến 20% diện tích; khoảng 10-12% dân số bị ảnh hưởng trực tiếp và tổn thất khoảng 10% GDP.

Nhận thức rõ những tác động nghiêm trọng của BĐKH đến sự phát triển bền vững đất nước, Chính phủ Việt Nam đã sớm tham gia và phê chuẩn Công ước khung của Liên hiệp quốc về BĐKH và Nghị định thư Kyoto; đã phê duyệt Chiến lược quốc gia về BĐKH, Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH, Chiến lược quốc gia về phòng chống và giảm nhẹ thiên tai, Chiến lược phát triển bền vững Việt Nam giai đoạn 2011-2020. Để điều phối việc triển khai những chiến lược, kế hoạch trên, Chính phủ Việt Nam đã thành lập Ủy ban Quốc gia về BĐKH, Ban chỉ đạo Quốc gia thực hiện Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH. Tại các tỉnh, thành phố thuộc Trung ương cũng đã thành lập các Ban chỉ đạo, cơ quan thường trực trong ứng phó với BĐKH. Bên cạnh đó, việc thực hiện tốt nội dung nâng cao nhận thức cộng đồng về BĐKH trong Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH giai đoạn 2008 - 2011 cũng đã làm cho mọi thành phần của hệ thống chính trị, từ những cấp quản lý, lãnh đạo cao nhất đến mọi người dân đã hiểu, quan tâm đến BĐKH.

Để triển khai thực hiện các Chương trình, kế hoạch quốc gia ứng phó với BĐKH, nhu cầu đào tạo

Người đọc phản biện: PGS. TS. **Nguyễn Viết Lành**

nguồn nhân lực từ trung ương đến địa phương hiện nay là vấn đề rất cấp thiết.

b. Thực trạng nguồn nhân lực trong lĩnh vực BĐKH

1) Cấp Trung ương

Hiện nay, cơ quan đầu mối cao nhất, điều phối tất cả các hoạt động ứng phó với BĐKH là Ủy ban Quốc gia về BĐKH, Thủ tướng Chính phủ trực tiếp là Chủ tịch Ủy ban, Cơ quan thường trực giúp Ủy ban thực hiện nhiệm điều phối về BĐKH là Bộ Tài nguyên và Môi trường. Bộ Tài nguyên và Môi trường cũng là cơ quan đầu mối quốc gia chịu trách nhiệm quản lý nhà nước về BĐKH.

Theo chức năng và nhiệm vụ, tham gia giúp Bộ Tài nguyên và Môi trường trong công tác quản lý nhà nước và các hoạt động sự nghiệp liên quan trực tiếp, gián tiếp tới lĩnh vực BĐKH có các cơ quan, đơn vị gồm: Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, các trường Đại học, Cao đẳng Tài nguyên Môi trường và một số cơ quan, đơn vị khác trong Bộ; trong đó, quy mô và số lượng cán bộ của ngành khí tượng thủy văn có tham gia với các hoạt động ứng phó BĐKH là khá lớn, khoảng trên 2000 cán bộ. Tuy nhiên, số cán bộ có trình độ chuyên môn sâu ở mức độ chuyên gia trong lĩnh vực BĐKH còn ít, chiếm tỉ trọng khoảng 3-5%.

Ở cấp Trung ương, Lãnh đạo của các bộ, ngành, về cơ bản, là ủy viên của Ủy ban Quốc gia về BĐKH và Ban chỉ đạo ứng phó với BĐKH. Là cơ quan chủ trì, trong thời gian qua, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã tích cực phối hợp với các bộ, ngành, địa phương để triển khai các nhiệm vụ của Chương trình mục tiêu Quốc gia về BĐKH, đã đạt được nhiều kết quả quan trọng. Tại mỗi bộ, ngành đều đã thành lập các Ban chỉ đạo cấp bộ về BĐKH. Tuy nhiên, cho đến nay, phần lớn cán bộ tại các bộ, ngành tham gia hoạt động ứng phó với BĐKH là cán bộ kiêm nhiệm. Số lượng biên chế chuyên trách phục vụ cho các nhiệm vụ hiện tại rất ít, chỉ từ 1 - 3 người (phần lớn đặt tại các ban quản lý dự án), chưa đáp ứng được yêu cầu công việc kể cả về số lượng lẫn chất

lượng.

2) Cấp địa phương

Thực hiện chủ trương xuyên suốt của Chính phủ về tổ chức bộ máy ứng phó với BĐKH, các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương đều đã thành lập Ban chỉ đạo ứng phó với BĐKH. Công tác quản lý nhà nước về BĐKH do Sở Tài nguyên và Môi trường chịu trách nhiệm đầu mối, tham mưu cho Ủy ban nhân dân tỉnh. Các sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Công thương, Xây dựng, Kế hoạch và đầu tư, Khoa học và Công nghệ, Giáo dục và Đào tạo, Tài chính đều có các đại diện tham gia Ban chỉ đạo ứng phó với BĐKH của tỉnh, thành phố. Tại mỗi sở, ngành đều có bộ phận tham gia điều phối những hoạt động liên quan đến BĐKH. Tuy nhiên, hầu hết các địa phương đều chưa có cán bộ đúng chuyên ngành, thường được ghép chung với các lĩnh vực khác như tài nguyên nước, đo đạc bản đồ trong một phòng chuyên môn nên công tác quản lý còn thiếu hiệu quả.

3. Thực trạng công tác đào tạo nguồn nhân lực cho lĩnh vực BĐKH

Đào tạo nguồn nhân lực về BĐKH đang là vấn đề cấp thiết, song số đơn vị có khả năng đào tạo nguồn nhân lực là rất ít, chưa đồng bộ, có thể kể đến như:

- Bộ Giáo dục và Đào tạo: Đại học Quốc gia Hà Nội, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh và Trường Đại học Cần Thơ.

- Bộ Tài nguyên và Môi trường: Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.

- Các Viện nghiên cứu, các trường đại học khác có đào tạo các chuyên ngành gần với BĐKH.

Tại Đại học Quốc gia Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh từ lâu đã tổ chức đào tạo các chuyên ngành liên quan đến khí tượng học, thủy văn học, hải dương học; trong thời gian gần đây mới bổ sung các kiến thức về BĐKH cho sinh viên. Tuy nhiên, các trường này cũng chưa đào tạo chuyên ngành BĐKH. Xuất phát từ nhu cầu cần thiết, từ

năm 2011, Đại học Quốc gia Hà Nội tiến hành đào tạo hệ thạc sĩ về BDKH. Năm 2013 là năm đầu tiên có hơn 40 thạc sĩ được nhận bằng thạc sĩ chuyên ngành BDKH. Từ năm 2011, Trường Đại học Cần Thơ cũng đã bắt đầu đào tạo hệ đại học chuyên ngành BDKH.

Tại Bộ Tài nguyên và Môi trường, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường hiện nay được giao nhiệm vụ đào tạo tiến sĩ về khí hậu học, thủy văn học, môi trường nhưng chưa có mã ngành riêng cho BDKH. Các trường như Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh mới tiến hành tuyển sinh chuyên ngành BDKH từ năm 2013.

4. Chính sách đào tạo nguồn nhân lực BDKH hiện nay

BDKH và những tác động của BDKH có tính chất đa ngành, đa lĩnh vực, các chương trình đào tạo chuyên sâu về BDKH hiện nay vẫn đang gặp nhiều thách thức: thiếu đội ngũ giảng viên có trình độ cao, am hiểu sâu sắc về BDKH; Cơ sở vật chất phục vụ giảng dạy và nghiên cứu còn thiếu; Hệ thống giáo trình phục vụ công tác giảng dạy cũng chưa được xây dựng bài bản. Vì vậy, việc đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao về BDKH còn rất hạn chế.

Trước những diễn biến phức tạp của thiên tai, bão, lũ do tác động của BDKH, ngày 2/12/2008, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 158/2008/QĐ-TTg phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BDKH. Chương trình này đã có riêng một nội dung về nâng cao nhận thức và phát triển nguồn nhân lực, nhất là nguồn nhân lực trình độ cao, phấn đấu đến năm 2015, trên 80% cộng đồng dân cư và 100% công chức, viên chức nhà nước có hiểu biết cơ bản về BDKH và các tác động của nó.

Đến nay, có thể khẳng định việc triển khai công tác đào tạo phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực BDKH sẽ còn nhiều khó khăn, song đây là nhiệm vụ vừa mang tính cấp bách vừa mang tính lâu dài, đòi hỏi các cơ sở đào tạo cần nhanh chóng vào cuộc và coi đó là nhiệm vụ chính trị quan trọng. Trước mắt, để tăng cường năng lực chuyên môn về BDKH, cần

tạo điều kiện cho các nhà khoa học, đặc biệt là các nhà khoa học trẻ tham gia các hoạt động nghiên cứu trong lĩnh vực BDKH để họ vừa tiếp thu được kiến thức khoa học mới, vừa tích lũy được kinh nghiệm. Những kết quả nghiên cứu về BDKH sẽ là cơ sở quan trọng trong việc cập nhật, hoàn thiện tri thức BDKH.

5. Vai trò của nghiên cứu khoa học và công nghệ trong đào tạo và phát triển nguồn nhân lực về BDKH

Xác định được tầm quan trọng của nghiên cứu khoa học công nghệ thích ứng với BDKH, Thủ tướng Chính phủ đã giao cho Bộ Khoa học và Công nghệ phê duyệt mục tiêu, nội dung và dự kiến sản phẩm của Chương trình "Khoa học và công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BDKH", mã số KHCN-BDKH/11-15 với một số định hướng nghiên cứu như sau:

- Đẩy mạnh nghiên cứu về những hiện tượng, bản chất khoa học, những điều chưa biết rõ về BDKH; tác động của BDKH đến kinh tế - xã hội phân tích đánh giá hiệu quả kinh tế - xã hội của các hoạt động ứng phó với BDKH;
- Xem xét để đưa vấn đề BDKH vào các chương trình bảo vệ môi trường, sử dụng hợp lý tài nguyên và phòng tránh thiên tai, chương trình nghiên cứu biển...;
- Đẩy mạnh nghiên cứu cơ sở khoa học nhằm tăng cường hệ thống giám sát khí hậu và BDKH;
- Xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ đánh giá tác động của BDKH;
- Nghiên cứu các công nghệ giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và các công nghệ thích ứng với BDKH.
- Đẩy mạnh việc xây dựng cơ chế phối hợp giữa các cơ sở nghiên cứu, đào tạo nhân lực và triển khai công nghệ trong các lĩnh vực có liên quan;
- Tăng cường hợp tác quốc tế trong các hoạt động khoa học công nghệ, áp dụng và chuyển giao có hiệu quả các công nghệ thân thiện với khí hậu.

Các tiêu chí đánh giá chương trình khi Chương trình kết thúc bao gồm:

- Chỉ tiêu về trình độ khoa học: 100% đề tài/dự án có kết quả được công bố trên tạp chí khoa học công nghệ có uy tín của quốc gia hoặc quốc tế, trong đó tỷ lệ công bố quốc tế đạt ít nhất 20%.

- Chỉ tiêu về ứng dụng thực tiễn: 60% kiến nghị, giải pháp, mô hình đề xuất được các cấp có thẩm quyền chấp thuận cho phép triển khai.

- Chỉ tiêu sở hữu trí tuệ: Có ít nhất là 15% số đề tài/dự án có kết quả được chấp nhận đơn yêu cầu bảo hộ sở hữu trí tuệ.

- Chỉ tiêu về đào tạo: 80% số đề tài, dự án góp phần đào tạo ít nhất tiến sĩ và thạc sĩ.

Theo đánh giá của các chuyên gia, sau 3 năm hoạt động, Chương trình Khoa học và công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH đã và đang phối hợp với các tổ chức, cá nhân thực hiện 48 đề tài cấp nhà nước với các sản phẩm dự kiến sẽ góp phần làm rõ bản chất, diễn biến của BĐKH và các tác động của BĐKH, đưa ra cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp ứng phó với BĐKH. Những sản phẩm này sẽ trực tiếp phục vụ công tác quản lý nhà nước về BĐKH, mặt khác sẽ là những thông tin quan trọng phục vụ đào tạo, phát triển nguồn nhân lực về BĐKH, cụ thể như sau:

- Phát triển công nghệ, phương pháp, mô hình tính toán và phần mềm ứng dụng trong nghiên cứu dao động khí hậu và BĐKH, đánh giá tác động của

BĐKH, thích ứng với BĐKH và giảm nhẹ BĐKH (48,48%);

- Xây dựng cơ chế chính sách, giải pháp thích ứng và giảm nhẹ BĐKH và tích hợp chúng vào các kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội (57,58%);

- Xây dựng các mô hình trình diễn về thích ứng và giảm nhẹ BĐKH (6,06%);

- Xây dựng cơ sở dữ liệu về BĐKH (100%);

- Kết quả đào tạo, nâng cao năng lực khoa học công nghệ trong ứng phó với BĐKH (100%);

Chương trình KHCN/BĐKH-11/15 đã đưa ra các chỉ tiêu về trình độ khoa học, ứng dụng thực tiễn, sở hữu trí tuệ và đặc biệt là đào tạo nguồn nhân lực nghiêm ngặt hơn. Đối với chỉ tiêu đào tạo, 100% các đề tài phải đào tạo hoặc góp phần đào tạo ít nhất là 1 tiến sĩ và 1 thạc sĩ.

Với định hướng trên, có thể thấy rằng, trong khi chưa có đủ điều kiện đào tạo bài bản, ngay lập tức, từ trình độ thấp lên đến cao chuyên ngành BĐKH, cần phải có những kế hoạch nâng cao năng lực nghiên cứu của cán bộ như đang áp dụng tại các đề tài thuộc Chương trình KHCN/BĐKH-11/15. Bên cạnh đó, cần đầu tư mạnh về công tác đào tạo đội ngũ nghiên cứu, đặc biệt là đội ngũ nghiên cứu có trình độ cao, chuyên sâu về khí hậu và tác động của BĐKH, đồng thời cần xây dựng chính sách đãi ngộ đối với đội ngũ các nhà khoa học.

Tài liệu tham khảo

1. Quyết định số 158/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ ngày 02/12 / 2008 Phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH.

2. Quyết định số 1183/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ ngày 30/8/2012 Phê duyệt Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH giai đoạn 2012-2015.

3. Quyết định số 1474/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ ngày 05/10/2012 Ban hành Kế hoạch hành động Quốc gia về BĐKH giai đoạn 2012-2020.

4. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Kỷ yếu Hội nghị toàn quốc về đào tạo nhân lực theo nhu cầu ngành tài nguyên và môi trường, Hà Nội, 2010.

5. Quyết định số 2630/QĐ-BKHCN ngày 29/08/2011 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ về việc phê duyệt mục tiêu, nội dung và dự kiến sản phẩm của Chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm cấp Nhà nước giai đoạn 2011 – 2015 "Khoa học và công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với BĐKH".

TẠP CHÍ

ISSN 0866 - 8744
Số 647 * Tháng 11/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TÒNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tấn |
| 2. GS.TS. Trần Thục | 11. PGS.TS. Dương Văn Khảm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư ký tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội
Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội
Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: Lễ bàn giao tờ rơi và bản đồ theo dõi đường đi của bão, áp thấp nhiệt đới cho Bộ Tư lệnh Bộ đội biên phòng

Thiết kế chế bản và in tại:

Công ty TNHH Thương Mại In và Sản xuất bao bì Ngọc Minh
ngocminhppp@gmail.com Điện thoại: 0936275865

Giá bán: 25.000 đồng

- 1 GS. TS. **Nguyễn Trọng Hiệu**, ThS. **Vũ Văn Thắng**, ThS. **Phạm Thị Thanh Hương**, **Nguyễn Thị Lan**: Thử nghiệm sơ bộ về hiệu ứng ENSO đối với tiềm năng hạn hán ở Việt Nam
- 5 TS. **Hoàng Đức Cường**, PGS.TS. **Nguyễn Văn Thắng**, ThS. **Vũ Văn Thắng**, KS. **Hoàng Đức Hùng**: Nghiên cứu phân vùng khí hậu Tây Nguyên
- 9 TS. **Trần Quang Đức**: Ứng dụng mô hình khí hậu toàn cầu cam mô phỏng các trường khí hậu cho La Nina 1984-1986
- 14 TS. **Nguyễn Bá Thủy**, TS. **Hoàng Đức Cường**, ThS. **Đỗ Đình Chiến**, ThS. **Dư Đức Tiến**, TS. **Sooyoul Kim**: Đánh giá diễn biến nước biển dâng do bão số 3 năm 2014 và vấn đề dự báo
- 19 ThS. **Đỗ Đình Chiến**, TS. **Nguyễn Bá Thủy**, PGS. TS. **Nguyễn Thọ Sáo**, PGS.TS. **Trần Hồng Thái**, TS. **Sooyoul Kim**: Nghiên cứu tương tác sóng và nước dâng do bão bằng mô hình số trị
- 25 ThS. **Dư Đức Tiến**, TS. **Bùi Minh Tăng**, ThS. **Võ Văn Hòa**, CN. **Phùng Thị Vui**, CN. **Trần Anh Đức**, CN. **Mai Khánh Hưng**, CN. **Nguyễn Mạnh Linh**: Đánh giá tác động của đồng hóa số liệu và điều kiện biên đến kết quả dự báo mưa lớn từ mô hình WRF cho khu vực tại miền Trung và Tây Nguyên
- 31 TS. **Trần Quang Tiến**, **Nguyễn Thanh Trang**: Thử nghiệm đồng hóa số liệu độ cao sóng biển quan trắc bằng rada biển trong mô hình SWAN
- 36 **Hà Thanh Hương**, **Đinh Văn Ưu**, **Đinh Văn Mạnh**: Ứng dụng phương pháp LOWESS trong nghiên cứu cấu trúc nhiệt muối vịnh Bắc Bộ
- 42 **Trần Hữu Tuyên**, **Trần Hải Phong**, **Hoàng Ngô Tự Do**, **Hoàng Hoa Thám**: Xây dựng mô hình mô phỏng chất lượng nước vùng đầm phá Tam Giang - Cầu Hai
- 49 TS. **Nguyễn Chí Công**, ThS. **Nguyễn Ngọc Hà**: Một phương pháp phân bố nguồn nước lưu vực sông trong tình huống thiếu nước trên cơ sở hiện trạng khai thác, sử dụng nước
- 52 PGS.TSKH. **Bùi Tá Long**, ThS. **Đặng Thị Ly Ly**, CN. **Trần Thị Thủy Dương**: Ứng dụng mô hình CLIM trong đánh giá khả năng chịu tải của sông Cái Nha Trang

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 57 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 10 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** và **Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**
- 66 Tóm tắt tình hình môi trường không khí và nước tháng 6/2014
- 68 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 10 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

NGHIÊN CỨU TƯƠNG TÁC SÓNG VÀ NƯỚC DÂNG DO BÃO BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ

ThS. **Đỗ Đình Chiến** - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

TS. **Nguyễn Bá Thủy** - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

PGS. TS. **Nguyễn Thọ Sáo** - Đại học Quốc gia Hà Nội

PGS.TS. **Trần Hồng Thái** - Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

TS. **Sooyoul Kim** - Đại học Tottori, Nhật Bản

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão được phân tích dựa trên kết quả tính toán bằng mô hình couple SuWAT (Surge, Wave and Tide). Trong đó, thủy triều và nước dâng được tính toán dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều có xét đến nước dâng tạo bởi ứng suất sóng được tính từ mô hình SWAN, một mô hình thành phần trong SuWAT. Mô hình được áp dụng tính toán sóng và nước dâng trong bão Xangsena đổ bộ vào Đà Nẵng tháng 9/2006. Kết quả cho thấy nước dâng do sóng chiếm một phần đáng kể trong mực nước dâng tổng cộng trong bão và việc xét nước dâng do sóng đã làm tăng độ chính xác của kết quả tính toán nước dâng. Bên cạnh đó, độ cao sóng trong bão tăng đáng kể tại những khu vực sóng lớn quanh tâm bão nằm gần bờ khi mô hình tính sóng xem xét đến ảnh hưởng của thủy triều và nước dâng.

1. Mở đầu

Bão là một thiên tai nguy hiểm mà hệ quả tác động chính đối với vùng ven bờ là nước dâng và sóng lớn. Lịch sử đã chứng kiến nhiều cơn bão gây gió mạnh, mưa lớn, sóng lớn và nước dâng cao làm ngập vùng ven bờ trên diện rộng gây nhiều thiệt hại về người và của như bão Katrina đổ bộ vào bang New Orleans Mỹ tháng 8/2005, bão Nargis đổ bộ vào Myanmar tháng 5/2008 và đặc biệt gần đây siêu bão Haiyan tháng 11/2013 với cấp 17 tràn vào Phillipin. Chính vì vậy nên việc tăng cường độ chính xác của các mô hình dự báo sóng và nước dâng trong bão sẽ rất có ý nghĩa trong khoa học và thực tiễn. Một số mô hình số trị được xây dựng để tính toán dự báo nước dâng và sóng trong bão và tính toán 2 yếu tố này độc lập nhau, tức là chưa tính đến tương tác giữa chúng. Đã có một vài nghiên cứu khẳng định mực nước dâng do sóng biển (wave setup) đóng góp một phần đáng kể vào mực nước dâng tổng cộng trong bão và trong nhiều trường hợp nước dâng do sóng có thể chiếm tới 40% trong mực nước dâng tổng cộng trong bão [3,5,6,7]. Chính vì thế mà nhiều kết quả tính toán của các mô hình chỉ thuần túy tính nước dâng gây bởi ứng suất gió và độ giảm áp ở tâm bão mà không xét đến nước dâng do sóng thường cho kết quả nhỏ hơn

giá trị thực đo khá nhiều. Bên cạnh đó, trường sóng trong bão có thể thay đổi đáng kể giữa hai trường hợp tính sóng có xét và không xét đến sự thay đổi mực nước do thủy triều và nước dâng do bão. Tại Việt Nam, nghiên cứu về tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão còn rất hạn chế. Gần đây, Nguyễn Xuân Hiền đã thực hiện tính nước dâng do sóng theo mối liên hệ với độ cao và chu kỳ sóng tại khu vực ven biển Hải Phòng và thấy rằng nước dâng do sóng có thể chiếm tới 22% mực nước dâng tổng cộng trong bão [1].

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão được phân tích dựa trên kết quả tính toán sóng và nước dâng trong bão Xangsena tháng 9/2006 đổ bộ vào Đà Nẵng bằng mô hình SuWAT. Mô hình này đã khắc phục được hạn chế của một số mô hình, công nghệ được xây dựng trước đây, đó là xem xét đồng thời tương tác giữa thủy triều, sóng biển và nước dâng trong bão. Kết quả phân tích đã cho thấy khả năng nổi bật của mô hình khi xét đến sự tương tác này.

2. Giới thiệu mô hình SuWAT

a. Mô hình thủy động lực học

SuWAT là mô hình liên hợp (couple) dự tính đồng thời cả thủy triều, sóng biển và nước dâng do

bão. Mô hình này được xây dựng tại Trường Đại học Kyoto - Nhật Bản, bao gồm 2 mô hình thành phần là mô hình dựa trên hệ phương trình nước nông 2 chiều có tính đến nước dâng do ứng suất sóng và

mô hình SWAN tính toán sóng. Hệ phương trình cơ bản của mô hình nước nông 2 chiều được mô tả như sau:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial x} = fN - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x + F_x) + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{NM}{d} \right) + gd \frac{\partial \eta}{\partial y} = -fM - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y + F_y) + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

Với: η là mực nước bề mặt; M, N : là thông lượng trung bình theo độ sâu, theo hướng x và y ; f : tham số Coriolis; P : là khí áp; d : độ sâu tổng cộng $d = \eta + h$, với h là độ sâu mực nước tĩnh; A_h : là hệ số khuếch tán rối theo phương ngang và ρ_w : là mật

độ nước; τ_b^x, τ_b^y : ứng suất ma sát đáy và bề mặt; F_x, F_y : là ứng suất sóng được bổ sung để xét nước dâng do sóng, được tính từ mô hình SWAN theo các công thức dưới đây:

$$F_x = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}; F_y = -\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \quad (4)$$

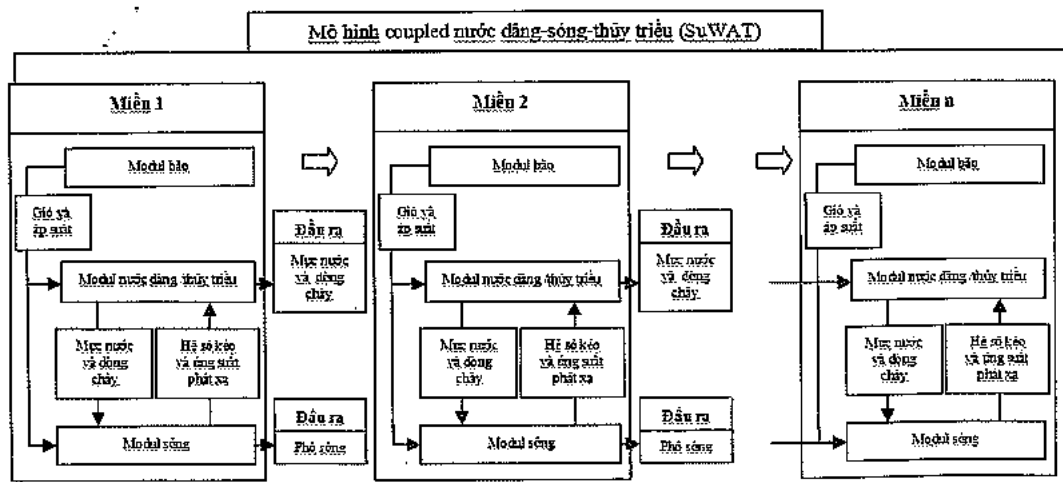
$$S_{xx} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\alpha d\theta \quad (5)$$

$$S_{xy} = S_{yx} = \rho g \iint [\cos \theta \sin \theta] E d\alpha d\theta \quad (6)$$

$$S_{yy} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\alpha d\theta \quad (7)$$

Các tham số tại các công thức (5)-(7) được định nghĩa trong cơ sở lý thuyết của mô hình SWAN [3]. Mô hình SuWAT được thiết lập tính toán trên lưới

lồng với cấu trúc minh họa như trên hình 1. Cơ sở lý thuyết của mô hình SuWAT được trình bày chi tiết trong các công trình [5, 7].



Hình 1. Cấu trúc lưới lồng của mô hình SuWAT

b. Mô hình bão giải tích

Mô hình SuWAT có thể nhận trường đầu vào gió, áp từ các mô hình bão giải tích hoặc từ các mô hình dự báo số trị như WRF, HRM.... Trong nghiên cứu này, mô hình bão giải tích của Fujata, [4] được lựa chọn để mô phỏng trường gió, áp theo các tham số bão được lấy từ số liệu best track. Trường khí áp được tính theo công thức:

$$P(r) = P_{\infty} - \frac{P_{\infty} - P_c}{\sqrt{1 + (r/r_0)^2}} \quad (8)$$

Trong đó: P là khí áp ở tâm bão, P_{∞} : áp suất ở rìa bão, r_0 là bán kính gió cực đại, r là khoảng cách từ

tâm bão tới điểm tính.

Vận tốc gió gradient được tính theo mối liên hệ với phân bố của khí áp như trong công thức (8). Trong khi đó vận tốc gió theo mỗi liên hệ với tốc độ di chuyển của tâm bão được tính theo công thức (9):

$$-\frac{v^2}{r} - fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \quad (9)$$

$$V_{\theta} = c_2 V_r e^{\frac{\pi r}{300}}$$

Tổng hợp 2 thành phần này ta có vận tốc tổng hợp như sau:

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} -V_r (\sin \alpha \cdot \cos \theta + \cos \alpha \cdot \sin \theta) \\ V_r (\cos \alpha \cdot \cos \theta - \sin \alpha \cdot \sin \theta) \end{pmatrix} + c_2 \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} e^{\frac{\pi r}{300}} \quad (10)$$

Trong đó các hệ số nằm trong các khoảng giá trị như sau: $c_1 = 0,6 - 0,8$, $c_2 = 0,50 - 0,8$.

3. Tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão

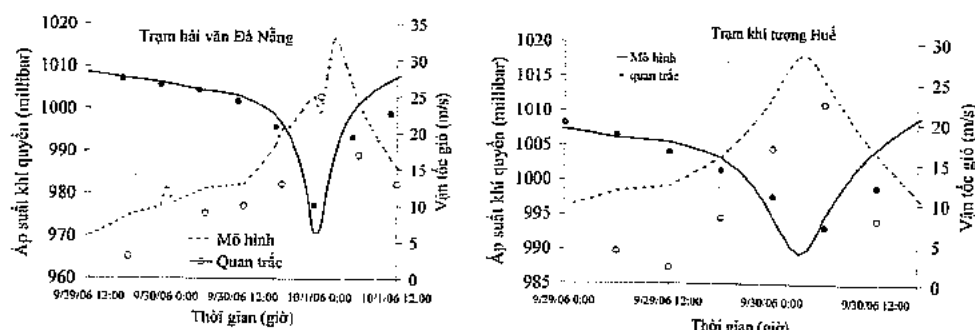
a. Miền tính, lưới tính, điều kiện biên và số liệu bão cho mô hình

Để nghiên cứu tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão, mô hình SuWAT được thiết kế trên lưới vuông và lồng 2 lớp với miền tính lớn (lưới Biển Đông) từ 8°N - 22°N , từ 105°E - 120°E với độ phân giải 4 phút (khoảng 7,4 km). Trong khi đó miền tính nhỏ (lưới khu vực) được thiết lập cho khu vực biển Huế - Đà Nẵng (nơi bão Xangsena đổ bộ từ 12°N - 18°N , từ 106°E - 111°E) với bước lưới 1 phút (1,85km). Dữ liệu địa hình được lấy từ GBECO (Mỹ) có độ phân giải 4 phút cho lưới tính Biển Đông và số liệu được số hóa từ bản đồ địa hình đáy biển tỉ lệ 1/100.000 của Tổng cục Biển và Hải đảo dùng cho lưới khu vực. Tại biên lồng, hằng số điều hòa của 16 sóng triều (M2, S2, K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M1, J1, O1, 2N2, Mu2, Nu2, L2, T2) được lấy từ mô hình thủy triều toàn cầu

(NAO.99b, NAO.99Jb model-
http://www.miz.nao.ac.jp/staffs/nao99/README_NAOTIDE_En.html) làm điều kiện biên cho lưới Biển Đông. Bão Xangsena, với gió cấp 11 đổ bộ vào Đà Nẵng gây nước dâng tới gần 2,0 m tại Thừa Thiên - Huế. Các tham số bão được lấy từ số liệu phân tích và quan trắc tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương.

b. Kiểm nghiệm mô hình bão giải tích

Trước khi đánh giá tương tác giữa sóng biển và nước dâng bão, mô hình bão giải tích cần phải được kiểm chứng để đánh giá độ tin cậy của số liệu đầu vào cho mô hình tính sóng và nước dâng trong bão. Trên hình 2(a) và 2(b) là sự so sánh số liệu vận tốc gió, khí áp trong bão được tính từ mô hình bão giải tích và số liệu quan trắc tại trạm khí tượng hải văn Sơn Trà và trạm khí tượng Huế. Kết quả cho thấy, có sự khá tương đồng giữa tính toán và quan trắc, nhất là tại trạm hải văn Sơn Trà, nơi ít bị chi phối bởi đất liền tới phân bố gió, áp trong bão hơn.

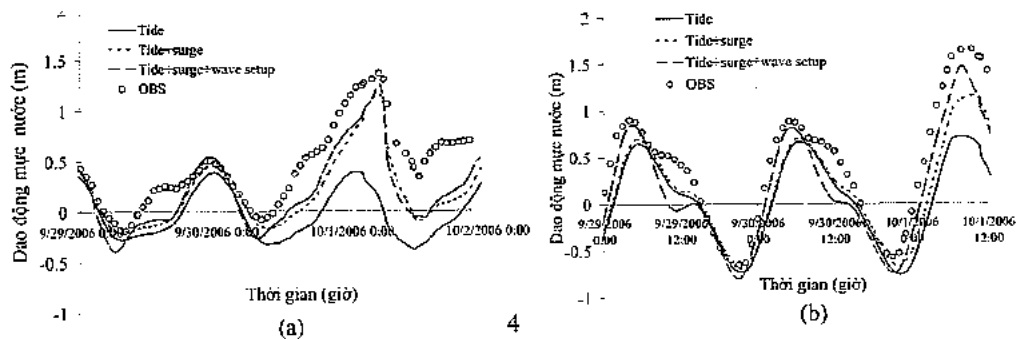


Hình 2. So sánh giữa tính toán và quan trắc số liệu áp suất khí quyển và vận tốc gió tại trạm khí tượng hải văn Sơn Trà (a) và trạm khí tượng Huế (b)

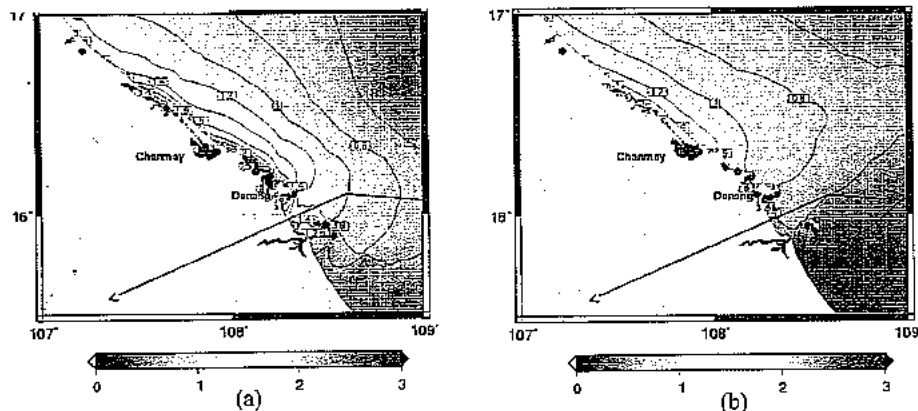
c. Ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng trong bão

Ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng do bão được xem xét cho trường hợp mô phỏng có và không tính đến ảnh hưởng của sóng biển. Trên hình 3(a) và 3(b) là kết quả tính toán dao động thủy triều, thủy triều kết hợp với nước dâng do bão và sự kết hợp đồng thời của thủy triều với nước dâng do bão và nước dâng do sóng tại trạm Sơn Trà và Cửa Việt. Kết quả tính toán được so sánh với số liệu quan trắc mực nước sau khi quy về mốc mực nước trung bình của trạm. Rõ ràng để nhận thấy trường hợp mô

hình có tính đến nước dâng do ứng suất sóng cho kết quả sát mực nước quan trắc hơn, nước dâng do ứng suất sóng tại 2 trạm tương ứng khoảng 20 và 30 cm. Phân bố nước dâng lớn nhất trong bão (không tính đến thủy triều) cho 2 trường hợp được thể hiện trên hình 4(a) và 4(b) cho thấy phạm vi và độ cao nước dâng tăng đáng kể khi mô hình tính đến đóng góp của nước dâng do sóng. Kết luận này đã cho thấy để nâng cao độ chính xác trong tính toán nước dâng thì cần thiết phải tính đến phần đóng góp của nước dâng do sóng.



Hình 3. Dao động theo thời gian của thủy triều (Tide), thủy triều kết hợp với nước dâng do bão (Tide+surge), thủy triều kết hợp với nước dâng do bão và nước dâng do sóng, mực nước quan trắc (OBS) tại trạm Sơn Trà (a) và Cửa Việt (b)



Hình 4. Phân bố nước dâng bão lớn nhất trong trường hợp có (a) và không (b) tính đến nước dâng do sóng

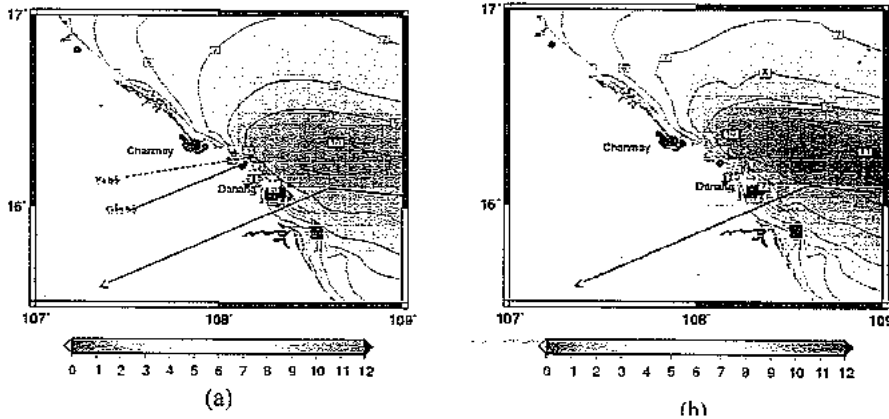
d. Ảnh hưởng của thủy triều và nước dâng do bão tới sóng biển

Tương tác giữa thủy triều và nước dâng do bão tới sóng biển được hiểu là so sánh sự khác biệt giữa trường hợp mô hình tính sóng trên nền mực nước trung bình và trên nền thủy triều và nước dâng do bão. Trên hình 5(a) và (b) tương ứng là trường độ cao lớn nhất của sóng ý nghĩa (H_{sig}) trong quá

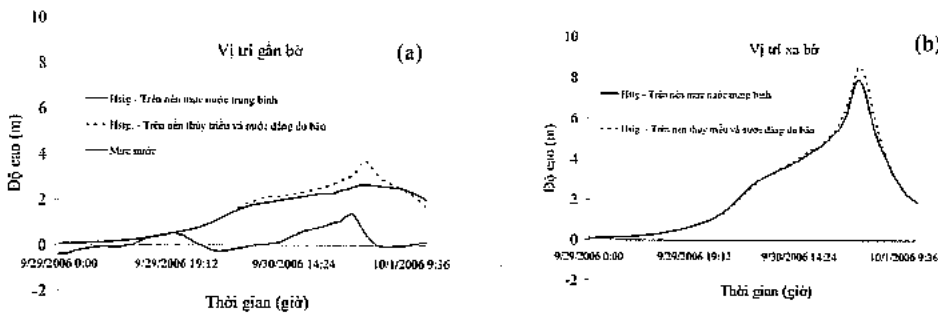
trình bão di chuyển vào bờ cho trường hợp mô hình có và không tính đến sự thay đổi mực nước do thủy triều và nước dâng do bão. Mức độ khác biệt giữa 2 trường hợp đã thể hiện sự tương tác giữa các hiện tượng. Kết quả cho thấy hiệu ứng thủy triều và nước dâng do bão đã làm tăng độ cao sóng trong bão, đặc biệt ở khu vực sóng lớn quanh tâm bão. Tuy nhiên, sự thay đổi này là không lớn khi sóng

nhỏ và tại những khu vực mà độ sâu của biển lớn hơn đáng kể so với thay đổi mực nước biển do thủy triều và nước dâng do bão. Nhận định này đã được kiểm chứng thêm khi phân tích biến trình độ cao sóng có nghĩa theo thời gian tại 2 vị trí có độ sâu khác nhau gần trạm hải văn Sơn Trà. Trong đó, vị trí gần bờ có độ sâu 6,5m và vị trí xa bờ hơn có độ sâu 35,0 m (hình 5a). Chênh lệch độ cao sóng lớn nhất giữa 2 trường hợp tại vị trí gần bờ là gần 1,0 m, vị trí xa bờ là 0,3 m, xuất hiện tại thời điểm độ cao sóng

đạt cực đại, cũng là lúc mực nước biển dâng cao nhất (hình 5a). Chênh lệch độ cao sóng đáng kể tại vị trí gần bờ là do sóng bị vỡ khi truyền vào vùng nước nông, hiện tượng sóng vỡ đã không xảy ra khi độ sâu biển tăng đáng kể do cộng với thủy triều và nước dâng do bão. Kết quả này đã cho thấy khi tính sóng trong bão cần thiết phải xem xét tương tác với thủy triều nước dâng, nhất là tại vùng nước nông ven bờ, khu vực có biên độ thủy triều lớn.



Hình 5. Phân bố độ cao lớn nhất của sóng có nghĩa (H_{sig}) cho trường hợp mô hình có (a) và không (b) tính đến tương tác với thủy triều và nước dâng do bão



Hình 6. Dao động theo thời gian của độ cao sóng có nghĩa, mực nước tổng cộng trong tại Sơn Trà, (a) vị trí gần bờ, (b) vị trí xa bờ

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão được phân tích dựa trên các kết quả tính toán sóng và nước dâng trong bão bằng mô hình SuWAT trong cơn bão Xangsena. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

- Nước dâng do sóng chiếm một tỷ lệ đáng kể trong mực nước dâng trong bão và việc xem xét phần đóng góp của nước dâng do sóng đã làm tăng độ chính xác của tính toán. Chính vì vậy trong

nghiên cứu tính toán cũng như dự báo nghiệp vụ nước dâng do bão cần thiết phải tính đến nước phần đóng góp của nước dâng do sóng.

- Tương tác của thủy triều và nước dâng trong bão đã làm tăng độ cao sóng tại những khu vực sóng lớn quanh tâm bão ở và ở gần bờ. Sự thay đổi này sẽ không đáng kể tại những khu vực sóng nhỏ và độ sâu của biển lớn hơn đáng kể so với thay đổi mực nước biển do thủy triều và nước dâng do bão.

Tuy nhiên, mức độ tương tác giữa sóng và nước

dâng trong bão cũng cần được kiểm chứng thêm cho nhiều cơn bão lịch sử, trên các pha triều khác nhau và được tính trên lưới tính có độ phân giải cao

hơn, đây cũng là nội dung sẽ đề cập trong các nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Xuân Hiền (2013), *Nghiên cứu nước dâng do bão có tính đến ảnh hưởng của sóng và áp dụng cho vùng ven biển Hải Phòng*, Luận án tiến sĩ địa lý, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường.
2. Delf University of Technology (2004) *SWAN Cycle III Verion 40.31, User Guide*. Delf.
3. Funakoshi, Y., Hagen, S.C., Bacopoulos, P. (2008), *Coupling of Hydrodynamic and Wave Models: Case Study for Hurricane Floyd (1999) Hindcast*, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, (134) pp. 321 – 335.
4. Fujita, T. (1952); *Pressure Distribution Within Typhoon*, *Geophysical Magazine*, 23, 437-451.
5. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Numerical Analysis of Effects of Tidal Variations on Storm Surges and Waves*, *Applied Ocean Research Vol (28)*, pp. 311-322.
6. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Wave Set-up in the Storm Surge Along Open Coasts During Typhoon Anita*, *Coastal Engineering*, Vol (57), pp. 631-642.
7. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Storm Surge Hindcast in Tosa bay of Japan Using a Coupled Model of Surge, Wave and Tide*, *Coastal Dynamics 2009 Paper No. 21*.

TẠP CHÍ

320

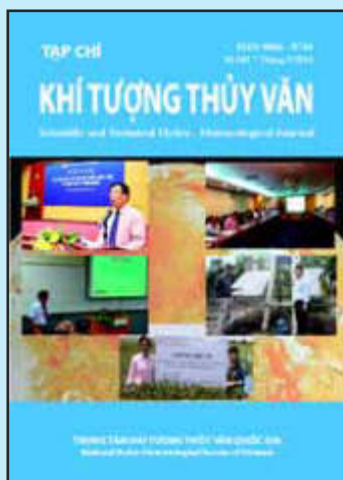
ISSN 0866 - 8744
Số 645 * Tháng 9/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khảm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lã Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư ký tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa:

Giá bán: 25.000 đồng

321

Số 645 * Tháng 9 năm 2014

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

1

ThS. **Hoàng Văn Đại**, PGS. TS. **Trần Hồng Thái**: Nghiên cứu mô hình thủy động lực 1-2 chiều để dự báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã

7

PGS.TS. **Lê Văn Thắng**, ThS. **Nguyễn Đình Huy**, ThS. **Hoàng Ngọc Tường Vân**: Đức kết kinh nghiệm và tri thức bản địa của cộng đồng người dân miền Trung Việt Nam trong việc phòng, tránh một số loại hình thiên tai

13

PGS.TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS.TS. **Trần Ngọc Anh**, ThS. **Đặng Đình Khá**, ThS. **Nguyễn Xuân Tiến**, CN. **Lê Viết Thìn**: Thử nghiệm đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến ngập lụt khu vực hạ lưu sông Lam

21

PGS.TS. **Nguyễn Đình Tuấn**, NCS. **Báo Văn Tuy**: Tác động của biến đổi khí hậu đến tỉnh An Giang và giải pháp ứng phó

27

ThS. **Trần Phương**, TS. **Nguyễn Văn Liêm**, KS. **Ngô Sỹ Giai**, ThS. **Nguyễn Đăng Mậu**, TS. **Mai Văn Khiêm**: Nghiên cứu đề xuất phương pháp đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến đa dạng sinh học ở Việt Nam

31

TS. **Lương Thu Hằng**: Đánh giá tác động của bão và triều cường đến sinh kế của nhóm người nghèo vùng ven biển, hải đảo Bắc Bộ

36

NCS. **Lưu Đức Dũng**, NCS. **Hoàng Văn Đại**, ThS. **Nguyễn Khánh Linh**: Đánh giá tình trạng xâm nhập mặn khu vực hạ lưu sông Mã, tỉnh Thanh Hóa

41

ThS. **Trần Duy Hiền**, PGS.TS. **Trần Hồng Thái**: Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến năng suất và thời gian sinh trưởng của một số cây trồng nông nghiệp ở Đà Nẵng

46

ThS. **Nguyễn Văn Chuyên**, PGS.TS. **Vũ Xuân Nghĩa**, PGS. TS. **Nguyễn Tùng Linh**, TS. **Hoàng Cao Sạ**: Liên quan giữa vector truyền bệnh sốt xuất huyết Dengue, sốt rét với biến đổi khí hậu tại tỉnh Kiên Giang

51

TS. **Đào Ngọc Hùng**: Giáo dục biến đổi khí hậu cho học sinh trung học ở Đồng bằng sông Cửu Long thông qua phương pháp tiếp cận đa phương tiện

55

TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Một số đặc trưng bùn cát lưu vực sông Đà

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

58

Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 8 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**

68

Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 8 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH THỦY ĐỘNG LỰC 1-2 CHIỀU ĐỂ DỰ BÁO XÂM NHẬP MẶN HẠ LƯU SÔNG MÃ

ThS. Hoàng Văn Đại - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

PGS.TS. Trần Hồng Thái - Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia

Những năm gần đây, hiện tượng xâm nhập mặn ở các khu vực cửa sông ven biển Thanh Hóa đang ngày càng trở nên trầm trọng, đặc biệt là các khu vực cửa sông ven biển, gây khó khăn cho hoạt động lấy nước phục vụ sản xuất nông nghiệp. Trước tình hình đó, việc nghiên cứu, áp dụng mô hình thủy động lực 1-2 chiều mô phỏng, dự báo xâm nhập mặn có ý nghĩa thiết thực nhằm góp phần nâng cao hiệu quả phòng, chống xâm nhập mặn cho vùng hạ lưu sông Mã. Kết quả đã xây dựng mô hình mô phỏng, dự báo xâm nhập mặn cho vùng hạ lưu sông Mã, đã được hiệu chỉnh, kiểm nghiệm mô hình với chỉ số Nash-Sutcliffe đối với độ mặn đạt từ 0,75 - 0,98.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, tình trạng cạn kiệt nguồn nước và xâm nhập mặn khu vực ven biển Thanh Hóa có diễn biến ngày càng phức tạp. Theo báo cáo Quy hoạch thủy lợi tỉnh Thanh Hóa thì đến năm 2010 có đến hơn 5000ha/23.827ha của 4 huyện ven biển bị thiếu nước ngọt và hạn hán. Thủy triều sâu xâm nhập mặn vào tất cả các cửa sông có xu hướng tăng, năm sau sâu hơn năm trước, đồng thời thời gian nhiễm mặn kéo dài hơn và mức độ xáo trộn giữa nước sông và nước biển xảy ra mạnh hơn.

Trong khi đó, hiện nay đối với lưu vực sông Mã, các nghiên cứu đánh giá và dự báo xâm nhập mặn còn rất hạn chế, mới chỉ nằm trong các đề tài, dự án và chỉ dừng lại ở việc sử dụng các mô hình toán để mô phỏng cho một vài năm trong quá khứ. Các nghiên cứu còn tản mạn và chưa đi vào mục tiêu cụ thể phục vụ đánh giá và dự báo xâm nhập mặn. Do vậy việc "Nghiên cứu mô hình thủy động lực 1-2 chiều để dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã" nhằm phục vụ công tác khai thác nguồn nước, đáp ứng nhu cầu sản xuất và đời sống của dân cư vùng ảnh hưởng triều- mặn đồng thời khắc phục các thực trạng hiện nay trên sông Mã có ý nghĩa hết sức quan trọng.

2. Tổng quan lựa chọn công cụ tính toán

Hiện nay đã có rất nhiều nghiên cứu khác nhau về công tác dự báo và cảnh báo xâm nhập mặn. Các phương pháp được sử dụng ở đây chủ yếu là mô

Người đọc phản biện: PGS. TS. Hoàng Minh Tuyến

hình hóa mặn một chiều như WENDY, VRAP, FLD-WAV, HEC1, MIKE 11 có nhiều ưu thế trong việc giải các bài toán phục vụ yêu cầu thực tế. Ngoài ra còn có các mô hình 2 chiều và 3 chiều được áp dụng như TELEMAC, EFDC, MIKE 21, KOD02 với ưu điểm mô phỏng truyền tải chất theo các phương. Tuy nhiên, do hạn chế về yêu cầu số liệu và quá trình mô phỏng nên các nghiên cứu thường giải quyết bằng bài toán trung bình hoá theo 2 chiều hoặc 1 chiều hay phương pháp kết nối các mô hình 1-2D.

Ở Việt Nam phương pháp kết nối động để mô phỏng xâm nhập mặn còn ít được quan tâm và ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu cho thấy đây là phương pháp có tính ứng dụng cao và phù hợp với các điều kiện về cơ sở dữ liệu hiện có trên các lưu vực sông ở Việt Nam. Đồng thời, qua việc xem xét các tiêu chí lựa chọn mô hình là phải có khả năng mô phỏng và dự báo tốt, khắc phục được những khó khăn khách quan về tài liệu đi đôi với việc để dành kế thừa cơ sở dữ liệu cũng như có khả năng liên kết với các mô hình khác nhau để có thể mở rộng phạm vi nghiên cứu nên nguyên tắc couple mô hình MIKE 11 – MIKE 21 sẽ được lựa chọn để giải quyết bài toán truyền mặn cho khu vực hạ lưu sông Mã.

Mô hình MIKE 11 và MIKE 21 là mô hình thuộc bộ chương trình MIKE do Viện Thủy lực Đan Mạch phát triển. Hệ phương trình cơ bản của MIKE 11 là hệ phương trình Saint-Venant viết cho trường hợp dòng chảy một chiều trong lòng kênh dẫn hở, bao

gồm:

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

$$\alpha \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + EA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 RA} = 0 \quad (2)$$

Modul khuếch tán bình lưu (AD) dựa trên phương trình 1 chiều về bảo toàn khối lượng của chất hoà tan hoặc lơ lửng có phương trình khuếch tán:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left[-AD \frac{\partial C}{\partial x} \right] = -AKC + C_2 q \quad (3)$$

trong đó: C là nồng độ chất khuếch tán; u, v là thành phần vận tốc theo trục x, y; h là độ sâu mực nước; Dx, Dy hệ số khuếch tán theo hướng trục x, y và F là hệ số ngưng kết.

Kết nối được sử dụng để mô phỏng truyền mặn là kết nối tiêu chuẩn trên cơ sở lưu lượng được lấy từ biên của mô hình MIKE 11 (điểm Q đầu tiên), và đưa vào mô hình MIKE 21 tương tự như một đầu vào lưu lượng. Lưu lượng được gán vào trung tâm tại bước thời gian n+1/2.

MIKE 11 yêu cầu biên mực nước từ MIKE 21 tại bước thời gian n+1 để chuyển từ bước thời gian n đến n+1/2. Theo đó, MIKE 21 luôn là bước thời gian phía trước của MIKE 11. Như vậy, để có lưu lượng cho MIKE 21 tại bước thời gian n+1/2, mô hình dự báo được áp dụng MIKE 11 để tính toán $Q^{n+1/2}$, được tính toán dựa vào Q^n và H^n

$$\frac{\partial Q^{n+1/2}}{\partial t} = - \left(gA \frac{\partial H^n}{\partial x} + \frac{Q^n |Q^n|}{A C^2 R} \right) \quad (5)$$

trong đó: t là thời gian; x là chiều dài; A là diện tích mặt cắt ngang; C là hệ số Chezy và R là bán kính thủy lực.

Độ dốc mực nước là tại điểm Q cuối trong MIKE 11. Thời gian bắt đầu tính toán lưu lượng được chuyển đến MIKE 21 cùng với lưu lượng tại bước thời gian n để dự báo lưu lượng tại bước thời gian tiếp theo (n+1/2).

3. Cơ sở dữ liệu và mạng lưới tính toán

trong đó: Q là lưu lượng qua mặt cắt (m^3/s); A là diện tích mặt cắt ướt (m^2); R là bán kính thủy lực; a là hệ số động năng; x là chiều dài theo dòng chảy (m); q là lưu lượng nhập lưu; b là hệ số phân bố lưu tốc; C là hệ số Chezy; C_2 là nồng độ nguồn; K là hệ số phân huỷ tuyến tính; và D là hệ số khuếch tán.

MIKE 21 có hệ phương trình sử dụng là hệ Navier-Stock gồm phương trình liên tục và 2 phương trình động lượng. Đối với modul khuếch tán có thêm phương trình tải khuếch tán (phương trình bảo toàn khối lượng chất hòa tan hai chiều) có dạng như sau:

$$\frac{\partial}{\partial t} (hc) + \frac{\partial}{\partial x} (uhc) + \frac{\partial}{\partial y} (vhc) = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - FhC + S \quad (4)$$

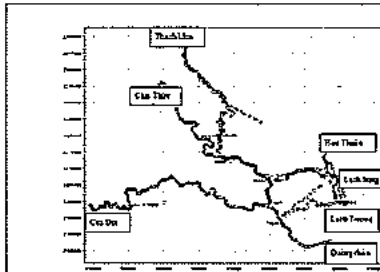
Tài liệu được sử dụng bao gồm dữ liệu thủy - hải văn, địa hình. Trong đó tài liệu mặt cắt ngang lòng dẫn hệ thống sông Mã kế thừa từ các nghiên cứu trước và địa hình miền tính toán Vịnh Bắc Bộ được lấy từ số liệu đo đạc của Bộ Tư lệnh Hải quân từ các bản đồ địa hình đáy biển có tỉ lệ từ 1:10000 đến 1:50000. Các dữ liệu thủy hải văn bao gồm mực nước tại các trạm khu vực hạ lưu cửa sông và Hòn Dấu, Sầm Sơn năm 2003, 2009, 2010, 2011, 2012 và lưu lượng thực đo vùng thượng lưu tại các trạm Cửa Đạt và Cẩm Thủy, quan hệ (Q~H) Thạch Lâm với thời gian tương ứng. Lượng gia nhập khu giữa thường không đáng kể (các tháng 12, 1, 2, 3) nên giả thiết không có lượng gia nhập.

Sơ đồ tính cho mô hình 1D gồm: sông Mã (từ Cẩm Thủy đến Cửa Hới); sông Bưởi (từ Thạch Lâm đến nhập lưu vào sông Mã); sông Chu (từ tuyến Cửa Đạt đến nhập lưu vào sông Mã, ngã ba Giàng); sông Lèn (từ cửa phân lưu của sông Mã, ngã ba Bông, đến cửa Lạch Sung); sông Báo Văn (từ Mỹ Quan Trang đến nhập lưu với sông Lèn); Kênh De (từ cửa phân lưu với sông Lèn đến nhập lưu vào sông Lạch Trường); sông Lạch Trường (từ cửa phân lưu của sông Mã, ngã ba Tuấn, đến cửa Lạch Trường) (hình 1a). Tổng số 201 mặt cắt ngang đo năm 1994, 1998 và 10 mặt cắt đo năm 2011, trung bình khoảng 2km/mặt cắt ở phía thượng lưu và 1km/mặt cắt ở khu vực hạ lưu.

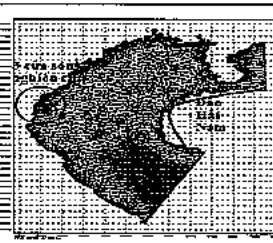
Xây dựng mô hình 2 chiều cho miền tính vịnh Bắc Bộ có tọa độ từ 18°40'N - 22°17'N, 104°54'E -

110°20'E chỉ tiết đến ba cửa sông hạ lưu hệ thống sông Mã bằng lưới tam giác với diện tích phần tử lớn nhất (trên toàn miền tính) là: 9000000 m², góc

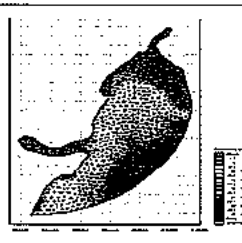
nhỏ nhất là 300 thì vùng tính toán được rời rạc hóa thành 10771 phần tử với 6117 nút và miền tính MT2 cho vùng cửa sông nghiên cứu (hình 1b, 1c).



Hình 1a, Sơ đồ sơ đồ thủy lực và truyền mặn hệ thống sông Mã - Chu



Hình 1b, Địa hình và lưới miền tính toán MT1



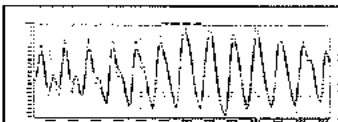
Hình 1c, Địa hình miền tính toán MT2

4. Một số kết quả và thảo luận

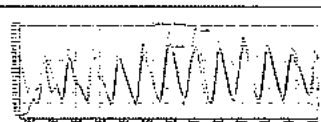
a. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11

Với số liệu thực đo độ mặn tại các trạm trên hệ thống sông Mã, nghiên cứu tiến hành hiệu chỉnh cho năm 2010 và kiểm định cho các năm 2003, 2009, 2011. Biên mặn cửa sông lấy theo trạm Sầm Sơn. Trong modul thủy lực, thông số nhám lựa chọn được thay đổi theo khu vực: thượng lưu (0,025 - 0,04) và hạ lưu (0,015 - 0,024). Việc hiệu chỉnh các thông số khuếch tán (D) được dựa trên nghiên cứu

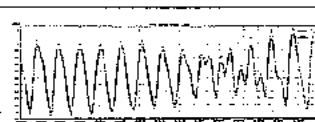
về độ nhảy của các thông số. Trong đó, hệ số D trên sông Mã từ ngã ba Bông tới Cẩm Thủy nằm trong khoảng 100-550 m²/s, khu vực hạ lưu từ 400 - 1100 m²/s; sông Lèn từ Phà Thảm tới ngã ba Bông từ 800 - 1200 m²/s, vùng gần biển từ 1500 - 2500 m²/s; sông Lạch Trường khu vực thượng lưu từ 150 - 750 m²/s và hạ lưu từ 55 - 200 m²/s. Quá trình hiệu chỉnh thông số mô hình dựa trên sự phù hợp giữa tính toán và thực đo tại các trạm kiểm tra, cụ thể là sự phù hợp về giá trị đỉnh mặn với kết quả thu được:



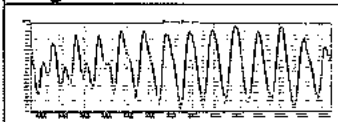
Hình 2a, Quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Cự Thôn tháng 3/2010



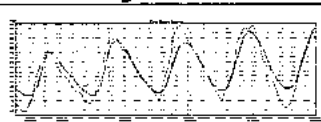
Hình 2b, Quá trình mặn tính toán và thực đo trạm Phà Thảm tháng 3/2010



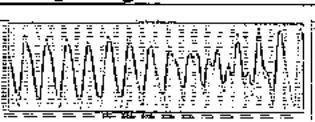
Hình 2c, Quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Giàng tháng 3/2009



Hình 2d, Quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Nguyệt Viên tháng 4/2003



Hình 2e, Quá trình mặn tính toán và thực đo trạm Hàm Rồng tháng 4/2003



Hình 2f, Quá trình mực nước tính toán và thực đo trạm Cự Thôn tháng 3/2009

Từ kết quả hiệu chỉnh (hình 2, bảng 1, 2) có thể thấy đường quá trình mực nước tính toán tại các trạm phía trên không ảnh hưởng của triều bám sát đường quá trình thực đo với chỉ số Nash-Sutcliffe khoảng 0,87 và 0,95, sai số lệch đỉnh của các trạm này cũng đảm bảo tiêu chuẩn cho phép. Tại các trạm bên dưới, bị ảnh hưởng của thủy triều kết quả

so sánh giữa đường mực nước tính toán và thực đo tại các trạm này cũng khá phù hợp. Sai số lệch đỉnh đối với mực nước lớn nhất của các trạm này cũng đảm bảo dưới 11%. Nhìn chung tại tất cả các trạm kiểm tra mặn đều mất khoảng 24 - 48 giờ ban đầu để đạt đến trạng thái ổn định. Chỉ tiêu Nash cho các trạm đo mặn trên sông Lèn đạt giá trị cao và nằm

trong khoảng 0,86-0,91 trong khi các sông Mã, Lạch Trường cũng đạt được kết quả từ khoảng 0,75- 0,98.

Do đây là vùng sông ảnh hưởng triều và xâm nhập mặn rất mạnh trong khi các hoạt động sản xuất sinh hoạt tại khu vực hạ lưu sông Mã lại diễn ra một cách liên tục và mạnh mẽ nên có sự tương tác

giữa dòng trong sông và dòng triều từ biển vào, đồng thời bên cạnh những khó khăn về hạn chế số liệu kiểm tra thì trong quá trình hiệu chỉnh, kiểm định vẫn còn chưa xét đến các điều kiện có ảnh hưởng khác như gió và các thay đổi về địa hình lòng dẫn chưa cập nhật tới thời gian gần đây.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thủy lực

Năm	Trạm Chỉ tiêu đánh giá	Sông Mã			Sông Lèn			Sông Lạch Trường		
		Giàng	Hàm Rồng	Nguyệt Viên	Cự Thôn	Yên Ổn	Phà Thắm	Cự Đà	Vạn Ninh	Hoàng Hà
Hiệu chỉnh 2010	Δ lệch đỉnh (m)	0,25	0,23	0,07	0,1	0,17	0,05	0,33	0,14	0,08
	Δ lệch chân (m)	0,007	0,007	0,013	0,03	0,19	0,032	0,13	0,045	0,027
	Nash-Sutcliffe	0,96	0,967	0,95	0,96	0,89	0,96	0,87	0,913	0,93
Kiểm định 2003	Δ lệch đỉnh (m)		0,02	0,01			0,06	0,1		0,02
	Δ lệch chân (m)		0,148	0,107			0,17	0,02		0,017
	Nash-Sutcliffe		0,9	0,95			0,93	0,95		0,97
Kiểm định 2009	Δ lệch đỉnh (m)	0,187					0,154			
	Δ lệch chân (m)	0,091					0,257			
	Nash-Sutcliffe	0,98					0,97			
Kiểm định 2011	Δ lệch đỉnh (m)	0,15	0,09	0,08		0,05	0,3	0,14	0,07	0,02
	Δ lệch chân (m)	0,12	0,09	0,05		0,06	0,01	0,15	0,01	0,03
	Nash-Sutcliffe	0,97	0,98	0,98		0,97	0,97	0,98	0,98	0,99

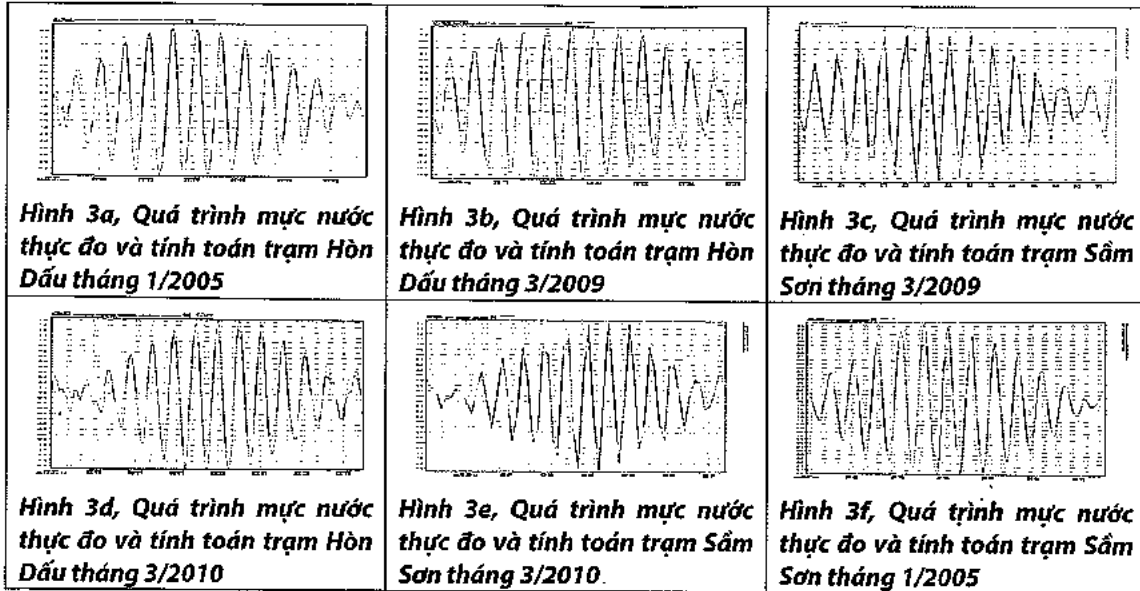
Bảng 2. Tổng hợp kết quả hiệu chỉnh và kiểm định độ mặn

Năm	Trạm Chỉ tiêu đánh giá	Sông Mã		Sông Lèn			Sông Lạch Trường	
		Hàm Rồng	Nguyệt Viên	Cự Thôn	Yên Ổn	Phà Thắm	Vạn Ninh	Hoàng Hà
Hiệu chỉnh 2010	Δ lệch đỉnh (%)	0,24	4,65	1,32	5,37	4,09	0,64	1
	Δ lệch chân (%)	0,1	0,01	0,33	1,04	0,5	2,28	0,6
	Nash-Sutcliffe	0,98	0,89	0,86	0,89	0,91	0,91	0,8
Kiểm định 2003	Δ lệch đỉnh (%)	0,55	0,27			0,42		2,2
	Δ lệch chân (%)	0,16	1			0,5		0,06
	Nash-Sutcliffe	0,83	0,8			0,87		0,81
Kiểm định 2011	Δ lệch đỉnh (%)		1,5		1,9	1,23	2,3	4,7
	Δ lệch chân (%)		0		0,2	0,2	0,6	0,23
	Nash-Sutcliffe		0,89		0,87	0,92	0,75	0,78

b. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 21

Đối với mô hình 2 chiều, kế thừa từ báo cáo đã thực hiện trước đây, việc hiệu chỉnh được thực hiện cho năm 2005 và kiểm định cho các năm 2009, 2010, 2011 nhằm xem xét tính ổn định của bộ thông số và giảm thiểu sai số trong quá trình kết nối 1-2D. Việc hiệu chỉnh và kiểm định tham số cho mô hình MIKE 21 đối với mực nước tại trạm Sầm

Sơn và Hòn Dấu bằng sự thay đổi hệ số nhám (M) vùng ngoài khơi và vùng cửa sông ven biển tương ứng trên toàn miền tính. Qua điều chỉnh với các bộ thông số nhám khác nhau, hệ số nhám vùng cửa sông ven biển được lựa chọn có thể cho gần tương đương với nhám lòng sông (36-45) và nhám vùng ngoài khơi do có độ sâu lớn nên giá nằm trong khoảng 46-60.



Bảng 3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mực nước mô hình 2D

Năm	Trạm	Nash-Sutcliffe	Δ đỉnh (m)	Δ chân (m)
2005	Hòn Dấu	0,89	0,31	0,22
	Sầm Sơn	0,89	0,02	0,01
2009	Hòn Dấu	0,87	0,08	0,21
	Sầm Sơn	0,94	0,12	0,028
2010	Hòn Dấu	0,88	0,04	0,2
	Sầm Sơn	0,99	0,05	0,08
2011	Hòn Dấu	0,88	0,12	0,25
	Sầm Sơn	0,98	0,07	0,07

Có thể thấy, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mực nước tại trạm Hòn Dấu qua các năm đảm bảo khá tốt với chỉ số Nash nằm trong khoảng 0,87 - 0,90 trong khi đó Sầm Sơn luôn đạt Nash từ 0,89 - 0,99. Sai số lệch chân và đỉnh còn chưa tốt có thể do việc kiểm tra tiến hành tại trạm khu vực gần bờ là vùng nước nông nên dễ dẫn đến những biến đổi bất thường về mực nước. Tuy nhiên, mô hình vẫn mô phỏng được kết quả tốt về pha dao động tại cả 2 trạm qua các năm khác nhau.

Với kết quả hiệu chỉnh và kiểm định quá trình triều như trên, quá trình truyền tải chất được tính toán mô phỏng bằng mô đun Transport và tiến hành điều chỉnh thông số khuếch tán D trên miền tính MT1 trong phạm vi từ 0 - 1. Trong đó, điều kiện biên mặn được tính tại 2 vị trí như trong tính toán thủy lực với giá trị mặn được coi là 35 ‰. Kết quả

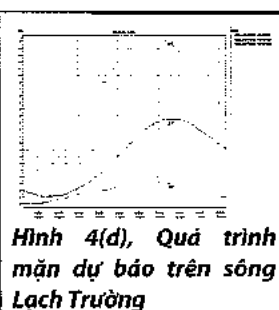
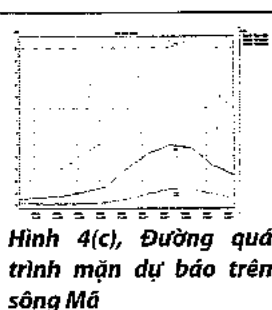
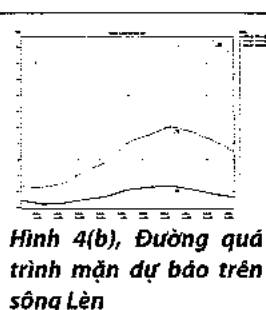
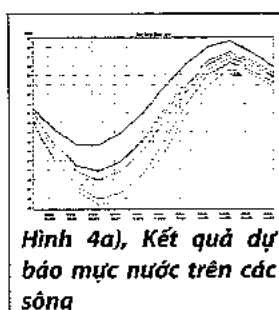
cho thấy mô hình MIKE 21 có thể mô phỏng tốt quá trình thủy động lực trong khu vực biển Vịnh Bắc Bộ và vùng ven biển Thanh Hóa. Do đó, có thể sử dụng để tính toán, dự báo độ mặn và mực nước triều tại các biên phục vụ dự báo độ mặn cho vùng cửa sông.

c. Dự báo thử nghiệm cho năm 2012

Dựa trên cơ sở biên dưới là đường quá trình mực nước diễn biến độ mặn được dự báo từ mô hình MIKE 21 với hệ thống biên trên là độ mặn được gán bằng 0 và lưu lượng thực đo được cập nhật bắt đầu từ thời điểm dự báo 7 giờ ngày 14/03/2012 đến thời điểm kết thúc dự báo là 7 giờ ngày 22/03/2012. Với thời gian dự kiến được giả thiết ban đầu là 24 giờ kết quả dự báo từ bộ mô hình và thông số trên cho thấy sự phù hợp khá tốt giữa mực nước, độ mặn dự báo và thực đo.

Bảng 4. So sánh kết quả dự báo và thực đo lúc 7 giờ tại vị trí các trạm

TT	Sông	Trạm	Smax thực đo (‰)	Smax dự báo (‰)	Chênh lệch thời gian xuất hiện đỉnh (h)
1	Mã	Giàng	0,26	0,4	1
2		Hàm Rồng	1	2,4	0
3		Nguyệt Viên	2,73	3,6	1,5
4	Lạch Trường	Cự Đà	0,84	1,1	4
5		Vạn Ninh	2,72	3,3	2
6		Hoàng Hà	5,1	7,1	3
7	Lèn	Cự Thôn	0,67	0,7	0
8		Yên Ổn	2,52	3,5	0
9		Phà Thắm	5,2	6,6	1



Từ bảng kết quả dự báo thử nghiệm (bảng 4) cho giai đoạn trên cho thấy các con mặn nhìn chung đã bắt được đỉnh cả về thời gian và giá trị đỉnh. Tuy nhiên tại vị trí trạm Cự Đà và Hoàng Hà trên sông Lạch Trường, dự báo thời gian xuất hiện đỉnh mặn có sai số lớn nhất so với các trạm còn lại, đây cũng các vị trí mà trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định thường mô hình mô phỏng chưa được tốt. Tại 3 trạm cửa sông trên hệ thống sông Mã thời gian lệch đỉnh của dự báo và thực đo không sai khác nhau nhiều, giá trị đỉnh mặn tại 3 trạm cửa sông đều không có sự biến động mạnh so với thực đo.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình triều-mặn với kết quả khá tốt trên hệ thống sông Mã, đồng thời đã tiến hành dự báo thử nghiệm cho mùa kiệt năm 2012 với kết quả khá tốt. Qua đó, có thể thấy về cơ bản với các bộ thông số được lựa chọn thì mô hình có thể mô phỏng, dự báo mặn cho hệ thống sông Mã. Từ đó, bước đầu có thể sử dụng bộ mô hình trên phục vụ cho dự báo thử nghiệm xâm nhập mặn cho vùng hạ lưu hệ thống sông Mã. Đồng thời trong quá trình dự báo thử nghiệm cần tiếp tục cập nhật tham số, tài liệu địa hình để từng bước hoàn thiện mô hình cho dự báo tác nghiệp.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Quý Nhân, Đào Trọng Tú, Lê Đình Dũng và các đồng nghiệp (2012), Báo cáo tổng kết dự án "Xây dựng cơ sở dữ liệu tài nguyên nước tỉnh Thanh Hóa", Trung tâm quy hoạch và điều tra tài nguyên nước, Bộ tài nguyên và môi trường, tr156-192
2. Lê Thanh Hà (2004), Nghiên cứu khả năng dự báo xâm nhập vùng đồng bằng sông Hồng – sông Thái Bình bằng mô hình toán, Tạp chí KTTV tháng 7 số 523.
3. MIKE DHI (2007). User guide,

TẠP CHÍ

328

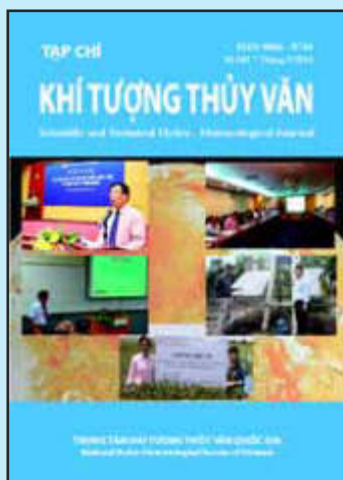
ISSN 0866 - 8744
Số 645 * Tháng 9/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TÔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngử | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khảm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lã Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa:

Giá bán: 25.000 đồng

329

Số 645 * Tháng 9 năm 2014

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

1

ThS. **Hoàng Văn Đại**, PGS. TS. **Trần Hồng Thái**: Nghiên cứu mô hình thủy động lực 1-2 chiều để dự báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã

7

PGS.TS. **Lê Văn Thắng**, ThS. **Nguyễn Đình Huy**, ThS. **Hoàng Ngọc Tường Vân**: Đức kết kinh nghiệm và tri thức bản địa của cộng đồng người dân miền Trung Việt Nam trong việc phòng, tránh một số loại hình thiên tai

13

PGS.TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS.TS. **Trần Ngọc Anh**, ThS. **Đặng Đình Khá**, ThS. **Nguyễn Xuân Tiến**, CN. **Lê Viết Thìn**: Thử nghiệm đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến ngập lụt khu vực hạ lưu sông Lam

21

PGS.TS. **Nguyễn Đình Tuấn**, NCS. **Báo Văn Tuy**: Tác động của biến đổi khí hậu đến tỉnh An Giang và giải pháp ứng phó

27

ThS. **Trần Phương**, TS. **Nguyễn Văn Liêm**, KS. **Ngô Sỹ Giai**, ThS. **Nguyễn Đăng Mậu**, TS. **Mai Văn Khiêm**: Nghiên cứu đề xuất phương pháp đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến đa dạng sinh học ở Việt Nam

31

TS. **Lương Thu Hằng**: Đánh giá tác động của bão và triều cường đến sinh kế của nhóm người nghèo vùng ven biển, hải đảo Bắc Bộ

36

NCS. **Lưu Đức Dũng**, NCS. **Hoàng Văn Đại**, ThS. **Nguyễn Khánh Linh**: Đánh giá tình trạng xâm nhập mặn khu vực hạ lưu sông Mã, tỉnh Thanh Hóa

41

ThS. **Trần Duy Hiền**, PGS.TS. **Trần Hồng Thái**: Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến năng suất và thời gian sinh trưởng của một số cây trồng nông nghiệp ở Đà Nẵng

46

ThS. **Nguyễn Văn Chuyên**, PGS.TS. **Vũ Xuân Nghĩa**, PGS. TS. **Nguyễn Tùng Linh**, TS. **Hoàng Cao Sạ**: Liên quan giữa vector truyền bệnh sốt xuất huyết Dengue, sốt rét với biến đổi khí hậu tại tỉnh Kiên Giang

51

TS. **Đào Ngọc Hùng**: Giáo dục biến đổi khí hậu cho học sinh trung học ở Đồng bằng sông Cửu Long thông qua phương pháp tiếp cận đa phương tiện

55

TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Một số đặc trưng bùn cát lưu vực sông Đà

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

58

Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 8 năm 2014 - **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu**

68

Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 8 - 2014 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ THỜI GIAN SINH TRƯỞNG CỦA MỘT SỐ CÂY TRỒNG NÔNG NGHIỆP Ở ĐÀ NẴNG

ThS. **Trần Duy Hiền** - Vụ Khoa học và Công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường

PGS.TS. **Trần Hồng Thái** - Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia

Sản xuất nông nghiệp chịu sự chi phối trực tiếp của điều kiện khí hậu, hiệu quả của các biện pháp kỹ thuật canh tác, năng suất và chất lượng nông sản... phụ thuộc nhiều vào điều kiện khí hậu. Những thiệt hại do yếu tố khí hậu thời tiết, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) hiện nay, đã gây ra đối với sản xuất nông nghiệp ở Đà Nẵng là vấn đề thực tế, cấp thiết cần nghiên cứu đánh giá tác động và đề ra các biện pháp thích ứng sao cho phù hợp với điều kiện của địa phương. Có nhiều phương pháp nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến các đối tượng nông nghiệp cụ thể (lúa, ngô, lạc...) trong đó có phương pháp mô hình mô phỏng. Mô hình DSSAT đã và đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới và Việt Nam với các nghiên cứu ứng dụng trong đánh giá năng suất các cây trồng. Đặc biệt trong bối cảnh BĐKH, mô hình này có thể sử dụng trong việc mô phỏng đánh giá tác động của sự thay đổi điều kiện khí hậu đến sinh trưởng, phát triển và hình thành năng suất một số cây trồng nông nghiệp trong đó có cây lúa và cây ngô. Kết quả nghiên cứu cho thấy năng suất lúa vụ hè – thu trung bình trong giai đoạn từ 2020 đến 2100 giảm khoảng 4,9% so với năng suất lúa vụ hè – thu năm 2012, ngược lại trong vụ đông – xuân tăng khoảng 3,1%. Năng suất ngô tính trung bình từ 2020 – 2100 giảm khoảng 0,6% so với năng suất ngô năm 2012.

1. Đặt vấn đề

Đà Nẵng là trung tâm kinh tế, chính trị của miền Trung. Miền Trung nói chung và Đà Nẵng nói riêng có điều kiện khí hậu khắc nghiệt, đặc biệt BĐKH đã tác động không nhỏ đến tình hình sản xuất nông nghiệp. Chính vì vậy, cần phải nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất và thời gian sinh trưởng của một số cây trồng nông nghiệp, qua đó đề ra các giải pháp thích ứng sao cho phù hợp với định hướng phát triển ngành nông nghiệp của Đà Nẵng. Hiện nay, trên Thế giới, có nhiều phương pháp nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất và thời gian sinh trưởng của một đối tượng nông nghiệp cụ thể trong đó có phương pháp mô hình mô phỏng. Hiệp hội quốc tế về áp dụng các hệ thống nông nghiệp đã kết hợp các phương pháp luận về hệ thống nông nghiệp, tài nguyên thiên nhiên trên thế giới để nghiên cứu xây dựng mô hình hệ thống hỗ trợ ra quyết định chuyển giao kỹ thuật nông nghiệp (DSSAT). Đây là một bộ phần mềm tích hợp tác động của thổ nhưỡng, kiểu hình, kiểu gen cây trồng, thời tiết và

biện pháp kỹ thuật canh tác. Mô hình này đã và đang được áp dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia với các nghiên cứu ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp.

Ana Iglesias đã hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình CERES-Wheat và CERES-Maize trong mô hình DSSAT để mô phỏng và đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất lúa mì và ngô tại Sevilla, Tây Ban Nha [4]. Nguyễn Thị Hiền Thuận [2] đã sử dụng mô hình DSSAT mô phỏng năng suất lúa cho một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long theo các kịch bản biến đổi khí hậu ứng với nồng độ CO₂ trong khí quyển ở mức 540ppm và 720ppm. Kết quả nghiên cứu cho thấy năng suất lúa ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long có xu thế giảm xuống do BĐKH, với các mức độ khác nhau và tùy theo từng địa phương, từng thời vụ gieo trồng. Ngô Tiến Giang [1] đã nghiên cứu đầu thử nghiệm mô hình DSSAT đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất lúa ở Vĩnh Phúc. Nghiên cứu này đã sử dụng kịch bản BĐKH với các mức tăng về nhiệt độ, mức thay đổi lượng mưa và tăng nồng độ khí CO₂ theo các thập kỷ từ

2020 - 2100.

Tuy nhiên, các nghiên cứu trên mới đề cập đến một đối tượng nông nghiệp cụ thể cho một khu vực cụ thể. Riêng đối với ngành nông nghiệp của Đà Nẵng nói chung và một số cây trồng nông nghiệp nói riêng đang đứng trước những thách thức, khó khăn đặc biệt trong bối cảnh BĐKH hiện nay. Việc nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất và thời gian sinh trưởng của cây lúa và ngô khu vực Đà Nẵng, để ra các giải pháp thích ứng trong tương lai là vấn đề cấp thiết cần nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu

Mô hình DSSAT cho phép đánh giá ảnh hưởng tổng hợp nhiều nhóm các yếu tố có tác động đến sinh trưởng, phát triển và hình thành năng suất của cây lúa và ngô, trong đó có tính đến các đặc trưng địa lý, đất đai, cây trồng, kỹ thuật canh tác, điều kiện khí hậu, thời tiết và sự BĐKH (nhiệt độ, lượng mưa, bức xạ, ...). Điều kiện khí hậu giai đoạn 2006 - 2012, kịch bản BĐKH trung bình (B2) giai đoạn 2020 - 2100 tại trạm Đà Nẵng, vật hậu (giống lúa HT1 [5], giống ngô LVN25 [6]) và tình hình sản xuất nông nghiệp, đất trồng khu vực nghiên cứu được thu thập và xử lý để thực hiện tham số hoá, mô phỏng đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất và thời gian sinh trưởng của lúa và ngô tại Đà Nẵng.

Các hệ số gen của cây trồng (giống lúa HT1, giống ngô LVN25) được mô phỏng hiệu chỉnh, kiểm nghiệm cho khu vực nghiên cứu trước khi tiến hành

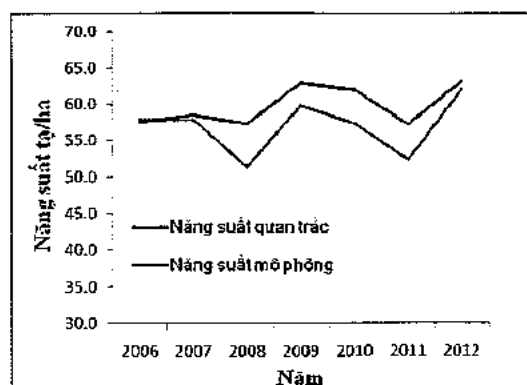
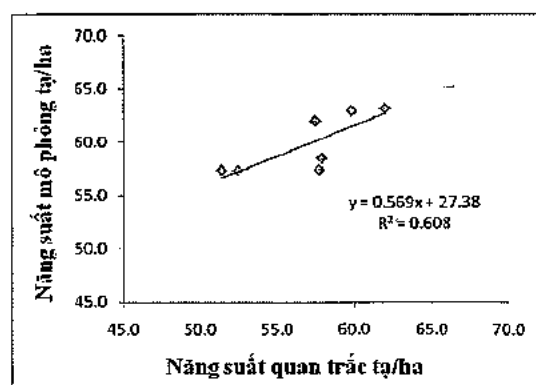
mô phỏng dự báo cho thời kỳ tương lai. Trên quan điểm giả thiết giống ngô, lúa trong tương lai không thay đổi, các biện pháp kỹ thuật không được cải tiến,... Nghiên cứu này sử dụng mô hình DSSAT để mô phỏng và đánh giá tác động của BĐKH đến năng suất và thời gian sinh trưởng của ngô vụ hè - thu, lúa vụ đông - xuân và lúa vụ hè - thu ở Đà Nẵng. Năng suất ngô, lúa thực tế của địa phương năm 2012 để so sánh mức thay đổi năng suất ngô, lúa trong tương lai.

3. Kết quả và thảo luận

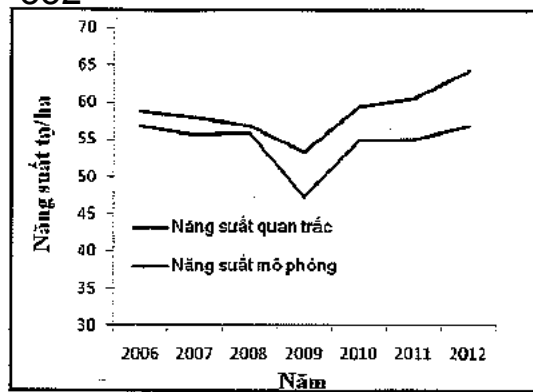
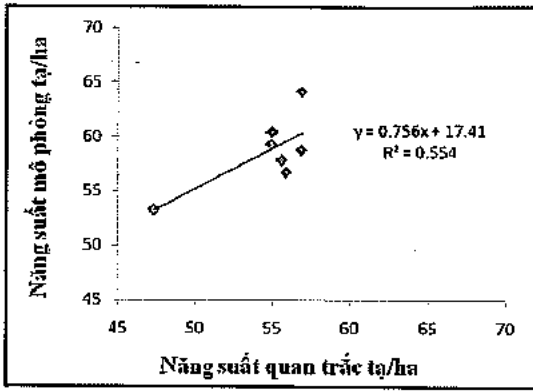
a. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm

1) Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm giống lúa HT1

Tiến hành hiệu chỉnh mô hình với lần lượt các tổ hợp hệ số gen của giống lúa HT1 trong vụ đông - xuân, bài báo lựa chọn được bộ tham số cho kết quả mô phỏng tốt, với hệ số tương quan khá cao ($R = 0,78$) với thời gian sinh trưởng trong giai đoạn hiện tại dao động trong khoảng 105 - 116 ngày. Bộ tham số này được lựa chọn để tiến hành kiểm nghiệm độc lập trong vụ hè - thu cùng với giống lúa HT1 và biện pháp kỹ thuật canh tác như trong vụ đông - xuân. Kết quả kiểm nghiệm cho thấy, quan hệ giữa năng suất mô phỏng với năng suất lúa thực tế khá cao ($R = 0,75$), thời gian sinh trưởng dao động trong khoảng 102 - 114 ngày. Như vậy bộ tham số này hoàn toàn đủ điều kiện tin cậy để tiến hành mô phỏng năng suất lúa trong tương lai cho khu vực nghiên cứu. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình được trình bày tại hình 1, 2.



Hình 1. Quan hệ giữa năng suất mô phỏng và năng suất quan trắc giống lúa HT1 vụ đông - xuân tại Đà Nẵng

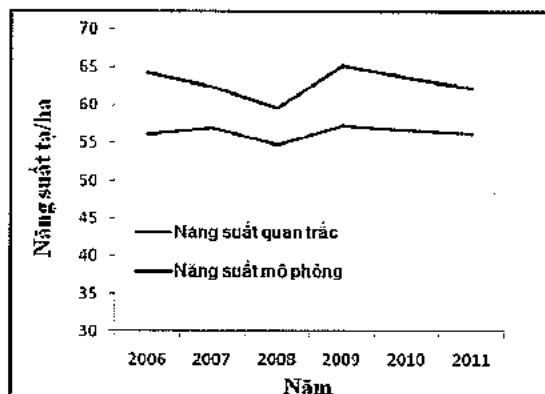
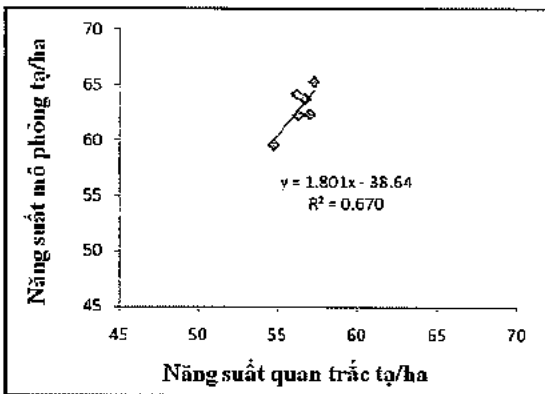


Hình 2. Quan hệ giữa năng suất mô phỏng và năng suất quan trắc giống lúa HT1 vụ hè - thu tại Đà Nẵng

2) Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm giống ngô LVN25

Để hiệu chỉnh và kiểm nghiệm để lựa chọn bộ tham số mô hình phù hợp cho mô phỏng năng suất giống ngô LVN25 trong tương lai cho Đà Nẵng, bài báo đã lựa chọn được bộ tham số cho kết quả mô phỏng tốt với hệ số tương quan $R = 0,82$ và thời gian sinh trưởng trong giai đoạn hiện tại dao động trong khoảng 108 – 118 ngày. Bộ tham số này được

lựa chọn để kiểm định trong vụ ngô hè – thu năm 2012 tại Đà Nẵng, kết quả kiểm nghiệm cho thấy mức độ chênh lệch giữa năng suất mô phỏng với năng thực tế là 560 kg/ha tương đương 9,7%. Vậy mức độ sai khác giữa mô phỏng và quan trắc thực tế nằm trong khoảng sai số cho phép của thí nghiệm đồng ruộng (10%). Kết quả hiệu chỉnh được trình bày ở hình 3.



Hình 3. Quan hệ giữa năng suất mô phỏng và năng suất quan trắc giống ngô LVN25 vụ hè - thu tại Đà Nẵng

b. Đánh giá tác động của BĐKH

2) Tác động đối với cây lúa

Bộ tham số mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm nghiệm, cùng với kịch bản BĐKH B2 tại trạm Đà Nẵng được sử dụng để mô phỏng năng suất lúa trong tương lai. Kết quả mô phỏng được trình bày ở bảng 1, 2 và hình 4.

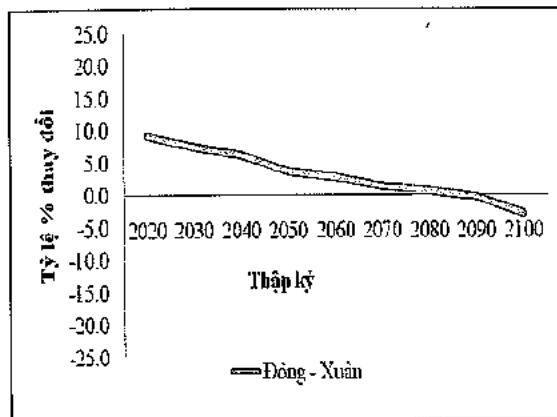
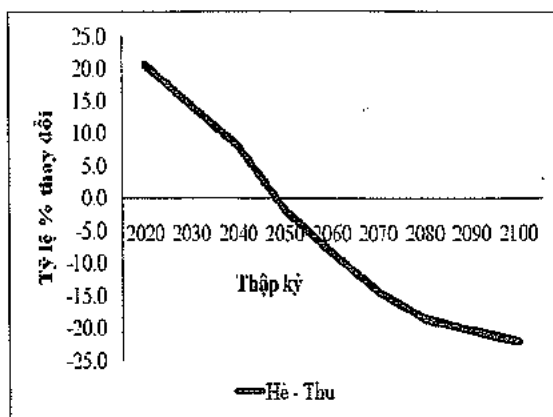
Năng suất lúa vụ đông – xuân trong tương lai ở Đà Nẵng có xu hướng giảm dần so với năng suất

lúa vụ đông – xuân của Đà Nẵng năm 2012 (62,0 tạ/ha). Từ thập kỷ 2020 đến thập kỷ 2080, năng suất lúa có giảm nhưng so với năng suất lúa năm 2012 thì vẫn cao hơn khoảng từ 0,6% - 9,0%, từ giữa thập kỷ 2090 đến 2100 năm suất lúa giảm và thấp hơn so với năm 2012 khoảng từ 0,3% - 2,9%, trung bình từ 2020 – 2100 thì năng suất lúa đông – xuân tăng khoảng 3,1% so với năng suất lúa năm 2012.

Ngược lại năng suất lúa vụ hè – thu trung bình từ 2020 – 2100, giảm so với năng suất lúa vụ hè –

thu năm 2012 (56,86 tạ/ha) khoảng 4,9%. Từ thập kỷ 2020 – 2040, năng suất lúa có xu hướng giảm nhưng so với suất lúa năm 2012 thì vẫn cao hơn

khoảng 7,9% – 20,5%, từ thập kỷ 2050 – 2100 năng suất lúa giảm và thấp hơn so với năng suất lúa năm 2012 khoảng từ 2,0% – 20,7%.



Hình 4. Mức thay đổi năng suất lúa vụ đông – xuân và vụ hè – thu trong tương lai so với năng suất lúa thực tế năm 2012 của Đà Nẵng

BĐKH không những ảnh hưởng đến năng suất lúa mà còn ảnh hưởng đến thời gian sinh trưởng của cây lúa. Kết quả mô phỏng cho thấy, với giống lúa HT1 có thời gian sinh trưởng từ 113 – 118 ngày trong vụ đông – xuân và từ 116 – 122 ngày trong

vụ hè – thu ở thời điểm hiện tại. Do ảnh hưởng của BĐKH nên thời gian sinh trưởng của giống lúa này có thể bị rút ngắn khoảng 8 ngày trong vụ đông – xuân và 14 ngày trong vụ hè – thu vào năm 2100.

Bảng 1. Kết quả mô phỏng năng suất lúa vụ đông – xuân ở khu vực nghiên cứu trong tương lai ở Đà Nẵng

Thập kỷ	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Năng suất (tạ/ha)	67,6	66,6	65,8	64,2	63,7	62,8	62,4	61,8	60,2
Thời gian sinh trưởng (ngày)	119	118	116	114	112	112	110	110	108

Bảng 2. Kết quả mô phỏng năng suất lúa vụ hè – thu ở khu vực nghiên cứu trong tương lai ở Đà Nẵng

Thập kỷ	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Năng suất (tạ/ha)	68,52	64,92	61,36	55,75	52,05	48,59	46,13	45,1	44,17
Thời gian sinh trưởng (ngày)	116	115	113	111	109	107	107	105	105

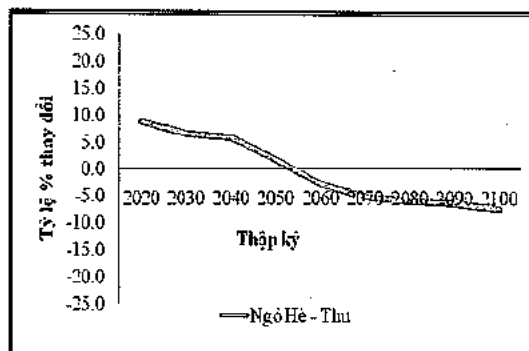
2) Tác động đối với cây ngô

Sử dụng bộ tham số mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm nghiệm, cùng với kịch bản BĐKH B2 tại trạm Đà Nẵng để mô phỏng năng suất ngô trong tương

lai. Kết quả mô phỏng được trình bày ở bảng 3 và hình 5 cho thấy: năng suất ngô trong tương lai ở Đà Nẵng có xu hướng giảm dần so với năng suất ngô trung bình của Đà Nẵng năm 2012 (57,55 tạ/ha). Từ

thập kỷ 2020 đến giữa thập kỷ 2050 mặc dù năng suất có giảm nhưng so với năng suất ngô năm 2012 thì vẫn cao hơn khoảng từ 1,7 - 8,8%, từ giữa thập kỷ 2050 đến 2100 năng suất ngô giảm và thấp hơn so với năm 2012 khoảng từ 2,9 - 6,4%, tính trung bình từ 2020 - 2100 thì năng suất ngô giảm khoảng 0,6% so với năng suất ngô năm 2012. BĐKH không những ảnh hưởng đến năng suất ngô mà còn ảnh

hưởng đến thời gian sinh trưởng của cây ngô. Kết quả mô phỏng cho thấy, với giống ngô LVN25 có thời gian sinh trưởng trung bình (110 - 122 ngày) ở thời điểm hiện tại nhưng trong tương lai do ảnh hưởng của BĐKH nên thời gian sinh trưởng của giống ngô này có thể bị rút ngắn còn khoảng 100 ngày vào năm 2100.



Bảng 3. Kết quả mô phỏng năng suất ngô ở khu vực nghiên cứu trong tương lai

Thập kỷ	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Năng suất (tạ/ha)	62,61	61,29	60,88	58,51	55,86	54,47	54,1	53,88	53,2
Thời gian sinh trưởng (ngày)	106	105	105	105	102	102	101	101	100

4. Kết luận

BĐKH ảnh hưởng đến năng suất và thời gian sinh trưởng của một số cây trồng nông nghiệp trong đó có lúa và ngô trong tương lai ở Đà Nẵng. Năng suất lúa vụ đông - xuân tính trung bình từ thập kỷ 2020 - 2100 sẽ tăng khoảng 3,1% so với năm 2012, ngược lại năng suất lúa vụ hè - thu tính trung bình từ thập kỷ 2020 - 2100 sẽ giảm khoảng 4,9% so với năm 2012. Trung bình giai đoạn 2020 -

2100 thì năng suất ngô giảm khoảng 0,6% so với năng suất ngô năm 2012.

Thời gian sinh trưởng của giống lúa HT1 có thể bị rút ngắn khoảng 7 ngày trong vụ đông - xuân và 14 ngày trong vụ hè - thu vào năm 2100. Trung bình thời gian sinh trưởng của giống lúa HT1 bị rút ngắn khoảng 8 ngày. Thời gian sinh trưởng của giống ngô LVN25 có thể bị rút ngắn khoảng 16 ngày vào năm 2100.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ngô Tiên Giang & nkk (2010), Thử nghiệm áp dụng mô hình DSSAT mô phỏng năng suất lúa - Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học lần thứ XIII.
2. Nguyễn Thị Hiền Thuận, Nguyễn Thị Phương (2008), Kết quả nghiên cứu bước đầu về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới sản xuất lúa ở một số tỉnh Đồng bằng Sông Cửu long. Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường năm 2004.
3. Nguyễn Quý Vinh & nkk (2011). Nghiên cứu ứng dụng mô hình DSSAT đánh giá điều kiện khí tượng nông nghiệp trên cơ sở thông tin dự báo khí hậu. Đề tài cấp cơ sở, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường.
4. Ana Iglesias. Use of DSSAT models for climate change impact assessment: Calibration and validation of CERES- wheat and CERES Maize in Spain. Universitas Politecnica de Madrid Contribution to: CGE Hands -on- Training workshop on V & A Assessment of the Asia and the Pacific Region Jakarta, 20-22Marh 2006-03-21.
5. www.snnptnt.danang.gov.vn/thong-tin-tuyen-truyen/928-quy-trinh-san-xuat-giong-lua-trung-ngan-ngay.html.
6. <http://trungtamngo.com/chi-tiet-san-pham/giong-ngo-lvn25/64.html>.

KHÍ TƯỢNG HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG

KHÍ TƯỢNG HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG

Scientific and Technical Journal of Meteorology and Environment

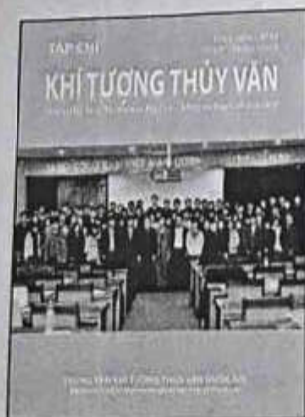
Ngày 15 tháng 3 năm 2014

"Thời tiết và Môi trường sống của con người"



336 Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP: TS. Nguyễn Kiên Dũng
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP: TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngữ | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khảm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tạng |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Việt Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư ký tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: Khóa đào tạo về biến đổi khí hậu cho nghiên cứu
sinh tại Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Giá bán: 25.000 đồng

- 1 **Thông điệp ngày Khí tượng Thế giới 23/3/2014**
- 3 **Lê Ngọc Quyên:** Tuổi trẻ Khí tượng Thủy văn hãy cũng hành động
- 5 **Nguyễn Xuân Hiến, Trần Thực, Vũ Khắc Quyết, Khương Văn Hải, Nguyễn Thị Thanh:** Xu thế thay đổi của nhiệt độ mặt nước biển khu vực biển Việt Nam
- 10 **Trần Duy Hiến, Trần Hồng Thái, Nguyễn Đăng Mậu:** Đánh giá biểu hiện của biến đổi khí hậu ở Đà Nẵng
- 16 **Nguyễn Văn Thắng, Mai Văn Khiêm, Wataru Takeuchi, Văn Ngọc An:** Nghiên cứu đề xuất hệ thống giám sát hạn hán thời gian thực ở Việt Nam
- 21 **Mai Văn Khiêm, Tạ Hữu Chính, Nguyễn Thị Diễm Hương:** Thử nghiệm dự báo hạn hán tại Việt Nam bằng sản phẩm dự báo của một số mô hình toàn cầu
- 26 **Huỳnh Thị Lan Hương, Trần Phương, Đỗ Tiến Anh, Đào Minh Trang:** Đánh giá hiệu quả các hoạt động thích ứng với biến đổi khí hậu thông qua bộ chỉ số
- 30 **Trần Thực, Nguyễn Xuân Hiến, Phạm Văn Tiến:** Tính toán nguy cơ gây ngập bởi nước biển dâng do siêu bão
- 37 **Nguyễn Văn Thắng, Ngô Tiến Giang, Nguyễn Đăng Mậu, Trần Minh Tuyến:** Nghiên cứu sử dụng chỉ số hạn PALMER để nhận định diễn biến hạn vùng đồng bằng Bắc Bộ
- 43 **Võ Ngọc Dũng, Huỳnh Thị Lan Hương, ThS. Chu Thị Thanh Hương:** Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nhu cầu nước cho canh tác lúa trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi
- 49 **Nguyễn Văn Thắng, Mai Văn Khiêm, Nguyễn Đăng Mậu, Trương Đức Trí:** Nghiên cứu xác định chỉ tiêu hạn hán cho vùng Nam Trung Bộ
- 56 **Nguyễn Văn Thắng, Mai Văn Khiêm, Lê Thị Tuyết, Trương Đức Trí:** Diễn biến các đặc trưng hạn hán khu vực Bắc Trung Bộ thời kỳ 1961 - 2010
- Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn**
- 61 **Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp và thủy văn tháng 2 năm 2014 Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường**
- 70 **Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 2 - 2014 (Trung tâm Mạng lưới Khí tượng Thủy văn và Môi trường)**

ĐÁNH GIÁ BIỂU HIỆN CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU Ở ĐÀ NẴNG

Trần Duy Hiên - Vụ Khoa học Công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường

Trần Hồng Thái - Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Nguyễn Đăng Mậu - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Bài báo trình bày kết quả đánh giá biến đổi khí hậu trên khu vực Đà Nẵng thông qua số liệu quan trắc được cập nhật đến năm 2010. Kết quả phân tích cho thấy, nhiệt độ trung bình tháng 1 có xu thế tăng, nhiệt độ trung bình tháng 7 có xu thế giảm và nhiệt độ trung bình năm có xu thế tăng nhẹ. Nhiệt độ tối cao tuyệt đối, số ngày nắng nóng, số ngày nắng nóng gay gắt có xu thế giảm. Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối có xu thế tăng; kéo theo đó là số ngày có lạnh ($1m \leq 21^{\circ}C$) và số ngày rét đậm ($1m < 15^{\circ}C$) có xu thế giảm. Lượng mưa mùa khô, mùa mưa và lượng mưa năm đều có xu hướng tăng, với mức tăng vào mùa mưa nhanh hơn so với mùa khô. Số ngày mưa lớn và số ngày mưa rất lớn trên khu vực Đà Nẵng cũng có xu thế tăng nhẹ.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, cực đoan khí hậu

1. Mở đầu

Sự nóng toàn cầu đã được minh chứng rõ ràng thông qua số liệu quan trắc của nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển, cũng như quá trình tan băng. Các quan trắc cho thấy, nhiệt độ tăng trên quy mô toàn cầu và tăng nhiều hơn ở các vĩ độ cực bắc. Trong 100 năm qua (1906 - 2005), nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng khoảng $0,74^{\circ}C$, tốc độ tăng của nhiệt độ trong 50 năm gần đây gần gấp đôi so với 50 năm trước đó. Lượng mưa tăng lên ở các đới phía bắc vĩ độ $30^{\circ}B$ và giảm đi ở các vĩ độ nhiệt đới, kể từ giữa những năm 1970. Ở khu vực nhiệt đới, mưa giảm đi ở Nam Á và Tây Phi với trị số xu thế là $7,5\%$ cho cả thời kỳ 1901-2005. Ở đới vĩ độ trung bình và vĩ độ cao, lượng mưa tăng lên rõ rệt ở miền Trung Bắc Mỹ, Đông Bắc Mỹ, Bắc Âu, Bắc Á và Trung Á. Tần số mưa lớn tăng lên trên nhiều khu vực, kể cả những nơi lượng mưa có xu thế giảm đi (IPCC, 2007) [6].

Ở Việt Nam, xu thế biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa là rất khác nhau trên các vùng trong 50 năm qua. Nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng $0,5^{\circ}C$ trên phạm vi cả nước và lượng mưa có xu hướng giảm ở nửa phần phía bắc, tăng ở phía nam lạnh thổ (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012) [1].

Đà Nẵng là thành phố thuộc vùng Trung Trung Bộ, là trung tâm kinh tế, văn hoá, giáo dục, khoa học và công nghệ lớn của khu vực miền Trung - Tây Nguyên. Đây cũng là nơi chịu nhiều ảnh hưởng của hiện tượng cực đoan như bão, áp thấp nhiệt đới, lũ

lụt, hạn hán, lốc tố, ... Năm 2013, cơn bão Nari đổ bộ trực tiếp vào thành phố đã gây tác hại nặng nề: tổng số nhà dân bị sập là 353 nhà; tổng thiệt hại ước hai ước tính 886,6 tỷ đồng; đợt lũ giữa tháng 11 đã gây thiệt hại 150 tỷ đồng. Nhằm cung cấp thông tin cho việc hoạch định các giải pháp ứng phó với tác động của biến đổi khí hậu, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu "Đánh giá biểu hiện của biến đổi khí hậu ở Đà Nẵng". Nghiên cứu tập trung đánh giá xu thế, diễn biến điều kiện khí hậu và các cực đoan liên quan đến lượng mưa và nhiệt độ thời kỳ 1961 - 2010.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, số liệu trung bình tháng của nhiệt độ và lượng mưa thời kỳ 1961-2010 được sử dụng. Ngoài số liệu quan trắc ngày đối với lượng mưa, nhiệt độ tối cao và tối thấp được thu thập trong thời kỳ 1976-2010.

Mức độ và xu thế biến đổi của các yếu tố khí hậu, được thực hiện thông qua hai đặc trưng thống kê là: Độ lệch tiêu chuẩn (S) và Biến suất (Sr):

$$S = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}; \text{ và } S_r = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Tốc độ biến đổi theo thời gian được xác định theo phương pháp phân tích xu thế. Theo phương pháp này, mối quan hệ giữa yếu tố x và thời gian t được xác định dưới dạng phương trình tuyến tính:

$$x_t = b_0 + b_1 t$$

Với b_0 và b_1 được ước tính theo phương pháp bình phương tối thiểu:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} ; \quad b_0 = \bar{x} - b_1 \bar{t}$$

Các đặc trưng thu được từ phương trình bao gồm:

- + Tốc độ xu thế: b_1 .
- + Góc xu thế: b_0 .
- + Mức tăng hay giảm trong thời kỳ nghiên cứu: $D = b_1 n$.
- + Hệ số tương quan (r_{xt}).

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right]^{1/2}}$$

Đối với lượng mưa, để đánh giá mức độ và xu thế biến đổi, chúng tôi sử dụng chuỗi có dạng:

$$TCA(\%) = \frac{R_t - R}{R} \cdot 100$$

ở đây R_t là lượng mưa ở t với năm thứ t ; R là lượng mưa trung bình của thời kỳ nghiên cứu.

Trên cơ sở các chỉ số cực đoan khí hậu đo Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) công bố năm 2010 trong tài liệu "Hướng dẫn phân tích cực đoan trong biến đổi khí hậu nhằm cung cấp thông tin phục vụ thích ứng" (WMO, 2010), bài báo lựa chọn một số chỉ số cực đoan khí hậu bao gồm:

- + Nhiệt độ tối cao tuyệt đối (T_{xx});
- + Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối (T_{nn});
- + Số ngày nắng nóng: Là ngày có nhiệt độ tối cao (T_x) lớn hơn 35°C ;
- + Số ngày nắng nóng gay gắt: Là ngày có nhiệt

độ tối cao (T_x) lớn hơn 37°C ;

+ Số ngày lạnh: Được xác định bằng ngày có nhiệt độ tối thấp (T_n) nhỏ hơn 20°C ;

+ Số ngày rét đậm: Được xác định bằng ngày có nhiệt độ tối thấp (T_n) nhỏ hơn 15°C ;

+ Số ngày mưa lớn: Được xác định bằng số ngày có tổng lượng mưa lớn hơn 50 mm/ngày;

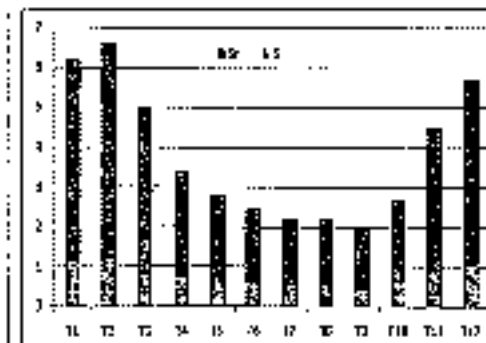
+ Số ngày mưa rất lớn: Được xác định bằng số ngày có tổng lượng mưa lớn hơn 100 mm/ngày.

3. Kết quả và thảo luận

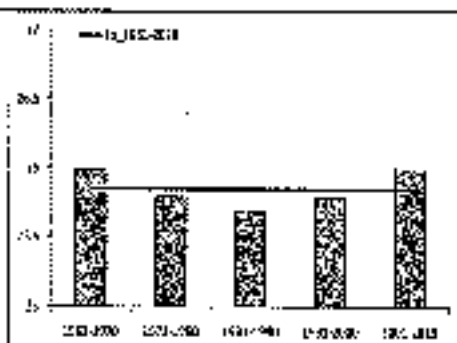
a. Biến đổi nhiệt độ

Mức độ biến đổi hàng năm của nhiệt độ vào tháng 1 (tháng đặc trưng cho mùa đông) có độ lệch tiêu chuẩn (S) là $1,1^\circ\text{C}$; tháng 7 (tháng đặc trưng cho mùa hè) là $0,5^\circ\text{C}$ và chung cho cả năm là $0,3^\circ\text{C}$. Biến suất của nhiệt độ (Sr) tương ứng cho các tháng 1, 7 và cả năm lần lượt là 5,1%, 1,7% và 1,3%. Như vậy, ở Đà Nẵng, mức độ biến đổi của nhiệt độ, xét về trị số tuyệt đối hay biến suất, tương đối lớn trong mùa đông, nhỏ hơn trong mùa hè và cả năm thì mức độ biến đổi là không nhiều (Hình 1).

Mức độ biến đổi theo thập kỷ của nhiệt độ trung bình: Nhiệt độ trung bình tháng 1 trong 2 thập kỷ 1961-1970 và 1971-1980 là $21,4^\circ\text{C}$, giảm chút ít trong thập kỷ tiếp theo. Sang đến thập kỷ 1991-2000, nhiệt độ tăng nhanh lên $21,8^\circ\text{C}$ và đến thập kỷ 2001-2010 là $21,7^\circ\text{C}$. Nhiệt độ trung bình tháng 7 tại Đà Nẵng vào thập kỷ 1961-1970 là $29,5^\circ\text{C}$, giảm dần đến thập kỷ 1981-1990 là $29,0^\circ\text{C}$ (đây là thập kỷ có Ttb tháng 7 thấp nhất). Sau đó nhiệt độ lại tiếp tục tăng dần lên trong 2 thập kỷ tiếp theo, đạt $29,3^\circ\text{C}$ trong thập kỷ 2001-2010. Nhiệt độ trung bình năm tính cho thập kỷ 1961-1970 là $26,0^\circ\text{C}$, giảm xuống thấp nhất là $25,7^\circ\text{C}$ vào thập kỷ 1981-1990. Sau đó lại tăng lên $26,0^\circ\text{C}$ trong thập kỷ 2001-2010.



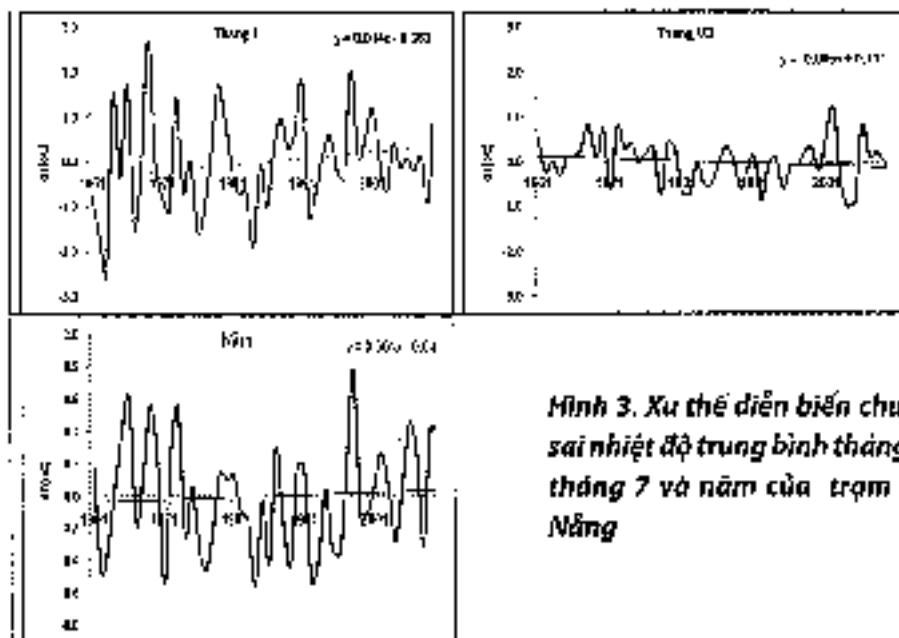
Hình 1. Độ lệch tiêu chuẩn (S) và biến suất (Sr) của nhiệt độ thời kỳ 1961-2010 tại trạm Đà Nẵng



Hình 2. Đặc trưng nhiệt độ trung bình năm các thập kỷ tại trạm Đà Nẵng

Tính xu thế của nhiệt độ được thể hiện thông qua dấu của hệ số tương quan r_x giữa nhiệt độ (x) và thời gian (t) hoặc dấu của hệ số b và tốc độ xu thế của nhiệt độ được thể hiện thông qua độ lớn hệ số b của phương trình xu thế. Xu thế diễn biến chuẩn sai nhiệt độ trung bình tháng 1, tháng 7 và trung bình năm trong giai đoạn 1961-2010. Trong 50 năm qua, nhiệt độ trung bình tháng 1 tại Đà Nẵng có xu thế tăng dần, với mức tăng khoảng

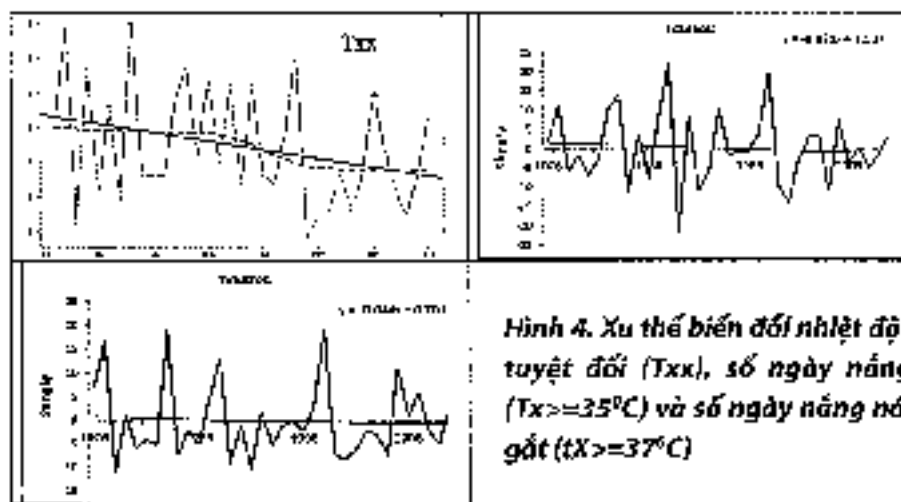
0,14°C/thập kỷ. Ngược lại, nhiệt độ trung bình tháng 7 lại có xu thế giảm, nhưng mức giảm không nhiều, chỉ khoảng 0,05°C/thập kỷ. Nhiệt độ trung bình năm có mức tăng khoảng 0,01°C/thập kỷ. Như vậy có thể thấy, so với cả nước nói chung và khu vực Nam Trung Bộ nói riêng thì nhiệt độ trung bình ở Đà Nẵng trong 50 năm qua có mức tăng thấp hơn, thậm chí nhiệt độ trung bình trong tháng 7 lại có xu hướng giảm (Hình 3).



Hình 3. Xu thế diễn biến chuẩn sai nhiệt độ trung bình tháng 1, tháng 7 và năm của trạm Đà Nẵng

Nhiệt độ tối cao tuyệt đối (T_{xx}) có xu thế giảm trong những năm qua, với tốc độ giảm khoảng 0,25°C/thập kỷ (Hình 4). Cùng với xu thế giảm của nhiệt độ tối cao tuyệt đối, số ngày nắng nóng và số ngày nắng nóng gay gắt cũng có xu thế giảm. Trong đó, số ngày nắng nóng có xu thế giảm

khoảng 0,83 ngày/thập kỷ; và số ngày nắng nóng gay gắt giảm khoảng 0,44 ngày/thập kỷ. Như vậy, số ngày nắng nóng giảm nhanh hơn số ngày nắng nóng gay gắt. Nhìn chung, số ngày nắng nóng và số ngày nắng nóng gay gắt đều có xu thế giảm, tuy nhiên mức độ giảm là khá nhỏ (Hình 4).



Hình 4. Xu thế biến đổi nhiệt độ tối cao tuyệt đối (T_{xx}), số ngày nắng nóng ($T_x \geq 35^\circ\text{C}$) và số ngày nắng nóng gay gắt ($T_x \geq 37^\circ\text{C}$)

Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối có xu thế tăng trong những năm qua trên khu vực Đà Nẵng, với tốc độ tăng khoảng $0,3^{\circ}\text{C}/\text{thập kỷ}$. Cùng với xu thế tăng của nhiệt độ tối thấp, số ngày có nhiệt độ lạnh ($T_{\min} < 20^{\circ}\text{C}$) và số ngày rét đậm ($T_{\min} < 15^{\circ}\text{C}$) cũng có xu thế giảm trong những năm qua trên khu vực Đà Nẵng. Trong đó, số ngày lạnh giảm khoảng 8 ngày/thập kỷ và số ngày rét đậm giảm khoảng 0,46 ngày/thập kỷ (Hình 5).

Số ngày lạnh dao động trong khoảng từ 50 đến 60 ngày mỗi năm, cao nhất là năm 1991 có 98 ngày và thấp nhất là năm 1979 và 1998 có 29 ngày. Đà Nẵng ít bị ảnh hưởng của không khí lạnh, nên số ngày có nhiệt độ tối thấp tuyệt đối nhỏ hơn 15°C (rét đậm) trung bình mỗi năm chỉ có khoảng 1 đến 2 ngày (43% số năm không có ngày nào có $T_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$), cao nhất là năm 2004 có 8 ngày, năm 2006 và 1991 có 6 ngày (Bảng 1).

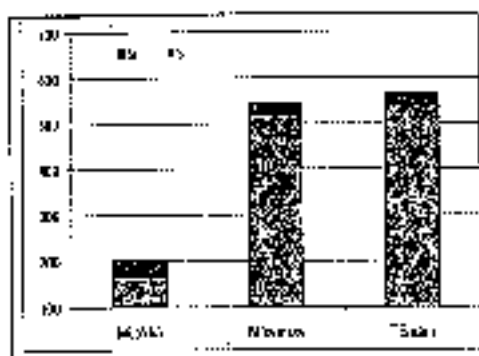
Bảng 1. Số ngày có nhiệt độ $T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} \geq 37^{\circ}\text{C}$, $T_{\min} \leq 20^{\circ}\text{C}$, $T_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$ của trạm Đà Nẵng trong giai đoạn 1976-2010

Năm	$T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$	$T_{\max} \geq 37^{\circ}\text{C}$	$T_{\min} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$T_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$
1976	47	19	85	-4
1977	56	29	98	6
1978	39	1	66	2
1979	43	13	68	0
1980	38	6	54	0
1981	42	8	63	1
1982	55	7	67	8
1983	59	31	66	2
1984	34	5	85	3
1985	48	10	66	0
1986	37	7	70	4
1987	53	17	61	0
1988	67	25	55	0
1989	23	3	70	0
1990	53	11	46	0
1991	34	2	44	0
1992	39	14	62	3
1993	55	7	73	4
1994	43	11	45	2
1995	44	12	53	1
1996	44	10	79	5
1997	49	15	59	1
1998	64	31	29	0
1999	35	5	58	6
2000	31	4	54	0
2001	42	6	50	1
2002	48	10	46	0
2003	48	9	60	0
2004	34	5	64	3
2005	52	23	50	4
2006	41	13	37	0
2007	45	18	39	3
2008	40	10	82	0
2009	43	7	58	1
2010	49	16	29	0

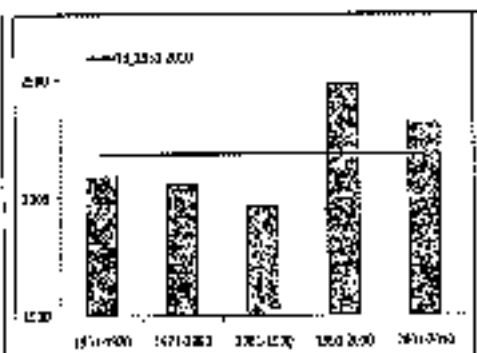
b. Biến đổi lượng mưa

Mức độ biến đổi hàng năm của lượng mưa: Độ lệch tiêu chuẩn của lượng mưa vào mùa khô (tháng 1 - 7) là 164,9 mm, mùa mưa (tháng 7 - 12) là 516,5 mm và lượng mưa năm là 540,1 mm. Biến suất

lượng mưa trong các mùa và năm tương ứng là 38,3%, 29,4% và 24,7%. Như vậy, độ lệch tiêu chuẩn của lượng mưa tương đối bé trong mùa khô, tương đối lớn trong mùa mưa. Ngược lại, biến suất của lượng mưa trong mùa mưa lại nhỏ hơn so với mùa khô (Hình 6).



Hình 6. Độ lệch tiêu chuẩn (S) và biến suất (Sr) của nhiệt độ thời kỳ 1961-2010 tại trạm Đà Nẵng

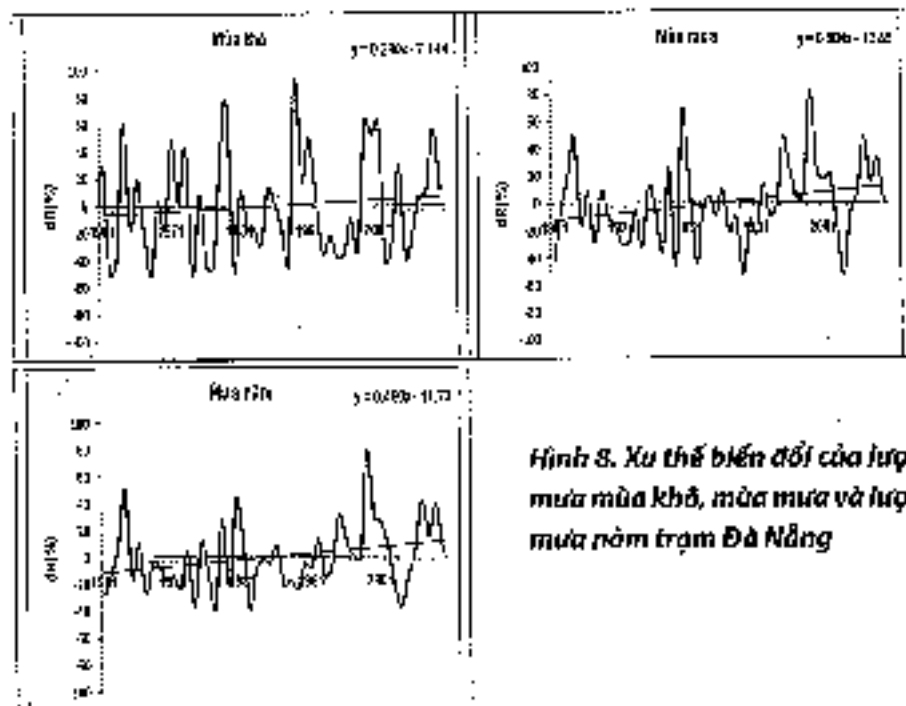


Hình 7. Đặc trưng nhiệt độ trung bình năm các thập kỷ tại trạm Đà Nẵng

Mức độ biến đổi theo thập kỷ của lượng mưa năm: Lượng mưa trung bình năm trong thập kỷ 1981 - 1990 là 1967,6 mm, thấp nhất so với các thập kỷ trong giai đoạn 1961 - 2010; cao nhất là thập kỷ 1991-2000, với lượng mưa trên 2400 mm. Trong 2 thập kỷ 1961 - 1970 và 1971 - 1980 có lượng mưa xấp xỉ nhau, trên 2000mm và đến thập kỷ 2001 - 2010 có lượng mưa trung bình năm là trên

2300 mm (Hình 7).

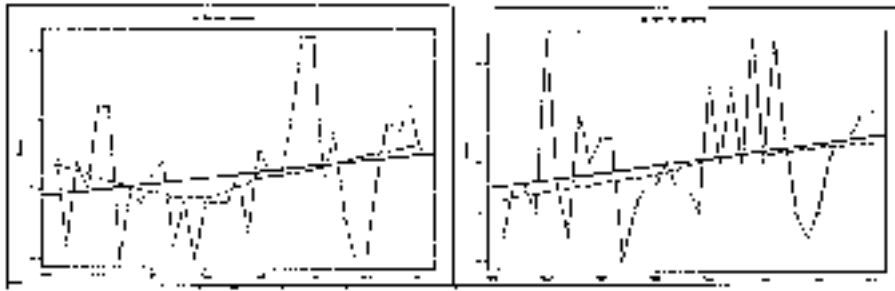
Xu thế và tốc độ xu thế của lượng mưa: Trong 50 năm qua, lượng mưa mùa khô, mùa mưa và lượng mưa năm đều có xu hướng tăng, với mức tăng vào mùa mưa nhanh hơn so với mùa khô. Vào mùa khô, mức tăng này khoảng 2,8% mỗi thập kỷ, mùa mưa là 5% mỗi thập kỷ và lượng mưa năm tăng khoảng 4,6% cho mỗi thập kỷ (Hình 8).



Hình 8. Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa khô, mùa mưa và lượng mưa năm trạm Đà Nẵng

Cùng với xu thế tăng của lượng mưa trong những năm qua trên khu vực Đà Nẵng, đặc biệt là khoảng hai thập kỷ gần đây, số ngày mưa lớn và mưa rất lớn cũng có xu thế tăng nhẹ. Trong đó, tốc

độ tăng của số ngày mưa lớn vào khoảng 1 ngày/thập kỷ; và tốc độ tăng của số ngày mưa rất lớn vào khoảng 0,6 ngày/1 thập kỷ (Hình 9).



Hình 9. Xu thế diễn biến chuẩn sai của số ngày có lượng mưa $Rx \geq 50$ mm (trái) và $Rx \geq 100$ mm (phải) tại trạm Đà Nẵng

4. Kết luận

Trên khu vực Đà Nẵng, nhiệt độ trung bình tháng 1 có xu thế tăng dần, nhiệt độ trung bình tháng 7 có xu thế giảm, nhiệt độ trung bình năm có xu thế tăng nhẹ. Các cực đoan liên quan đến yếu tố nhiệt độ xu thế giảm như nhiệt độ tối cao tuyệt đối, số ngày nắng nóng và số ngày nắng nóng gay gắt. Nhiệt độ tối thấp lại có xu thế tăng rõ rệt, với tốc độ khoảng $0,3^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ. Cùng với xu thế biến đổi đó

của nhiệt độ tối thấp, số ngày có nhiệt độ dưới ngưỡng 20°C và 15°C cũng có xu thế giảm.

Lượng mưa mùa khô, mùa mưa và lượng mưa năm ở Đà Nẵng đều có xu hướng tăng, với mức tăng vào mùa mưa nhanh hơn so với mùa khô. Vào mùa khô, mức tăng này khoảng $2,8\%$ /thập kỷ, mùa mưa là 5% /thập kỷ và lượng mưa năm tăng khoảng $4,6\%$ /thập kỷ. Số ngày mưa lớn và số ngày mưa rất lớn trên khu vực Đà Nẵng cũng có xu thế tăng nhẹ.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ sự trợ giúp từ đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu xây dựng Atlas khí hậu và biến đổi khí hậu Việt Nam" thuộc Chương trình KHCN-BĐKH/11-15.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
2. Nguyễn Đức Ngủ; Nguyễn Trọng Hiệu, 2004. Khí hậu và Tài nguyên khí hậu Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
3. Nguyễn Đức Ngủ; Nguyễn Trọng Hiệu, 2013. Hạn hán và hoang mạc hóa ở Việt Nam, NXB KHKI.
4. Nguyễn Đức Ngủ, 2008, Biến đổi khí hậu. Phan Văn Tân và CS, 2010. Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó. Báo cáo Tổng kết Đề tài KCOB.29/06-10. Bộ Khoa học và Công Nghệ.
5. Nguyễn Văn Thông và CS (2010). Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế xã hội ở Việt Nam Báo cáo Tổng kết Đề tài KCOB.29/06-13. Bộ Khoa học và Công Nghệ.
6. IPCC, 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
7. World Meteorological Organization, 2010. Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WMO-TD No. 1500.

TẠP CHÍ

343

ISSN 0866 - 8744
Số 642 * Tháng 6/2014

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal

**PHÂN VIỆN KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ
MÔI TRƯỜNG PHÍA NAM**

31*năm* Xây dựng & Phát triển (1983 - 2014)



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngừ | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thực | 11. PGS.TS. Dương Văn Khảm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lã Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: Hội nghị tổng kết phát triển và thực hiện các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu ở các vùng ven biển Việt Nam

Giá bán: 25.000 đồng

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 **Bảo Thạnh, Vũ Thị Hương:** Đánh giá tổn thương tài nguyên nước ngọt lưu vực sông Bé
- 6 **Trần Tuấn Hoàng, Nguyễn Kỳ Phùng:** Phân tích đặc điểm khí tượng-thủy-hải văn và môi trường phục vụ quy hoạch xã Thạnh An, huyện Cần Giờ năm 2020
- 12 **NCS. Nguyễn Văn Hồng, CN. Trần Tuấn Hoàng:** Nghiên cứu mối tương quan giữa mưa, dòng chảy và chất lượng nước ở khu vực hạ lưu sông Sài Gòn
- 16 **Bảo Thạnh, Nguyễn Thị Thanh Mỹ:** Nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến môi trường và các giải pháp ứng phó cho ngành nông nghiệp tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu
- 21 **Phạm Thanh Long, Trần Hồng Thái:** Nghiên cứu đánh giá nguy cơ dễ tổn thương do BĐKH cho khu kinh tế Nhơn Nội, Bình Định
- 25 **Phan Thị Anh Thơ, Bùi Chí Nam, Lương Đình Tuyền:** Nghiên cứu thử nghiệm giống lúa mới phù hợp với điều kiện tự nhiên tại Trà Nóc, Cần Thơ
- 29 **Ngô Nam Thịnh, Trần Tuấn Hoàng, Nguyễn Kỳ Phùng:** Nghiên cứu tính toán trường sóng và dòng RIP (RIP CURRENT) khu vực bãi biển Cù Hin
- 33 **Trần Tân Tiến, Phạm Thị Minh, Bùi Thị Tuyết, Nguyễn Văn Tín:** Khảo sát vai trò của bộ lọc KALMAN tổ hợp đồng hóa số liệu vệ tinh và cao không trong mô WRF để dự báo quỹ đạo và cường độ cơn bão MEGI 2010 hạn 5 ngày
- 39 **Bảo Thạnh, Lê Ánh Ngọc, Phạm Thanh Long:** Nghiên cứu đánh giá nhận thức về BĐKH của các biên liên quan tại tỉnh Thanh Hóa nhằm góp phần đề xuất các giải pháp ứng phó cho khu vực ven biển
- 46 **Nguyễn Đức Hạnh, Hoàng Thị Mỹ Linh, Phùng Đức Chính:** Ứng dụng thuật toán SCE tối ưu hóa tự động các thông số mô hình mưa - dòng chảy
- 52 **Nguyễn Kiên Dũng:** Nghiên cứu ứng dụng mô hình hai chiều đứng CE-QUAL-W2 mô phỏng và dự báo chất lượng nước hồ Hòa Bình
- 59 **Trần Thực, Huỳnh Thị Lan Hương, Đào Minh Trang, Phạm Ngọc Anh:** Nghiên cứu đề xuất các bước xây dựng và thực hiện hành động giảm nhẹ khí nhà kính phù hợp với điều kiện quốc gia (NAMA)
- 63 **Phạm Văn Dương:** Dự án hợp phần 2 - WB5 với chiến lược phát triển ngành khí tượng thủy văn đến năm 2020
- Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn**
- 68 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp và thủy văn tháng 5 năm 2014 **Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường**
- 78 Tóm tắt tình hình môi trường không khí và nước tháng 3/2014
- 80 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 5 - 2014 (**Trung tâm Mạng lưới Khí tượng Thủy văn và Môi trường**)

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ DỄ TỔN THƯƠNG DO BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU CHO KHU KINH TẾ NHƠN HỘI, BÌNH ĐỊNH

ThS. **Phạm Thanh Long** - Phân viện Khí tượng Thủy văn và Môi trường phía Nam

PGS. TS. **Trần Hồng Thái** - Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là một trong những thách thức lớn nhất đối với nhân loại trong thế kỷ 21. Những tác động tiêu cực của BĐKH được dự báo là rất nghiêm trọng nếu không có giải pháp và chương trình ứng phó kịp thời, đặc biệt là đối với khu vực ven biển. Là một tỉnh duyên hải miền Trung, Bình Định được đánh giá là một trong những tỉnh ven biển bị ảnh hưởng lớn bởi BĐKH và nước biển dâng. Bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu tác động và nguy cơ dễ tổn thương do BĐKH đến khu kinh tế Nhơn Hội, Bình Định.

1. Mở đầu

Khu kinh tế mở Nhơn Hội bao gồm thành phố Quy Nhơn và một phần của các huyện Tuy Phước, Phù Cát,... trong đó có đầm Thị Nại, diện tích đất tự nhiên khoảng 12.000 ha. Nhơn Hội nằm gần cụm cảng Quy Nhơn theo hướng đông bắc. Kết cấu hạ tầng sẵn có của cảng Quy Nhơn là cơ sở thuận lợi phục vụ cho việc xây dựng khu kinh tế mở, cách sân bay Phù Cát 37 km, cách ga Diêu Trì 12 km, gần quốc lộ 1A, quốc lộ 19, đường sắt xuyên Việt, giao lưu thuận lợi với các vùng khác. Đây là vùng kinh tế quan trọng của miền Trung nói chung, tỉnh Bình Định nói riêng.

Khu kinh tế mở Nhơn Hội là những khu vực giàu tài nguyên thiên nhiên, mức độ đa dạng sinh học cao và cũng là những vùng phát triển kinh tế biển năng động như nuôi trồng và đánh bắt thủy hải sản, giao thông vận tải, du lịch, vui chơi giải trí,... Tuy nhiên, đây cũng là khu vực rất nhạy cảm với những biến động môi trường và sẽ là những khu vực chịu tác động trước tiên và nặng nề nhất bởi BĐKH.

Chính vì vậy rất cần có những nghiên cứu cụ thể, các chương trình, dự án xác thực hơn để giảm thiểu các tác động và thích ứng với BĐKH cho khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu tác động của BĐKH và nguy cơ tổn thương là một bài toán có tính chất tổng hợp đa ngành. Quá trình nghiên cứu được thực hiện thông qua các bước thu thập, phân tích tổng hợp tài liệu liên quan, điều tra khảo sát, mô hình hóa.

Phương pháp đánh giá tác động của BĐKH trong nghiên cứu này chủ yếu được áp dụng theo tài liệu hướng dẫn "Đánh giá tác động của BĐKH và

xác định các giải pháp thích ứng" của Viện Khoa học Khí tượng, Thủy văn và Môi trường [3].

Đánh giá tác động của BĐKH ở hiện tại được thực hiện trên cơ sở xây dựng các ma trận đánh giá tác động, trong đó liệt kê các hiểm họa do BĐKH theo kịch bản và các đối tượng chịu tác động sẽ được đánh giá. Sử dụng các phương pháp điều tra, phỏng vấn, hội thảo... để xác định các tác động của BĐKH đến các đối tượng.

Đánh giá tác động do BĐKH trong tương lai được dựa trên tổ hợp các kịch bản BĐKH và các kịch bản phát triển. Cách tiếp cận này là Phương pháp phát triển và phân tích kịch bản.

Phương pháp xây dựng chỉ số nguy cơ tổn thương

• Lựa chọn chỉ số

Chỉ số tổn thương được thiết lập trên cơ sở khái niệm về tính dễ bị tổn thương (mức độ phơi lộ, tính nhạy cảm, khả năng tự thích nghi). Cơ sở để tính chỉ số tổn thương sẽ bao gồm các yếu tố/chỉ thị chính như sau [1]:

- Mức độ phơi lộ về mặt tự nhiên.
- Mức độ phơi lộ của các đối tượng cần đánh giá tính tổn thương.
- Mức độ nhạy cảm, chống chịu của các đối tượng cần đánh giá tính tổn thương.

Các chỉ số được lựa chọn cho phù hợp cho từng đối tượng và khả năng sẵn có của số liệu.

• Thu thập và chuẩn hóa dữ liệu

Đối với mỗi hợp phần của chỉ số trong quá trình tính chỉ số tổn thương, dữ liệu thu thập được sắp xếp theo một ma trận hình chữ nhật với các dòng thể hiện các vùng trong khu vực và các cột là giá trị các yếu tố chỉ thị. Nếu chúng ta có M vùng

(xã/phường) và có K yếu tố chỉ thị, khi đó chúng ta sẽ có một bảng ma trận gồm M dòng và K cột, X_{ij} là giá trị của chỉ thị j tương ứng với vùng i .

Bảng 1. Bảng ma trận chỉ số tổn thương

Vùng (Xã/phường)	Yếu tố chỉ thị					
	1	2	...	J	...	K
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1K}
2	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
I	X_{i1}	X_{i2}	...	X_{ij}	...	X_{iK}
...	...	...	...	...	...	...
M	...	...	...	...	...	...

• Xây dựng bản đồ nguy cơ tổn thương

Việc xây dựng tập bản đồ được tiến hành theo một số bước sau:

Bước 1 – Đồng nhất hóa về hình học: Các dữ liệu GIS được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau và ở các định dạng phần mềm, tỷ lệ và hệ tọa độ khác nhau. Do vậy, các dữ liệu này phải được đồng nhất hóa về định dạng quản lý trên GIS với hệ tọa độ và cao độ VN2000.

Bước 2 – Cập nhật thuộc tính: Đối với nhiều dạng dữ liệu khác nhau cần cập nhật thuộc tính vào các lớp thông tin thành phần trong cơ sở dữ liệu GIS trong đó bao gồm cả các dạng vector và raster để đảm bảo kết quả phân tích chính xác về không gian.

Bước 3 – Tính toán đối tượng chịu tác động: Các lớp có thuộc tính các chỉ số sẽ được chồng xếp trong các điều kiện hiện tại hoặc theo các kịch bản năm 2020, 2030 và 2050 để xây dựng bản đồ nguy cơ tổn thương cho thành phố Quy Nhơn tương ứng với các thời kỳ.

3. Kết quả và bàn luận

a. Tác động của BĐKH tới các lĩnh vực

1) Tài nguyên nước

- **Nhiễm mặn nguồn nước ngầm:** Nguyên nhân của sự nhiễm mặn tầng nước ngầm ở Quy Nhơn không phải từ các lớp đất nằm trên tầng nước ngầm mà do quá trình xâm nhập mặn từ biển, khi cột thủy áp của nước ngầm hạ thấp xuống dưới mực nước biển, hiện tượng này xảy ra khi có sự thay đổi về điều kiện cân bằng nước ngầm tự nhiên hay do quá trình khai thác sử dụng nước ngầm quá mức khiến cho mực nước ngầm hạ thấp, dẫn đến sự dịch chuyển của biển mặn về phía đất liền.

- **Nhiễm mặn nước sông, hồ, đầm ven biển:** Sông

Hà Thanh, về mùa mưa, hầu hết nước sông không bị mặn; song về mùa khô ranh giới mặn chuyển sâu vào đất liền, cách cửa sông khoảng 4,15 km. Sông Hà Thanh bị xâm nhập mặn từ thủy triều, cách biển khoảng 1,5 – 2 km nước sông đã bị nhiễm mặn hoàn toàn.

2) Tác động đến hệ sinh thái

Đã xuất hiện sự tẩy trắng san hô ở đảo Cù Lao Xanh, đảo Hòn Đất và Nhơn Lý (bán đảo Phương Mai). Sự ấm lên của khí hậu đi kèm theo sự suy thoái tầng Ozon làm gia tăng bức xạ cực tím xuống mặt đất và axit hoá nước biển do nồng độ cao của khí CO₂ - loại khí chủ yếu gây ra hiệu ứng nhà kính là nguyên nhân chính của việc xuất hiện hiện tượng tẩy trắng san hô.

3) Tác động đến nông nghiệp

Nắng nóng bất thường với nhiệt độ cao, thời gian nắng nóng kéo dài trong mùa khô (từ tháng 5 – 8) đã thể hiện trong 3 vụ hè thu và vụ mùa của 3 năm liên tiếp 2009, 2010, 2011 vừa qua đã gây tác động bất lợi đến các loại cây trồng: lúa, lạc, rau màu, sắn,...

Những đợt mưa lũ bất thường ở vụ đông xuân 2009 – 2010, đông xuân 2010 – 2011 đã làm trôi dạt, mất giống hàng trăm ha lúa mới gieo sạ. Triều cường gia tăng cũng tạo nên những tác động bất lợi như: nước biển xâm nhập vào đồng ruộng làm tăng diện tích canh tác lúa bị nhiễm mặn, năng suất lúa cũng bị giảm do đất và nước bị nhiễm mặn.

4) Tác động đến thủy sản

Quy Nhơn là một thành phố có bờ biển dài gần các ngư trường nên BĐKH sẽ ảnh hưởng đến sản lượng nuôi trồng đánh bắt thủy hải sản. BĐKH tác động đến các hệ sinh thái ven biển, làm biến động đến nguồn lợi cá biển. Vì vậy ảnh hưởng trực tiếp đến đến cộng đồng dân cư ven biển.

5) Tác động đến giao thông vận tải

Xói lở bờ biển tăng cùng với nước biển dâng sẽ tác động đến các công trình giao thông,... Trên địa bàn thành phố Quy Nhơn, bão, lũ lụt đã gây thiệt hại về giao thông rất lớn trong thời gian qua.

6) Tác động đến cơ sở hạ tầng

Quy Nhơn có các công trình ven biển: cụm Cảng biển Quy Nhơn, Nhơn Hội, cảng cá và khu hậu cần nghề cá, nhà máy chế biến thủy sản, xí nghiệp sửa chữa tàu đánh cá, trạm bơm xăng dầu, ... Xói lở bờ biển tăng cùng với nước biển dâng tác động đến các đô thị, vùng dân cư, công nghiệp, công trình tiêu thoát nước,...

7) Tác động đến dân cư

Hiện tượng nước biển dâng, xói lở bờ biển có ảnh hưởng lớn đến các khu dân cư ven biển. Từ đó, sẽ gây khó khăn về việc tái định cư (quỹ đất, cơ sở hạ tầng, ...).

8) Tác động đến du lịch

ĐBKH cũng có tác động trực tiếp và gián tiếp

đến các hoạt động văn hóa, dịch vụ du lịch. Chẳng hạn, ĐBKH làm nhiệt độ tăng và nước biển dâng ảnh hưởng đến các bãi tắm ven biển, nhiều bãi tắm đẹp có thể bị mất đi, một số khác bị đẩy sâu hơn vào đất liền, ảnh hưởng đến việc khai thác. Các khu du lịch sinh thái và các công trình hạ tầng cùng các khu resort và khách sạn lớn đều ở các vùng thấp ven biển có thể bị ngập, buộc phải di chuyển, hoạt động kinh doanh bị ngưng trệ.

b. Chỉ số tổn thương do ĐBKH

Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi chỉ đề cập đến tính dễ tổn thương dân số thuộc các xã/phường trong khu vực nghiên cứu.

Mức độ dễ bị tổn thương dân số được tính toán dựa trên các số liệu về số dân, tốc độ phát triển và quy mô gia đình kết với các chỉ số ở cấp xã/phường. Như vậy, có thể cho phép đánh giá các mức độ dễ bị tổn thương dân số và tốc độ phát triển dân số sẽ thay đổi như thế nào về cấu trúc, thành phần qua thời gian.

Bảng 2. Đặc điểm dân số và tốc độ phát triển ở các xã/phường thành phố Quy Nhơn (2011)

Xã/phường	Tổng dân số (người)	Mật độ dân số (người/km ²)	Số người/hộ gia đình	Tốc độ tăng dân số (%)
Nhơn Bình	16.552	1.126	4	1,35
Nhơn Phú	16.966	1.285	4	1,40
Hải Cảng	20.450	7.304	3	1,00
Thị Nại	11.002	5.501	3	1,34
Lê Hồng Phong	14.716	14.716	4	1,31
Nhơn Lý	8.273	537	4	1,40
Nhơn Hội	3.651	91	4	1,39
Nhơn Hải	5.788	482	4	1,40
Nhơn Châu	2.093	837	4	1,42

Kết quả tính toán chỉ số tổn thương cho từng xã/phường được dẫn ra trong bảng 3:

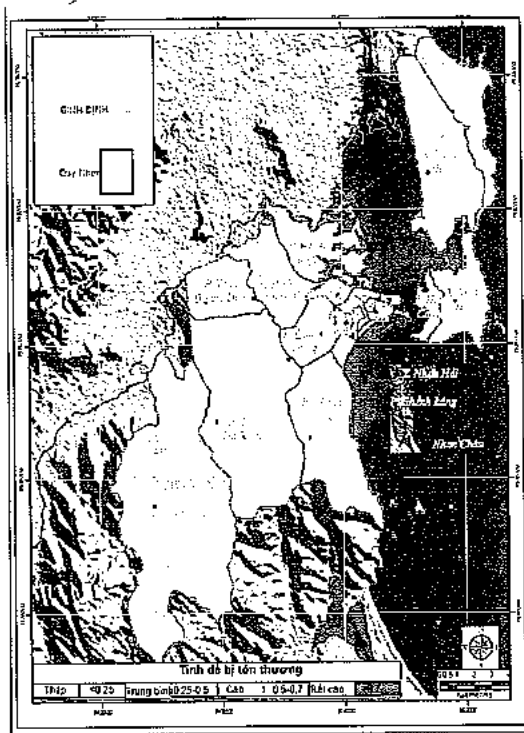
Bảng 3. Chỉ số tổn thương cho các xã/phường thành phố Quy Nhơn theo lĩnh vực dân số

Xã/phường	Hiện tại		2020		2030		2050	
	Chỉ số	Xếp hạng	Chỉ số	Xếp hạng	Chỉ số	Xếp hạng	Chỉ số	Xếp hạng
Nhơn Bình	0,53	Cao	0,53	Cao	0,53	Cao	0,57	Cao
Nhơn Phú	0,57	Cao	0,57	Cao	0,57	Cao	0,53	Cao
Hải Cảng	0,3	TB	0,23	Thấp	0,23	Thấp	0,23	Thấp
Thị Nại	0,37	TB	0,38	TB	0,38	TB	0,38	TB
Lê Hồng Phong	0,61	Cao	0,64	Cao	0,64	Cao	0,6	Cao
Nhơn Lý	0,45	TB	0,57	Cao	0,57	Cao	0,57	Cao
Nhơn Hội	0,38	TB	0,5	TB	0,5	TB	0,5	TB

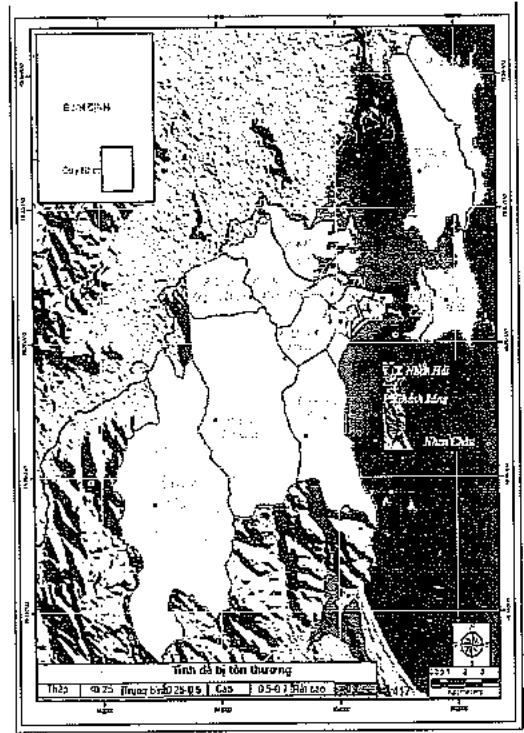
Nhơn Hải	0,41	TB	0,54	Cao	0,54	Cao	0,54	Cao
Nhơn Châu	0,38	TB	0,51	Cao	0,51	Cao	0,51	Cao

Từ kết quả xếp hạng có thể thấy trong giai đoạn hiện tại: Mức độ dễ bị tổn thương dân số ở các phường: Lê Hồng Phong và 5 xã thuộc là tương đối cao, trong đó các xã Nhơn Hội, Nhơn Lý, Nhơn Châu thuộc khu kinh tế Nhơn Hội ở mức trung bình.

Đến năm 2050, các phường Nhơn Châu, Nhơn Hải được đánh giá là ở mức tổn thương cao nhất trong toàn thành phố. Nguyên nhân chủ yếu là do khu vực này có tốc độ tăng dân số nhanh và diện tích đất đai khu vực thành phố còn hạn chế.



Hình 2. Bản đồ tính dễ bị tổn thương dân số tại các xã/phường thành phố Quy Nhơn hiện tại



Hình 3. Bản đồ tính dễ bị tổn thương dân số tại các xã/phường thành phố Quy Nhơn thời kỳ 2050

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy một số khu vực thuộc khu kinh tế Nhơn Hội có nguy cơ dễ tổn thương do BĐKH và nước biển dâng như các xã, phường ven đầm Thị Nại chủ yếu bị ngập lụt, hạn hán, xâm nhập mặn. Các xã, phường ven biển chủ yếu sẽ bị ảnh hưởng bởi xói lở bờ biển, nhiễm mặn, ngập lụt do triều cường, bao gồm: Nhơn Lý, Nhơn

Hải, Nhơn Châu, Nhơn Hội. Đối tượng dễ bị tổn thương do BĐKH bao gồm: Các hộ nghèo như nông dân, ngư dân, các hộ dân ven biển và ven đầm Thị Nại sử dụng nước giếng khoan để sinh hoạt, các hộ NTTs, hộ dân có đất rừng và đặc biệt là nhóm người di dân tự do, nhập cư không hợp pháp từ nông thôn ra thành phố làm thuê.

Tài liệu tham khảo

1. ICRISAT (International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics) (2009), *Quantitative Assessment of Vulnerability to Climate Change (Computation of Vulnerability Indices), Training Program for Project Partners, on 16-17 March 2009.*
2. Sở Tài nguyên và Môi trường Bình Định (2012). *Xây dựng kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH.*
3. Viện Khoa học Khí tượng, Thủy văn và Môi trường (2011). *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và xác định các giải pháp thích ứng, NXB Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.*

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA

National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Bùi Văn Đức

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngữ | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. GS.TS. Trần Thục | 11. PGS.TS. Dương Văn Khâm |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. PGS.TS. Dương Hồng Sơn |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Bùi Minh Tăng |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Hoàng Đức Cường |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Đặng Thanh Mai |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Viết Lành | 16. TS. Ngô Đức Thánh |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 3 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Bìa:

Giá bán: 25.000 đồng

350

Số 633 * Tháng 09 năm 2013

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Mô hình dự báo lũ sông
Ngôi Thi
- 7 ThS. **Lương Hữu Dũng**, PGS.TS. **Trần Hồng Thái**,
ThS. **Hà Thị Thuận**, ThS. **Trần Quang Hợp**: Ảnh
hưởng của biến đổi khí hậu đến ngập lụt thành phố
Cần Thơ
- 12 **Lê Hoài Nam**, **Hà Quang Hải**, **Phạm Mạnh Tài**: Biến
đổi mực nước biển đảo Phú Quốc
- 19 ThS. **Đỗ Huy Dương**, ThS. **Dư Đức Tiến**: Ảnh hưởng
của ENSO đến một số chỉ số khí hậu cực trị nhiệt ở
Việt Nam
- 26 ThS. **Hoàng Văn Đại**, ThS. **Hà Thị Thuận**, ThS. **Trần
Quang Hợp**: Đánh giá nguy cơ ngập lụt thành phố
Hải Phòng dưới tác động của nước biển dâng
- 31 ThS. **Nguyễn Viết Thắng**, CN. **Bùi Hồng Trang**: Một
số kết quả nghiên cứu cấu trúc trường mây bão của
các cơn bão đổ bộ vào Việt Nam
- 37 **Từ Thị Cẩm Loan**, **Hoàng Thị Thanh Thủy**: Đánh giá
đư lượng của TRIBUTYL TIN trong bùn lắng tại khu
vực cảng thuộc hạ lưu sông Sài Gòn
- 42 **Trần Xuân Hiến**: Thực trạng về tình hình lũ lụt tại hai
huyện Đạ Tẻh và Cát Tiên tỉnh Lâm Đồng trong
những năm gần đây
- 45 **Nguyễn Văn Hải**: Về vai trò chức năng của trạm quan
trắc khí tượng

Sự kiện và hoạt động

- 49 **Ngọc Hà**: Trao Quyết định bổ nhiệm Tổng Giám đốc
Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 51 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp,
thủy văn tháng 8 năm 2013
- Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** (Trung tâm
KTTV Quốc gia) **Trung tâm Nghiên cứu KTN** (Viện
Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường)
- Tóm tắt tình hình môi trường không khí và nước
tháng 6 năm 2013
- 64 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí
tại một số tỉnh, thành phố tháng 8 - 2013

ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NGẬP LỤT THÀNH PHỐ CẦN THƠ

ThS. **Lương Hữu Dũng**, PGS.TS. **Trần Hồng Thái** - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

ThS. **Hà Thị Thuận** - Công ty Cổ phần Thiết bị Khí tượng Thủy văn và Môi trường Việt Nam

ThS. **Trần Quang Hợp** - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Bài báo này trình bày một phần kết quả nghiên cứu tính toán, đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH) đến ngập lụt của Thành phố Cần Thơ - nằm ở trung tâm Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Ngập lụt ở đây sẽ chịu ảnh hưởng bởi tổ hợp yếu tố lũ thượng nguồn và thủy triều. Kết quả tính toán diễn biến ngập lụt các phương án được dựa trên tổ hợp giữa lũ thượng lưu, mưa nội đồng và mực nước biển dâng vùng hạ lưu theo các kịch bản nước biển dâng.

1. Mở đầu

Trong các thập niên gần đây, vùng ĐBSCL nói chung và thành phố Cần Thơ nói riêng đã và đang gánh chịu những tác động do BĐKH, nước biển dâng gây nên (lũ lụt, bão nhiều và mạnh hơn, hạn hán nghiêm trọng hơn, cháy rừng, sạt lở bờ sông, tổ lốc, triều cường gia tăng...), trong đó lũ có những biến động ngày càng phức tạp ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế xã hội.

Cần Thơ một trong 5 thành phố trực thuộc Trung ương của Việt Nam, có tổng diện tích tự nhiên là 1.389,59 km² và dân số vào khoảng 1.209.192 người, mật độ dân số tính đến 2011 là 870 người/km² [4]. Thành phố nằm bên hữu ngạn của sông Hậu, thuộc vùng ĐBSCL và là một phần của vùng đồng bằng rộng lớn thuộc hệ thống sông Mê Kông. Lượng nước sông Mê Kông chảy vào ĐBSCL bắt nguồn chủ yếu từ ngoài lãnh thổ Việt Nam. Do đó, để đánh giá tác động của BĐKH lên tài nguyên nước (TNN) thuộc thành phố Cần Thơ cần phải xem xét trong mối quan hệ thủy văn thủy lực của toàn ĐBSCL. Nhằm đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến ngập lụt trong nghiên cứu đã kế thừa một số kết quả như: (i) Nghiên cứu của Ủy hội Mê Công quốc tế (MRC). Các dự án MRC-CSIRO [1]; (ii) Nghiên cứu của dự án "Tác động của BĐKH đến tài

nguyên nước" [2] do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường thực hiện với sự tài trợ của DANIDA và Sứ quán Đan Mạch tại Việt Nam.



Hình 1. Bản đồ tỉnh Cần Thơ

2. Cơ sở của bài toán

Dòng chảy cung cấp cho ĐBSCL nói chung và thành phố Cần Thơ nói riêng có thể phân ra thành 2 nguồn chính: dòng chảy ngoài lãnh thổ từ thượng lưu đổ về và dòng chảy sinh ra từ mưa trên địa phận nghiên cứu. Dòng chảy vào ĐBSCL chịu tác động trực tiếp của dòng chảy thượng nguồn (xét tại trạm Kratie) và từ lưu vực sông Tonle Sap (tại trạm PrekDam). Dòng chảy tại Phnom Penh là tổng hợp quá trình dòng chảy tại Kratie và quá trình điều tiết của hồ Tonle Sap. Từ Phnom Penh sông Mê Công đi vào ĐBSCL theo 2 nhánh là sông Tiền qua Tân Châu và sông Hậu qua Châu Đốc. Cùng với vùng Tây Nam Bộ, thành phố Cần Thơ có hệ thống

Người đọc phản biện: TS. **Hoàng Đức Cường**

sông ngòi, kênh rạch khá chằng chịt, trải dài khắp địa bàn thành phố. Sông Hậu là con sông chính, chảy ở phía đông của thành phố, qua toàn bộ năm quận nội thành. Ngoài ra còn có sông Thốt Nốt chảy trong địa phận huyện Cờ Đỏ và quận Thốt Nốt, sông Ô Môn chảy trong địa phận huyện Thới Lai và quận Ô Môn, sông Cần Thơ bắt nguồn từ huyện Phong Điền rồi đổ ra sông Hậu ở ranh giới giữa quận Ninh Kiều và quận Cái Răng, qua bến Ninh Kiều. Quá trình mưa trên ô ruộng được xác định tương ứng với các năm đã được lựa chọn trong từng thời kỳ. Các phương án tính toán được mô tả chi tiết như sau:

1. Phương án thời kỳ nền: mô tả lại diễn biến trận lũ lịch sử năm 2000 trên hệ thống. Kết quả tính toán theo phương án này được lấy làm cơ sở nền để so sánh với kết quả tính toán theo các phương

án tính toán khác.

2. Phương án F1: mô tả diễn biến lũ, ngập lụt trên hệ thống ứng với dạng lũ năm 2000 tại Kratie và với mức nước biển dâng 15 cm;

3. Phương án F2: mô tả diễn biến lũ, ngập lụt trên hệ thống ứng với dạng lũ năm 2000 tại Kratie và với mức nước biển dâng 26 cm;

4. Phương án F3: mô tả diễn biến lũ, ngập lụt trên hệ thống ứng với dạng lũ năm 2000 tại Kratie và với mức nước biển dâng 32 cm;

5. Phương án F4: mô tả diễn biến lũ, ngập lụt trên hệ thống ứng với dạng lũ năm 2000 tại Kratie và với mức nước biển dâng 70 cm;

6. Phương án F5: mô tả diễn biến lũ, ngập lụt trên hệ thống ứng với dạng lũ năm 2000 tại Kratie và với mức nước biển dâng 100 cm.

Bảng 1. Tổ hợp các kịch bản tính toán ứng với các mực nước biển dâng

Thời kỳ Nền	2030	2050		2070	2100	
	B2, A2	B2	A2	B2, A2	B2	A2
	15cm	26cm	32cm	50 cm	70cm	100cm

Biên lưu lượng đầu vào hệ thống sử dụng trong tính toán ngập lụt là quá trình dòng chảy tại Kratie năm 2000, mưa nội đồng và mực nước biển dưới

ứng với các kịch bản khác nhau. Bảng 2 và hình 2 là quá trình dòng chảy tại Kratie được đưa vào tính toán.



Hình 2. Quá trình dòng chảy tại Kratie năm 2000

Bảng 2. Các đặc trưng mùa lũ năm 2000 tại Kratie

Qng_max (m³/s)	56273
W1thang_max (10⁶m³)	131104
W3thang_max (10⁶m³)	343746

Điều kiện biên tại các cửa sông vùng ĐBSCL ứng với các kịch bản BĐKH được mô phỏng dựa trên cơ sở kịch bản BĐKH và nước biển dâng do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố năm 2012. Khi mực nước biển dâng làm thay đổi đặc trưng của các sông tạo triều, đường bờ bị thay đổi dẫn tới dao động mực nước biển cũng bị thay đổi theo. Ứng với mỗi kịch bản nước biển dâng cho dải ven bờ Việt Nam, nghiên cứu này đã tính toán được biến trình mực nước bằng phương pháp mô hình hóa. Trong nghiên cứu này đã sử dụng mô hình ADCIRC của Hoa Kỳ để tính toán dao động mực nước tại các điểm ven bờ, nhằm đưa ra một cách định lượng dự báo mực nước biển trong tương lai. Quá trình mưa trên ô ruộng tại vùng ĐBSCL và vùng thượng lưu ứng với các kịch bản được xác định là quá trình mưa của năm 2000. Tiến hành kết hợp các trận lũ được lựa chọn và mực nước biển trong từng thời kỳ được tích hợp vào ISIS mô hình để mô phỏng chế độ thủy lực cho đồng bằng. Các bản đồ ngập lụt đã được xây dựng dựa trên các kết quả mô phỏng và bản đồ địa hình (Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng năm 2009). Bộ mô hình ISIS trong nghiên cứu này là sự kế

thừa của Ủy hội sông Mê Kông Việt Nam và Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường [2].

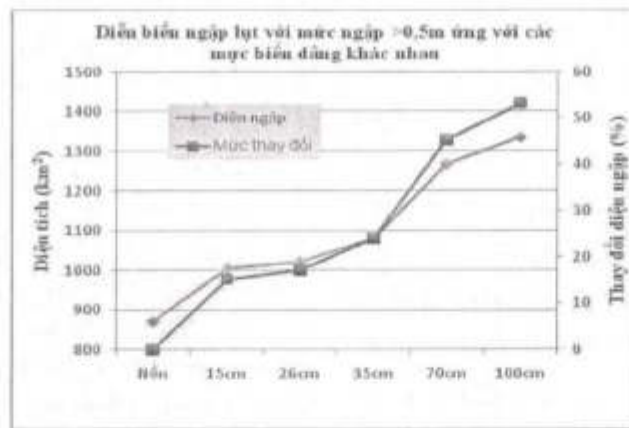
3. Ảnh hưởng của BĐKH đến ngập lụt thành phố Cần Thơ

a) Ảnh hưởng của BĐKH đến ngập lụt

Tổ hợp trận lũ bất lợi đã chọn với mưa nội đồng và mực nước biển theo từng thời kỳ được tích hợp trong mô hình thủy lực ISIS mô phỏng chế độ thủy lực toàn hệ thống. Bản đồ ngập lụt trên vùng nghiên cứu được xây dựng dựa trên kết quả tính toán thủy lực và bản đồ địa hình do Bộ Tài Nguyên và Môi trường đo đạc, xây dựng năm 2009.

Phân tích kết quả các kịch bản cho thấy, diện tích ngập lụt sẽ tăng so với thời kỳ nền là 14-18% khi mức nước biển dâng 15 cm (thời kỳ 2020-2039) và khoảng 25-28% (thời kỳ 2040-2059) khi mức nước biển dâng 30 cm (hình 3).

Kết quả chi tiết diện tích ngập ứng với các phương án được thể hiện trong bảng 3, hình 4.



Hình 3. Thay đổi diện ngập lụt theo từng thời kỳ

Bảng 3. Diện tích ngập lụt trên địa phận thành phố Cần Thơ các phương án (km²)

Mức ngập (m)	Thời kỳ nền	F1	F2	F3	F4	F5
>0	169.0	88.7	87.8	66.7	34.6	20.2
>0,25	1232.7	1313.8	1314.7	1335.8	1367.9	1382.4
>0,5	871.7	1004.8	1021.0	1081.9	1266.1	1336.0
>0,75	597.0	799.1	843.7	886.0	1115.1	1266.1
>1	242.9	431.4	536.5	598.2	933.7	1124.4
>1,5	31.5	41.9	47.7	51.2	277.8	715.9

Kết quả tính toán cho thấy trong thời kỳ nền, diện tích đất bị ngập trên 0.5m là 871 km², trên 1m là 243 km². Kết quả tính toán ứng với kịch bản này sẽ là cơ sở so sánh ảnh hưởng của nước biển dâng đối với ngập lụt của thành phố Cần Thơ.

Khi mực nước biển dâng theo các kịch BDKH, vào các thời kỳ tương lai, diện tích ngập sẽ có thay đổi so với kịch bản nền, cụ thể như sau:

+ Khi mực nước biển dâng lên 15cm diện tích ngập có độ sâu >0,5 m là 1005 km² (tăng 184 km² so với thời kỳ nền) và diện tích ngập có độ sâu >1 m là 431 km² (tăng 188 km² so với thời kỳ nền).

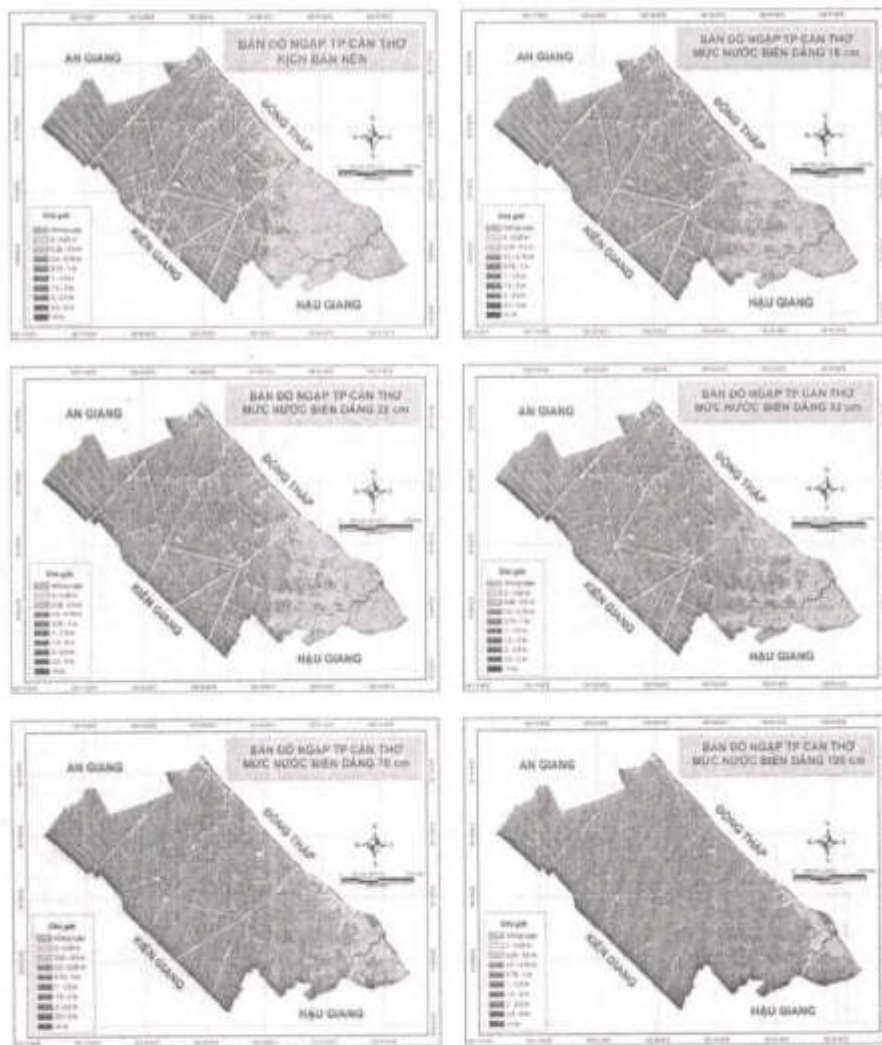
+ Khi mực nước biển dâng lên 26cm diện tích ngập có độ sâu >0,5 m là 1021 km² (tăng 150 km²

so với thời kỳ nền) và diện tích ngập có độ sâu >1 m là 537 km² (tăng 294 km² so với thời kỳ nền).

+ Khi mực nước biển dâng lên 32cm thì diện tích ngập có độ sâu > 0,5m là 1082 km² (tăng 211 km² so với thời kỳ nền) và diện tích ngập có độ sâu >1 m là 598 km² (tăng 355 km² so với thời kỳ nền).

+ Khi mực nước biển dâng lên 70cm thì diện tích ngập có độ sâu > 0,5m là 1266 km² (tăng 395 km² so với thời kỳ nền) và diện tích ngập có độ sâu >1 m là 934 km² (tăng 691 km² so với thời kỳ nền).

+ Khi mực nước biển dâng lên 100cm thì diện tích ngập có độ sâu > 0,5m là 1336 km² (tăng 465 km² so với thời kỳ nền) và diện tích ngập có độ sâu >1 m là 1224 km² (tăng 981 km² so với thời kỳ nền).



Hình 4. Bản đồ ngập lụt thời kỳ nền và tương lai theo các kịch bản

Việc xuất hiện các trận lũ lớn ở thượng nguồn như lũ năm 2000 và mực nước biển dâng sẽ dẫn đến ngập lụt và hạn chế thoát nước trên hệ thống sông Mê Công nói chung và thành phố Cần Thơ nói riêng. Qua tính toán cho thấy khi gặp tổ hợp bất lợi là lũ rất lớn tương tự như lũ năm 2000 và mực nước biển dâng thì thành phố Cần Thơ sẽ bị ngập trầm trọng có thể ngập đến 90-96% diện tích thành phố ứng với độ ngập 0,5 m vào những năm cuối thế kỷ này. Những vùng ngập sâu hơn 1 m có thể bao trùm 67-80% diện tích thành phố. Các phường Hưng Lợi, Xuân Khánh, An Lạc, An Khú, Tân An, An Hội, An Cư, Cái Khê thuộc quận Ninh Kiều và phường Hưng Thạnh, Hưng Phú thuộc quận Cái Răng do thế đất cao nên có nhiều vị trí tại các phường này là không

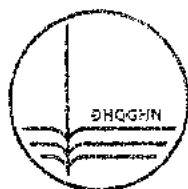
bị ngập còn hầu hết các quận khác TP Cần Thơ bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi ngập lụt và nước biển dâng.

4. Kết luận

Báo cáo đề cập một cách ngắn gọn về các kết quả tính toán và đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến diễn biến ngập lụt thành phố Cần Thơ. Kết quả tính toán diễn biến ngập lụt được sử dụng làm cơ sở cho các nghiên cứu như: đánh giá và xây dựng bản đồ tổn thương, đề xuất các giải pháp tổng thể để ứng phó với BĐKH và nước biển dâng trong các lĩnh vực quy hoạch cơ sở hạ tầng, củng cố hệ thống đê bao, cống ngăn mặn, thoát lũ và tăng cường hợp tác vùng... cũng như xác định các ngành và vùng cần được ưu tiên đầu tư để thích ứng với BĐKH.

Tài liệu tham khảo

1. **MRC, (2010).** Giảm tổn thương của tài nguyên nước, con người và môi trường trong lưu vực sông Cửu Long do những tác động của biến đổi khí hậu.
2. **IMHEN, (2010).** Tác động của Biến đổi khí hậu đến Tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng.
3. **Lương Hữu Dũng, 2012.** Biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến ngập lụt và xâm nhập mặn ở Kiên Giang và Cà Mau. Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 613.
4. <http://vi.wikipedia.org>



356
Đại học Quốc gia Hà Nội
Vietnam National University, Hanoi

KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

JOURNAL
of
NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

MỤC LỤC

1. **Hoàng Thái Bình, Vũ Kiên Trung, Trần Ngọc Anh**, Sử dụng phân bố mưa dự báo theo không gian nhằm tăng cường khả năng dự báo lũ tại các sông trên địa bàn tỉnh Quảng Trị 1
2. **Phạm Mạnh Cồn, Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức, Nguyễn Mạnh Khải, Phạm Quang Hà, Trần Ngọc Anh**, Nghiên cứu mô phỏng trận ngập lụt 2008 nội thành Hà Nội và đề xuất một số giải pháp thoát úng cục bộ 8
3. **Nguyễn Đắc Đa, Nguyễn Minh Huân**, Ứng dụng luật trung vị trong xử lý số liệu mực nước biển thu thập từ vệ tinh đo cao thử nghiệm trên vùng biển Trung Bộ Việt Nam 17
4. **Nguyễn Hương Điền**, Profile gió trung bình trong lớp sát đất khu vực Phước Hòa - Bình Định trong các mùa 26
5. **Trần Quang Đức, Trịnh Lan Phương**, Sự biến đổi phơn và nắng nóng ở Hà Tĩnh – Miền Trung Việt Nam 32
6. **Trịnh Thị Lê Hà**, Các biện pháp ngăn chặn dầu tràn và hiệu quả ứng dụng thông qua mô hình Spill Tools 41
7. **Vũ Thanh Hằng, Trần Thị Thu Hà**, So sánh một vài chỉ số hạn hán ở các vùng khí hậu Việt Nam 51
8. **Nguyễn Văn Hồng, Ngô Đức Thành**, Thử nghiệm dự báo tầm nhìn cho các sân bay thuộc cụm cảng hàng không miền Bắc bằng mô hình WRF 58
9. **Hà Thanh Hương, Đinh Văn Ưu, Nguyễn Trung Việt**, Hoàn lưu ven bờ Vịnh Nha Trang 65
10. **Ngô Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Thanh Huệ, Vũ Thanh Hằng, Ngô Đức Thành**, Nghiên cứu ngày bắt đầu mùa mưa trên khu vực Việt Nam thời kỳ 1961-2000 72
11. **Nguyễn Văn Hương, Đoàn Bộ**, Ảnh hưởng của nhiệt độ nước biển đến năng suất khai thác cá tại vùng đánh cá chung vịnh Bắc Bộ năm 2011 81
12. **Đặng Đình Khá, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Tiền Giang, Nguyễn Quang Hưng, Cấn Thu Văn**, Xây dựng bộ mẫu phiếu điều tra khả năng chống chịu với lũ lụt của người dân phục vụ đánh giá khả năng dễ bị tổn thương do lũ lụt 87
13. **Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức, Hoàng Thái Bình, Lê Ngọc Quyền, Trịnh Xuân Quảng, Trần Ngọc Anh**, Xây dựng bản đồ ngập lụt các hệ thống sông chính tỉnh Khánh Hòa theo các kịch bản BĐKH 101

14. **Hoàng Thị Mỹ Linh, Nguyễn Đức Hạnh, Tối ưu hóa một số thông số của mô hình mưa dòng chảy sử dụng phương pháp SCE** 113
15. **Thái Thị Thanh Minh, Đánh giá kĩ năng mô phỏng một số trường khí hậu của mô hình MMS trên khu vực Việt Nam và lân cận** 121
16. **Phạm Quang Nam, Ngô Đức Thành, Nghiên cứu lựa chọn sản phẩm mô hình khí hậu toàn cầu từ dự án CMIP5 cho khu vực Việt Nam** 134
17. **Trịnh Minh Ngọc, Vũ Văn Phái, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Xuân Dương, Thiết lập khung đánh giá DSPIR trong nghiên cứu tính dễ tổn thương của hệ thống tài nguyên nước đối với lưu vực sông Thạch Hãn tỉnh Quảng Trị** 143
18. **Nguyễn Phương Nhung, Đặc điểm dòng chảy năm lưu vực sông Cầu** 152
19. **Nguyễn Thọ Sáo, So sánh phân bố lý thuyết Rayleigh theo sóng quan trắc tại vùng biển Bình Định** 159
20. **Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hồng Thái, Đỗ Thị Hương, Lưu Đức Dũng, Dự báo diễn biến chất lượng nước sông Nhuệ - Đáy theo các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội** 166
21. **Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hồng Thái, Đỗ Thị Hương, Lưu Đức Dũng, Dự báo tải lượng ô nhiễm tối đa của sông Nhuệ - Đáy theo mục đích sử dụng nguồn nước** 177
22. **Nguyễn Văn Thắng, Trần Hồng Thái, Bảo Thanh, Hoàng Đức Cường, Mai Văn Khiêm, Nguyễn Đăng Mậu, Phạm Hải Yến, Kịch bản biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long và các giải pháp thích ứng** 187
23. **Trần Tân Tiến, Hoàng Thị Thủy, Công Thanh, Bùi Minh Tuấn, Dự báo tổ hợp quỹ đạo bão trên khu vực biển Đông hạn 5 ngày** 195
24. **Trần Tân Tiến, Hoàng Thị Mai, Công Thanh, Ứng dụng phương pháp lọc Kalman tổ hợp vào dự báo quỹ đạo và cường độ bão 5 ngày** 201
25. **Trần Văn Trà, Lars Ribbe, Trịnh Quốc Việt, Alexandra Nauditt, Hạn hán và ENSO trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn** 207
26. **Trương Đức Trí, Ngô Thị Thanh Hương, Nghiên cứu về sự biến đổi của hạn hán trên khu vực Nam Trung Bộ trong thời kỳ 1961-2012** 214
27. **Cần Thu Văn, Nguyễn Thanh Sơn, Trần Ngọc Anh, Đặng Đình Khá, Các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương - Lý luận và thực tiễn Phần 2. Áp dụng thử nghiệm tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ thuộc lưu vực sông Lam - tỉnh Nghệ An** 223
28. **Vũ Thị Vui, Ứng dụng mô hình ROMS để đánh giá trường nhiệt muối trung bình bề mặt khu vực biển Nam Trung Bộ** 233
29. **Kiều Thị Xin, Vũ Thanh Hằng, Lê Đức, Nguyễn Mạnh Linh, Mô phỏng khí hậu khu vực Việt Nam với sử dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM và thủy tĩnh RegCM** 243
30. **Hoàng Phan Hải Yến, Đánh giá tổng hợp các nhân tố tự nhiên ảnh hưởng đến phát triển kinh tế dải ven biển Thanh - Nghệ - Tĩnh giai đoạn 2000 - 2012** 252

Dự báo diễn biến chất lượng nước sông Nhuệ - Đáy theo các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội

Nguyễn Toàn Thắng^{1*}, Trần Hồng Thái², Đỗ Thị Hương², Lưu Đức Dũng²

¹Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu, Số 8 Pháo Đài Láng, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Nhận ngày 29 tháng 11 năm 2013

Chỉnh sửa ngày 10 tháng 12 năm 2013; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 12 năm 2013

Tóm tắt: Nghiên cứu đã dự báo tải lượng ô nhiễm của lưu vực Nhuệ-Đáy với 6 kịch bản phát triển kinh tế xã hội đến năm 2015 và 2020 dựa vào 3 nguồn thải chính là nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt. Qua đó, cho phép hình dung mức độ ô nhiễm của lưu vực sông, cung cấp cơ sở khoa học cho việc sử dụng và quản lý hiệu quả nguồn nước từ lưu vực sông phục vụ phát triển bền vững. Cụ thể là nếu toàn bộ lượng nước thải không được xử lý, tải lượng các chất ô nhiễm luôn ở mức cao, có khả năng gây ô nhiễm ngày càng tăng cho lưu vực sông. Ngược lại, nếu lượng nước thải được xử lý, tải lượng các chất gây ô nhiễm đã giảm đi đáng kể, đặc biệt khi được xử lý 80%. Kết quả dự báo diễn biến chất lượng nước sông bằng mô hình MIKE 11 cho thấy thấy sự khác nhau trong mỗi kịch bản phát triển kinh tế xã hội và tác động của con người đối với chất lượng nước sông. Cụ thể là đối với kịch bản 1 và 4, nếu lượng nước thải không được xử lý, dòng sông sẽ ngày càng ô nhiễm. Nồng độ các chất tính toán đều vượt xa so với tiêu chuẩn chất lượng nước mặt loại B2, chỉ một số ít đạt loại B2 nhưng không đạt loại B1. Trong các kịch bản 2 và 5 (nước thải được xử lý 60%), và kịch bản 3 và 6 (nước thải được xử lý 80%) mức độ ô nhiễm đã giảm đi đáng kể, hầu hết các điểm đều đạt tiêu chuẩn B2, một số điểm còn đạt loại A2.

Từ khóa: lưu vực sông Nhuệ-Đáy, kịch bản phát triển, chất lượng nước, tải lượng ô nhiễm, mô hình MIKE 11.

1. Mở đầu

Lưu vực sông (LVS) Nhuệ, Đáy được xem là một trong những LVS lớn và đóng vai trò quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội (KT- XH) của vùng Đông Bắc Bộ. LVS Nhuệ - Đáy nằm ở hữu ngạn sông Hồng với tổng diện tích tự nhiên 7.665 km², tọa độ địa lý

từ 20° đến 21°20' vĩ độ Bắc, và từ 105° đến 106°30' kinh độ Đông. Lưu vực bao gồm toàn bộ ranh giới hành chính của tỉnh Hà Nam, Ninh Bình, và một phần ranh giới hành chính của tỉnh Hòa Bình, Nam Định và thành phố Hà Nội. Dân số của LVS tính đến 01/4/2009 là 8.948.719 người, với mật độ trung bình 1.120 người/km², cao gấp 4,4 lần so với bình quân chung của cả nước (254 người/km²). Cơ cấu kinh tế của các địa phương trên LVS chủ yếu dựa trên công nghiệp, nông nghiệp và tiểu thủ

* Tác giả liên hệ. ĐT.: +84-4-32595525
Email: thangfes@gmail.com

công nghiệp. Trong đó, nông nghiệp và tiểu thủ công nghiệp đóng góp 21% tổng GDP, nhưng có đến 60-70% lực lượng dân cư làm việc trong lĩnh vực nông nghiệp. Trong vài năm trở lại đây kinh tế các tỉnh/thành phố trong LVS tăng trưởng hết sức mạnh mẽ [1-4].

Tuy nhiên, với đặc trưng phát triển KT-XH của mỗi địa phương khác nhau nhưng lại sử dụng chung một nguồn nước đã dẫn tới những mâu thuẫn trong quá trình sử dụng và quản lý nguồn nước. Các tỉnh vùng thượng nguồn như Hà Nội sử dụng nguồn nước chủ yếu phục vụ công nghiệp, làng nghề và xả thải. Trong khi đó, những tỉnh/thành phố vùng hạ lưu lại có xu hướng sử dụng trong cấp nước sinh hoạt, nuôi trồng thủy sản và sản xuất nông nghiệp. Từ đó, dẫn đến những xung đột quyền lợi giữa các địa phương. Hơn nữa, công tác xử lý nguồn thải gây ô nhiễm chưa triệt để, hầu hết nước và chất thải đều được đổ thẳng ra sông. Chính vì vậy, những năm gần đây, nhiều sự cố môi trường xảy ra trên LVS Nhuệ, Đáy gây bức xúc cho người dân, làm ảnh hưởng nghiêm trọng tới đời sống, sức khỏe, sinh hoạt, sản xuất kinh tế của người dân trong lưu vực, nhất là những tỉnh/thành phố vùng hạ lưu [1-4].

Xuất phát từ thực tế trên, có thể thấy rằng việc tính toán, dự báo tải lượng theo các kịch bản phát triển KT-XH cho phép hình dung mức độ ô nhiễm của LVS, cung cấp cơ sở khoa học cho việc sử dụng và quản lý hiệu quả nguồn nước từ LVS phục vụ phát triển bền vững.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Tính toán tải lượng các chất ô nhiễm theo kịch bản phát triển KT-XH

Tổng lượng chất thải phát sinh (không được qua xử lý) trên toàn lưu vực được ước lượng

dựa vào số liệu thống kê trong các quy hoạch, kế hoạch phát triển KTXH; quy hoạch phát triển ngành của các tỉnh/thành phố trong LVS Nhuệ - Đáy đến năm 2015 và định hướng 2020; và cơ cấu chuyển dịch kinh tế của các tỉnh/thành phố trong LVS... [1]

Tổng lượng chất thải được ước lượng tập trung vào 3 nguồn thải chính: nông nghiệp, sinh hoạt và nguồn thải công nghiệp. Trong đó, nguồn thải sinh hoạt được tính toán dựa trên dự báo về sự tăng dân số (số dân được cấp nước), tiêu chuẩn cấp nước, tỉ lệ thất thoát... Nguồn thải công nghiệp được tính toán dựa trên việc dự báo về dự án quy hoạch phát triển các khu công nghiệp (KCN), diện tích của các KCN, khu chế xuất, hệ số phát thải, nồng độ chất ô nhiễm của các thông số trong nước thải... Nguồn thải nông nghiệp được tính toán dựa trên việc dự báo lượng nước thải dùng cho trồng trọt và chăn nuôi với hệ số phát triển ngành. Tải lượng thải của nguồn thải nông nghiệp, sinh hoạt và công nghiệp đối với mỗi thông số sẽ được tính từ lưu lượng và nồng độ thải của thông số đó.

Có 6 kịch bản (KB) đã được đưa ra, các kịch bản sẽ tính toán tải lượng ô nhiễm trên lưu vực đến năm 2015 và 2020, bao gồm các thông số chất lượng nước (BOD₅, COD, TSS, N tổng, P tổng, trên cơ sở Quyết định 57/2008 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt đề án tổng thể bảo vệ môi trường lưu vực sông Nhuệ - Đáy đến năm 2020) và trên cơ sở hiện trạng xử lý các nguồn nước thải (không được xử lý, 60% được xử lý và 80% được xử lý) và hiện trạng ô nhiễm trên lưu vực sông.

2.2. Phương pháp luận tính toán ngưỡng chịu tải và dự báo chất lượng nước

Cơ sở khoa học của phương pháp tính toán ngưỡng chịu tải, qua đó dự báo diễn biến chất

lượng nước của sông dựa trên 4 yếu tố: i) Đánh giá tải lượng ô nhiễm tối đa của đoạn sông theo mục đích sử dụng, ii) Đánh giá tải lượng ô nhiễm có sẵn trong sông, iii) Đánh giá tải lượng ô nhiễm đưa vào sông và iv) Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước [1, 5]. Có thể tóm lược như sau:

a. Đánh giá tải lượng ô nhiễm tối đa của đoạn sông theo mục đích sử dụng

Tải lượng ô nhiễm tối đa là khối lượng lớn nhất của các chất ô nhiễm có thể có trong nguồn nước tiếp nhận mà không làm ảnh hưởng đến khả năng đáp ứng mục tiêu chất lượng nước của nguồn tiếp nhận, và được tính theo công thức:

$$Ltd = (Qs + Qt) * Ctc * 86.4 \quad (1)$$

Trong đó:

Ltd (kg/ngày): là tải lượng ô nhiễm tối đa của chất ô nhiễm

Qs (m^3/s): là lưu lượng dòng chảy tức thời nhỏ nhất ở đoạn sông cần đánh giá trước khi tiếp nhận nước thải

Qt (m^3/s): là lưu lượng nước thải lớn nhất đưa vào nguồn nước

Ctc (mg/l): là giá trị giới hạn nồng độ chất ô nhiễm được quy định theo QCVN 08/2008 để đảm bảo mục đích sử dụng của nguồn nước đang được đánh giá

86.4: là hệ số chuyển đổi đơn vị thứ nguyên từ (m^3/s) * (mg/l) sang (kg/ngày)

Việc xác định tải lượng ô nhiễm tối đa của chất ô nhiễm (Ltd) được tính toán theo lưu lượng dòng chảy tức thời nhỏ nhất đối với từng đoạn sông trước khi tiếp nhận nước thải (Qs), tính theo lưu lượng nước thải lớn nhất (Qt) và giá trị giới hạn nồng độ chất ô nhiễm được quy định theo quy chuẩn chất lượng nước mặt QCVN 08/2008-BTNMT (Ctc).

b. Đánh giá tải lượng ô nhiễm có sẵn trong sông

Tải lượng ô nhiễm có sẵn trong nguồn nước tiếp nhận (Ln) được tính toán theo lưu lượng dòng chảy tức thời nhỏ nhất đối với từng đoạn sông trước khi tiếp nhận nước thải (Qs), giá trị nồng độ cực đại của chất ô nhiễm trong nguồn nước trước khi tiếp nhận nước thải (Cs).

$$Ln = Qs * Cs * 86.4 \quad (2)$$

Trong đó:

Ln (kg/ngày): là tải lượng ô nhiễm có sẵn trong nguồn nước tiếp nhận

Qs (m^3/s): là lưu lượng dòng chảy tức thời nhỏ nhất ở đoạn sông cần đánh giá trước khi tiếp nhận nước thải

Cs (mg/l): là giá trị giới hạn nồng độ cực đại của chất ô nhiễm trong nguồn nước

86.4: là hệ số chuyển đổi đơn vị thứ nguyên từ (m^3/s) * (mg/l) sang (kg/ngày)

c. Đánh giá tải lượng ô nhiễm đưa vào trong sông

Tải lượng ô nhiễm của chất ô nhiễm đưa vào nguồn nước tiếp nhận (Lt) được tính toán theo lưu lượng nước thải lớn nhất (Qt), giá trị nồng độ cực đại của chất ô nhiễm trong nước thải (Ct).

$$Lt = Qt * Ct * 86.4 \quad (3)$$

Trong đó:

Lt (kg/ngày): là tải lượng chất ô nhiễm trong nguồn thải

Qt (m^3/s): là lưu lượng nước thải lớn nhất đưa vào nguồn nước

Ct (mg/l): là giá trị nồng độ cực đại của chất ô nhiễm trong nước thải

86.4: là hệ số chuyển đổi đơn vị thứ nguyên từ (m^3/s) * (mg/l) sang (kg/ngày)

d. Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước

Khả năng tiếp nhận tải lượng nước thải của nguồn nước đối với một chất ô nhiễm cụ thể được tính theo công thức:

$$L_{tn} = (L_{td} - L_n - L_t) * F_s \quad (4)$$

Trong đó:

L_{tn} (kg/ngày): là khả năng tiếp nhận tải lượng chất ô nhiễm của nguồn nước;

L_{td} ; L_n và L_t (kg/ngày): được tính theo công thức (1), (2) và (3).

F_s : là hệ số an toàn, có giá trị trong khoảng $0,3 < F_s < 0,7$.

Theo công thức (4), sẽ có kết quả là lượng chất ô nhiễm (kg/ngày) mà môi trường nước sông còn khả năng tiếp nhận so với lượng phát thải hiện nay tại khúc sông đang nghiên cứu. Có 3 khả năng xảy ra:

Nếu $L_{tn} > 0$ - đoạn sông còn khả năng tiếp nhận, chịu tải lớn hơn lượng xả thải chất ô nhiễm hiện nay;

Nếu $L_{tn} = 0$ - khả năng tiếp nhận chất ô nhiễm của đoạn sông đến giới hạn hay ngưỡng chịu tải của khúc sông đã đến giới hạn.

Nếu $L_{tn} < 0$ - môi trường nước sông hiện đã quá tải đối với chất ô nhiễm, không còn khả năng tiếp nhận chất ô nhiễm nữa.

2.3. Phương pháp tính toán và dự báo dựa chất lượng nước vào mô hình MIKE 11

Mô hình MIKE 11 là bộ mô hình 1 chiều được phát triển bởi Viện thủy lực Đan Mạch (DHI) từ mô hình gốc đầu tiên ra đời năm 1972 dùng để mô phỏng thủy lực nước trong sông. MIKE 11 có thể tích hợp nhiều module như module truyền tải - khuếch tán (AD), module chất lượng nước (WQ), module vận chuyển bùn cát (ST) và module mưa rào - dòng chảy (RR), đây là các mô hình được sử dụng khá rộng rãi trên thế giới. Mô hình này hoạt động dựa trên 3

cơ sở lý thuyết: mô hình mưa-dòng chảy (NAM), mô hình diễn toán thủy lực và mô hình chất lượng nước [6, 7]. Số liệu về lưu lượng dòng chảy sông Nhuệ - sông Đáy được sử dụng là số liệu năm 2007 - 2008, mô hình Mike 11 mô phỏng hệ thống thủy lực với chỉ số Nash sau hiệu chỉnh, kiểm định $>95\%$, có được chuỗi số liệu dòng chảy quan trắc tại từng đoạn sông phục vụ việc tính toán tải lượng ô nhiễm có sẵn trong đoạn sông đó với nồng độ chất ô nhiễm được sử dụng theo kết quả quan trắc năm 2009. Trình tự các bước tính toán mô hình được thực hiện dựa trên số liệu đo đạc thực tế, số liệu thống kê có liên quan và đã được áp dụng thành công cho những dự báo khác ở một số công trình trước đó [1, 5].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Dự báo tải lượng ô nhiễm theo các kịch bản phát triển KTXH

Kết quả tính toán các thông số môi trường tương ứng với 6 kịch bản phát triển KT-XH được thể hiện qua bảng 1.

Kịch bản 1: Cùng với việc gia tăng của dân cư, sản lượng công nghiệp, nông nghiệp mà không có bất cứ các biện pháp kiểm soát, xử lý nào thì tải lượng trên toàn lưu vực tăng lên rất đáng kể so với năm 2008. Lượng nước thải đến năm 2015 là 1,4 tỷ m^3 /năm, tăng khoảng 25,6% so với năm 2008. Tổng tải lượng các chất ô nhiễm 3 triệu tấn mà trong đó Hà Nội là địa phương chiếm tỷ lệ lớn về các nguồn thải. Vì vậy tình trạng ô nhiễm trên LVS Nhuệ - Đáy sẽ tiếp tục diễn ra với mức độ ngày càng cao.

Kịch bản 2: Với kịch bản này thì tình hình môi trường sẽ khả quan hơn, tải lượng và tổng lượng nước thải giảm đi rõ rệt, tổng tải lượng xấp xỉ 1,23 triệu tấn/năm, tổng lượng nước thải giảm xuống còn 554 triệu m^3 /năm, tương đương với 1,5 triệu m^3 /ngày. Tuy nhiên cũng cần có những cơ chế quản lý phù hợp nhằm đảm bảo duy trì các hoạt động bảo vệ môi trường.

Kịch bản 3: Với sự hoạt động hiệu quả của Ủy ban bảo vệ môi trường LVS Nhuệ - Đáy, cơ chế điều phối giữa các ngành, các địa phương trong công tác quản lý môi trường tổng thể của toàn lưu vực hợp lý, xây dựng một quy hoạch chung nhằm xác lập các mục tiêu và đề xuất các biện pháp bảo vệ, cải thiện, phát triển bền vững tài nguyên môi trường lưu vực sông Nhuệ -

sông Đáy. Trong đó tiến hành phân loại nguồn thải và xử lý tại chỗ trước khi thải ra môi trường. Đồng thời trình độ, ý thức của người dân trong công tác bảo vệ môi trường được nâng lên, góp phần giảm lượng phát thải. Tải lượng giảm xuống rất nhiều, khoảng 610 tấn/năm với 277 triệu m³/năm.

Bảng 1. Tổng lượng nước thải theo các kịch bản phát triển kinh tế xã hội

Các kịch bản	Nguồn thải	Tải lượng toàn lưu vực (tấn/năm)					Nước thải (m ³ /năm)
		BOD ₅	COD	SS	N tổng	P tổng	
Kịch bản 1 (đến năm 2015, nước thải không được xử lý)	Nông nghiệp	375.385	450.462	1.031.002	148.618	82.632	1.078.576.648
	Công nghiệp	45.539	96.040	84.595	7.770	1.807	53.259.261
	Sinh hoạt	159.532	271.676	280.158	23.826	4.025	254.142.264
	Toàn LVS	580.456	818.178	1.395.755	180.215	88.464	1.385.978.173
Kịch bản 2 (đến năm 2015, 60% nước thải được xử lý)	Nông nghiệp	150.154	180.185	412.401	59.447	33.053	431.430.659
	Công nghiệp	18.216	38.416	33.838	3.108	723	21.303.704
	Sinh hoạt	63.813	108.670	112.063	9.530	1.610	101.656.906
	Toàn LVS	232.183	327.271	558.302	72.086	35.386	554.391.269
Kịch bản 3 (đến năm 2015, 80% nước thải được xử lý)	Nông nghiệp	75.077	90.092	206.200	29.724	16.526	215.715.330
	Công nghiệp	9.108	19.208	16.919	1.554	361	10.651.852
	Sinh hoạt	31.906	54.335	56.032	4.765	805	50.828.453
	Toàn LVS	116.091	163.636	279.151	36.043	17.693	277.195.635
Kịch bản 4 (đến năm 2020, nước thải không được xử lý)	Nông nghiệp	435.211	522.253	1.201.339	172.041	95.463	1.245.586.084
	Công nghiệp	90.960	189.920	164.955	15.380	3.669	102.954.142
	Sinh hoạt	165.884	282.499	291.326	24.776	4.186	264.272.246
	Toàn LVS	692.055	994.672	1.657.619	212.196	103.318	1.612.812.473
Kịch bản 5 (đến năm 2020, 60% nước thải được xử lý)	Nông nghiệp	174.084	208.901	480.535	68.816	38.185	498.234.434
	Công nghiệp	36.384	75.968	65.982	6.152	1.468	41.181.657
	Sinh hoạt	66.354	113.000	116.530	9.910	1.674	105.708.899
	Toàn LVS	276.822	397.869	663.048	84.878	41.327	645.124.989
Kịch bản 6 (đến năm 2020, 80% nước thải được xử lý)	Nông nghiệp	87.042	104.451	240.268	34.408	19.093	249.117.217
	Công nghiệp	18.192	37.984	32.991	3.076	734	20.590.828
	Sinh hoạt	33.177	56.500	58.265	4.955	837	52.854.449
	Toàn LVS	138.411	198.934	331.524	42.439	20.664	322.562.495

Kịch bản 4: Phát triển kinh tế xã hội đến năm 2020, toàn bộ lượng nước thải không được xử lý. Đây cũng là kịch bản nhằm đánh giá tình trạng ô nhiễm môi trường phát triển kinh tế không đi kèm với quy hoạch bảo vệ môi trường, để thấy được sự tác động của các nguồn thải đối

với môi trường nước. Theo kịch bản này, tổng lượng nước thải của 3 nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp vào khoảng 1,61 triệu m³/năm gấp 1,46 lần so với năm 2008, tổng tải lượng ô nhiễm xấp xỉ 3,7 triệu tấn/năm, trong đó tải lượng chất lơ lửng là 1,7 triệu

tấn/năm. Với lượng nước thải và tải lượng ô nhiễm lớn, tình trạng ô nhiễm trên lưu vực sông sẽ trở nên trầm trọng hơn, dẫn đến suy thoái và cạn kiệt nguồn tài nguyên nước trên lưu vực.

Kịch bản 5: Theo kịch bản này, lượng nước thải chưa qua xử lý vẫn còn khá lớn, việc đầu tư hệ thống xử lý nước thải đang trong giai đoạn triển khai xây dựng, và để vào hoạt động hiệu quả cũng phải mất một khoảng thời gian không ít, trong khi lượng nước thải ngày càng tăng. Lượng nước thải chưa qua xử lý của 3 nguồn thải chính là 645 triệu m^3 tương đương 1,7 triệu m^3 /ngày. Tải lượng các chất ô nhiễm khoảng 1,3 triệu tấn/năm. Tải lượng nước thải giảm đi đáng kể nhưng vẫn còn ở mức cao, có khả năng gây ô nhiễm đối với môi trường nước...

Kịch bản 6: Giai đoạn cuối thực hiện quy hoạch bảo vệ môi trường lưu vực sông Nhuệ - Đáy, mọi công việc cơ bản đã hoàn thành. Các nhà máy xử lý nước thải tại các khu công nghiệp, khu đô thị, cơ sở sản xuất được vận hành, hoạt động hiệu quả. Xử lý triệt để các cơ sở sản xuất gây ô nhiễm nghiêm trọng theo Quyết định 64/2003/QĐ-TTg, đồng thời nạo vét khơi thông dòng chảy, hoàn thành cơ bản việc quy hoạch các nguồn xả thải trên lưu vực sông, có hệ thống cấp nước, hệ thống tiêu thoát nước mưa, nước thải riêng biệt. Tải lượng chất thải giảm đi đáng kể, lượng nước thải còn 305 triệu m^3 /năm với tổng tải lượng 660 nghìn tấn/năm. Theo kịch bản này, lượng nước thải và chất ô nhiễm giảm rõ rệt, điều này cho thấy vai trò quan trọng của con người trong quá trình cải thiện môi trường.

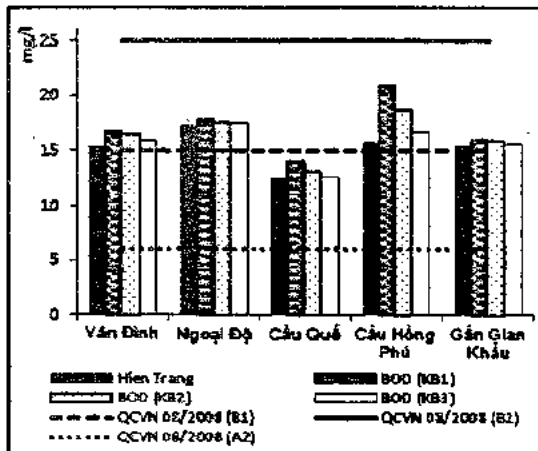
Như vậy, có thể thấy rằng việc tính toán, dự báo tải lượng theo các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội cho phép hình dung mức độ ô nhiễm và những tác động do ô nhiễm gây ra để có kế hoạch hành động như thực hiện các biện pháp kiểm soát, giảm thiểu chất ô nhiễm nhằm cải thiện chất lượng nước.

Mức độ tác động qua 2 kịch bản không xử lý, mang tính chất kiểm tra và cảnh báo trong việc phát triển KTXH không đi kèm với các biện pháp bảo vệ môi trường và nguồn nước. Lượng nước thải tăng nhanh cho đến năm 2020, trong đó ngành công nghiệp có tỷ lệ tăng trưởng cao nên mức độ gia tăng nước thải cũng lớn nhất, chắc chắn sẽ dẫn đến suy thoái nguồn nước trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Việc dự báo tải lượng ô nhiễm theo các kịch bản tiếp theo cho thấy được xu hướng phát triển trong tương lai, đồng thời phản ánh sự tác động của con người (thông qua việc xử lý tương ứng với 60%, 80% lượng nước thải). Từng bước giảm thiểu ô nhiễm môi trường trên lưu vực sông là bước đi phù hợp theo hướng phát triển bền vững.

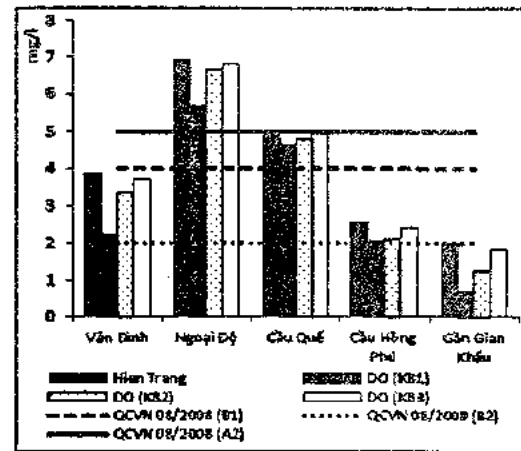
Trong các kịch bản mới chỉ tính toán cho 3 loại nguồn thải chính là nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt. Trong đó lượng nước thải nông nghiệp chiếm tỷ trọng lớn nhất nhưng được phân bố tương đối đồng đều trên toàn lưu vực nên sự ảnh hưởng, tác động đến môi trường là không lớn. Nguồn thải sinh hoạt là vấn đề đáng quan tâm hơn cả, tuy chiếm tỷ lệ nhỏ nhưng lại chứa hàm lượng các chất ô nhiễm lớn, tập trung chủ yếu tại các khu đô thị. Nguồn thải công nghiệp, tuy chiếm tỷ lệ nhỏ nhưng lại có tốc độ gia tăng lớn, nồng độ ô nhiễm cao. Các loại nguồn thải khác như du lịch, y tế, làng nghề... với tải lượng không nhỏ lại có diễn biến phức tạp cũng đang cần quan tâm đúng mức để tránh những tác động xấu đến môi trường.

3.2. Dự báo diễn biến chất lượng nước sông Nhuệ Đáy

Kết quả tính toán diễn biến các thông số chất lượng nước sông Nhuệ Đáy bằng mô hình MIKE 11 theo 3 kịch bản phát triển KT-XH đến năm 2015 được thể hiện từ hình 1 đến 6. Qua đó, có thể rút ra một số nhận xét như sau:



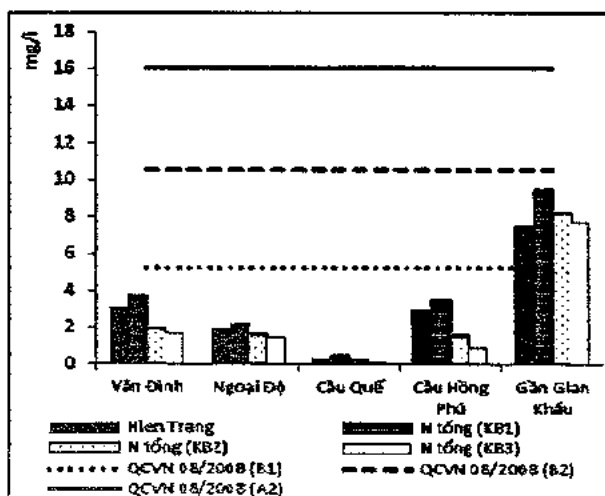
Hình 1. So sánh nồng độ BOD dự báo năm 2015 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Đáy - KB 1, KB 2, KB 3.



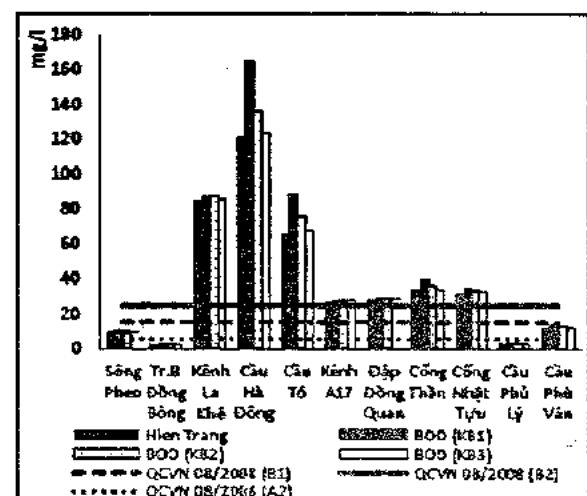
Hình 2. So sánh nồng độ DO dự báo năm 2015 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Đáy - KB 1, KB 2, KB 3.

Kịch bản 1: Lưu lượng nước thải trong lưu vực sông Nhuệ - Đáy tăng theo số liệu như trong quy hoạch (2015), nước thải đổ xuống các sông trong lưu vực nhưng không được xử lý. Mục đích của kịch bản này nhằm: (i) Dự báo tình hình chất lượng nước trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy trong trường hợp phát triển không đi kèm với các biện pháp bảo vệ môi trường; (ii) Đánh giá mức độ ảnh hưởng của nước thải đến chất lượng nước sông, từ đó đưa ra các cảnh báo cần thiết cho công tác bảo vệ môi trường. Kịch bản 1 đưa ra một bức tranh thể hiện sự phát triển, tăng trưởng của dân số và

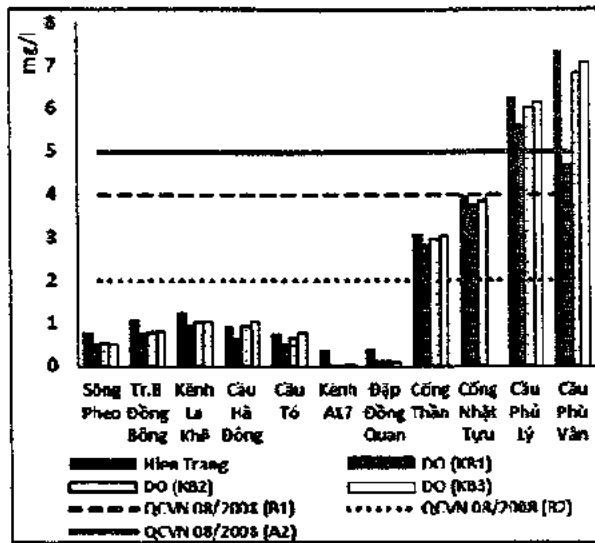
các ngành kinh tế xã hội, kéo theo đó sự gia tăng về lượng thải vào các dòng sông. Kết quả tính toán cho thấy, chất lượng nước trên lưu vực sẽ ngày càng xấu đi, nồng độ DO tại nhiều điểm trên sông Nhuệ dao động từ 0,5 đến 5,6 (mg/l) - tức chưa đạt tiêu chuẩn chất lượng nước mặt loại A, trong khi đó, sông Đáy bắt đầu xuất hiện một số điểm có nồng độ DO không đạt QCVN 08/2008 (A2). Ngoài ra, các thông số khác cũng ở mức báo động, nồng độ BOD tại một số điểm trên sông Nhuệ đạt giá trị 100(mg/l) gấp 4 lần so với QCVN 08/2008 (B).



Hình 3. So sánh nồng độ N tổng dự báo năm 2015 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Đáy - KB 1, KB 2, KB 3.

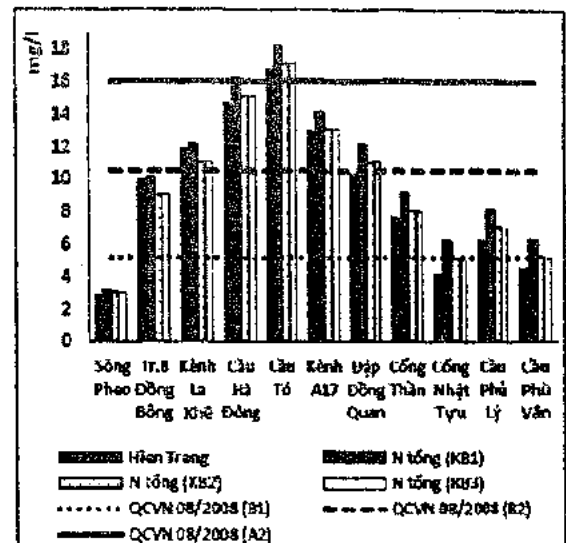


Hình 4. So sánh nồng độ BOD dự báo năm 2015 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Nhuệ - KB 1, KB 2, KB 3.



Hình 5. So sánh nồng độ DO dự báo năm 2015 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Nhuệ - KB 1, KB 2, KB 3.

Kịch bản 2: Trong kịch bản này, lưu lượng nước thải tăng một cách tất yếu do sự phát triển của dân sinh, kinh tế và các hoạt động có liên quan, tuy nhiên nước thải trước khi xả thải vào hệ thống sông đã được xử lý 60%. Mục đích của kịch bản 2 nhằm: (i) dự báo chất lượng nước trên lưu vực sông ứng với kịch bản phát triển kinh tế xã hội và hành động của con người đối với môi trường; (ii) đánh giá mức độ ảnh hưởng của nước thải đến chất lượng nước sông trong lưu vực sông Nhuệ - sông Đáy. Kết quả tính toán cho thấy nồng độ BOD, có biến đổi theo không gian, cụ thể là có những điểm nồng độ đã giảm nhưng cũng có những điểm nồng độ vẫn tăng do chất thải được xử lý chưa nhiều trong khi lưu lượng nước thải vẫn tăng. Trên sông Nhuệ ở một vài vị trí như Cầu Tô, Cầu Hà Đông, Kênh La Khê có nồng độ BOD rất cao dao động trong khoảng 80 (mg/l), bên cạnh đó lại có những điểm chất lượng nước đạt tiêu chuẩn B1 QCVN 08/2008 (Sông Pheo, Cầu Vân), tại trạm bơm Đồng Bông và cầu Phủ Lý chất lượng nước còn đạt chỉ tiêu A2 QCVN 08/2008. Nhìn chung, do được xử lý 60% nên



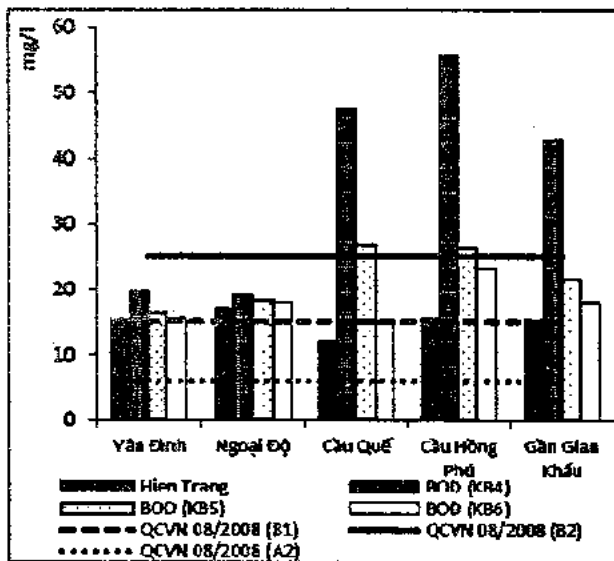
Hình 6. So sánh nồng độ N tổng dự báo năm 2015 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Nhuệ - KB 1, KB 2, KB 3.

chất lượng nước tính toán trong kịch bản này bớt ô nhiễm hơn so với kịch bản 1.

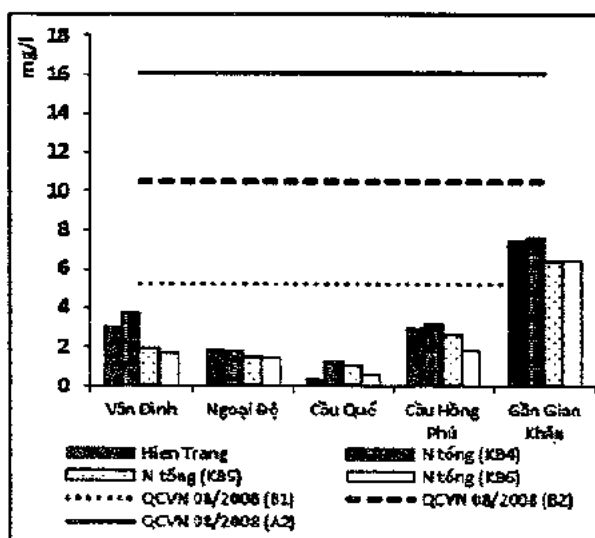
Kịch bản 3: Lưu lượng nước thải tăng do sự phát triển của dân sinh kinh tế và các hoạt động có liên quan, tuy nhiên nước thải trước khi xả thải vào hệ thống sông trong khu vực đã được xử lý 80% nhằm hạn chế bớt ảnh hưởng của nước thải đến dòng sông. Kết quả tính toán cho thấy nồng độ BOD đã giảm đi so với kịch bản 2. Nồng độ BOD trên sông Nhuệ dao động từ 60 – 80 (mg/l), sông Đáy là dưới 20 (mg/l). Kết quả chạy mô hình cho thấy, chất lượng nước sông đã được cải thiện đáng kể trong các kịch bản xử lý 60% và 80% so với thực tế hiện nay. Nồng độ BOD₅ trên sông Nhuệ chỉ còn dao động tại mức 100(mg/l) so với hơn 160(mg/l) như trong kịch bản 1. Nồng độ BOD₅ trên sông Đáy hầu hết đều đạt tiêu chuẩn B2 QCVN 08/2008. Kết quả trong kịch bản còn cho thấy nguồn thải là yếu tố ảnh hưởng quyết định đến chất lượng nước sông trong lưu vực, do đó cần phải thực hiện các biện pháp quyết liệt để đảm bảo tình trạng môi trường nói chung và môi trường nước mặt nói riêng.

Đối với các kịch bản phát triển KT-XH đến năm 2020, kết quả dự báo được thể hiện từ hình 7 đến 12.

Kịch bản 4: Ứng với lưu lượng nước thải tăng do sự phát triển của dân sinh kinh tế và các hoạt động có liên quan tính đến năm 2020. Lưu lượng thải ra sông được giả định rằng hoàn toàn không được xử lý.

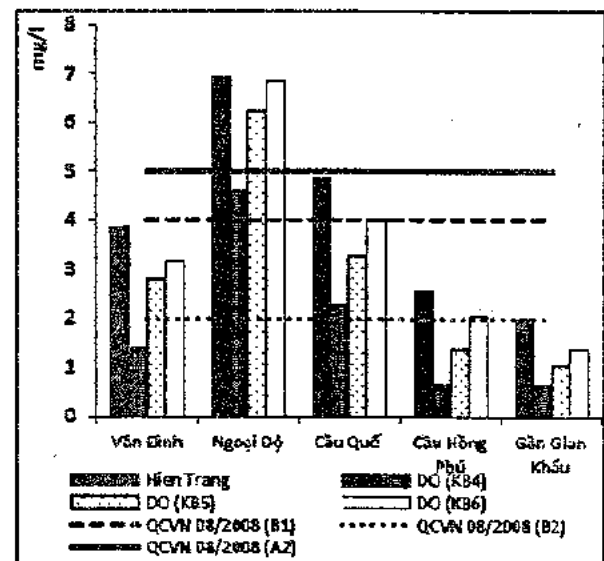


Hình 7. So sánh nồng độ BOD dự báo năm 2020 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Đáy – KB 4, KB 5, KB 6.

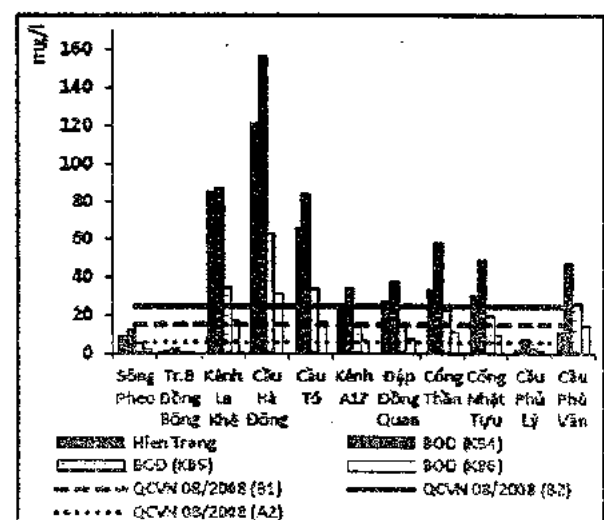


Hình 9. So sánh nồng độ N tổng dự báo năm 2020 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Đáy – KB 4, KB 5, KB 6.

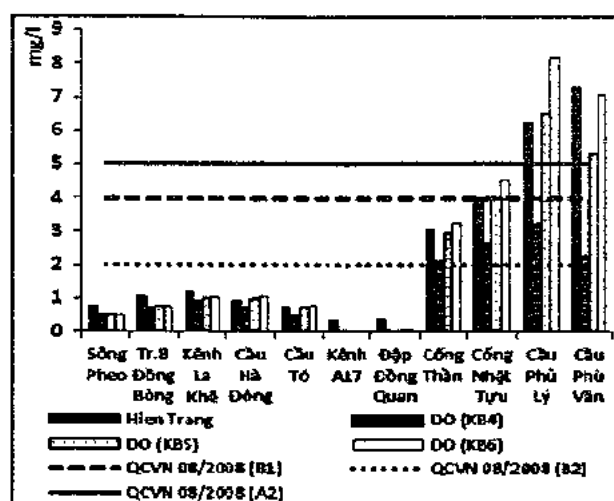
Kịch bản 5: Lưu lượng thải ra sông đã được xử lý 60%. Tương tự như kịch bản 2, mục đích của kịch bản 5 nhằm: (i) dự báo chất lượng nước trên lưu vực sông ứng với kịch bản phát triển kinh tế xã hội đến năm 2020 và hành động của con người đối với môi trường; (ii) đánh giá mức độ ảnh hưởng của nước thải đến chất lượng nước sông trong lưu vực sông Nhuệ - sông Đáy.



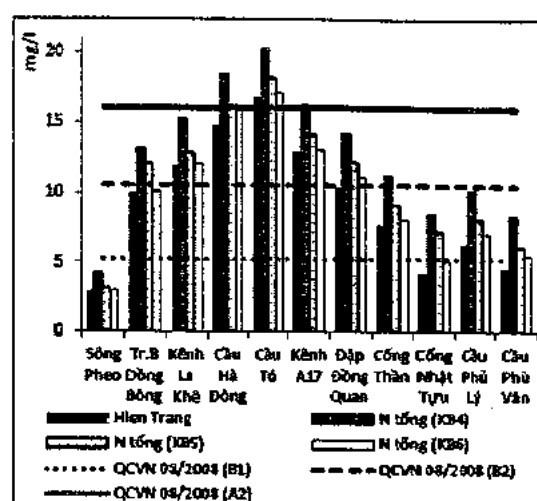
Hình 8. So sánh nồng độ DO dự báo năm 2020 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Đáy – KB 4, KB 5, KB 6.



Hình 10. So sánh nồng độ BOD dự báo năm 2020 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Nhuệ – KB 4, KB 5, KB 6.



Hình 11. So sánh nồng độ DO dự báo năm 2020 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Nhuệ – KB 4, KB 5, KB 6



Hình 12. So sánh nồng độ N tổng dự báo năm 2020 với hiện trạng (2008) dọc theo sông Nhuệ – KB 4, KB 5, KB 6

Kịch bản 6: Lưu lượng thải ra sông lúc này đã được xử lý 80%. Kết quả tính toán dự báo năm 2020 theo 3 kịch bản cho thấy, chất lượng nước sông đã được cải thiện đáng kể khi lưu lượng nước thải được xử lý trước khi thải ra sông so với lưu lượng nước thải không được xử lý. Nồng độ BOD₅ trên sông Nhuệ chỉ còn dao động tại mức 40 (mg/l) so với hơn 100 (mg/l) như trong kịch bản 4. Nồng độ BOD₅ trên sông Đáy hầu hết đều đạt tiêu chuẩn B2 QCVN 08/2008.

Có thể nói rằng, qua 6 kịch bản tính toán để dàng nhận thấy sự khác nhau trong mỗi kịch bản phát triển kinh tế xã hội và tác động của con người đối với chất lượng nước trong lưu vực sông Nhuệ - sông Đáy. Trong kịch bản 1 và 4, nếu nước thải không được xử lý, dòng sông sẽ ngày một ô nhiễm hơn. Nồng độ các chất tính toán đều vượt xa so với tiêu chuẩn chất lượng nước mặt loại B2, chỉ một số ít đạt loại B2 nhưng không đạt loại B1, có điểm BOD₅ đạt trên 100mg/l và DO nhỏ hơn 1mg/l. Đây là những con số hết sức đáng lo ngại, đòi hỏi phải có biện pháp ngăn ngừa thích hợp để cải thiện chất lượng nước sông. Trong các kịch bản 2 và 5

(nước thải được xử lý 60%), và kịch bản 3 và 6 (nước thải được xử lý 80%) mức độ ô nhiễm đã giảm đi đáng kể, hầu hết các điểm đều đạt tiêu chuẩn B2, một số điểm còn đạt loại A2.

4. Kết luận

Tải lượng ô nhiễm của LVS Nhuệ-Đáy đã được tính toán tương ứng với 6 kịch bản phát triển KT-XH dựa vào 3 nguồn thải chính là nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt. Trong đó, nếu toàn bộ lượng nước thải không được xử lý, tải lượng các chất ô nhiễm luôn ở mức cao, có khả năng gây ô nhiễm ngày càng tăng cho LVS. Ngược lại, nếu lượng nước thải được xử lý, tải lượng các chất gây ô nhiễm đã giảm đi đáng kể, đặc biệt khi được xử lý 80%. Kết quả dự báo diễn biến chất lượng nước sông bằng mô hình MIKE 11 cho thấy thấy sự khác nhau trong mỗi kịch bản phát triển kinh tế xã hội và tác động của con người đối với chất lượng nước sông. Cụ thể là đối với kịch bản 1 và 4, nếu lượng nước thải không được xử lý, dòng sông sẽ ngày càng ô nhiễm. Nồng độ các chất tính toán đều vượt xa so với tiêu chuẩn chất lượng

nước mặt loại B2, chỉ một số ít đạt loại B2 nhưng không đạt loại B1, có điểm BOD₅ đạt trên 100mg/l và DO nhỏ hơn 1mg/l. Trong các kịch bản 2 và 5 (nước thải được xử lý 60%), và kịch bản 3 và 6 (nước thải được xử lý 80%) mức độ ô nhiễm đã giảm đi đáng kể, hầu hết các điểm đều đạt tiêu chuẩn B2, một số điểm còn đạt loại A2.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tổng cục Môi trường, 2009. Đánh giá ngưỡng chịu tải và đề xuất các giải pháp quản lý, khắc phục tình trạng ô nhiễm môi trường nước sông Nhuệ-sông Đáy.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2006. Báo cáo môi trường quốc gia - Hiện trạng môi trường nước 3 lưu vực sông Cầu, Nhuệ-Đáy, hệ thống sông Đồng Nai.
- [3] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008. Báo cáo môi trường quốc gia năm - Môi trường làng nghề Việt Nam.
- [4] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2010. Báo cáo môi trường quốc gia - Tổng quan môi trường Việt Nam.
- [5] Đỗ Thị Hương, Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Nguyễn Thị Phương Hoa, Trần Lan Anh, Trần Hồng Thái, 2010. Cơ sở phương pháp luận tính toán khả năng chịu tải môi trường nước sông và một số kết quả tính toán thí điểm trên sông Nhuệ - Đáy. Tạp chí KTTV. 595: p. 43-49.
- [6] DHI, 2004. MIKE software user guide.
- [7] DHI, 2004. MIKE 11 Reference Manual

Estimating Changes in Water Quality of Nhuệ and Đáy Rivers under Different Scenarios of Socioeconomic Development

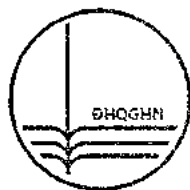
Nguyễn Toàn Thắng¹, Trần Hồng Thái², Đỗ Thị Hương², Lưu Đức Dũng²

¹Department of Meteorology, Hydrology and Climate Change, 8 Pháo Đài Láng, Hanoi, Vietnam

²Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment

Abstract: Total pollution load of Nhuệ-Đáy rivers was estimated under 6 scenarios of socioeconomic development towards 2015 and 2020, based on three main discharged sources, including agriculture, industry and living waste water. The results showed that in case of the entire amount of waste water was untreated, pollutant load would be very high, causing increasing pollution in the rivers. Conversely, when waste water was treated, the pollutant load has markedly decreased, especially when the treated process attained 80%. On the other hand, the estimations obtained from software MIKE 11 released differences in water quality under each scenario and human impact as well. In scenarios of 1 and 4 in which total amount of sewage was untreated, the rivers became increasingly polluted. Most of the environmental parameters far exceeded the water quality standards of B2, only a few studying sites reached standards of B2 but those of B1. In scenarios 2 and 5 (treated wastewater reached 60%), and 3 and 6 ones (treated waste water reached 80%), pollution levels decreased significantly, most studying sites attained the standards of B2, even some reached those of A2.

Keywords: Nhuệ-Đáy rivers, scenarios of socioeconomic development, water quality, pollution load, MIKE 11 software.



³⁷⁰
Đại học Quốc gia Hà Nội
Vietnam National University, Hanoi

KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

JOURNAL

of

NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

ISSN 0866-8612

Vol. 29, No. 2S, 2013

MỤC LỤC

1. **Hoàng Thái Bình, Vũ Kiên Trung, Trần Ngọc Anh**, Sử dụng phân bố mưa dự báo theo không gian nhằm tăng cường khả năng dự báo lũ tại các sông trên địa bàn tỉnh Quảng Trị 1
2. **Phạm Mạnh Côn, Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức, Nguyễn Mạnh Khải, Phạm Quang Hà, Trần Ngọc Anh**, Nghiên cứu mô phỏng trận ngập lụt 2008 nội thành Hà Nội và đề xuất một số giải pháp thoát úng cục bộ 8
3. **Nguyễn Đắc Đa, Nguyễn Minh Huân**, Ứng dụng luật trung vị trong xử lý số liệu mực nước biển thu thập từ vệ tinh đo cao thử nghiệm trên vùng biển Trung Bộ Việt Nam 17
4. **Nguyễn Hương Điền**, Profile gió trung bình trong lớp sát đất khu vực Phước Hòa - Bình Định trong các mùa 26
5. **Trần Quang Đức, Trịnh Lan Phương**, Sự biến đổi phơn và nắng nóng ở Hà Tĩnh – Miền Trung Việt Nam 32
6. **Trịnh Thị Lê Hà**, Các biện pháp ngăn chặn dầu tràn và hiệu quả ứng dụng thông qua mô hình Spill Tools 41
7. **Vũ Thanh Hằng, Trần Thị Thu Hà**, So sánh một vài chỉ số hạn hán ở các vùng khí hậu Việt Nam 51
8. **Nguyễn Văn Hồng, Ngô Đức Thành**, Thử nghiệm dự báo tầm nhìn cho các sân bay thuộc cụm cảng hàng không miền Bắc bằng mô hình WRF 58
9. **Hà Thanh Hương, Đinh Văn Ưu, Nguyễn Trung Việt**, Hoàn lưu ven bờ Vịnh Nha Trang 65
10. **Ngô Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Thanh Huệ, Vũ Thanh Hằng, Ngô Đức Thành**, Nghiên cứu ngày bắt đầu mùa mưa trên khu vực Việt Nam thời kỳ 1961-2000 72
11. **Nguyễn Văn Hương, Đoàn Bộ**, Ảnh hưởng của nhiệt độ nước biển đến năng suất khai thác cá tại vùng đánh cá chung vịnh Bắc Bộ năm 2011 81
12. **Đặng Đình Khá, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Tiên Giang, Nguyễn Quang Hưng, Cấn Thu Vãn**, Xây dựng bộ mẫu phiếu điều tra khả năng chống chịu với lũ lụt của người dân phục vụ đánh giá khả năng dễ bị tổn thương do lũ lụt 87
13. **Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức, Hoàng Thái Bình, Lê Ngọc Quyền, Trịnh Xuân Quảng, Trần Ngọc Anh**, Xây dựng bản đồ ngập lụt các hệ thống sông chính tỉnh Khánh Hòa theo các kịch bản BĐKH 101

14. **Hoàng Thị Mỹ Linh, Nguyễn Đức Hạnh, Tối ưu hóa một số thông số của mô hình mưa dòng chảy sử dụng phương pháp SCE** 113
15. **Thái Thị Thanh Minh, Đánh giá kỹ năng mô phỏng một số trường khí hậu của mô hình MM5 trên khu vực Việt Nam và lân cận** 121
16. **Phạm Quang Nam, Ngô Đức Thành, Nghiên cứu lựa chọn sản phẩm mô hình khí hậu toàn cầu từ dự án CMIP5 cho khu vực Việt Nam** 134
17. **Trịnh Minh Ngọc, Vũ Văn Phái, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Xuân Dương, Thiết lập khung đánh giá DSPIR trong nghiên cứu tính dễ tổn thương của hệ thống tài nguyên nước đối với lưu vực sông Thạch Hãn tỉnh Quảng Trị** 143
18. **Nguyễn Phương Nhung, Đặc điểm dòng chảy năm lưu vực sông Cầu** 152
19. **Nguyễn Thọ Sáo, So sánh phân bố lý thuyết Rayleigh theo sóng quan trắc tại vùng biển Bình Định** 159
20. **Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hồng Thái, Đỗ Thị Hương, Lưu Đức Dũng, Dự báo diễn biến chất lượng nước sông Nhuệ - Đáy theo các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội** 166
21. **Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hồng Thái, Đỗ Thị Hương, Lưu Đức Dũng, Dự báo tải lượng ô nhiễm tối đa của sông Nhuệ - Đáy theo mục đích sử dụng nguồn nước** 177
22. **Nguyễn Văn Thắng, Trần Hồng Thái, Bảo Thanh, Hoàng Đức Cường, Mai Văn Khiêm, Nguyễn Đăng Mậu, Phạm Hải Yến, Kịch bản biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long và các giải pháp thích ứng** 187
23. **Trần Tân Tiến, Hoàng Thị Thủy, Công Thanh, Bùi Minh Tuấn, Dự báo tổ hợp quỹ đạo bão trên khu vực biển Đông hạn 5 ngày** 195
24. **Trần Tân Tiến, Hoàng Thị Mai, Công Thanh, Ứng dụng phương pháp lọc Kalman tổ hợp vào dự báo quỹ đạo và cường độ bão 5 ngày** 201
25. **Trần Văn Trà, Lars Ribbe, Trịnh Quốc Việt, Alexandra Nauditt, Hạn hán và ENSO trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn** 207
26. **Trương Đức Trí, Ngô Thị Thanh Hương, Nghiên cứu về sự biến đổi của hạn hán trên khu vực Nam Trung Bộ trong thời kỳ 1961-2012** 214
27. **Cần Thu Văn, Nguyễn Thanh Sơn, Trần Ngọc Anh, Đặng Đình Khá, Các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương - Lý luận và thực tiễn Phần 2. Áp dụng thử nghiệm tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ thuộc lưu vực sông Lam - tỉnh Nghệ An** 223
28. **Vũ Thị Vui, Ứng dụng mô hình ROMS để đánh giá trường nhiệt muối trung bình bề mặt khu vực biển Nam Trung Bộ** 233
29. **Kiều Thị Xin, Vũ Thanh Hằng, Lê Đức, Nguyễn Mạnh Linh, Mô phỏng khí hậu khu vực Việt Nam với sử dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM và thủy tĩnh RegCM** 243
30. **Hoàng Phan Hải Yến, Đánh giá tổng hợp các nhân tố tự nhiên ảnh hưởng đến phát triển kinh tế dải ven biển Thanh - Nghệ - Tĩnh giai đoạn 2000 - 2012** 252

Dự báo tải lượng ô nhiễm tối đa của sông Nhuệ - Đáy theo mục đích sử dụng nguồn nước

Nguyễn Toàn Thắng^{1,*}, Trần Hồng Thái², Đỗ Thị Hương², Lưu Đức Dũng²

¹Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu, Số 8 Pháo Đài Láng, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Nhận ngày 29 tháng 11 năm 2013

Chỉnh sửa ngày 10 tháng 12 năm 2013; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 12 năm 2013

Tóm tắt: Kết quả nghiên cứu cho thấy sự gia tăng đáng kể lưu lượng thải trên sông Nhuệ-Đáy đến năm 2015 và 2020 là do sự phát triển mạnh mẽ trên mọi lĩnh vực kinh tế-xã hội và sự mở rộng các khu đô thị. Kết quả dự báo tải lượng ô nhiễm tối đa dựa trên mô hình MIKE 11 cho thấy sự khác biệt về tải lượng ô nhiễm tối đa (L_{td}) đối với các mục đích sử dụng nguồn nước (B1, B2 và A2) và từng đoạn sông khác nhau. Đối với mục đích sử dụng B1, L_{td} cho thông số TSS là lớn nhất, tiếp đến là các thông số hữu cơ và cuối cùng là kim loại nặng. Theo mục đích sử dụng B2, L_{td} đối với TSS cao hơn so với loại B1 khoảng 2 lần, các thông số khác cao hơn từ 1,5- 1,7 lần. Theo mục đích sử dụng A2, L_{td} đối với TSS và COD giảm so với mức B2 khoảng 3,3 lần, đối với BOD₅ và NH₄⁺ giảm hơn 4 lần, còn các thông số ô nhiễm kim loại nặng giảm từ 1,9 - 2,5 lần. Nhìn chung, L_{td} cho thông số TSS cao nhất ở tất cả các đoạn sông; tiếp đến là các thông số COD, BOD₅ và NH₄⁺; và thấp nhất là kim loại nặng. Mặt khác, L_{td} năm 2008 thấp hơn 1,01 lần so với năm 2015 và thấp hơn từ 1,193 - 1,23 lần với năm 2020. Trong cả 3 mục đích sử dụng nước, các đoạn trên sông Đáy có L_{td} cao hơn so với nhiều đoạn trên sông Nhuệ.

Từ khóa: tải lượng ô nhiễm tối đa, sông Nhuệ-Đáy, mục đích sử dụng nguồn nước, mô hình MIKE 11.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, tình hình phát triển kinh tế - xã hội (KT-XH) trong lưu vực sông (LVS) Nhuệ - sông Đáy diễn ra rất mạnh mẽ, đem lại nhiều lợi ích to lớn cho nền kinh tế quốc dân, góp phần nâng cao đời sống cho người dân. Tuy nhiên, ngoài những lợi ích mang lại thì tình trạng ô nhiễm do những mặt trái của các hoạt động trên gây ra đang ở mức báo động. Môi trường nói chung và môi trường

nước nói riêng trong khu vực đang bị ô nhiễm nghiêm trọng gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khoẻ người dân cũng như hệ sinh thái cảnh quan trong vùng. Các báo cáo gần đây cho thấy toàn LVS Nhuệ - Đáy phải tiếp nhận lượng nước thải khoảng 800.000 m³/ngày đêm, trong đó nguồn nước thải riêng khu vực Hà Nội cũ (chưa mở rộng) chiếm trên 50%, khiến cho LVS Nhuệ - Đáy là một trong 3 lưu vực sông đang bị ô nhiễm nghiêm trọng nhất ở nước ta [1-4]. Các con số thống kê còn cho thấy có hơn 700 nguồn thải, hầu hết đều không được qua xử lý, đổ trực tiếp vào LVS. Diễn biến của tình trạng ô nhiễm

*Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-4-32595525.
Email: thangfes@gmail.com

không có dấu hiệu được cải thiện mà còn có xu hướng tăng lên. Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng nước trong LVS ngày càng cao do sự mở rộng các khu đô thị và phát triển KT - XH, trong khi đó môi trường nước trên các sông thuộc lưu vực đang bị suy kiệt và ô nhiễm nặng nề... Xuất phát từ thực tế trên, một trong những yêu cầu cấp thiết hiện nay là tính toán và dự báo được tải lượng ô nhiễm tối đa đối với sông Đáy và sông Nhuệ theo các mục đích sử dụng nguồn nước (được quy định theo quy chuẩn chất lượng nước mặt QCVN 08/2008-BTNMT). Đây sẽ là cơ sở khoa học quan trọng cho việc thực hiện hóa các kế hoạch phát triển KT-XH và xây dựng các giải pháp nhằm giảm thiểu, khống chế mức độ gia tăng ô nhiễm, bảo vệ có hiệu quả nguồn nước, bảo vệ môi trường và cảnh quan thiên nhiên LVS Nhuệ - Đáy.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp tính toán tải lượng ô nhiễm tối đa của sông được tính toán theo phương pháp của Đỗ Thị Hương và nnk (2010) [5]. Trong đó, trình tự đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước sẽ thực hiện theo 3 bước sau: Bước 1: Tính toán tải lượng chất ô nhiễm có sẵn trong sông (nồng độ nước mặt). Bước 2: Tính toán tải lượng ô nhiễm tối đa của chất ô nhiễm (nồng độ tiêu chuẩn). Bước 3: Tính khả năng tiếp nhận nước thải bao gồm tính tải lượng ô nhiễm tổng hợp (của nguồn thải và sẵn có); tính khả năng tiếp nhận tải lượng chất ô nhiễm của nguồn nước; Xác định hệ số an toàn; và đánh giá khả năng tiếp nhận chất ô nhiễm của nguồn nước.

2.1. Phương pháp tính tải lượng ô nhiễm tối đa

Tải lượng ô nhiễm tối đa (L_{td}) là khối lượng lớn nhất của các chất ô nhiễm có thể có trong nguồn nước tiếp nhận mà không làm ảnh hưởng đến khả năng đáp ứng mục tiêu chất lượng nước

của nguồn tiếp nhận, và được tính theo công thức:

$$L_{td} = (Q_s + Q_t) * C_{tc} * 86.4$$

Trong đó:

L_{td} (kg/ngày): là tải lượng ô nhiễm tối đa của chất ô nhiễm

Q_s (m^3/s): là lưu lượng dòng chảy tức thời nhỏ nhất ở đoạn sông cần đánh giá trước khi tiếp nhận nước thải

Q_t (m^3/s): là lưu lượng nước thải lớn nhất đưa vào nguồn nước

C_{tc} (mg/l): là giá trị giới hạn nồng độ chất ô nhiễm được quy định theo QCVN 08/2008 để đảm bảo mục đích sử dụng của nguồn nước đang được đánh giá

86.4: là hệ số chuyển đổi đơn vị thứ nguyên từ (m^3/s) * (mg/l) sang (kg/ngày)

Tóm lại, việc xác định tải lượng ô nhiễm tối đa của chất ô nhiễm (L_{td}) được tính toán theo lưu lượng dòng chảy tức thời nhỏ nhất đối với từng đoạn sông trước khi tiếp nhận nước thải (Q_s), tính theo lưu lượng nước thải lớn nhất (Q_t) và giá trị giới hạn nồng độ chất ô nhiễm được quy định theo quy chuẩn chất lượng nước mặt QCVN 08/2008-BTNMT (C_{tc}).

2.2. Sử dụng mô hình MIKE 11 tính toán L_{td}

Mô hình MIKE 11 là bộ mô hình 1 chiều được phát triển bởi Viện thủy lực Đan Mạch (DHI) từ mô hình gốc đầu tiên ra đời năm 1972 dùng để mô phỏng thủy lực nước trong sông. MIKE 11 có thể tích hợp nhiều module như module truyền tải - khuếch tán (AD), module chất lượng nước (WQ), module vận chuyển bùn cát (ST) và module mưa rào - dòng chảy (RR), đây là các mô hình được sử dụng khá rộng rãi trên thế giới. Mô hình này hoạt động dựa trên 3 cơ sở lý thuyết: mô hình mưa-dòng chảy (NAM), mô hình diễn toán thủy lực và mô hình

chất lượng nước [6, 7]. Số liệu về lưu lượng dòng chảy sông Nhuệ - sông Đáy được sử dụng là số liệu năm 2007 – 2008, mô hình Mike 11 mô phỏng hệ thống thủy lực với chỉ số Nash sau hiệu chỉnh, kiểm định $>95\%$, có được chuỗi số liệu dòng chảy quan trắc tại từng đoạn sông phục vụ việc tính toán tải lượng ô nhiễm có sẵn trong đoạn sông đó với nồng độ chất ô nhiễm được sử dụng theo kết quả quan trắc năm 2009. Trình tự các bước tính toán mô hình được thực hiện dựa trên số liệu đo đạc thực tế, số liệu thống kê có liên quan và đã được áp dụng thành công cho những dự báo khác ở một số công trình trước đó [4, 5].

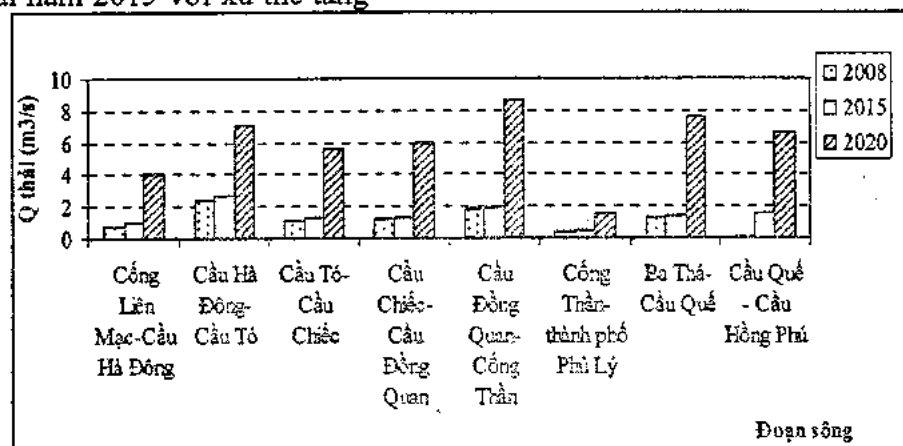
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Số liệu nguồn thải

Số liệu nguồn thải được thể hiện qua hình 1. Qua biểu đồ, có thể nhận thấy lưu lượng thải năm 2015, 2020 đều tăng so với 2008. Đặc biệt năm 2020, lưu lượng thải hai đoạn sông Đáy và lưu lượng thải các đoạn trên sông Nhuệ, gồm Cầu Chiềc - Cầu Đồng Quan và cầu Đồng Quan - Cống Thần, tăng tới hơn 4 lần. Lưu lượng thải dự báo năm 2020 tính cho đoạn Cầu Đồng Quan - Cống Thần là lớn nhất với $8,66 \text{ m}^3/\text{s}$ tăng 4,8 lần so với 2008, lưu lượng thải nhỏ nhất tại Cống Thần - thành phố Phú Lý là $1,59 \text{ m}^3/\text{s}$. Lưu lượng thải năm 2015 với xu thế tăng

dao động từ 1,05 đến 1,45 lần so với năm 2008, lưu lượng tăng lớn nhất là đoạn Cầu Quế - Cầu Hồng Phú. Sự gia tăng lưu lượng thải là do sự mở rộng các khu đô thị ở từng địa phương trên lưu vực; sự đẩy mạnh phát triển kinh tế trên mọi lĩnh vực, đặc biệt là sự mở rộng thủ đô Hà Nội với ngày càng nhiều cơ sở sản xuất, làng nghề; và sự phát triển mạnh mẽ của các thành phố khác như Hà Nam, Nam Định.

Do chảy qua khu vực đồng bằng khá bằng phẳng nên lưu lượng dòng chảy tại các đoạn sông thấp, cụ thể là lưu lượng lớn nhất đạt được tại đoạn Cầu Quế - Cầu Hồng Phú với giá trị gần $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$, nhỏ nhất thuộc đoạn Cống Liên Mạc - Cầu Hà Đông. Khu vực nghiên cứu thuộc vùng phân chận lũ sông Đáy nên lưu lượng dòng chảy chịu nhiều ảnh hưởng khi lũ về, theo Công văn 528/TTg - KTN của Thủ tướng Chính phủ ngày 31 tháng 3 năm 2010 về việc điều chỉnh nhiệm vụ phân lũ, chận lũ hệ thống sông Hồng bảo vệ an toàn cho thủ đô Hà Nội. Lưu lượng nước bổ sung năm 2015 vào mùa cạn qua đập Đáy, lưu lượng dòng chảy có thể lên đến $100 - 200 \text{ m}^3/\text{s}$, mùa lũ là $600 - 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Với lưu lượng như vậy sẽ tác động rất lớn đến khả năng vận chuyển, khuếch tán các chất ô nhiễm trong sông. Trong nghiên cứu này, giá trị lưu lượng được lựa chọn tính toán là lưu lượng tức thời nhỏ nhất (giá trị trung bình tháng) của các đoạn sông.



Hình 1. Diễn biến lưu lượng thải của các đoạn sông tiếp nhận nước thải cho năm 2015, 2020 [4].

3.2. Dự báo L_d theo mục đích sử dụng

Sử dụng mô hình MIKE 11 tính toán L_d cho 6 đoạn Nhuệ và 2 đoạn sông Đáy tương ứng với 3 mục đích sử dụng nước B1, B2 và A2 được thể hiện như sau:

a. Dự báo L_d theo QCVN loại B1 (tưới tiêu thủy lợi)

Trong năm 2008, chất lượng nước tại hai đoạn sông Đáy từ Ba Thá đến Cầu Quê và từ

Cầu Quê đến Cầu Hồng Phú phù hợp đối với mục đích sử dụng B1. Ngược lại, trên sông Nhuệ chỉ có một số đoạn như cống Liên Mạc - cầu Hà Đông và Cống Thần - Phú Lý, chất lượng nước còn đảm bảo cho mục đích sử dụng B1. Ước tính dưới đây được tính toán với tất cả các đoạn sông để cung cấp cái nhìn tổng quát về L_d trên sông Nhuệ, sông Đáy và từ đó có thể so sánh với L_d cho các mục đích sử dụng khác. Kết quả được thể hiện chi tiết trong Bảng 1.

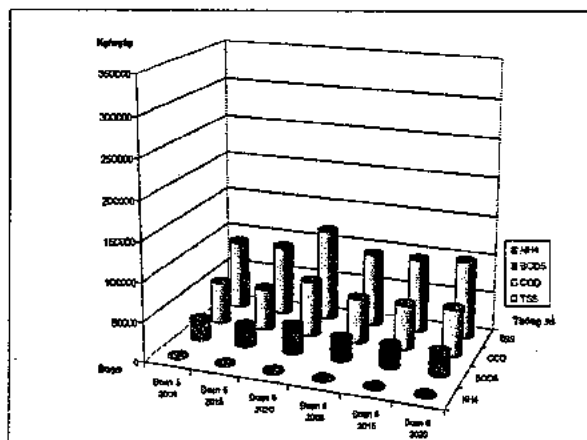
Bảng 1. So sánh L_d cho các đoạn sông Nhuệ, sông Đáy theo mục đích sử dụng B1 (kg/ngày) năm 2008, 2015, 2020.

Đoạn sông	Năm	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	BOD ₅ (20°C)	COD	Amoni (NH ₄ ⁺) (tính theo N)	Xianua	Asen (As)	Chì (Pb)	Thủy ngân (Hg)	Crom VI (Cr ⁶⁺)
Sông Nhuệ										
Đoạn 1 (Cống Liên Mạc-C. Hà Đông)	2008	72871,4	21861,4	43722,9	728,7	29,15	72,87	72,87	1,46	58,30
	2015	73872,0	22161,6	44323,2	738,7	29,5	73,9	73,9	1,5	59,1
	2020	86946,0	26083,8	52167,6	869,5	34,8	86,9	86,9	1,7	69,6
Đoạn 2 (Cầu Hà Đông-Cầu Tô)	2008	87710,0	26313,0	52626,0	877,1	35,08	87,71	87,71	1,75	70,17
	2015	88866,3	26659,9	53319,8	888,7	35,5	88,9	88,9	1,8	71,1
	2020	107962,5	32388,7	64777,5	1079,6	43,2	108,0	108,0	2,2	86,4
Đoạn 3 (Cầu Tô-Cầu Chiềng)	2008	84656,5	25396,9	50793,9	846,6	33,86	84,66	84,66	1,69	67,73
	2015	85289,3	25586,8	51173,6	852,9	34,1	85,3	85,3	1,7	68,2
	2020	104130,5	31239,1	62478,3	1041,3	41,7	104,1	104,1	2,1	83,3
Đoạn 4 (Cầu Chiềng-Cầu Đồng Quan)	2008	88122,5	26436,7	52873,5	881,2	35,25	88,12	88,12	1,76	70,50
	2015	88584,6	26575,4	53150,8	885,8	35,4	88,6	88,6	1,8	70,9
	2020	108659,5	32597,9	65195,7	1086,6	43,5	108,7	108,7	2,2	86,9
Đoạn 5 (Cầu Đồng Quan-Cống Thần)	2008	89350,7	26805,2	53610,4	893,5	15,8	6,6	3,4	0,07	0,75
	2015	89761,4	26928,4	53856,8	897,6	35,9	89,8	89,8	1,8	71,8
	2020	118900,2	35670,0	71340,1	1189,0	47,6	118,9	118,9	2,4	95,1
Đoạn 6 (Cống Thần-Phú Lý)	2008	94657,1	28397,1	56794,2	946,6	16,94	7,12	3,66	0,07	0,81
	2015	95308,7	28592,6	57185,2	953,1	38,1	95,3	95,3	1,9	76,2
	2020	100021,4	30006,4	60012,9	1000,2	40,0	100,0	100,0	2,0	80,0
Sông Đáy										
Đoạn 7 (Ba Thá-Cầu Quê)	2008	62892,3	18867,7	37735,4	628,9	25,2	62,9	62,9	1,3	50,3
	2015	63246,5	18974,0	37947,9	632,5	25,3	63,2	63,2	1,3	50,6
	2020	89956,7	26987,0	53974,0	899,6	36,0	90,0	90,0	1,8	72,0
Đoạn 8	2008	127711,6	38313,5	76626,9	1277,1	51,08	127,7	127,7	2,55	102,1

Đoạn sông	Năm	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	BOD ₅ (20°C)	COD	Amoni (NH ₄ ⁺) (tính theo N)	Xianua	Asen (As)	Chì (Pb)	Thủy ngân (Hg)	Crom VI (Cr ⁶⁺)
(Cầu Quế - Cầu Hồng Phú)	2015	134023,2	40207,0	80413,9	1340,2	53,6	134,0	134,0	2,7	107,2
	2020	155929,1	46778,7	93557,5	1559,3	62,4	155,9	155,9	3,1	124,7

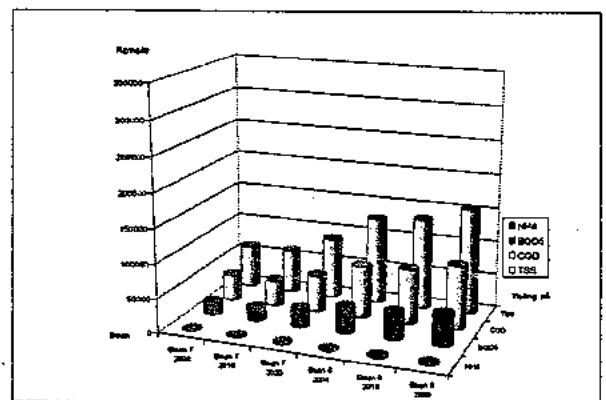
Như vậy, có thể thấy rằng L_d theo quy hoạch phát triển KT-XH đến 2015 và 2020 đối với thông số TSS là lớn nhất ở tất cả các đoạn sông. Chất rắn lơ lửng trong nguồn nước được tạo thành do quá trình bào mòn, rửa trôi đất đá trong lưu vực và do chất thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và làng nghề. Các thông số ô nhiễm kim loại nặng có L_d thấp, trong khi đó các thông số ô nhiễm hữu cơ luôn chiếm tải lượng thải lớn. L_d dự báo cho quy hoạch 2015 tăng trung bình từ 1 - 1,01 lần so với năm 2008. Đến năm 2020, tải lượng này tính trên các đoạn được lựa chọn tăng trung bình từ 1,05 - 1,33 lần so với năm 2008.

Trên sông Nhuệ: là đoạn có lưu lượng dòng chảy lớn nhất, đoạn Cống Thần - Phú Lý (đoạn 6) có L_d cho phép lớn nhất so với các đoạn còn lại năm 2008, 2015. Với lưu lượng thải tăng cao, đoạn Cầu Đồng Quan - Cống Thần có tải lượng tối đa lớn tính cho quy hoạch 2020 (Hình 2).



Hình 2. So sánh L_d theo mục đích B1 giữa đoạn 5 và 6 năm 2008, 2015, 2020 tính cho các thông số hữu cơ và TSS.

Trên sông Đáy: Với hai đoạn được lựa chọn, Ba Thá - Cầu Quế (đoạn 6 - đoạn có lưu lượng dòng chảy nhỏ nhất) và Cầu Quế - Cầu Hồng Phú (đoạn 8 - đoạn có lưu lượng đồ thải lớn nhất so với các đoạn khác), nên L_d cho phép ở hai đoạn chênh lệch nhau đáng kể. Đoạn Cầu Quế - Cầu Hồng Phú có L_d cho phép lớn nhất so với tất cả các đoạn khác trên cả sông Nhuệ và sông Đáy (Hình 3).



Hình 3. So sánh L_d theo mục đích B1 giữa đoạn 7 và 8 năm 2008, 2015, 2020 tính cho các thông số hữu cơ và TSS

b. Dự báo L_d theo QCVN loại B2 (cho giao thông thủy và các mục đích sử dụng khác)

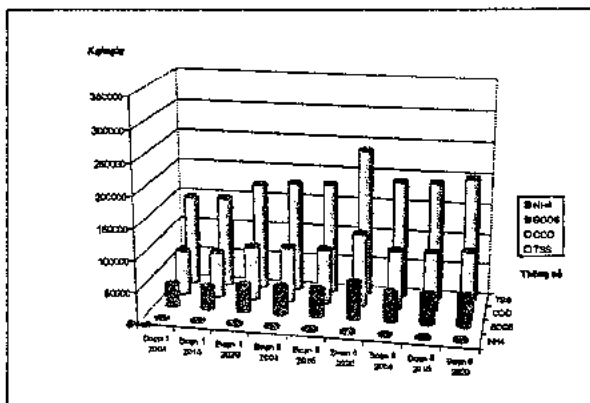
Trong năm 2008, kết quả phân tích chất lượng nước cho thấy trên cả 2 sông Nhuệ và sông Đáy mục đích sử dụng B2 vẫn được đảm bảo, tuy nhiên ở đoạn Cầu Tó - cầu Đồng Quan có một số chỉ tiêu vượt tiêu chuẩn B2. Kết quả ước tính L_d cho quy hoạch 2015, 2020 được thể hiện theo Bảng 2.

Bảng 2. So sánh L_{m} cho các đoạn sông Nhuệ, sông Đáy theo mục đích sử dụng B2 (kg/ngày) năm 2008, 2015, 2020.

Đoạn sông	Năm	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	BOD ₅ (20°C)	COD	Amoni (NH ₄ ⁺) (tính theo N)	Xianua (CN)	Asen (As)	Chì (Pb)	Thủy ngân (Hg)	Crom VI (Cr ⁶⁺)
Sông Nhuệ										
Đoạn 1 (Cổng Liên Mạc-C. Hà Đông)	2008	145742,8	36435,7	72871,4	1457,4	29,1	145,7	1457,4	2,9	72,9
	2015	147744,0	36936,0	73872,0	1477,4	29,5	147,7	1477,4	3,0	73,9
	2020	173892,0	43473,0	86946,0	1738,9	34,8	173,9	1738,9	3,5	86,9
Đoạn 2 (Cầu Hà Đông-Cầu Tô)	2008	175419,9	43855,0	87710,0	1754,2	35,1	175,4	1754,2	3,5	87,7
	2015	177732,6	44433,1	88866,3	1777,3	35,5	177,7	1777,3	3,6	88,9
	2020	215925,0	53981,2	107962,5	2159,2	43,2	215,9	2159,2	4,3	108,0
Đoạn 3 (Cầu Tô-Cầu Chiềng)	2008	169312,9	42328,2	84656,5	1693,1	33,9	169,3	1693,1	3,4	84,7
	2015	170578,7	42644,7	85289,3	1705,8	34,1	170,6	1705,8	3,4	85,3
	2020	208261,0	52065,2	104130,5	2082,6	41,7	208,3	2082,6	4,2	104,1
Đoạn 4 (Cầu Chiềng-Cầu Đồng Quan)	2008	176245,0	44061,2	88122,5	1762,4	35,2	176,2	1762,4	3,5	88,1
	2015	177169,2	44292,3	88584,6	1771,7	35,4	177,2	1771,7	3,5	88,6
	2020	217319,1	54329,8	108659,5	2173,2	43,5	217,3	2173,2	4,3	108,7
Đoạn 5 (Cầu Đồng Quan-Cổng Thần)	2008	178701,5	44675,4	89350,7	1787,0	35,7	178,7	1787,0	3,6	89,4
	2015	179522,8	44880,7	89761,4	1795,2	35,9	179,5	1795,2	3,6	89,8
	2020	237800,3	59450,1	118900,2	2378,0	47,6	237,8	2378,0	4,8	118,9
Đoạn 6 (Cổng Thần-Phủ Lý)	2008	189314,2	47328,5	94657,1	1893,1	37,9	189,3	1893,1	3,8	94,7
	2015	190617,4	47654,4	95308,7	1906,2	38,1	190,6	1906,2	3,8	95,3
	2020	200042,9	50010,7	100021,4	2000,4	40,0	200,0	2000,4	4,0	100,0
Sông Đáy										
Đoạn 7 (Ba Thá-Cầu Quế)	2008	125784,6	31446,2	62892,3	1257,8	25,2	125,8	1257,8	2,5	62,9
	2015	126493,1	31623,3	63246,5	1264,9	25,3	126,5	1264,9	2,5	63,2
	2020	179913,4	44978,4	89956,7	1799,1	36,0	179,9	1799,1	3,6	90,0
Đoạn 8 (Cầu Quế - Cầu Hồng Phú)	2008	255423,1	63855,8	127711,6	2554,2	51,1	255,4	2554,2	5,1	127,7
	2015	268046,5	67011,6	134023,2	2680,5	53,6	268,0	2680,5	5,4	134,0
	2020	311858,3	77964,6	155929,1	3118,6	62,4	311,9	3118,6	6,2	155,9

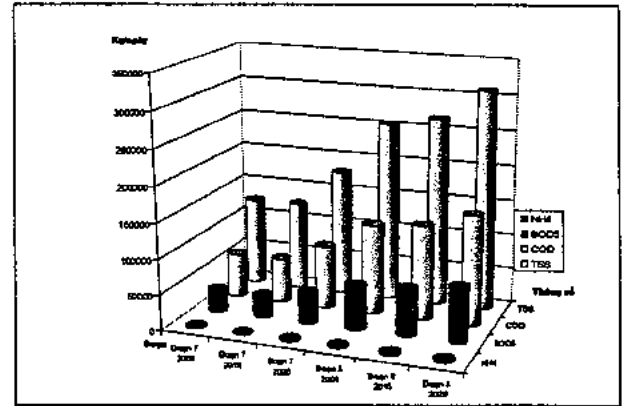
Nhìn chung, L_{td} theo QCVN loại B2 đối với TSS cao hơn so với mức B1 khoảng 2 lần, các thông số khác cao hơn từ 1,5- 1,7 lần do giá trị giới hạn nồng độ chất ô nhiễm được quy định theo QCVN 08/2008 cho mục đích sử dụng B2 cao hơn B1. L_{td} cho thông số TSS là cao nhất ở tất cả các đoạn sông, tiếp đến là COD và BOD₅, NH₄⁺. Các thông số ô nhiễm kim loại nặng có L_{td} thấp.

Sông Nhuệ: Tương tự như với mục đích sử dụng B1 đoạn Công Liên Mạc- Cầu Hà Đông (Đoạn 1) là đoạn có L_{td} thấp nhất. Trong hai năm 2008 và 2015, đoạn Công Thần - Phú Lý (Đoạn 6) là đoạn có L_{td} cao nhất. Năm 2020 đoạn Cầu Đồng Quan – Công Thần (Đoạn 5) có L_{td} cao nhất (Hình 4) do gia tăng về lưu lượng thải. Theo quy hoạch định hướng phát triển kinh tế xã hội đến năm 2020, đoạn chảy trên địa bàn các huyện Ứng Hòa, Phú Xuyên (hai huyện thuộc Hà Tây cũ nay đã về Hà Nội) với gần 14 km chiều dài, khu vực này sẽ được mở rộng các khu công nghiệp, các khu sản xuất cả về quy mô và công suất, sự mở rộng này sẽ kéo theo một lượng thải lớn đổ ra sông.



Hình 4. So sánh L_{td} theo mục đích B2 giữa đoạn 1, 5 và 6 năm 2008, 2015, 2020 tính cho các thông số hữu cơ và TSS.

Sông Đáy: Đoạn Cầu Quế - Cầu Hồng Phú là đoạn có L_{td} cao nhất, do sự tăng độ rộng và lưu lượng dòng chảy trên sông của các đoạn. Đoạn Ba Thá – Cầu Quế có L_{td} thấp nhất trên sông (Hình 5).



Hình 5. So sánh L_{td} theo mục đích B2 giữa đoạn 7 và 8 năm 2008, 2015, 2020 tính cho các thông số hữu cơ và TSS.

c. Dự báo L_{td} theo QCVN loại A2 (cho nước cấp sinh hoạt có áp dụng công nghệ xử lý phù hợp)

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng nước của các đoạn sông được lựa chọn chưa đạt tiêu chuẩn chất lượng nước A2. Tuy nhiên theo nhu cầu sử dụng nước ở hiện tại cũng như trong tương lai, đặc biệt tại các đoạn sông Nhuệ, Đáy chảy qua thị xã Phú Lý - tỉnh Hà Nam, nước sông sẽ qua xử lý để cung cấp nước sinh hoạt cho dân cư nên L_{td} cho các đoạn sông này vẫn được tính toán và thống kê. Kết quả tính toán cho năm 2008 và ước tính cho quy hoạch 2015, 2020 được thể hiện chi tiết theo Bảng 3.

Bảng 3. So sánh L_{m} cho các đoạn sông Nhuệ, sông Đáy theo mục đích sử dụng A2 (kg/ngày) năm 2008, 2015, 2020.

Đoạn sông	Năm	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	BOD ₅ (20°C)	COD	Amoni (NH ₄ ⁺) (tính theo N)	Xianua (CN ⁻)	Asen (As)	Chì (Pb)	Thủy ngân (Hg)	Crom VI (Cr ⁶⁺)
Sông Nhuệ										
Đoạn 1 (Cổng Liên Mạc-C. Hà Đông)	2008	43722,9	8744,6	21861,4	291,5	14,6	29,1	29,1	1,5	29,1
	2015	44323,2	8864,6	22161,6	295,5	14,8	29,5	29,5	1,5	29,5
	2020	52167,6	10433,5	26083,8	347,8	17,4	34,8	34,8	1,7	34,8
Đoạn 2 (Cầu Hà Đông-Cầu Tô)	2008	52626,0	10525,2	26313,0	350,8	17,5	35,1	35,1	1,8	35,1
	2015	53319,8	10664,0	26659,9	355,5	17,8	35,5	35,5	1,8	35,5
	2020	64777,5	12955,5	32388,7	431,8	21,6	43,2	43,2	2,2	43,2
Đoạn 3 (Cầu Tô-Cầu Chiềng)	2008	50793,9	10158,8	25396,9	338,6	16,9	33,9	33,9	1,7	33,9
	2015	51173,6	10234,7	25586,8	341,2	17,1	34,1	34,1	1,7	34,1
	2020	62478,3	12495,7	31239,1	416,5	20,8	41,7	41,7	2,1	41,7
Đoạn 4 (Cầu Chiềng-Cầu Đồng Quan)	2008	52873,5	10574,7	26436,7	352,5	17,6	35,2	35,2	1,8	35,2
	2015	53150,8	10630,2	26575,4	354,3	17,7	35,4	35,4	1,8	35,4
	2020	65195,7	13039,1	32597,9	434,6	21,7	43,5	43,5	2,2	43,5
Đoạn 5 (Cầu Đồng Quan-Cổng Thần)	2008	53610,4	10722,1	26805,2	357,4	17,9	35,7	35,7	1,8	35,7
	2015	53856,8	10771,4	26928,4	359,0	18,0	35,9	35,9	1,8	35,9
	2020	71340,1	14268,0	35670,0	475,6	23,8	47,6	47,6	2,4	47,6
Đoạn 6 (Cổng Thần-Phủ Lý)	2008	56794,2	11358,8	28397,1	378,6	18,9	37,9	37,9	1,9	37,9
	2015	57185,2	11437,0	28592,6	381,2	19,1	38,1	38,1	1,9	38,1
	2020	60012,9	12002,6	30006,4	400,1	20,0	40,0	40,0	2,0	40,0
Sông Đáy										
Đoạn 7 (Ba Thá-Cầu Quế)	2008	37735,4	7547,1	18867,7	251,6	12,6	25,2	25,2	1,3	25,2
	2015	37947,9	7589,6	18974,0	253,0	12,6	25,3	25,3	1,3	25,3
	2020	53974,0	10794,8	26987,0	359,8	18,0	36,0	36,0	1,8	36,0
Đoạn 8 (Cầu Quế - Cầu Hồng Phú)	2008	76626,9	15325,4	38313,5	510,8	25,5	51,1	51,1	2,6	51,1
	2015	80413,9	16082,8	40207,0	536,1	26,8	53,6	53,6	2,7	53,6
	2020	93557,5	18711,5	46778,7	623,7	31,2	62,4	62,4	3,1	62,4

Từ bảng kết quả tính toán theo QCVN 08/2008 loại A2 nhận thấy L_{m} cho mục đích sử dụng nước A2 đối với TSS, COD giảm so với mức B2 khoảng 3,3 lần, đối với BOD₅, NH₄⁺ giảm hơn 4 lần, các thông số ô nhiễm kim loại nặng giảm từ 1,9 - 2,5 lần do giá trị giới hạn

nồng độ chất ô nhiễm được quy định theo QCVN 08/2008 cho mục đích sử dụng A2 là thấp nhất so với các mục đích sử dụng nước B2 và B1. L_{m} cho thông số TSS cao nhất ở tất cả các đoạn sông, tiếp đến là L_{m} của COD, BOD₅ và NH₄⁺. L_{m} đối với kim loại nặng rất nhỏ trên

các đoạn sông. Nhìn chung so với năm 2008, $L_{\max}$ năm 2015 tăng khoảng 1,01 lần; còn năm 2020 tăng khoảng 1,193 - 1,23 lần.

4. Kết luận

Theo tính toán, sự gia tăng đáng kể lưu lượng thải đến năm 2015 và 2020 là do sự phát triển mạnh mẽ trên mọi lĩnh vực KT-XH và sự mở rộng các khu đô thị trên LVS. Kết quả dự báo tải lượng ô nhiễm tối đa dựa trên mô hình MIKE 11 cho thấy sự khác nhau về $L_{\max}$ đối với từng loại mục đích sử dụng và từng đoạn sông khác nhau. Đối với mục đích sử dụng B1, $L_{\max}$ cho thông số TSS là lớn nhất, tiếp đến là các thông số hữu cơ và cuối cùng là kim loại nặng. Theo mục đích sử dụng B2, $L_{\max}$ đối với TSS cao hơn so với mức B1 khoảng 2 lần, các thông số khác cao hơn từ 1,5 - 1,7 lần. Theo mục đích sử dụng A2, $L_{\max}$ đối với TSS và COD giảm so với mức B2 khoảng 3,3 lần, đối với BOD₅ và NH₄⁺ giảm hơn 4 lần, còn các thông số ô nhiễm kim loại nặng giảm từ 1,9 - 2,5 lần. Nhìn chung, $L_{\max}$ cho thông số TSS cao nhất ở tất cả các đoạn sông; tiếp đến là các thông số COD, BOD₅ và NH₄⁺; và thấp nhất là kim loại nặng. Mặt khác,

$L_{\max}$ năm 2008 thấp hơn 1,01 lần so với năm 2015 và thấp hơn từ 1,193 - 1,23 lần với năm 2020. Trong cả 3 mục đích sử dụng nước, các đoạn trên sông Đáy có $L_{\max}$ cao hơn so với nhiều đoạn trên sông Nhuệ.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2006. Báo cáo môi trường quốc gia - Hiện trạng môi trường nước 3 lưu vực sông Cầu, Nhuệ-Đáy, hệ thống sông Đồng Nai.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008. Báo cáo môi trường quốc gia năm - Môi trường làng nghề Việt Nam.
- [3] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2010. Báo cáo môi trường quốc gia - Tổng quan môi trường Việt Nam.
- [4] Tổng cục Môi trường, 2009. Đánh giá ngưỡng chịu tải và đề xuất các giải pháp quản lý, khắc phục tình trạng ô nhiễm môi trường nước sông Nhuệ-sông Đáy.
- [5] Đỗ Thị Hương, Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Nguyễn Thị Phương Hoa, Trần Lan Anh, Trần Hồng Thái, 2010. Cơ sở phương pháp luận tính toán khả năng chịu tải môi trường nước sông và một số kết quả tính toán thí điểm trên sông Nhuệ - Đáy. Tạp chí KTTV. 595: p. 43-49.
- [6] DHI, 2004. MIKE software user guide.
- [7] DHI, 2004. MIKE 11 Reference Manual

Estimating Maximum Pollutant Load of Nhuệ and Đáy Rivers for Different Purposes of Water Usage

Nguyễn Toàn Thắng¹, Trần Hồng Thái², Đỗ Thị Hương², Lưu Đức Dũng²

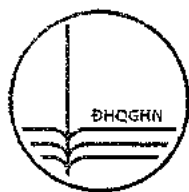
¹Department of Meteorology, Hydrology and Climate Change, 8 Pháo Đài Láng, Hanoi, Vietnam

²Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment

Abstract: Estimated results revealed the considerable increase of wastewater discharge in Nhuệ-Đáy rivers toward 2015 and 2020 most certainly resulting from rapid development of all socioeconomic sections and urbanization. The estimations obtained from software MIKE 11 released the differences in values of maximum pollutant load ($L_{\max}$) among various purposes of water usage

(types of B1, B2 and A2) and river lengths as well. For type B1, the highest values of $L_{\max}$ were for TSS, then those for organic polluted parameters and the lowest ones for heavy metals. For type B2, $L_{\max}$ of TSS was higher about twice than that of type B1, whereas $L_{\max}$ of the others was higher from 1.5 to 1.7 times. For type A2, values of $L_{\max}$ of TSS and COD showed a decrease about 3.3 times compared with type B2, those of BOD_5 and NH_4^+ decreased about 4 times and those for heavy metals were 1.9 - 2.5 times lower. In general, $L_{\max}$ of TSS attained the highest values in all river lengths; then the values of COD, BOD_5 and NH_4^+ ; and the lowest ones for heavy metals. On the other hand, $L_{\max}$ of 2008 was lower 1.01 times than that of 2015 and 1.193–1.23 times compared with 2020. In all three types of water usage, the values of $L_{\max}$ of Đáy river were explicitly higher than these of many lengths in Nhue river.

Keywords: maximum pollutant load, Nhuệ-Đáy rivers, purposes of water usage, MIKE 11 software.



³⁸³
Đại học Quốc gia Hà Nội
Vietnam National University, Hanoi

KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

JOURNAL

of

NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

ISSN 0866-8612

Vol. 29, No. 2S, 2013

MỤC LỤC

1. **Hoàng Thái Bình, Vũ Kiên Trung, Trần Ngọc Anh**, Sử dụng phân bố mưa dự báo theo không gian nhằm tăng cường khả năng dự báo lũ tại các sông trên địa bàn tỉnh Quảng Trị 1
2. **Phạm Mạnh Côn, Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức, Nguyễn Mạnh Khải, Phạm Quang Hà, Trần Ngọc Anh**, Nghiên cứu mô phỏng trận ngập lụt 2008 nội thành Hà Nội và đề xuất một số giải pháp thoát úng cục bộ 8
3. **Nguyễn Đắc Đa, Nguyễn Minh Huân**, Ứng dụng luật trung vị trong xử lý số liệu mực nước biển thu thập từ vệ tinh đo cao thử nghiệm trên vùng biển Trung Bộ Việt Nam 17
4. **Nguyễn Hương Điền**, Profile gió trung bình trong lớp sát đất khu vực Phước Hòa - Bình Định trong các mùa 26
5. **Trần Quang Đức, Trịnh Lan Phương**, Sự biến đổi phơn và nắng nóng ở Hà Tĩnh – Miền Trung Việt Nam 32
6. **Trịnh Thị Lê Hà**, Các biện pháp ngăn chặn dầu tràn và hiệu quả ứng dụng thông qua mô hình Spill Tools 41
7. **Vũ Thanh Hằng, Trần Thị Thu Hà**, So sánh một vài chỉ số hạn hán ở các vùng khí hậu Việt Nam 51
8. **Nguyễn Văn Hồng, Ngô Đức Thành**, Thử nghiệm dự báo tầm nhìn cho các sân bay thuộc cụm cảng hàng không miền Bắc bằng mô hình WRF 58
9. **Hà Thanh Hương, Đinh Văn Ưu, Nguyễn Trung Việt**, Hoàn lưu ven bờ Vịnh Nha Trang 65
10. **Ngô Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Thanh Huệ, Vũ Thanh Hằng, Ngô Đức Thành**, Nghiên cứu ngày bắt đầu mùa mưa trên khu vực Việt Nam thời kỳ 1961-2000 72
11. **Nguyễn Văn Hương, Đoàn Bộ**, Ảnh hưởng của nhiệt độ nước biển đến năng suất khai thác cá tại vùng đánh cá chung vịnh Bắc Bộ năm 2011 81
12. **Đặng Đình Khá, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Tiền Giang, Nguyễn Quang Hưng, Cấn Thu Văn**, Xây dựng bộ mẫu phiếu điều tra khả năng chống chịu với lũ lụt của người dân phục vụ đánh giá khả năng dễ bị tổn thương do lũ lụt 87
13. **Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức, Hoàng Thái Bình, Lê Ngọc Quyền, Trịnh Xuân Quang, Trần Ngọc Anh**, Xây dựng bản đồ ngập lụt các hệ thống sông chính tỉnh Khánh Hòa theo các kịch bản BĐKH 101

14. **Hoàng Thị Mỹ Linh, Nguyễn Đức Hạnh, Tối ưu hóa một số thông số của mô hình mưa dòng chảy sử dụng phương pháp SCE** 113
15. **Thái Thị Thanh Minh, Đánh giá kĩ năng mô phỏng một số trường khí hậu của mô hình MM5 trên khu vực Việt Nam và lân cận** 121
16. **Phạm Quang Nam, Ngô Đức Thành, Nghiên cứu lựa chọn sản phẩm mô hình khí hậu toàn cầu từ dự án CMIP5 cho khu vực Việt Nam** 134
17. **Trịnh Minh Ngọc, Vũ Văn Phái, Nguyễn Thanh Sơn, Nguyễn Xuân Dương, Thiết lập khung đánh giá DSPIR trong nghiên cứu tính dễ tổn thương của hệ thống tài nguyên nước đối với lưu vực sông Thạch Hãn tỉnh Quảng Trị** 143
18. **Nguyễn Phương Nhung, Đặc điểm dòng chảy năm lưu vực sông Cầu** 152
19. **Nguyễn Thọ Sáo, So sánh phân bố lý thuyết Rayleigh theo sóng quan trắc tại vùng biển Bình Định** 159
20. **Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hồng Thái, Đỗ Thị Hương, Lưu Đức Dũng, Dự báo diễn biến chất lượng nước sông Nhuệ - Đáy theo các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội** 166
21. **Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hồng Thái, Đỗ Thị Hương, Lưu Đức Dũng, Dự báo tải lượng ô nhiễm tối đa của sông Nhuệ - Đáy theo mục đích sử dụng nguồn nước** 177
22. **Nguyễn Văn Thắng, Trần Hồng Thái, Báo Thanh, Hoàng Đức Cường, Mai Văn Khiêm, Nguyễn Đăng Mậu, Phạm Hải Yến, Kịch bản biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long và các giải pháp thích ứng** 187
23. **Trần Tân Tiến, Hoàng Thị Thủy, Công Thanh, Bùi Minh Tuấn, Dự báo tổ hợp quỹ đạo bão trên khu vực biển Đông hạn 5 ngày** 195
24. **Trần Tân Tiến, Hoàng Thị Mai, Công Thanh, Ứng dụng phương pháp lọc Kalman tổ hợp vào dự báo quỹ đạo và cường độ bão 5 ngày** 201
25. **Trần Văn Trà, Lars Ribbe, Trịnh Quốc Việt, Alexandra Nauditt, Hạn hán và ENSO trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn** 207
26. **Trương Đức Trí, Ngô Thị Thanh Hương, Nghiên cứu về sự biến đổi của hạn hán trên khu vực Nam Trung Bộ trong thời kỳ 1961-2012** 214
27. **Cần Thu Văn, Nguyễn Thanh Sơn, Trần Ngọc Anh, Đặng Đình Khá, Các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương - Lý luận và thực tiễn Phần 2. Áp dụng thử nghiệm tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ thuộc lưu vực sông Lam - tỉnh Nghệ An** 223
28. **Vũ Thị Vui, Ứng dụng mô hình ROMS để đánh giá trường nhiệt muối trung bình bề mặt khu vực biển Nam Trung Bộ** 233
29. **Kiều Thị Xin, Vũ Thanh Hằng, Lê Đức, Nguyễn Mạnh Linh, Mô phỏng khí hậu khu vực Việt Nam với sử dụng mô hình khí hậu khu vực bất thủy tĩnh NHRCM và thủy tĩnh RegCM** 243
30. **Hoàng Phan Hải Yến, Đánh giá tổng hợp các nhân tố tự nhiên ảnh hưởng đến phát triển kinh tế dải ven biển Thanh - Nghệ - Tĩnh giai đoạn 2000 - 2012** 252

Kịch bản biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long và các giải pháp thích ứng

Nguyễn Văn Thắng*, Trần Hồng Thái, Bảo Thanh, Hoàng Đức Cường,
Mai Văn Khiêm, Nguyễn Đăng Mậu, Phạm Hải Yến

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 62 Nguyễn Chí Thanh, Đống Đa, Hà Nội

Nhận ngày 29 tháng 11 năm 2013

Chỉnh sửa ngày 10 tháng 12 năm 2013; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 12 năm 2013

Tóm tắt: Biến đổi khí hậu đã và đang diễn ra trên quy mô toàn cầu và gây ra những ảnh hưởng nghiêm trọng đối với tài nguyên thiên nhiên, kinh tế xã hội và các mục tiêu thiên niên kỷ. Khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là một trong những khu vực chịu tác động rõ ràng và nặng nề nhất do biến đổi khí hậu. Nếu mực nước biển dâng cao 1m, sẽ có khoảng 40% diện tích đồng bằng sông Cửu Long, trên 10% diện tích vùng đồng bằng sông Hồng và khoảng 3% diện tích thuộc các tỉnh ven biển còn lại sẽ bị ngập trong đó diện tích thành phố Hồ Chí Minh bị ngập trên 20% [1-5]. Do đó, việc đánh tác động tiềm tàng có thể có do biến đổi khí hậu cho khu vực đồng bằng sông Cửu Long trong tương lai sẽ là cơ sở quan trọng cho việc xây dựng các giải pháp thích ứng, giảm nhẹ và chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu. Báo cáo này trình bày một số kết quả đánh giá xu thế diễn biến khí hậu hiện tại và tương lai ở vùng đồng bằng sông Cửu Long. Ngoài ra, báo cáo cũng đề xuất một số giải pháp thích ứng với tác động của biến đổi khí hậu.

Từ khóa: biến đổi khí hậu, kịch bản biến đổi khí hậu, đồng bằng sông Cửu Long.

1. Biểu hiện của biến đổi khí hậu vùng đồng bằng sông Cửu Long

Để đánh giá biểu hiện của biến đổi khí hậu trên khu vực đồng bằng sông Cửu Long, số liệu quan trắc khí tượng, khí hậu được cập nhật đến năm 2010 tại các trạm Mộc Hóa, Mỹ Tho, Ba Tri, Càng Long, Sóc Trăng, Cần Thơ, Cao Lãnh, Châu Đốc, Rạch Giá, Bạc Liêu và Cà Mau được sử dụng.

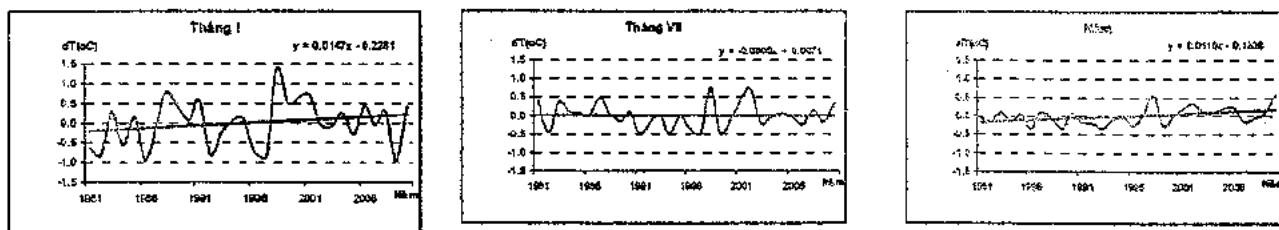
Kết quả tính toán các chỉ số thống kê cho thấy, nhiệt độ trung bình tháng I và trung bình

năm có xu thế tăng nhẹ với tốc độ tăng lần lượt vào khoảng $0,14^{\circ}\text{C}/10$ năm và $0,1^{\circ}\text{C}/10$ năm. Ngược lại, nhiệt độ trung bình tháng VII lại có xu thế giảm nhẹ, với tốc độ giảm khoảng $0,07^{\circ}\text{C}/10$ năm (Hình 1).

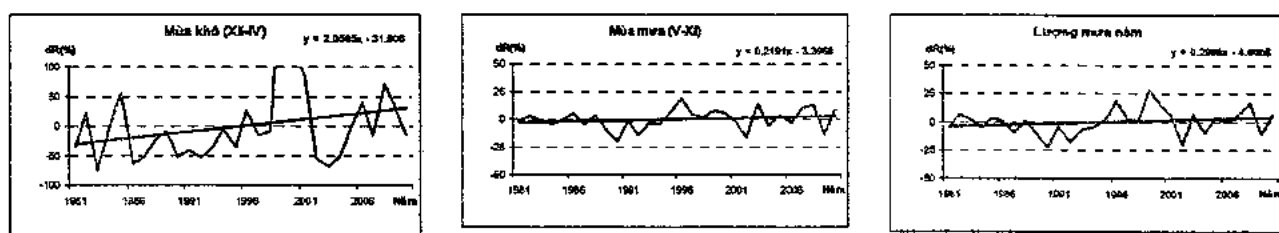
Tính trung bình cho cả vùng đồng bằng sông Cửu Long, lượng mưa có xu thế tăng trong cả mùa mưa, mùa khô và trung bình năm. Đặc biệt tăng nhanh vào mùa khô, với tốc độ tăng khoảng $20\%/10$ năm. Trong khi đó, lượng mưa mùa mưa tăng chỉ vào khoảng 2-3% (Hình 2).

Như vậy, mức độ biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa trong những năm qua là đáng kể, đặc biệt là mức độ tăng nhiệt độ vào tháng I và mức tăng lượng mưa vào mùa khô.

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-4-38359415.
Email: thang.nguyenvan@imh.ac.vn



Hình 1. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình tháng I, VII và trung bình năm trên khu vực đồng bằng sông Cừ Long.



Hình 2. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình tháng I, VII và trung bình năm trên khu vực đồng bằng sông Cừ Long.

2. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng

Trong nghiên cứu này, các kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng bằng phương pháp chi tiết hóa thống kê của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường. Các kịch bản cho khu vực đồng bằng sông Cừ Long bao gồm: kịch bản thấp (B1), kịch bản trung bình (B2) và kịch bản cao (A2) cho hai yếu tố khí hậu chính là nhiệt độ và lượng mưa. Các thời kỳ trong tương lai được đề cập đến là những năm đầu thế kỷ (2030s), giữa thế kỷ (2050s) và cuối thế kỷ (2090s). Đối với mực nước biển dâng, các kịch bản (thấp, trung bình và cao) do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố vào năm 2012 sẽ được trình bày. Thời kỳ chuẩn (baseline) là 1980-1999 được sử dụng để đánh giá mức thay đổi của các yếu tố khí hậu và nước biển dâng trong tương lai.

a) Kịch bản nhiệt độ

Xu thế chung là nhiệt độ có xu thế tăng so với trung bình thời kỳ chuẩn trong cả thế kỷ 21, tăng nhanh hơn ở các tỉnh phía Bắc (Long An,

Tiền Giang, Bến Tre) và phía Nam (Cà Mau, Bạc Liêu); tăng chậm hơn ở Kiên Giang, Trà Vinh và Sóc Trăng.

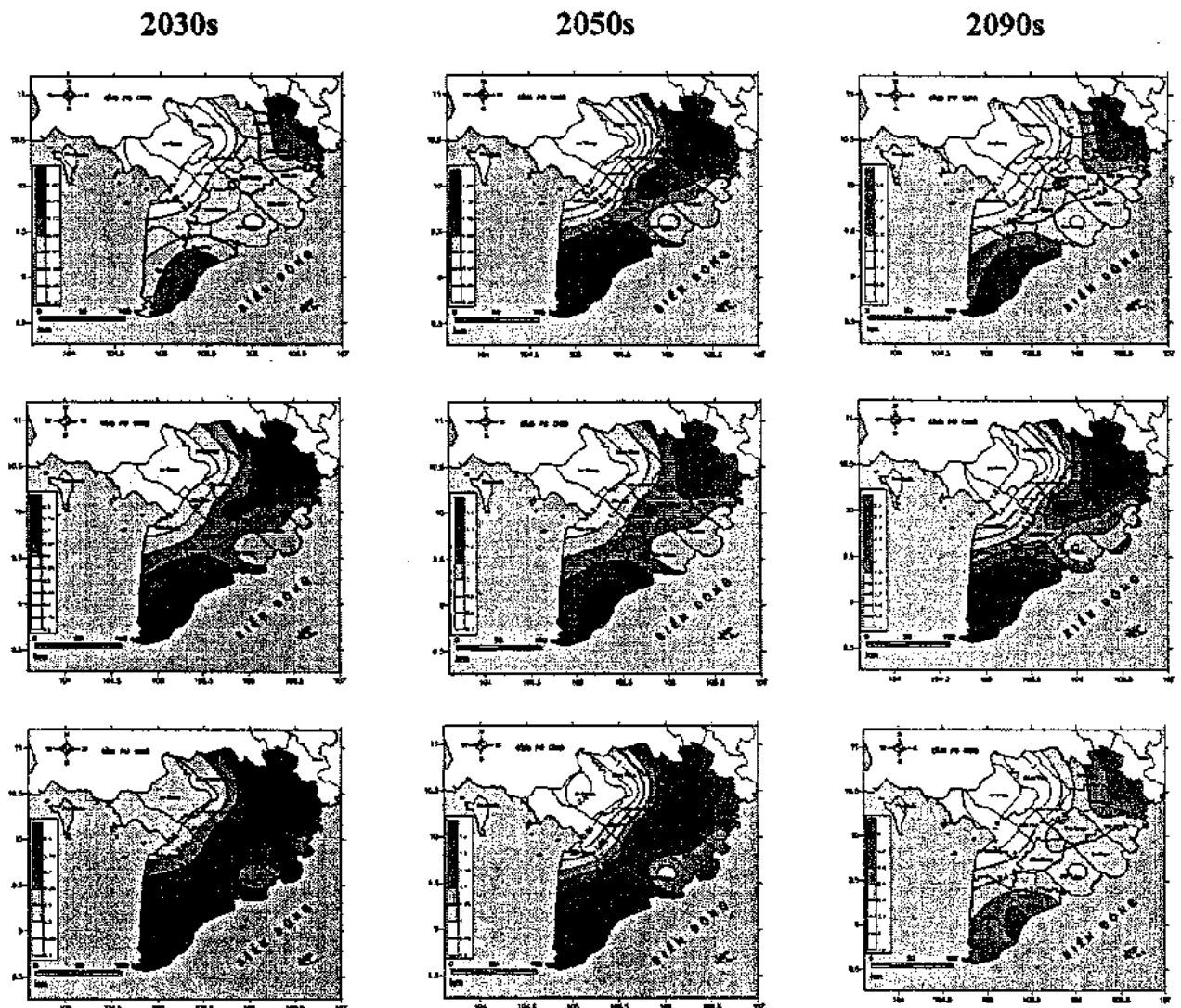
Thời kỳ 2030s, mức tăng nhiệt độ vào khoảng 0,4-0,7°C. Trong đó, tăng nhanh ở các tỉnh Long An, Tiền Giang, Bến tre, Bạc Liêu và Cà Mau, với mức tăng 0,6-0,7°C (B1), 0,65-0,75°C (B2) và 0,7-0,8°C (A2). Các tỉnh khác có mức tăng chậm hơn, 0,4-0,5°C (B1, B2) và 0,6-0,7°C (A2) (Hình 3).

Thời kỳ 2050s, phân bố theo không gian của mức tăng nhiệt độ là khá tương đồng với thời kỳ đầu thế kỷ. Trong đó, nhiệt độ tăng nhanh hơn ở các tỉnh ven biển phía Bắc và Phía Nam. Theo kịch bản thấp (B1), mức tăng phổ biến khoảng 1,1-1,2°C (B1), 1,2-1,3°C (B2, A2) ở các tỉnh Long An, Tiền Giang, Bến Tre, Bạc Liêu và Cà Mau. Mức tăng chậm hơn, phổ biến là khoảng 0,8-1°C ở các tỉnh khác (Hình 3).

Thời kỳ 2090s, mức tăng của nhiệt độ là đáng kể, với mức tăng phổ biến từ 1,1-2,8°C tương ứng theo các kịch bản từ thấp đến cao. Trong đó, theo kịch bản thấp (B1), mức tăng

nhệt độ phổ biến từ 1,5-1,7°C ở các tỉnh Long An, Tiền Giang, Bến tre, Bạc Liêu và Cà Mau; các tỉnh khác có mức tăng thấp hơn, phổ biến từ 1,1-1,4°C. Theo kịch bản trung bình (B2), mức tăng nhiệt độ phân bố trong khoảng từ 1,5-2,4°C, cao hơn ở các tỉnh Long An, Tiền Giang,

Bến tre, Bạc Liêu và Cà Mau và thấp hơn ở các tỉnh khác. Theo kịch bản cao (A2), mức tăng nhiệt độ phân bố trong khoảng 1,8-2,8°C, cao hơn ở các tỉnh Long An, Tiền Giang, Bến Tre, Bạc Liêu và Cà Mau và thấp hơn ở các tỉnh còn lại (Hình 3).



Hình 3. Kịch bản biến đổi nhiệt độ thời kỳ 2030s, 2050s và 2090s theo kịch bản thấp (B1, hàng trên), trung bình (B2, hàng giữa) và cao (A2, hàng dưới).

b. Kịch bản lượng mưa

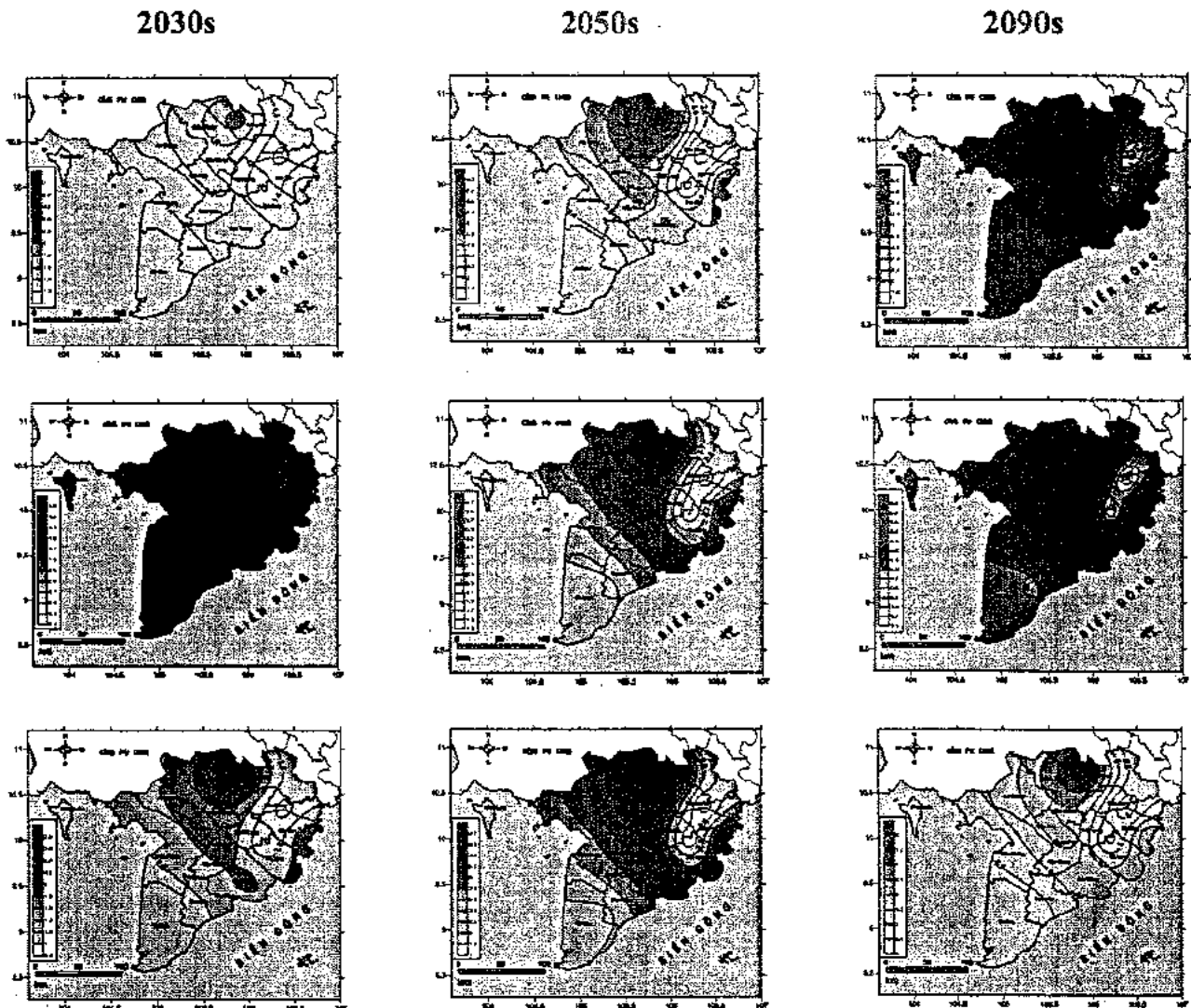
Nhìn chung, lượng mưa trung bình năm có xu thế tăng so với trung bình thời kỳ chuẩn trong cả thế kỷ 21 với mức tăng nhanh hơn ở

các tỉnh ven biển phía Đông; tăng chậm hơn ở những năm đầu và tăng nhanh hơn ở những năm cuối thuộc thế kỷ 21.

Thời kỳ 2030s, lượng mưa trung bình năm tăng phổ biến từ 1,4-1,8%, trong đó tăng nhanh

hơn ở kịch bản cao và thấp hơn ở kịch bản thấp. Đến thời kỳ 2050s, mức tăng lượng mưa trung bình năm phổ biến từ 2,4-3,4%, tăng nhanh nhất ở kịch bản cao; tăng khoảng 2,4-2,8% ở kịch bản thấp, 2,7-3,2% ở kịch bản trung bình và khoảng 2,8-3,45 ở kịch bản cao.

Thời kỳ 2090s, mức tăng lượng mưa trung bình năm phổ biến từ 3,4-6%. Trong đó, tăng khoảng 3,4-3,8% theo kịch bản thấp; tăng khoảng 4,5-5,5% theo kịch bản trung bình; và tăng khoảng 5,5-6% theo kịch bản cao (Hình 4).



Hình 3. Kịch bản biến đổi nhiệt độ thời kỳ 2030s, 2050s và 2090s theo kịch bản thấp (B1, hàng trên), trung bình (B2, hàng giữa) và cao (A2, hàng dưới).

2.3. Kịch bản nước biển dâng

Mực nước biển có xu thế tăng so với trung bình thời kỳ chuẩn theo các kịch bản cho thế kỷ 21. Trong đó, mực nước biển dâng nhanh hơn ở các tỉnh ven biển thuộc khu vực từ mũi Cà Mau đến Kiên Giang. Đến cuối thế kỷ 21, mực nước

biển có thể dâng tới khoảng 1m theo kịch bản phát thải cao.

Vào những năm đầu thế kỷ 21. Nhìn chung, mực nước biển dâng theo các kịch bản là không chênh lệch nhau nhiều. Từ năm 2020 đến 2040, mực nước biển dâng phổ biến trong khoảng 9 -

21cm đối với các tỉnh ven biển từ Long An đến mũi Cà Mau; từ 10 - 23 cm đối với khu vực ven biển từ mũi Cà Mau đến Kiên Giang tương ứng theo các kịch bản từ thấp đến cao (Bảng 1).

Vào giữa thế kỷ 21(2050). Mức nước biển dâng phổ biến trong khoảng 26-28 cm (kịch bản thấp), 27-30cm (kịch bản trung bình) và 30-32 (kịch bản cao).

Đến cuối thế kỷ 21 (2100). Xu thế chung vẫn là dâng cao hơn ở khu vực ven biển từ mũi Cà Mau đến Kiên Giang và thấp hơn ở khu vực từ Long An đến mũi Cà Mau. Nhìn chung, mức tăng khoảng từ 70-72cm theo kịch bản thấp, 76-82cm theo kịch bản trung bình và khoảng 100-105cm theo kịch bản cao (Bảng 1).

Bảng 1. Mức nước biển dâng theo các kịch bản [6]

Kịch bản	Khu vực	Năm								
		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Kịch bản phát thải thấp	Tiền Giang-Mũi Cà Mau	9	13	19	26	34	42	50	59	67
	Mũi Cà Mau-Kiên Giang	10	15	21	28	37	45	54	63	72
Kịch bản phát thải trung bình	Tiền Giang-Mũi Cà Mau	9	14	20	27	36	45	55	65	76
	Mũi Cà Mau-Kiên Giang	10	15	22	30	39	49	59	70	82
Kịch bản phát thải cao	Tiền Giang-Mũi Cà Mau	9	14	21	30	41	54	69	84	100
	Mũi Cà Mau-Kiên Giang	10	16	23	32	44	57	72	88	105

3. Giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu

3.1. Tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu đã và đang gây ra những tác động đáng kể đến các tỉnh thuộc khu vực, ảnh hưởng đến hầu hết các lĩnh vực kinh tế xã hội. Theo các kịch bản biến đổi khí hậu, mức tăng nhiệt độ và thay đổi lượng mưa trên khu vực còn diễn ra mạnh mẽ hơn trong thế kỷ 21. Như vậy, tác động tiềm tàng có thể có do biến đổi khí hậu đối với khu vực có thể sẽ nghiêm trọng hơn. Một số ngành, lĩnh vực kinh tế xã hội chịu tác động nặng nề do biến đổi khí hậu trên khu vực, như:

Dòng chảy sông Tiền và sông Hậu có xu thế giảm dần trong mùa lũ lẫn mùa khô. Trong

tương lai, dòng chảy lũ cũng như dòng chảy kiệt đều thiên về biến đổi âm [2, 3]. Lượng mưa tuy không thay đổi nhiều nhưng chế độ mưa thất thường hơn, do đó nguồn nước mùa khô trở nên khan hiếm hơn nhất là những năm mùa mưa trước đó chậm dứt và mùa mưa đến muộn. Hạn hán không những tăng cường trong mùa khô mà còn có khả năng phát sinh trong một số thời điểm nhất định của mùa mưa. Nhiệt độ cao và bốc hơi mạnh góp phần thúc đẩy quá trình bốc thoát hơi nước trên các ruộng lúa, làm tăng nhu cầu về nước cũng như chi phí sản xuất của từng vụ và do đó, giá thành của một đơn vị sản phẩm lên cao. Cũng do nhiệt độ cao và bốc hơi mạnh, nguy cơ cháy các rừng tràm trong các mùa khô trở nên thường xuyên hơn.

Vào khoảng giữa thế kỷ 21, với mực nước biển dâng 30cm, diện tích dưới mực nước biển là 17,6%; và đến năm 2100, với mực nước biển dâng 75cm, diện tích dưới mực nước biển lên tới 52% [2-5]. Đó mới chỉ là ước tính theo kịch bản phát thải trung bình. Với kịch bản cao, mực nước biển dâng lên nhiều hơn, chắc chắn diện tích dưới mực nước biển tăng lên gấp bội. Trong tương lai, khi mực nước biển dâng đến mức đáng kể, ngập mặn xảy ra thường xuyên ở đồng bằng châu thổ sông Cửu Long. Theo ước tính, nhiều vùng bảo tồn đất ngập nước như Tràm Chim, U Minh Thượng, Làng Sen, Trà Sai, Hà Tiên, Vồ Dơi, Bãi Bồi, Đất Mũi, trở nên kém bền vững hơn, một số sinh vật có thể bị tiêu diệt, trong khi số lượng một số côn trùng như muỗi lại gia tăng, hơn 1/3 đồng bằng là vựa thóc của cả nước bị ngập,... khoảng 85% dân cư cần được hỗ trợ về nông nghiệp,...

Nước biển dâng cũng làm tăng lượng nước nhiễm mặn và các chất ô nhiễm công nghiệp có thể gây suy thoái đất trên các đồng bằng. Nước mặn lấn sâu vào nội địa vừa làm mất đi địa bàn sinh sống của một số loài thủy sản nước ngọt vừa làm giảm nguồn nước sinh hoạt của cư dân cũng như nguồn nước tưới cho cây trồng và đặc biệt là các cây ăn quả. Do nước biển dâng, một số lượng dân cư đáng kể ở vùng ven biển phải di cư về các đô thị phía Bắc và phía Tây gây ra sự xáo trộn quy hoạch đô thị, ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường đô thị.

Ngoài ra, thời tiết khắc nghiệt hơn, hạn hán gia tăng cùng với ngập lụt góp phần gia tăng đáng kể dịch bệnh, đặc biệt là bệnh truyền nhiễm, bệnh nhiệt đới.

3.2. Một số giải pháp ứng phó với biến đổi khí hậu

Một số giải pháp ứng phó với biến đổi khí hậu được đề xuất cho khu vực như sau:

1) Tiết kiệm năng lượng, tăng cường khai thác nguồn năng lượng mới

Mục tiêu: Cắt giảm một phần nhiên liệu sử dụng cho năng lượng và góp phần giảm phát thải KNK.

Nội dung chủ yếu: Chống thất thoát trong truyền tải điện và phân phối điện. Tổ chức hợp lý lưới điện chiếu sáng. Thay thế dần các thiết bị sử dụng điện hiệu suất thấp. Tiết kiệm sử dụng điện trong các xí nghiệp, doanh nghiệp, cơ quan, công sở,... Thực hiện tiết kiệm điện trong các hộ gia đình. Phát triển biogas từ phế phẩm nông nghiệp và chất thải chăn nuôi. Sử dụng năng lượng mặt trời đun nước nóng, phơi sấy sản phẩm. Quy hoạch và xây dựng thủy điện vừa và nhỏ.

2) Tổ chức quản lý nước

Mục tiêu: Bảo đảm nguồn nước an toàn, vệ sinh cho tất cả các vùng nông thôn lẫn thành thị trong bối cảnh biến đổi khí hậu và hỗ trợ tích cực các hoạt động kinh tế xã hội thích ứng với BĐKH.

Nội dung chủ yếu: Bảo đảm cấp nước sinh hoạt cho nông thôn và thành thị. Điều phối nguồn nước cho sản xuất nông nghiệp, bao gồm cả tưới tiêu. Điều phối nguồn nước cho sản xuất công nghiệp và xử lý nước thải công nghiệp. Quản lý hạn hán và xâm nhập mặn. Tổ chức giao thông đường thủy. Quản lý vệ sinh môi trường nước và xử lý nước thải.

3) Quản lý nước, rà soát quy hoạch phòng chống lũ

Mục tiêu: Giảm thiểu thiệt hại do BĐKH gây ra và tạo điều kiện xây dựng các chương trình đầu tư.

Nội dung chủ yếu: Xây dựng bản đồ ngập lụt và đánh giá hiện trạng các công trình phòng chống lũ.

4) Xây dựng hệ thống bờ bao, cụm tuyến dân cư và chống sạt lở bờ sông

Mục tiêu: Bảo đảm an toàn dân sinh và sản xuất lúa gạo và phục vụ phát triển kinh tế - xã hội.

Nội dung chủ yếu: Tu bổ, nâng cấp và hoàn thiện hệ thống bờ bao và chống sạt lở bờ sông cho các tỉnh.

5) Tăng cường năng lực quản lý thiên tai

Mục tiêu: Nâng cao năng lực cho cán bộ, chính quyền địa phương về phòng chống thiên tai và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Nội dung chủ yếu: Xây dựng các văn bản quy phạm hướng dẫn về quản lý thiên tai dựa vào cộng đồng. Hoàn thiện bộ máy phòng chống và quản lý thiên tai. Trang bị công cụ hỗ trợ công tác phòng chống hạn xâm nhập mặn, lũ,...

6) Tăng cường nhận thức cộng đồng về biến đổi khí hậu và thích ứng với biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng

Mục tiêu: Nâng cao kiến thức và kỹ năng về biến đổi khí hậu và thích ứng với biến đổi khí hậu cho người dân, cán bộ cấp cơ sở.

Nội dung chủ yếu: Thành lập bản đồ các yếu tố tổn thương về biến đổi khí hậu ở khu vực. Thu thập, cập nhật thông tin về biến đổi khí hậu và thích ứng với biến đổi khí hậu. Xây dựng tài liệu hướng dẫn cộng đồng tham gia các nhiệm vụ thích ứng với biến đổi khí hậu. Tổ chức các lớp đào tạo hướng dẫn cán bộ cơ sở điều hành các hoạt động thích ứng với biến đổi khí hậu về phòng chống thiên tai.

4. Kết luận

Như vậy, với các kịch bản khác nhau, từ thấp đến cao, đều cho thấy mức độ biến đổi các yếu tố khí hậu chính (nhiệt độ và lượng mưa), đặc biệt là mực nước biển dâng trên các tỉnh

ven biển thuộc khu vực đồng bằng sông Cửu Long là đáng kể. Trong đó, mức độ biến đổi chậm và không chênh lệch nhau nhiều giữa các kịch bản vào những năm đầu thế kỷ 21; mức độ biến đổi nhanh hơn và khác nhau đáng kể giữa các kịch bản vào cuối thế kỷ. Đến cuối thế kỷ, nhiệt độ có thể tăng khoảng từ 1,1-2,8°C theo các kịch bản từ thấp đến cao, nhanh hơn ở các tỉnh phía Bắc và Cà Mau; lượng mưa có thể tăng từ 3,4-6% theo các kịch bản từ thấp đến cao; và mực nước biển có thể dâng khoảng từ 100-105cm.

Biến đổi khí hậu khiến nhiệt độ và lượng mưa thay đổi, đặc biệt là mực nước biển dâng trong tương lai sẽ gây ra những tác động nghiêm trọng đến kinh tế xã hội, phòng chống thiên tai và các mục tiêu thiên niên kỷ. Do vậy, việc cần thiết phải có những đánh giá tác động của biến đổi khí hậu chi tiết đối với các ngành, nghề, lĩnh vực kinh tế xã hội trên khu vực, từ đó đề xuất được các giải pháp thích ứng, giảm nhẹ và chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu. Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi sử dụng các kết quả nghiên cứu đã được triển khai trên khu vực của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Bài báo hoàn thành nhờ sự trợ giúp từ đề tài cấp Nhà nước "Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến sự biến đổi tài nguyên nước đồng bằng sông Cửu Long", mã số BDKH08 thuộc Chương trình khoa học và công nghệ cấp Nhà nước KHCN-BDKH/11-15.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012), Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
- [2] Nguyễn Văn Thắng và nnk (2010), Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các

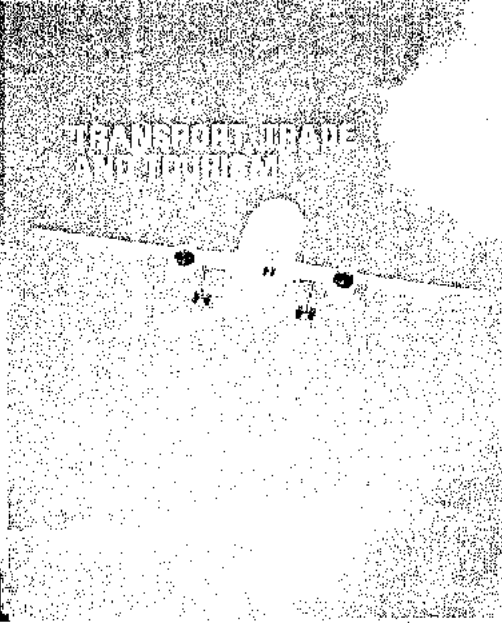
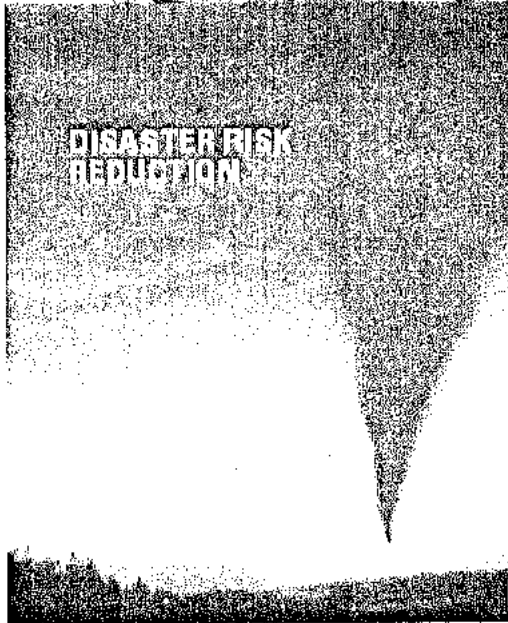
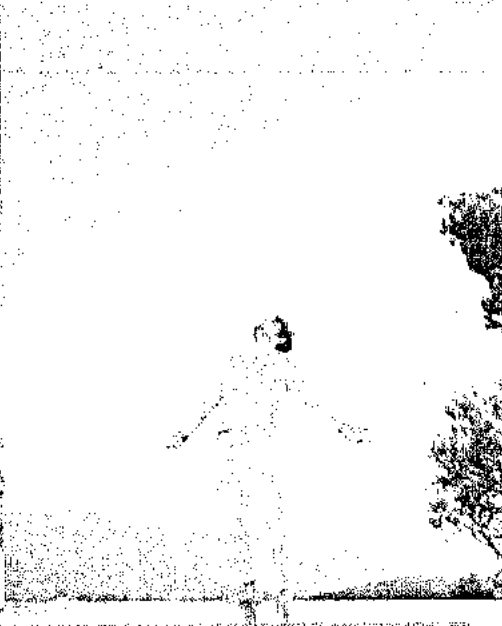
- giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế - xã hội ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước, KC.08.13/06-10.
- [3] Nguyễn Văn Thắng và nnk (2011), Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] Trần Thực, Dương Hồng Sơn (2012), Nước biển dâng và tác động đến Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [5] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (2010), Các kịch bản nước biển dâng và khả năng giảm thiểu rủi ro ở Việt Nam.
- [6] Bộ Tài nguyên Môi trường (2010), Thông báo Quốc gia lần thứ hai của Việt nam cho Công ước khung Liên Hiệp Quốc về Biến đổi khí hậu.
- [7] Bộ Tài nguyên Môi trường (2008), Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu tại Việt Nam.
- [8] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2009), Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
- [9] Hoàng Đức Cường (2008), Nghiên cứu xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Hồng giai đoạn 2010-2100 và bước đầu đánh giá tác động đến tài nguyên nước mặt, sản xuất nông nghiệp. Báo cáo tổng kết đề tài NCCB, Hà Nội.
- [10] Nguyễn Đức Ngữ (2002), Tác động của ENSO đến thời tiết khí hậu, môi trường và kinh tế xã hội. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước.

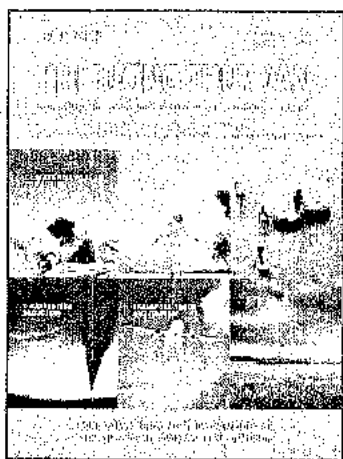
Climate Change Scenarios for Mekong River Delta and Adaptation Solutions

Nguyễn Văn Thắng, Trần Hồng Thái, Bảo Thanh, Hoàng Đức Cường,
Mai Văn Khiêm, Nguyễn Đăng Mậu, Phạm Hải Yến

*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment (IMHEN),
62 Nguyễn Chí Thanh, Hanoi, Vietnam*

Abstract: Climate change has been on the global scale, having serious impacts on natural resources, social - conomic sectors and objectives millennium. The Mekong River Delta (MRD) is one of the areas affected and apparently most affected by climate change. If sea level rise of 1m, will have about 40% of the Mekong Delta area, 10% of the Red River Delta area and about 3% of the other coastal provinces be inundated in that Ho Chi Minh city area be inundated over 20 % [1-5]. Therefore, the assessment of potential impacts due to climate change for regional Mekong Delta in the future will be an important information for the development of adaptation measures , and mitigation strategies response to climate change. This study presents some results of the assessment of climate change in past and future over the Mekong River delta. In addition, the study also proposes a number of solutions to adapt to the impacts of climate change.





TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Bùi Văn Đức

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngừ | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. PGS.TS. Trần Thục | 11. TS. Bùi Minh Tăng |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. TS. Hoàng Đức Cường |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Dương Văn Khảm |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Đặng Thanh Mai |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Dương Hồng Sơn |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Việt Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sáp |

Thư ký tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin

Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 4 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490, Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: Thông điệp ngày khí tượng thế giới

Giá bán: 17.000 đồng

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 Thông điệp của ông **Ban- Ki - Moon**, Tổng Thư ký Liên Hiệp Quốc nhân kỷ niệm Ngày Nước thế giới năm 2012
- 2 Thông điệp của ông **Michel Jarraud**, Tổng thư ký Tổ chức Khí tượng thế giới nhân dịp Ngày Khí tượng Thế giới 2012 Tăng cường sức mạnh cho tương lai bằng thông tin thời tiết, khí hậu và nước
- 5 PGS. TS. **Trần Thục**, PGS.TS. **Nguyễn Văn Thắng**, TS. **Hoàng Đức Cường**, ThS. **Nguyễn Xuân Hiên**: Cập nhật Kịch bản biến đổi khí hậu nước biển dâng cho Việt Nam
- 10 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Minh Tuyền** PGS. TS. **Trần Thanh Xuân**: Tài nguyên nước mặt Việt Nam và vấn đề bảo đảm an ninh về nước quốc gia
- 17 PGS.TS. **Nguyễn Kỳ Phùng**, ThS. NCS. **Lê Ngọc Tuấn**: Đánh giá hiện trạng nước mặt huyện Bến Lức và tính toán sơ bộ khả năng tiếp nhận nước thải của sông Bến Lức, huyện Bến Lức, tỉnh Long An
- 25 **Lê Nguyên Tường, Trần Văn Sáp, Trần Thanh Thủy**: Một số kết quả bước đầu trong hoạt động tăng cường năng lực ứng phó với biến đổi khí hậu
- 31 PGS.TS **Trần Thanh Xuân**, TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Về hệ thống chỉ tiêu tài nguyên nước mặt
- 37 PGS.TS. **Nguyễn Văn Đán**, TS. **Nguyễn Kiên Dũng**: Các chỉ tiêu thống kê và đánh giá tài nguyên nước dưới đất
- 41 **Trần Thanh Thủy**: Về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng đến quản lý tổng hợp vùng bờ huyện đảo Phú Quý
- 47 NCS. **Võ Văn Hòa**, TS. **Lê Đức**, ThS. **Đỗ Lệ Thủy** ThS. **Dư Đức Tiến**, CN. **Nguyễn Mạnh Linh**, CN. **Nguyễn Thanh Tùng**: Nghiên cứu xây dựng hệ thống dự báo tổ hợp thời tiết hạn ngắn cho khu vực Việt Nam dựa trên cách tiếp cận đa mô hình đa phân tích (phần I: phương pháp luận)

Sự kiện & Hoạt động

- 54 Công đoàn Trung tâm KTTV Quốc gia tổ chức Hội thi Phụ nữ Khí tượng Thủy văn duyên dáng - thanh lịch 2012
- 56 Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường kỷ niệm 35 năm ngày thành lập (18/3/1977 - 18/3/2012) và đón nhận Huân chương lao động hạng Nhất
- 57 Đại hội Đại biểu Đoàn Thanh niên Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia lần thứ IV (nhiệm kỳ 2012 - 2014)
- Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn
- 59 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 2 - 2012
- Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương**, (Trung tâm KTTV Quốc gia) **Trung tâm Nghiên cứu KTNN** (Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường)
- 68 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 2-2012 (**Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**)

TÀI NGUYÊN NƯỚC MẶT VIỆT NAM VÀ VẤN ĐỀ BẢO ĐẢM AN NINH VỀ NƯỚC QUỐC GIA

PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, PGS. TS. **Hoàng Minh Tuyên** PGS. TS. **Trần Thanh Xuân**

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

1. Tổng quan về tài nguyên nước Việt Nam

Nước là nguồn gốc của mọi sự sống, là tài nguyên thiên nhiên rất cần thiết cho sự tồn tại và phát triển của loài người và là nền tảng cho sự phát triển bền vững kinh tế-xã hội. Ngày nay, an ninh về nước trở thành vấn đề quan trọng đối với nhiều quốc gia, nhất là trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) toàn cầu và gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan. Chiến lược phát triển tài nguyên nước cũng như các giải pháp ứng phó với tác động của BĐKH của một quốc gia, một vùng hay một lưu vực sông cần được xây dựng trên cơ sở các thông tin về tài nguyên nước.

Tài nguyên nước bao gồm tài nguyên nước mưa, nước mặt, nước dưới đất, nước biển,... Tài nguyên nước mặt là nguồn nước vận động và tàng trữ trong sông suối, ao hồ, hồ chứa, đầm phá, trong đó, nước sông là nguồn tài nguyên rất quan trọng và được khai thác, sử dụng rộng rãi và nhiều nhất.

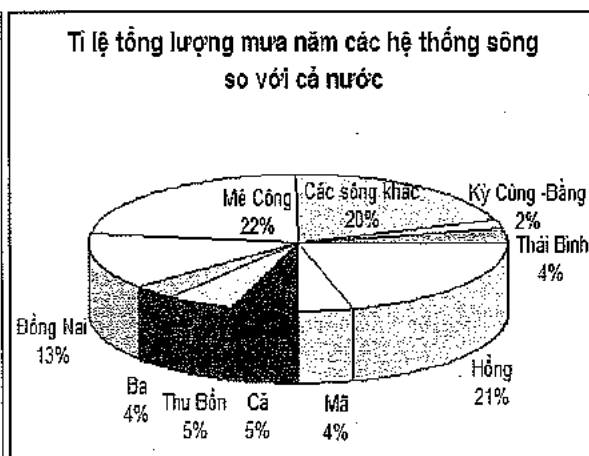
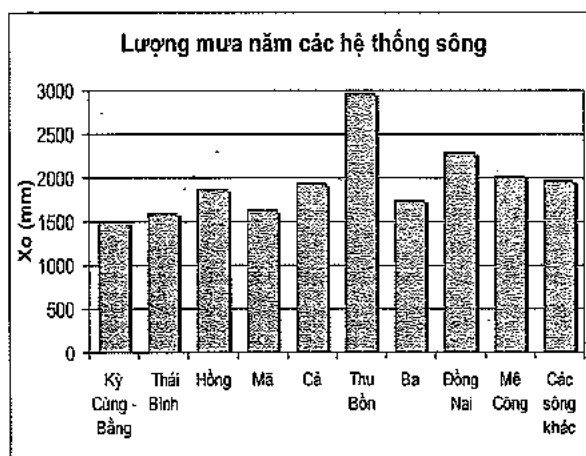
Trong bài viết này, đề cập đến tài nguyên nước sông và nước mưa là hai thành phần chủ yếu và quan trọng nhất, được sử dụng rộng rãi trong đời

sống và sản xuất.

a. Tổng lượng mưa năm

Lượng mưa năm phân bố không đều giữa các hệ thống sông. Hệ thống sông Thu Bồn có lượng mưa trung bình lưu vực lớn nhất (2.970 mm), sau đó đến hệ thống sông Đồng Nai (2.160 mm) và hai hệ thống Hồng, Mê Công (2018 mm), ít nhất ở hệ thống sông Kỳ Cùng-Bắc (1.490 mm), Thái Bình (1590 mm) và sông Mã (1630 mm).

Sự khác nhau về độ lớn của lưu vực và lượng mưa dẫn đến tài nguyên nước mưa (W_o, m) có sự chênh lệch khá lớn giữa các hệ thống sông và sông độc lập (trong lãnh thổ nước ta). Hệ thống sông Mê Công có W_o, m lớn nhất, khoảng 139 km³, chiếm 21,41% tổng lượng mưa năm của cả nước, sau đó đến hệ thống sông Hồng (138 km³ (chiếm 21,26%), ít nhất ở hệ thống sông Kỳ Cùng-Bắc (16,81 km³, chỉ chiếm 2,59%), rồi đến hai hệ thống sông Thái Bình và Ba có W_o, m xấp xỉ nhau (24,2 km³), chỉ chiếm 3,70% (Hình 1, Bảng 1).



Hình 1. Tổng lượng mưa năm của các hệ thống sông trên lãnh thổ Việt Nam

So với nhiều nước trên thế giới, tài nguyên nước mưa của nước ta khá phong phú, nhiều hơn khoảng 2,5 lần so với lượng mưa trung bình Trái đất (800 mm) và châu Âu (789 mm); 2,6 lần châu Á

(742 mm) và Bắc Mỹ (756 mm), châu Úc (742 mm), châu Phi (742 mm) (Hình 2). Hàng năm, mỗi người dân () nhận được 7377 m³ nước mưa.

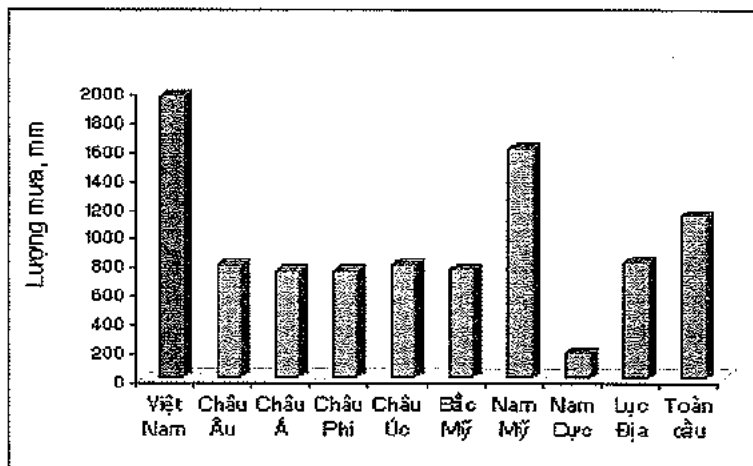
Bảng 1. Lượng mưa năm trung bình thời kỳ 1977-2008 trong các hệ thống sông (trên phân lưu vực trong lãnh thổ Việt Nam)

Thứ tự	Hệ thống sông / sông độc lập	Diện tích lưu vực trong nước (km ²)*	Lượng mưa năm trung bình thời kỳ 1977-2008	
			mm	km ³
1	Kỳ Cùng-Bằng	11280	1490	16,81
2	Thái Bình	15180	1590	24,14
3	Hồng	73812	1870	138,00
4	Mã	17600	1630	28,69
5	Cả	17730	1940	34,40
6	Thu Bồn	10350	2970	30,74
7	Ba	13900	1740	24,19
8	Đồng Nai	37400	2290	85,65
9	Mê Công	68880	2018	139,00
10	Các sông khác	65080	1960	127,56
11	Cả nước	331212	1960	649,18

* Diện tích lưu vực trong lãnh thổ Việt Nam

Tuy lượng mưa năm trên phần lớn lãnh thổ nước ta khá phong phú nhưng hàng năm thường xảy ra lũ lụt, hạn hán ở nơi này hay nơi khác. Đó là do lượng mưa phân bố rất không đều trong năm. Có khoảng 65 - 90% lượng mưa năm tập trung trong 3-6 tháng mùa mưa, chỉ có 10 - 35% lượng mưa năm trong 6 -

9 tháng mùa khô. Hàng năm mùa mưa thường bắt đầu từ tháng 4, 5 ở Bắc Bộ, phần phía Bắc của Bắc Trung Bộ (Thanh Hoá, Bắc Nghệ An), Tây Nguyên và Nam Bộ kéo dài đến tháng 9, 10 ở Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, tháng 10, 11 ở Tây Nguyên và Nam Bộ. Riêng ở ven biển Trung Bộ, mùa mưa xuất hiện ngắn, thường bắt đầu từ tháng 8, 9 kéo dài đến tháng 11, 12.



Hình 2. Lượng mưa trung bình năm của Việt Nam so với các khu vực trên thế giới

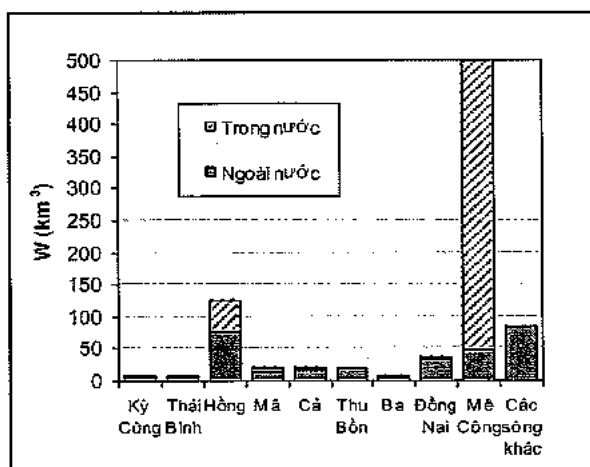
b. Tổng lượng dòng chảy năm

Cũng như lượng mưa năm, dòng chảy năm của sông suối cũng phân bố không đều trên lãnh thổ. Nhìn chung, sự biến đổi của mô đun dòng chảy trung bình nhiều năm (M_0) trong các vùng như sau: 10-120 l/s.km² ở Bắc Bộ, 10-80 l/s.km² ở Bắc Trung Bộ, 5-80 l/s.km² ở Nam Trung Bộ, 15-80 l/s.km² ở Tây Nguyên, 10-50 l/s.km² ở Đông Nam Bộ và 10-30 l/s.km² ở Đồng bằng sông Cửu Long.

Tổng lượng dòng chảy năm trung bình giai đoạn 1977-2008 của tất cả các sông trên lãnh thổ Việt Nam ($W_{0,n}$) khoảng 835,5 km³, trong đó 512,4 km³ (61,3%) từ các nước lân cận chảy vào ($W_{0,ng}$) và 323 km³ (38,7%) được hình thành trên lãnh thổ nước ta. Tổng lượng dòng chảy năm trung bình giai đoạn 1977-2008 của các hệ thống sông và toàn lãnh thổ cả nước được dẫn ra trong bảng 2 và sơ đồ phân phối tổng lượng dòng chảy năm giữa các hệ thống sông được dẫn ra trong hình 3.

Bảng 2. Tổng lượng dòng chảy năm trung giai đoạn 1977-2008 của các hệ thống sông trong lãnh thổ Việt Nam.

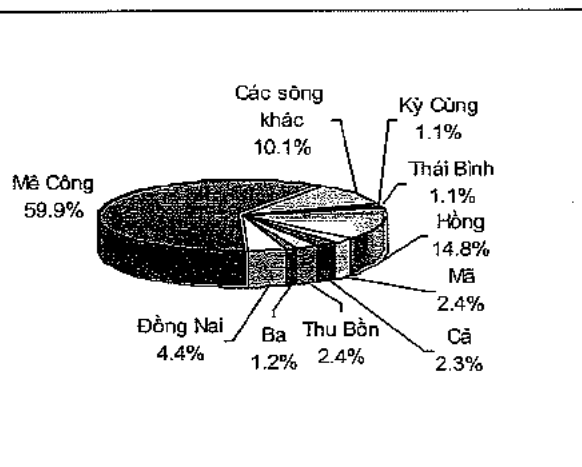
Thứ tự	Hệ thống sông/sông	Diện tích lưu vực (km ²)			Tổng lượng dòng chảy năm (km ³)		
		Ngoài nước	Trong nước	Toàn bộ	Ngoài nước	Trong nước	Toàn bộ
1	Kỳ Cùng	1980	11280	13260	1,38	8,15	9,53
2	Thái Bình		15180	15180		9,55	9,55
3	Hồng	75948	72700	148648	47,6	76,0	124,3
4	Mã	10800	17600	28400	5,50	14,75	20,25
5	Cả	9470	17630	27200	3,60	15,94	19,54
6	Thu Bồn		10350	10350		21,88	21,88
7	Ba		13900	13900		9,75	9,75
8	Đồng Nai	6700	37400	44100	3,60	33,26	36,86
9	Mê Công	726120	68880	795000	450,76	49,24	500
10	Các sông khác		66192	66248		84,56	84,56
	Cả nước	831018	331212	1162230	512,44	322,04	835,5



Hình 3a. Phân bố của tổng lượng dòng chảy năm trung bình thời kỳ 1977 - 2008 giữa các hệ thống sông trong lãnh thổ Việt Nam

Tài nguyên nước mặt của Việt Nam chiếm khoảng 2% tổng lượng dòng chảy của các sông trên thế giới, trong khi diện tích đất liền chỉ chiếm khoảng 1,35%.

Tổng lượng nước sông trung bình trên toàn lãnh thổ Việt Nam trong một năm khoảng 2,522 triệu m³/năm. Lượng nước này đủ cấp cho dân số hiện nay với khoảng 9.512 m³/người.năm. Nếu chỉ tính lượng nước nội địa, thì lượng nước sản sinh ra tương ứng là 1,002 triệu m³/km².năm và đủ cấp cho 3779 m³/người.năm. Nếu xét về mức bảo đảm nước trên 1km² diện tích thì mức bảo đảm nước của nước ta gấp 8 lần so với mức bảo đảm nước trung bình toàn thế giới, còn mức bảo đảm nước cho một



Hình 3b. Tỷ lệ % tổng lượng dòng chảy năm trung bình giai đoạn 1977-2008 của các hệ thống sông so với cả nước

người chỉ lớn hơn có 1,24 lần.

Theo Hội Nước Quốc tế (IWRA), nước nào có mức bảo đảm nước dưới 4000 m³/người.năm thì nước đó thuộc loại thiếu nước và dưới 2000 m³/người.năm thì thuộc loại hiếm nước. Theo tiêu chí này, nếu xét chung cho cả nước thì nước ta không thuộc loại thiếu nước, nhưng không ít vùng và lưu vực sông hiện nay đã thuộc loại thiếu nước và hiếm nước, như vùng ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận, hạ lưu sông Đồng Nai. Đó là chưa xét đến khả năng một phần đáng kể lượng nước được hình thành ở nước ngoài sẽ bị sử dụng và tiêu hao đáng kể trong phần lãnh thổ đó.

Hơn nữa, nguồn nước sông tự nhiên trong mùa cạn lại khá nhỏ, chiếm khoảng 10-40% tổng lượng nước toàn năm, thậm chí bị cạn kiệt và ô nhiễm, nên mức bảo đảm nước trong mùa cạn nhỏ hơn nhiều so với mức bảo đảm nước trung bình cả năm.

2. Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước

Kết quả nghiên cứu của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường thực hiện năm 2010 trên 7 lưu vực sông điển hình cho thấy:

Lượng mưa: Trên 7 lưu vực nghiên cứu (Hồng, Thái Bình, Cả, Thu Bồn, Ba, Đồng Nai, đồng bằng sông Cửu Long), có xu thế tăng vào mùa mưa và giảm vào mùa khô. Ở miền Bắc Việt Nam, trên các lưu vực sông Hồng-Thái Bình và sông Cả, thay đổi lượng mưa khá giống nhau: Lượng mưa giảm trong các tháng 3 - 4 và tăng trong những tháng còn lại, mạnh nhất là tháng 6 - 8. Còn trên các lưu vực khác, lượng mưa giảm từ tháng 12-5 và tăng lên trong tháng 6 -11, trong đó lượng mưa tháng 9 -11 tăng hơn so với các tháng khác.

Trong các tháng ít mưa, mức độ giảm lượng mưa trên các lưu vực từ Thu Bồn trở vào lớn hơn nhiều so với lưu vực sông Hồng-Thái Bình, sông Cả. Vào năm 2100, ở lưu vực sông Thu Bồn, Ba, Đồng Nai và Đồng bằng sông Cửu Long, lượng mưa có thể giảm nhiều nhất từ 10 - 23% vào các tháng mùa khô. Trong khi đó, ở lưu vực sông Hồng-Thái Bình, sông Cả lượng mưa giảm chỉ khoảng 6 -10% vào các tháng 3 - 5.

Dòng chảy hàng năm: Đối với các kịch bản biến đổi khí hậu A2, B2, dòng chảy năm của sông Hồng, Thái Bình, Cả, Sông Ba, lưu vực sông Thu Bồn có xu hướng tăng dưới 2% năm 2040 -2059 và lên đến 2 -5% trong giai đoạn 2080-2099, cao nhất có thể khoảng 5,5%. Ngược lại, trên sông La và sông Đồng Nai, dòng chảy năm giảm từ 4 - 6% vào giữa thế kỷ 21 và 7 - 9% cuối thế kỷ 21. Sông Mê Kông chảy vào đồng bằng sông Cửu Long, trung bình thời kỳ 2010 - 2050 tăng khoảng 4 - 6% so với giai đoạn 1985 - 2000.

Dòng chảy mùa lũ: Hầu hết trên các sông Hồng, Thái Bình, dòng sông chính Cả, sông Ba, sông Thu Bồn có xu hướng tăng so với giai đoạn 1980-1999, phổ biến từ 2 - 4% ở giai đoạn 2040-2059 và từ 4 - 7% trong giai đoạn 2080 - 2099. Trong khi đó, dòng chảy mùa lũ của hệ thống sông Đồng Nai giảm khoảng 2,5 - 6% và 4 - 8% trong các thời kỳ nêu trên. Đối với sông Cửu Long, so với giai đoạn

1985 - 2000, lưu lượng lũ trung bình tại trạm Kratie giai đoạn 2010 - 2050 chỉ tăng 5 - 7%.

Dòng chảy mùa cạn: BĐKH có thể dẫn đến giảm dòng chảy mùa cạn. So sánh với thời kỳ nền, nhìn chung trên các sông, dòng chảy mùa cạn giảm từ 2 -9% trong thời kỳ 2040 - 2059 và từ 4 - 12% thời kỳ 2080 - 2099.

3. Sông biên giới và xuyên biên giới ở Việt Nam, ảnh hưởng của khai thác, sử dụng tài nguyên nước ở thượng lưu trên của lưu vực sông Hồng và Mê Công đến nước ta

a. Sông biên giới và xuyên biên giới ở Việt Nam

Theo kết quả đánh giá của Cục Quản lý Tài nguyên nước, trong lãnh thổ nước ta có 206 sông, suối biên giới và xuyên biên giới nằm trên địa phận 25 tỉnh biên giới; trên 1.100 km đường biên giới là sông, suối, bao gồm: 126 sông, suối từ nước ngoài chảy vào nước ta; 76 sông, suối từ nước ta chảy sang nước khác; 4 sông chảy từ nước ngoài vào nước ta sau đó lại chảy sang nước lân cận hoặc ngược lại; 124 sông, suối chảy cắt xuyên đường biên giới và 82 sông chảy dọc biên giới trước khi chảy vào nước ta hoặc sang các nước láng giềng;

Đặc điểm chủ yếu của tài nguyên nước sông quốc tế là xuyên biên giới và cùng hưởng. Tài nguyên nước cùng hưởng xuyên biên giới của sông quốc tế không khác so với sông quốc gia nhưng khác nhau về quyền sở hữu của tài nguyên nước, mối quan hệ lợi hại và phạm vi ảnh hưởng. Sự khác nhau này dẫn đến sự khác nhau về chủ quyền, mối quan hệ lợi hại, nghĩa vụ.

b. Ảnh hưởng của khai thác, sử dụng tài nguyên nước sông Hồng trên phần lãnh thổ Trung Quốc đối với Việt Nam

Tổng lượng nước của sông Hồng và Mê Công khoảng 624,3 tỉ m³, chiếm 74% tổng lượng nước sông toàn quốc, nhưng có đến 38,3% và 90,1% lượng nước của sông Hồng và sông Mê Công lại sinh ra ngoài lãnh thổ Việt Nam. Việc khai thác sử dụng nước trên phần lưu vực ngoài Việt Nam của hai con sông này đã và đang ảnh hưởng không nhỏ đến nguồn nước vào nước ta.

* Tình hình khai thác sử dụng nước trên phần lưu vực sông Hồng ở tỉnh Vân Nam, Trung Quốc

Trên phần lưu vực sông Nguyên, theo số liệu thống kê đến năm 1993, trên toàn lưu vực có 14 hồ chứa loại vừa, với tổng dung tích các hồ chứa

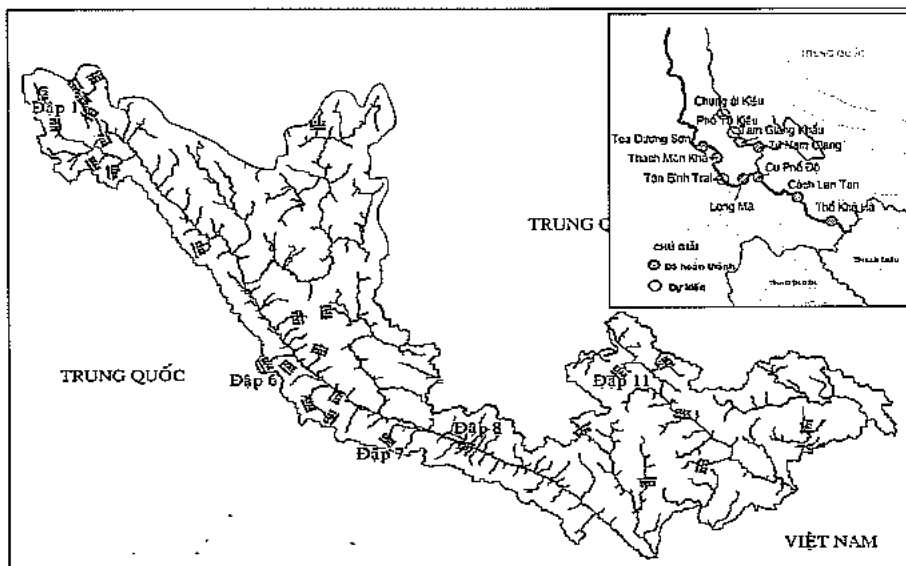
khoảng 296 triệu m³; 729 hồ chứa loại nhỏ với tổng dung tích 496 triệu m³ và 7970 ao đập; 63.347 công trình dẫn nước; 635 đập dâng. Công trình khai thác nước dưới đất gồm: 433 lỗ khoan và các loại công trình khác, năng lực cấp nước 1810 triệu m³, trong đó các công trình trữ nước chiếm 34,5%, các công trình dẫn nước chiếm 54,1%. Trên sông Lý Tiên, cho đến nay, Trung Quốc đang xây dựng hơn 20 nhà máy thủy điện, trong đó 11 nhà máy thủy điện với tổng dung tích chứa khoảng 2,0 tỷ m³, công suất khoảng 2,0 triệu MW; 8 nhà máy thủy điện trên sông Bàn Long và Phổ Mai và 1 nhà máy thủy điện trên sông Nguyên. Về cơ bản, Trung Quốc đã khai thác hầu hết các bậc thang thủy điện lớn ở thượng nguồn sông Đà với tổng dung tích các hồ chứa nước khoảng 2,5 tỷ m³. Hầu hết các công trình thủy điện có nhiệm vụ phát điện là chính với chế độ điều tiết ngày đêm và các công trình đã đi vào hoạt động từ năm 2006-2007 (Hình 4).

*** Tác động của các công trình thủy điện ở thượng lưu sông Hồng thuộc lãnh thổ Trung Quốc đến tài nguyên nước sông Hồng ở Việt Nam**

Phân tích số liệu quan trắc dòng chảy tại các trạm thủy văn gần biên giới ở Việt Nam kết hợp với số liệu quan trắc dòng chảy mùa lũ tại một số trạm trên sông Lý Tiên, sông Nguyên và sông Bàn Long có thể rút ra một số nhận xét bước đầu dưới đây:

- Trong các tháng 6-9 (là thời gian các hồ chứa của Việt Nam cần tích nước), các hồ chứa trên sông Đà, sông Thao ở phía Trung Quốc đã giữ lại khoảng 10-20% lượng nước. Tổng lượng nước lũ trên sông Lô thời kỳ 2006-2008 giảm khoảng 25% so với thời kỳ 1962-1978 và giảm tới 35% so với thời kỳ 2001-2005.

- Trong mùa khô, vào các tháng 3-5, thường là giai đoạn nước ta thiếu nước, các hồ chứa thượng nguồn sông Đà, phần lãnh thổ Trung Quốc, đã giữ nước nhiều hơn.



Hình 4. Sơ đồ vị trí các hồ, đập lớn trên lưu vực sông Hồng thuộc lãnh thổ Trung Quốc

- Việc vận hành của các nhà máy thủy điện theo chế độ điều tiết ngày đêm làm cho mực nước trên các sông Đà, Thao và Lô dao động lớn, tới 1,5-2 m trên sông Đà, 1-1,5 m trên sông Thao và 1-1,3 m trên sông Lô. Mực nước sông dao động lớn có thể gây nên xói lở bờ sông, gây khó khăn cho việc khai thác nguồn nước.

- Một phần đáng kể lượng cát bùn bị giữ lại trong các hồ chứa, làm giảm lượng phù sa được đưa vào Việt Nam và cũng gây nên lòng sông, bờ sông không ổn định.

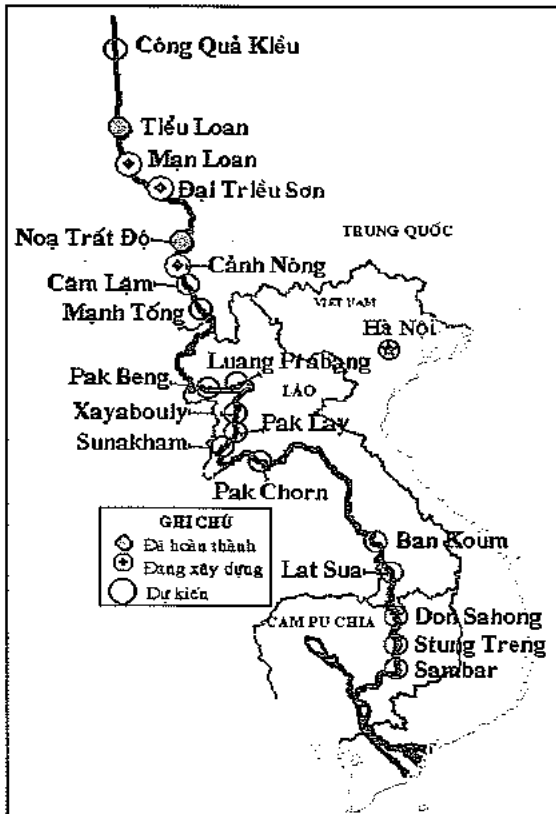
- Việc khai thác nguồn nước, nhất là khai thác mỏ, đã xả nước thải không qua xử lý, gây nên ô nhiễm nguồn nước trong lãnh thổ Việt Nam.

c. Tác động của việc khai thác, sử dụng tài nguyên nước ở thượng lưu vực Mê Công đến Đồng bằng sông Cửu Long

*** Phát triển thủy điện trên phần lưu vực thuộc lãnh thổ Trung Quốc**

Trung Quốc đã có kế hoạch xây dựng 14 công trình với tổng dung tích khoảng 40,5 tỉ m³, công suất lắp máy khoảng 22.590 MW. Hiện nay, Trung Quốc đã có kế hoạch cụ thể xây dựng 8 đập - giai đoạn I có 2 hồ ở khu vực trung lưu và hạ lưu sông Lan Thương (tên gọi sông Mê Công trên địa phận Trung Quốc), với tổng công suất trên 16.000 MW, dự kiến hoàn thành vào năm 2017 và xây thêm 6 đập thủy điện nữa ở thượng lưu (giai đoạn II).

Trong số đó, có 2 đập có khả năng điều tiết rất lớn, đó là nhà máy thủy điện Tiểu Loan, công suất 4.200 MW, dung tích hồ chứa khoảng 15 tỷ m³; thủy điện Nuozhadu sắp hoàn thành, với công suất rất lớn, khoảng 5.500MW, dung tích hồ chứa khoảng 23 tỷ m³. Hiện nay, đã thực hiện được khoảng 50% của giai đoạn 1 và đã có 3 nhà máy hoàn thành gồm Manwan, Daichaoshan và Jinghong, với tổng công suất trên 4.300 (Hình 5)



Hình 5. Sơ đồ vị trí các hồ, đập trên dòng chính sông Mê Công

*** Phát triển thủy điện ở hạ lưu vực sông Mê Công thuộc lãnh thổ các nước Thái Lan, Lào và Campuchia**

Cho đến nay chưa có công trình thủy điện nào được xây dựng trên dòng chính sông Mê Công thuộc các nước Lào, Thái Lan và Campuchia, nhưng các nước này đều đang đẩy mạnh nghiên cứu và lập kế hoạch xây dựng và có thể xây dựng 11 công trình thủy điện với tổng công suất (10 - 19).103 MW. Trên các dòng nhánh của sông Mê Công thuộc các nước này cũng có thể xây dựng khoảng 12 công trình thủy điện nữa. Campuchia cũng có tiềm năng thủy điện lớn, khoảng 15.000MW (riêng trên dòng chính khoảng 6.500MW). Hiện nay, đang nghiên cứu xây dựng 2

nhà máy thủy điện trên dòng chính là Sambor và Stungtreng, công suất từ 1.855 - 4.280 MW tùy theo phương án lựa chọn.

*** Vấn đề chuyển nước sông Mê Công sang lưu vực lân cận**

Thái Lan đang đẩy mạnh các hoạt động nghiên cứu để triển khai thực hiện các dự án chuyển nước từ lưu vực sông Mê Công sang vùng Đồng bằng trung tâm thuộc lưu vực sông Chao Phraya và chuyển nước trong nội bộ lưu vực sông Mê Công, từ dòng chính sang vùng Đông Bắc. Tổng lượng nước dự kiến chuyển là 15,2 tỷ m³/năm.

*** Khai thác, sử dụng nước ở vùng biên giới Việt Nam-Campuchia**

Nhu cầu sử dụng nước của phía Campuchia đang tăng mạnh, nhất là vùng biên giới Tây Nam. Hiện nay, phía Campuchia đang đề nghị được sử dụng nước trên kênh Vĩnh Tế của Việt Nam để phát triển tuyến giao thông thủy nối khu trung tâm thương mại của Campuchia với Việt Nam và cấp nước tưới cho khoảng 20 nghìn ha của tỉnh Takeo. Đề nghị này Việt Nam đã không chấp nhận. Trên tuyến kênh Sô Hạ-Cái Cỏ-Long Khốt (là tuyến kênh biên giới), phía Campuchia cũng đang có kế hoạch khai thác nguồn nước để cấp nước tưới cho khoảng 16 nghìn ha.

*** Tác động do khai thác, sử dụng nước ở thượng nguồn sông Mê Công đến Đồng bằng sông Cửu Long**

- Các công trình thủy điện đã được xây dựng trên phần lưu vực Mê Công ở Trung Quốc có thể không có tác động rõ rệt đến lượng dòng chảy vào Việt Nam do nằm xa Việt Nam. Nhưng trong những năm hạn, hiện tượng thiếu nước ở Đồng bằng sông Cửu Long đã xuất hiện, vụ đông xuân 2009 vừa qua, lưu lượng nước trên sông Tiền và sông Hậu chỉ đạt mức 1.600m³/s, so với nhu cầu của 1,5 triệu ha lúa phải là 1.700m³/s, nước mặn xâm nhập sâu trong đất liền có nơi tới 70 km. Vào mùa lũ, lưu lượng tháng 10 - 2008 chỉ còn ở mức 28.000 m³/s trong khi trước đây tới 40.000 m³/s.

- Theo các nhà sinh học, đập là hình thức gây tác hại lớn nhất trong số các tác động dẫn tới sự sụt giảm của các loài sinh vật nước ngọt. Những khảo sát gần đây cho thấy sản lượng cá tại Đồng bằng sông Cửu Long đã suy giảm đáng kể.

- Một trong những tác động tiềm tàng gây ảnh hưởng lớn nhất đến Việt Nam là giảm lượng phù sa màu mỡ về hạ lưu do xây dựng nhiều đập lớn phía thượng lưu, hậu quả là chất lượng đất suy giảm, ngành nông nghiệp vùng Đồng bằng sông

Cửu Long sẽ bị ảnh hưởng lớn. Lượng phù sa từ phần thượng lưu thuộc Trung Quốc chiếm tới 50% tổng lượng phù sa sông Mê Công. Lượng phù sa đổ ra biển qua Tân Châu và Châu Đốc khoảng 80 triệu tấn/năm. Các nghiên cứu cho thấy các đập xây ở Trung Quốc sẽ giữ lại khoảng 40% lượng bùn cát trên sông.

- Tầng mức độ lệ thuộc vào các quốc gia ở thượng lưu do việc vận hành tích nước, xả nước của các hồ chứa thủy điện ở thượng nguồn sẽ quyết định lượng nước về Đồng bằng sông Cửu Long.

- Các dự án chuyển nước của Thái Lan và các dự án lấy nước khác ở thượng nguồn, sẽ làm suy giảm nghiêm trọng dòng chảy mùa khô và gia tăng diện tích xâm nhập mặn ở Đồng bằng sông Cửu Long (dự báo giảm khoảng 24% dòng chảy trong tháng 4 và tăng diện tích xâm nhập mặn gần 7%).

4. Vấn đề bảo đảm an ninh nước quốc gia

Mặc dù Việt Nam có hệ thống sông ngòi dày đặc, tổng lượng nước mưa, nước mặt khá phong phú, nhưng tài nguyên nước Việt Nam lại ẩn chứa những yếu tố không bền vững. Chỉ tính riêng lượng tài nguyên nước mặt sản sinh trên lãnh thổ nước ta thì ở thời điểm hiện nay, nước ta đã thuộc số các quốc gia thiếu nước và Việt Nam sẽ gặp phải rất nhiều thách thức về tài nguyên nước trong tương lai gần. Tài nguyên nước Việt Nam lại phân bố rất không đều giữa các vùng và phân phối không đều theo thời gian trong năm và giữa các năm.

An ninh quốc gia về tài nguyên nước là vấn đề quan trọng bậc nhất đối với các nước nằm ở hạ nguồn các con sông lớn như nước ta. Do đó, trong Chiến lược quốc gia về tài nguyên nước đến năm 2020 nêu rõ: "Hợp tác, chia sẻ lợi ích, bảo đảm công bằng, hợp lý trong khai thác, sử dụng, bảo vệ, phát triển tài nguyên nước và phòng, chống tác hại do nước gây ra ở các sông, lưu vực sông quốc tế trên nguyên tắc bảo đảm chủ quyền, toàn vẹn lãnh thổ và lợi ích quốc gia". Đồng thời, Nghị quyết số: 27/NQ-CP, Về một số giải pháp cấp bách trong công tác quản lý nhà nước về tài nguyên và môi trường, ngày 12/6/2009, nhấn mạnh: "Tăng cường hợp tác quốc tế trong lĩnh vực tài nguyên nước; chủ trì, phối hợp với các Bộ, ngành, địa phương liên quan tổ chức thực hiện Hiệp định hợp tác phát triển bền vững lưu vực sông Mê Công; xây dựng cơ chế quản lý, khai thác, sử dụng nguồn nước biên giới; xây dựng kế hoạch hợp tác với Trung Quốc trong việc chia sẻ nguồn nước trên lưu vực sông Hồng, sớm trình Thủ tướng Chính phủ

phê duyệt"

An ninh đối với tài nguyên nước cần hết sức quan tâm tương tự như đối với an ninh lương thực. An ninh về nước được xem là mọi tầng lớp xã hội đều được quyền hưởng đủ nước hay có những biện pháp nhằm giảm thiểu tổn hại do thiếu nước gây ra. Vậy để bảo đảm được an ninh về nước, TNN mặt ở nước ta cần được nhìn nhận dưới các góc độ sau:

1. Lượng nước chúng ta đang khai thác phục vụ phát triển một cách bền vững lại phụ thuộc đến trên 60% tổng lượng nước đến từ ngoài lãnh thổ. Do vậy, tính bền vững nguồn tài nguyên nước chịu tác động mạnh mẽ do việc sử dụng của các nước có chung dòng sông và sẽ gặp khó khăn khi các nước ngoài sử dụng nước nhiều hoặc gây ô nhiễm nước đầu nguồn hay chủ động điều tiết dòng chảy hoặc chuyển nước. Nếu chỉ dựa vào lượng tài nguyên nước mặt sản sinh trên lãnh thổ nước ta thì ở thời điểm hiện nay Việt Nam không thể đủ nước.

2. Tài nguyên nước tại Việt Nam lại phân bố rất không đều giữa các vùng. Trên 60% nguồn nước sông tập trung ở khu vực Đồng bằng Cửu Long, trong khi toàn phần lãnh thổ còn lại chỉ có gần 40% lượng nước nhưng lại chiếm tới gần 80% dân số cả nước và trên 90% khối lượng hoạt động sản xuất kinh doanh, dịch vụ. Đặc biệt các địa phương vùng miền Đông Nam Bộ và lưu vực Đồng Nai - Sài Gòn, nơi tập trung dân cư và các khu công nghiệp dày đặc, lượng nước bình quân đầu người chỉ đạt dưới 2.900 m³/người.năm, bằng 28% so với mức trung bình của cả nước.

3. Theo thời gian trong năm và giữa các năm, tài nguyên nước của Việt Nam cũng phân bố không đều. Lượng nước trung bình trong 4 - 5 tháng mùa mưa chiếm khoảng 75 - 85% trong khi những tháng mùa khô lại chỉ có khoảng 15-25% lượng nước của cả năm. Vấn đề thiếu nước trong mùa khô sẽ ngày càng trầm trọng hơn khi nhu cầu nước tăng lên cùng với sự gia tăng dân số và phát triển kinh tế - xã hội. Mâu thuẫn dùng nước giữa các ngành có xu hướng gia tăng.

4. Biến đổi của khí hậu toàn cầu sẽ dẫn đến sự suy giảm nguồn nước về mùa cạn, đến cuối thế kỷ 21, trung bình toàn Việt Nam giảm khoảng 6 - 7%; lũ lụt, thiên tai tăng lên về tần suất và quy mô.

5. Năng lực bảo đảm nước của các công trình thủy lợi, thủy điện chưa theo kịp với nhu cầu nước hiện nay. Cả nước có khoảng trên 2900 hồ chứa có dung tích trên 0.5 triệu m³ (trừ được khoảng 7,7% lượng nước sông Việt Nam), hầu hết là hồ thủy lợi

403

TẠP CHÍ

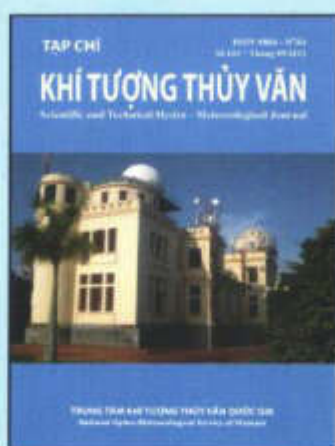
ISSN 0866 - 8744
Số 621 * Tháng 09/2012

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal



TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA
National Hydro-Meteorological Service of Vietnam



TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Bùi Văn Đức

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Kiên Dũng

TS. Nguyễn Đại Khánh

ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. GS.TSKH. Nguyễn Đức Ngữ | 10. GS.TS. Phan Văn Tân |
| 2. PGS.TS. Trần Thực | 11. TS. Bùi Minh Tăng |
| 3. PGS.TS. Nguyễn Văn Thắng | 12. TS. Hoàng Đức Cường |
| 4. PGS.TS. Trần Hồng Thái | 13. TS. Dương Văn Khảm |
| 5. PGS.TS. Lê Thanh Hà | 14. TS. Đặng Thanh Mai |
| 6. PGS.TS. Hoàng Ngọc Quang | 15. TS. Dương Hồng Sơn |
| 7. PGS.TS. Nguyễn Việt Lành | 16. TS. Ngô Đức Thành |
| 8. PGS.TS. Vũ Thanh Ca | 17. TS. Nguyễn Văn Hải |
| 9. PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. KS. Trần Văn Sếp |

Thư kí tòa soạn

TS. Trần Quang Tiến

Trị sự và phát hành

CN. Phạm Ngọc Hà

Giấy phép xuất bản

Số: 92/GP-BTTTT - Bộ Thông tin
Truyền thông cấp ngày 19/01/2010

Thiết kế, chế bản và in tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà

ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Tòa soạn

Số 4 Đặng Thái Thân - Hà Nội

Văn phòng 24C Bà Triệu, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 04.37868490; Fax: 04.39362711

Email: tapchikttv@yahoo.com

Ảnh bìa: Trạm Radar Phú Liên - Hải Phòng

Giá bán: 17.000 đồng

Số 621 * Tháng 09 năm 2012

Trong số này

Nghiên cứu và trao đổi

- 1 PGS. TS. **Phạm Vũ Anh**, PGS. TS. **Nguyễn Việt Lành**: Áp cao thanh tạng và ảnh hưởng của nó đến thời tiết Việt Nam
- 6 PGS. TS. **Trần Hồng Thái**, NCS. **Đỗ Đình Chiến**, ThS. **Đỗ Thị Hương**, ThS. **Phạm Thanh Long**, KS. **Phạm Thị Thu Trang**, KS. **Trần Thị Thanh Hải**: Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các công trình thủy lợi ở Thái Nguyên
- 13 PGS. TSKH. **Bùi Tá Long**, ThS. **Dương Ngọc Hiếu**, KS. **Lê Thị Hiền**, CN. **Lê Thị Diệu Hiền**: Xây dựng mô hình tích hợp hỗ trợ đánh giá diễn biến chất lượng nước sông Sài Gòn
- 23 ThS. **Nguyễn Thị Thanh Tú**, PGS. TS. **Đinh Xuân Thắng**, PGS. TS. **Phùng Chí Sỹ**: Nghiên cứu khả năng tự làm sạch trong môi trường nước sông Cu Đê
- 29 ThS. **Nguyễn Quốc Trinh** và các dự báo viên biển: Hiện trạng về dự báo biển (thủy triều - sóng - nước dâng) tại trung tâm Dự báo KTTV Trung ương
- 36 ThS. **Nguyễn Thị Thanh Nhân**, TS. **Đỗ Quang Thiên**, GS.TSHH. **Nguyễn Thanh**, PGS.TS. **Tạ Đức Thịnh**: Phân vùng dự báo cường độ hoạt động trượt, lở đất đá trên sườn dốc núi Quảng Trị - Thừa Thiên Huế bằng phương pháp mô hình toán - bản đồ với sự trợ giúp của công nghệ GIS
- 45 PGS. TS. **Nguyễn Kỳ Phùng**, ThS. **Bùi Chí Nam**, ThS. **Phạm Thanh Long**, CN. **Trần Tuấn Hoàng**: Ứng dụng mô hình DEM và mô hình thủy lực tính toán ngập lụt thành phố Cần Thơ

Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 52 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp, thủy văn tháng 08 năm 2012
- Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương** (Trung tâm KTTV Quốc gia) **Trung tâm Nghiên cứu KTNN** (Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường)
- 64 Thông báo kết quả quan trắc môi trường không khí tại một số tỉnh, thành phố tháng 08 - 2012 (**Trung tâm Mạng lưới Khí tượng Thủy văn và Môi trường**)

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI Ở TỈNH THÁI NGUYÊN

PGS.TS **Trần Hồng Thái**, NCS. **Đỗ Đình Chiến**, ThS. **Đỗ Thị Hương**,
ThS. **Phạm Thanh Long**, KS. **Phạm Thị Thu Trang**, KS. **Trần Thị Thanh Hải**
Trung tâm Tư vấn Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Bài báo tập trung trình bày kết quả cân bằng nước trên lưu vực sông Cầu (khu vực tỉnh Thái Nguyên) với nhu cầu sử dụng nước và hệ thống công trình thủy lợi theo quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội đến năm 2020. Phân tích sự thừa, thiếu nước kết hợp với sự biến đổi về lượng mưa, bốc hơi, dòng chảy tại các khu vực trên lưu vực sông Cầu, nhằm tác giả đánh giá khả năng hoạt động và an toàn của các công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên trong biến đổi khí hậu. Kết quả nghiên cứu đảm bảo độ tin cậy với số liệu thu thập tương đối đầy đủ giữa các ngành, nghề, địa phương về hiện trạng và quy hoạch phát triển đến năm 2020 ở Thái Nguyên.

1. Mở đầu

Trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên thường xảy ra các hiện tượng thiên tai nguy hiểm (lũ, lũ quét, lốc xoáy, mưa đá,...). Những hiện tượng này ảnh hưởng tiêu cực đến các công trình hồ chứa, trạm bơm, đê điều... Phân tích xu thế thay đổi của các yếu tố khí tượng thủy văn, đặc biệt là nhiệt độ, mưa và dòng chảy là rất cần thiết trong việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) tới hiệu quả hoạt động của các công trình thủy lợi.

Bài báo trình bày khái quát về hiện trạng công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh và tập trung đánh giá sự thay đổi dòng chảy theo các kịch bản BĐKH để đưa ra kết quả cân bằng nước trung giai đoạn năm 1980 - 1999 và theo các kịch bản BĐKH giai đoạn 2020 - 2099. Từ đó, đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến hiệu quả hoạt động, an toàn của các công trình hồ chứa lớn trong mùa lũ và mùa kiệt tại tỉnh Thái Nguyên.

Phạm vi nghiên cứu của bài báo tập trung vào lưu vực sông Cầu trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên.

2. Sơ lược hiện trạng công trình thủy lợi tại tỉnh Thái Nguyên

a. Hiện trạng công trình tưới

Toàn tỉnh có 1.214 công trình thủy lợi phục vụ tưới với tổng diện tích thực tưới lúa vụ Đông xuân: 76.305 ha, lúa vụ mùa: 33.526 ha, màu và cây lâu năm 12.891 ha. So với tổng diện tích đất canh tác toàn tỉnh, diện tích lúa đông xuân mới đáp ứng 91,77% và lúa vụ mùa 81,14% yêu cầu tưới.

Các công trình tưới trên địa bàn tỉnh có một số đặc điểm sau:

Công trình đầu mối, bị xuống cấp, nhiều công trình do dân tự đầu tư chỉ tồn tại được trong một vụ mùa và phải làm lại sau mỗi mùa lũ.

Đa số các công trình không được tu bổ thường xuyên, phần lớn đã xuống cấp trầm trọng, nhất là các công trình được giao cho địa phương quản lý.

- Đa số các công trình đều đã có thời gian dài vận hành, nhiều công trình bị hư hỏng như:

+ Các công trình bơm (bơm điện, bơm dầu): nhà trạm, thiết bị máy móc bị hỏng, hoặc chi phí vận hành quá lớn, không mang lại hiệu quả kinh tế.

+ Các công trình đầu mối bị hỏng, cống lấy nước rỉ rỉ, đến đến tình trạng mất nước, ảnh hưởng rất lớn đến khả năng phục vụ tưới.

- Hệ thống kênh mương phần lớn là kênh đất, sử dụng lâu ngày nên bị sạt lở mạnh, không đảm bảo mặt cắt thiết kế dẫn đến năng lực tưới kém, thất thoát nước lớn.

Trung những năm qua, tỉnh Thái Nguyên đã kiên cố được nhiều đoạn kênh mương các loại, góp phần nâng cao năng lực tưới của các công trình thủy lợi. Tuy nhiên, phần kênh mương được kiên cố hóa mới chỉ chiếm tỷ lệ nhỏ.

b. Hiện trạng công trình tiêu

Đặc điểm địa hình của Thái Nguyên là đồi núi nên hầu hết là dòng chảy qua các khe lạch sông suối. Ở một số vùng như phía nam huyện Phổ Yên, trung tâm Thành phố Thái Nguyên, vấn đề tiêu còn gặp nhiều khó khăn khi mực nước sông lên cao do hệ thống đê điều của tỉnh chưa hoàn chỉnh (Bảng 1).

Người đọc phân biệt: PGS. TS. **Nguyễn Việt Lành**

406
Bảng 1. Tổng hợp hiện trạng tiêu tỉnh Thái Nguyên [5]

TT	Vùng tiêu	Diện tích cán tiêu (ha)	Diện tích tiêu chảy tự nhiên (ha)	Diện tích tiêu bằng công trình (ha)	
				Tự chảy qua cống	Bơm tiêu
1	Vùng thượng Múi Cốc	51.445	51.445	-	-
2	Vùng hạ Múi Cốc	52.234	47.140	3.539	-
3	Vùng thượng Thác Huống	186.669	184.234	2.435	1.555
4	Vùng hạ Thác Huống	179.780	179.780	-	-
Tổng cộng		470.128	462.599	5.974	1.555

3. Đánh giá tác động của BĐKH đến các công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên

Bài báo sử dụng kịch bản BĐKH cho hai trạm Định Hóa và Thái Nguyên, số liệu thuộc báo cáo “Kịch bản BĐKH, nước biển dâng cho Việt Nam” (2011) của Bộ Tài nguyên Môi trường với bộ số liệu lượng mưa và nhiệt độ của giai đoạn từ 2020 đến 2099, để đánh giá sự thay đổi dòng chảy năm và kết quả cân bằng nước trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên do tác động của BĐKH. Trên cơ sở đó đánh giá các tác động của BĐKH đến khả năng khai thác, vận hành của hệ thống các công trình thủy lợi trên địa bàn Thái Nguyên.

a. Đánh giá sự thay đổi dòng chảy theo các kịch bản BĐKH

Dòng chảy năm

Tổng công chảy năm trên sông Cầu (tại diện tích trạm Thác Bưởi) và sông Cà Lồ (tại diện tích trạm Phú Cường), có xu hướng giảm theo các kịch bản BĐKH. Tuy nhiên, sự biến đổi dòng chảy năm trên từng nhánh sông có sự khác biệt.

Thời kỳ 2040 - 2059: Dòng chảy năm theo các kịch bản phát thải cao (A2), kịch bản phát thải thấp (B1) và kịch bản phát thải trung bình (B2) hầu như không thay đổi so với giai đoạn nền 1980 - 1999.

Thời kỳ 2080 - 2099: So sánh với thời kỳ nền, dòng chảy trung bình năm tại trạm Thác Bưởi giảm 4,21 m³/s (5,32%); tại trạm Phú Cường giảm 2,23 m³/s (11,1%).

Nguyên nhân của tình trạng này là do lượng mưa và lượng bốc hơi trong tương lai tuy cùng tăng nhưng mức tăng của bốc hơi cao hơn hẳn so với mức tăng của lượng mưa.

Dòng chảy mùa lũ

Theo các kịch bản BĐKH, dòng chảy trung bình mùa lũ trên các lưu vực sông Cầu cũng có xu hướng giảm. Nhìn chung, dòng chảy trung bình mùa lũ theo kịch bản A2 có mức độ giảm lớn nhất và kịch bản B1 giảm thấp nhất so với thời kỳ nền.

Thời kỳ 2040 - 2059: Mức giảm của dòng chảy trung bình mùa lũ ứng với các kịch bản tương tự và thay đổi rất nhỏ so với giai đoạn 1980 - 1999.

Thời kỳ 2080 - 2099: Dòng chảy trung bình mùa lũ giảm khá rõ rệt so với thời kỳ nền và có sự khác biệt lớn giữa các kịch bản.

- Kịch bản A2 cho dòng chảy trung bình mùa lũ giảm nhiều nhất; tại trạm Thác Bưởi giảm 3,97% (lưu lượng lũ 152,2 m³/s).

- Kịch bản B2: dòng chảy trung bình mùa lũ giảm thấp hơn so với kịch bản A2, tại trạm Thác Bưởi giảm 3,24%.

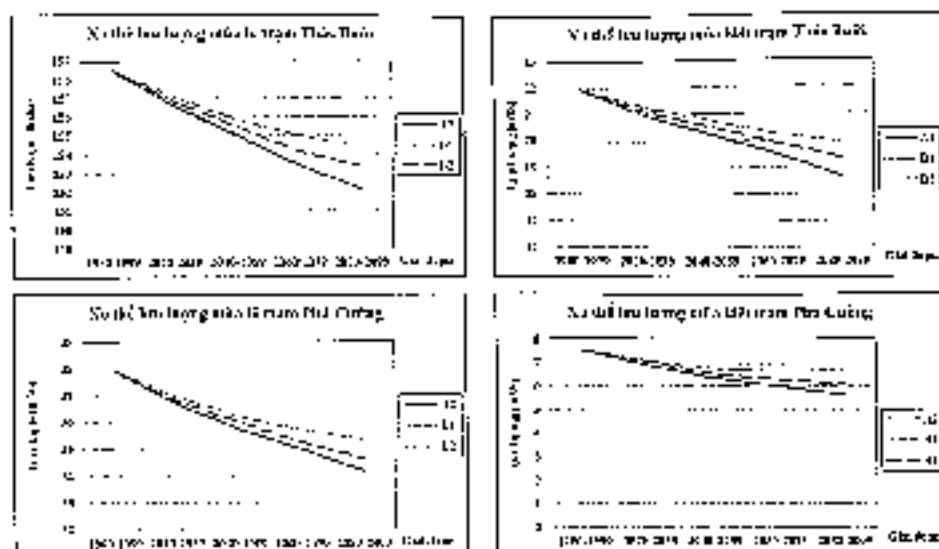
Dòng chảy mùa cạn

Lưu lượng trung bình mùa cạn trên sông Cầu cũng giảm dần theo thời gian.

Thời kỳ 2040 - 2059: dòng chảy trung bình mùa cạn tại trạm Thác Bưởi giảm khoảng 7,8% và tại trạm Phú Cường giảm khoảng 4,4% so với thời kỳ nền.

Thời kỳ 2080 - 2099: Kịch bản A2, dòng chảy trung bình mùa cạn tại Thác Bưởi giảm 18,7 m³/s (15,1%) so với thời kỳ nền. Trên lưu vực sông Cà Lồ, tại trạm Phú Cường dòng chảy trung bình mùa cạn giảm 8,62% (lưu lượng 11).

+ Mức giảm tương ứng theo các kịch bản B2 và B1 là 12,06% và 9,36% (trạm Thác Bưởi), 6,24% và 3,76% tại trạm Phú Cường.



Hình 1. Xu thế biến đổi dòng chảy mùa lũ, mùa kiệt tại trạm Thác Bưởi và Phú Cường theo các kịch bản biến đổi khí hậu

b. Kết quả tính cân bằng nước theo các kịch bản biến đổi khí hậu

Đánh giá sự thay đổi nhu cầu sử dụng nước theo các kịch bản BĐKH

Nhằm đánh giá rõ nét sự thay đổi nhu cầu dùng nước tại Thái Nguyên, đã tính toán theo 02 phương án như sau:

Phương án 1 (S2000): Nhu cầu sử dụng nước của các ngành chăn nuôi, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản, sinh hoạt và các nhu cầu khác (tưới cây, rửa đường, dịch vụ) được tính toán trên bộ số liệu năm

2000 của từng địa phương nằm trong lưu vực sông Cầu, tổng lượng nước này sẽ rơi là không đổi trong suốt các giai đoạn. Như cấu sử dụng nước cho trồng trọt được tính toán dựa trên sự thay đổi của lượng mưa và bốc hơi theo các kịch bản BĐKH.

Phương án 2 (S2020): Nhu cầu sử dụng nước của tất cả các ngành được tính toán dựa trên bộ số liệu có tính đến các quy hoạch phát triển kinh tế xã hội đến năm 2020, trong điều kiện hệ thống các công trình thủy lợi đã có sự hoàn thiện hơn so với năm 2000, bao gồm cả hồ chứa Văn Lang đã vận hành ổn định (Hình 2)[2]



Hình 2. Biểu đồ nhu cầu sử dụng nước trung bình năm trên lưu vực sông Cầu theo các kịch bản BĐKH

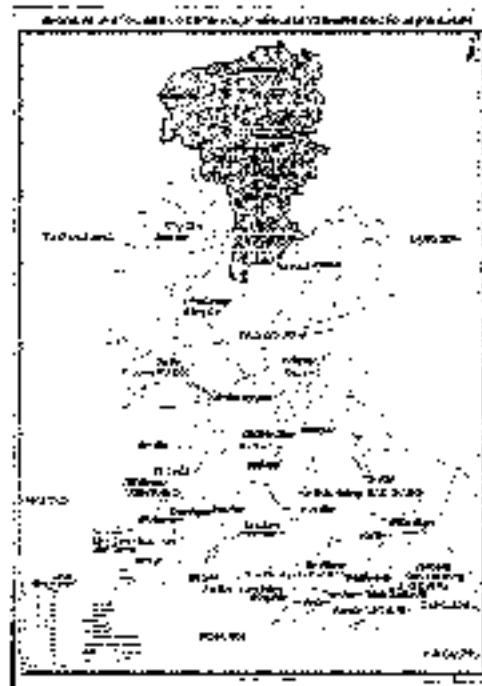
Kết quả cho thấy, nhu cầu sử dụng nước của tỉnh Thái Nguyên nội đồng và của cả lưu vực sông Cầu nói chung ở hai phương án 1 và 2 đều có xu hướng gia tăng theo từng giai đoạn. Nhu cầu nước của toàn bộ lưu vực sông Cầu theo phương án 1 khoảng 1.031 tỷ m³/năm và phương án 2 gần 1.073 tỷ m³/năm. Giai

đoạn 2080-2099 có nhu cầu sử dụng nước lớn nhất: phương án 1 khoảng 1.057 tỷ m³/năm (kịch bản A2), phương án 2 khoảng 1.112 tỷ m³/năm. Nguyên nhân của sự gia tăng này là do gia tăng nhu cầu dùng nước trong sinh hoạt, công nghiệp và thủy sản. Nhu cầu sử dụng nước của ngành trồng trọt có xu hướng giảm

những không nhiều do có sự thu hẹp về diện tích sử dụng đất trong nông nghiệp và sự chuyển dịch cơ cấu kinh tế của địa phương theo hướng công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Bên cạnh đó, lượng mưa vào mùa xuân có xu hướng giảm, đồng thời mùa cạn cũng giảm dần đến nhu cầu dùng nước ngày càng tăng.

Kết quả cân bằng nước

(Bài báo đã sử dụng phương pháp mô hình toán với các mô hình thủy văn (Mike Nam) và mô hình cân bằng nước (Mike Basin) trong quá trình đánh giá cân bằng nước trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên.



Hình 3. Bản đồ phân vùng thiếu nước lưu vực sông Cầu kích bản B2 giai đoạn 2020 - 2039 – PA I

Giải đoạn từ 2020 – 2039, theo kịch bản A2, tổng lượng nước thiếu trên toàn lưu vực là cao nhất so với các kịch bản B1 và B2, mức độ thiếu nước tăng dần theo các thời kỳ. Các khu thiếu nước theo kịch bản B2 và B1 cũng tương tự như kịch bản A2, tuy nhiên lượng nước thiếu ít hơn do nhu cầu dùng nước thấp hơn so với A2. Tình trạng thiếu nước nghiêm trọng vẫn xảy ra tại khu vực Thác Riềng – Bắc Kạn, Chợ Mới, Chợ Cầu, Võ Nhai, Hạ Thác Hướng do lượng dòng chảy năm và dòng chảy mùa cạn giảm trên toàn lưu vực sông.

Kết quả đánh giá cho thấy trên lưu vực sông Lũu trong giai đoạn 2020 - 2039 sẽ xảy ra tình trạng thiếu nước nghiêm trọng trong mùa cạn tại các khu vực Bạch Thông - Bắc Kạn, Chợ Mới và Hạ Thái Nguyên. Đây là khu vực thượng lưu, địa hình cao, thiếu các công trình lớn điều tiết nước, chỉ có các công trình

ជ្រុងចុង ៣ គឺ

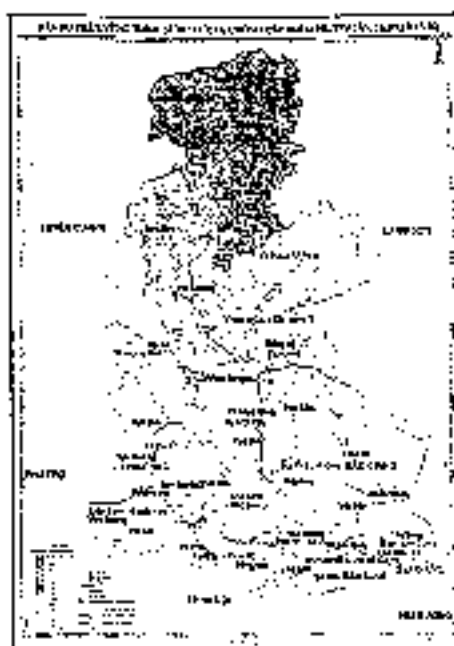
Toàn hệ lưu vực sông Cầu được chia thành 14 khu tưới, trong đó không xét đến 4 khu thuộc vùng hữu sông Cà Lồ và vùng Hạ Sông Cầu, vì vậy bài toán cân bằng nước hệ thống được thực hiện trên 10 khu tưới. Giai đoạn hiện trạng, phạm vi thiếu nước tập trung tại khu Thượng sông Cầu - luôn xảy ra tại những khu lấy nước trên sông nhánh; thiếu nước trên sông Du - khu vực có diện tích nông nghiệp khá lớn lại khô khan về nguồn nước; khu vực sau hồ Núi Cốc, khu vực hạ Thác Hoàng và Tả Cà Lồ (Hình 3).

Phương án 2

Theo phương án 2, hệ thống các công trình thủy lợi trên toàn lưu vực sông Cầu theo quy hoạch của năm 2020 đã đi vào hoạt động ổn định, bao gồm cả hồ chứa Văn Lang với dung tích toàn bộ của hồ là 42,67 triệu m³ bổ sung cho mùa cạn, tạo nguồn cho hệ thống Thác Hoàng, đồng thời chuyển nước sang khu

vực sông Công để đảm bảo dòng chảy. Kết quả (ình cân bằng nước cho thấy, khu vực sông Công và hạ lưu

sông Cầu theo các kịch bản BĐKH sẽ không còn thiếu nước (Hình 4).



Hình 4. Bản đồ phân vùng thiếu nước lưu vực sông Cầu kịch bản B2 giai đoạn 2020 - 2039 - PA 2

Khu Tả Cà Lẻ vẫn xảy ra tình trạng bấp bênh giữa lượng nước cung và cầu, tình trạng thiếu nước xảy ra tập trung vào các tháng mùa cạn (từ tháng 2 đến tháng 4). Vì vậy cần phải có biện pháp công trình thích hợp cho khu vực này để có thể ổn định về cấp nước cho các ngành kinh tế trong mọi trường hợp.

Khu thượng sông Cầu là nơi tình trạng thiếu nước vẫn tiếp tục diễn ra. Tại khu Chợ Mới và Sông Đu, nhìn chung có lượng nước thiếu lớn hơn phương án 1. Tại khu Thác Giếng, có lượng nước thiếu ít hơn so với phương án 1 nhưng không đáng kể, mặt khác lượng nước thiếu vẫn tăng giữa các thời kỳ trong giai đoạn 2020 – 2039. Do vậy, cần phải xem xét việc xây dựng các công trình thủy lợi vừa và nhỏ trên khu vực này nhằm bảo đảm yêu cầu về nước cho diện tích đất canh tác và các nhu cầu khác. Ngoài ra, cũng nên xem xét phương án chuyển đổi một phần diện tích trồng lúa sử dụng nhiều nước trong khu vực này thành các vùng trồng cây công nghiệp, cây trồng cạn có hiệu quả kinh tế cao hơn mà sử dụng nước ít hơn.

Khu Chợ Chu, Sông Đu, và Nhai và Đông Hỷ do có hệ thống các công trình thủy lợi khá hoàn thiện và có sự cấp nước của một số hồ như hồ Ghềnh Ghe, hồ Quán Chè, ... nên tình trạng thiếu nước tại đây trong phương án 2 ít hơn so với phương án 1. Tuy nhiên, mức độ thiếu nước tại các khu vực Công có xu thế

tăng theo từng thời kỳ 20 năm trong giai đoạn từ 2020 – 2039, nhưng mức độ chênh lệch giữa các thời kỳ không lớn.

So sánh giữa các kịch bản B1, B2 và A2 cho thấy: nhìn chung lượng nước thiếu nước giữa các khu của kịch bản B1 và B2 nhỏ hơn so với kịch bản A2. Xu thế lượng nước thiếu gia tăng từ giai đoạn 2020 – 2039 đến giai đoạn 2080 – 2099 khá đồng đều và phù hợp với xu thế chung của kịch bản A2 và B1.

Nhìn chung: Khu Thác Giếng xảy ra thiếu nước gần như trong cả mùa cạn. Các khu vực Chợ Mới, Chợ Chu và Sông Đu, thời gian thiếu nước trong mùa cạn cũng rất dài, riêng khu vực Võ Nhai và Đông Hỷ có hệ thống các công trình thủy lợi vừa và nhỏ nên thời gian thiếu nước ngắn hơn; tổng lượng nước thiếu do BĐKH có xu thế tăng nhưng không đáng kể giữa các thời kỳ 20 năm [4].

c. Đánh giá tác động của BĐKH đến khả năng khai thác, vận hành của hệ thống các công trình thủy lợi

Tại tỉnh Thái Nguyên, một số các hồ chứa được xây dựng để phòng lũ cũng như cấp nước trong mùa kiệt phục vụ sản xuất và sinh hoạt như hồ Núi Cốc (dung tích cát lũ Wcđl = 50,98 triệu m³), hồ Bảo Ninh (dung tích cát lũ Wcđl = 2,6 triệu m³), hồ Cỏ Mễ (dung tích cát lũ Wcđl = 1,7 triệu m³), và các hồ chứa vừa và nhỏ

khắc (hồ Đoàn Jý, hồ Phú Xuyên, hồ Khôi Kỳ, hồ Quên Chê, hồ Cánh Chê, hồ Suối Lạnh). Các hồ chứa nước có thể bị mất an toàn do các nguyên nhân khác nhau trong bối cảnh BĐKH, trong đó có hiện tượng mưa lũ vượt thiết kế, lượng nước lũ quá lớn vượt qua khả năng xả của đập tràn, có thể phá vỡ kết cấu công trình đập, hoặc do thấm qua thân đập quá lớn gây sạt lở mái đập.

Khả năng vận hành của một số các hồ chứa chính trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên được đánh giá như sau. [4]:

Hồ Núi Cốc: vào mùa cạn, dung tích trữ nước lớn nhất dao động từ 179 triệu m³ đến 190 triệu m³ ứng với các kịch bản BĐKH A2, B2 và B1. Mức nước tương ứng với tổng dung tích mùa cạn nằm trong khoảng $46,5 \pm 47$ m, dưới mức nước dâng gia cường của hồ chứa Núi Cốc và trong khoảng mức nước dâng bình thường. Điều đó cho thấy hồ Núi Cốc hoàn toàn đảm bảo tích đủ nước cấp cho vùng hạ lưu trong điều kiện BĐKH vào mùa cạn, đảm bảo điều kiện vận hành của hồ điều tiết theo nhu cầu sử dụng nước là có thể tích và xả nước theo thời kỳ tháng hoặc 10 ngày. Khu vực hạ lưu hồ được đáp ứng đầy đủ nước cho các ngành kinh tế và dân sinh.

Vào mùa lũ: theo các kịch bản BĐKH, dòng chảy mùa lũ có xu hướng giảm, thời kỳ sau giảm hơn so với thời kỳ trước. Dung tích phòng lũ của hồ vẫn đảm bảo tích nước lũ trung bình trong 3 tháng mùa lũ và không gây thiệt hại cho vùng hạ du trong điều kiện BĐKH. Trong trường hợp xuất hiện lũ lớn, các công trình xả lũ qua cống và tràn xả lũ vẫn có khả năng hoạt động đúng thiết kế nhằm duy trì mức nước trong hồ ở phạm vi của mức nước dâng bình thường và dưới mức nước dâng gia cường.

Hồ Văn Lăng: Hồ Văn Lăng được xây dựng phía dưới trạm Thác Bưởi và nhập lưu của công nhánh sông Đu. Vì vậy, để đánh giá khả năng đảm bảo vận hành an toàn cho hồ chứa, cần lập trung phần tích dòng chảy từ trạm Thác Bưởi kết hợp với dòng nhánh từ Giang Tản đổ về nhập lưu hồ Văn Lăng.

Theo quy định điều hành của hồ Văn Lăng, vào mùa cạn lưu lượng xả qua cống sẽ nhỏ hơn cho hạ du là $Q_{xá} = 48,56$ m³/s. Kết quả đánh giá cho thấy, khi hồ Văn Lăng thực hiện chu trình vận hành tích và xả nước trong 3 tháng mùa cạn thì dung tích trữ của hồ luôn nằm trong giới hạn trên của dung tích chết (1,5,73 triệu m³) và giới hạn dưới dung tích hữu ích

(54,4 triệu m³), đảm bảo cấp nước cho vùng hạ du cho mục đích sinh hoạt và sản xuất.

Vào mùa lũ: Khi vận hành hồ chứa Văn Lăng theo chu trình 3 ngày (kết hợp cả tích và xả lũ) thì lượng nước trong hồ luôn đảm bảo nằm trong khoảng dung tích hữu ích của hồ. Dung tích trữ nước theo các kịch bản BĐKH tại hồ Văn Lăng theo chu trình điều tiết 3 ngày nằm trong giới hạn $42,09 \pm 43,73$ triệu m³, mức nước trong hồ sẽ luôn nằm trong giới hạn cho phép, đảm bảo dòng chảy xuống phía dưới khu hạ du và tham gia điều tiết dòng chảy khu hạ lưu sông Cầu trong bối cảnh BĐKH.

Hồ Gò Miếu: Hồ Gò Miếu được hoàn thành vào năm 2000 với mục đích cung cấp nước tưới cho 4 xã Cát Lê, Kỳ Phú, Vực Thọ và Văn Yên thuộc huyện Đại Từ và tham gia điều tiết lũ cho hồ Núi Cốc. Theo kết quả tính toán cho các kịch bản BĐKH, mức nước trung bình trong các tháng mùa cạn dao động trong khoảng $96,5 \pm 103$ m tương ứng với dung tích từ $1,46 \pm 2,51$ triệu m³. Mức nước trung bình này có xu hướng giảm dần và có khả năng xảy ra tình trạng thiếu nước vào mùa cạn dẫn đến việc vận hành hồ chứa gặp khó khăn.

Hồ Bảo Linh: Hồ Bảo Linh với dung tích hữu ích 5,8 triệu m³, có nhiệm vụ cung cấp nước cho 740ha lúa hai vụ của các xã vùng hạ lưu là Định Biên, Đông Thịnh, Trung Hội, Trung Lương, Bình Yên, Bảo Cường. Việc đánh giá theo các kịch bản BĐKH cho thấy, mức nước trung bình trong 3 tháng mùa cạn dao động trong khoảng từ $144,9 \pm 145,8$ m, thấp hơn nhiều so với mức nước cần phải giữ trong các tháng mùa cạn trong quy trình vận hành hồ chứa, do dòng chảy đến hồ có xu hướng suy giảm. Dung tích hồ vào mùa cạn chỉ đạt từ $0,73 \pm 0,95$ triệu m³, do vậy sẽ xảy ra thiếu nước để cấp cho tưới và sinh hoạt ở khu hạ du hồ.

4. Kết luận

Bài báo giới thiệu kết quả đánh giá sự thay đổi của Tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên do chịu ảnh hưởng của BĐKH, từ đó đánh giá khả năng cấp nước cho từng phân khu thủy lợi theo 2 phương án phát triển kinh tế - xã hội và các kịch bản BĐKH ứng với mỗi thời kỳ 20 năm. Khi đánh giá đã xem xét đến việc điều chỉnh quy hoạch chuyển dịch cơ cấu kinh tế, đẩy mạnh sản xuất công nghiệp, lâm nghiệp và nông nghiệp của Thái Nguyên và chuyển đổi cơ cấu cây trồng từ các cây lúa nước sang trồng một số loại cây công nghiệp sử dụng ít nước mà mang lại

hiệu quả kinh tế cao hơn (cây chè Thái Nguyên, cây ăn quả, rau màu, v.v.), đồng thời có sự thâm gia cấp nước của hồ chứa Văn Lãng – cung cấp thêm khoảng 20 + 30 m³/s cho khu hạ du, giảm lượng nước thiếu cho các vùng hạ sông Cầu dưới tác động của BĐKH.

Kết quả đánh giá cho thấy khả năng của hồ chứa Núi Cốc và Văn Lãng đảm bảo cấp nước tưới cả mùa lũ và mùa cạn. Hồ Cốc MIẾU và BẢO LINH đảm bảo điều tiết nước vào mùa lũ, riêng mùa cạn thì khả năng cấp nước cho hạ du gặp khó khăn do lượng dòng chảy

đến có xu hướng giảm trong bối cảnh BĐKH. Điều này cho thấy, BĐKH có ảnh hưởng đến hoạt động của hồ thống các công trình thủy lợi của tỉnh Thái Nguyên, nhưng mức độ ảnh hưởng không lớn, các công trình vẫn đảm bảo vận hành theo điều kiện thiết kế. Tuy nhiên, cần căn cứ vào tình hình thực tế và báo cáo đánh giá chuyên sâu của địa phương để tiến hành xem xét đến vấn đề chống hạn và vận hành xả hồ chứa Gò Miếu và Bảo Linh vào mùa cạn.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên Môi trường, Kịch bản BĐKH và nước biển dâng, 2011.
2. Bộ Tài nguyên Môi trường (2010), Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng – Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, Hà Nội.
3. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Thái Nguyên (2011), Dự án “Xây dựng kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên”, Thái Nguyên.
4. Chi cục Bảo vệ Môi trường tỉnh Thái Nguyên, (2012), “Đánh giá tác động của BĐKH đến các công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên và xây dựng kế hoạch ứng phó”
5. Chi cục Thủy lợi và Phòng chống lụt bão Thái Nguyên (2011), Rà soát bổ sung quy hoạch thủy lợi tỉnh Thái Nguyên giai đoạn 2010 - 2020.

CONSENT LETTER

To whom it may concern

Journal title: Physics and Chemistry of the Earth

Article title: Application of 1D–2D coupled modeling in water quality assessment: A case study in Ca Mau Peninsula, Vietnam

Authors: Doan Quang Tri, Nguyen Thi Mai Linh, Tran Hong Thai, Jaya Kandasamy

We would like to inform you that we are totally aware and agree that Dr. Tran Hong Thai had main contribution for this manuscript (on behalf of signatures of all co-authors).

Title and name: Dr. Doan Quang Tri	Signature: 	Date: 24/06/2019
Title and name: Dr. Nguyen Thi Mai Linh	Signature: 	Date: 24/06/2019
Title and name: Dr. Tran Hong Thai	Signature: 	Date: 24/06/2019
Title and name: Dr. Jaya Kandasamy	Signature: 	Date: 25/6/2019



Physics and Chemistry of the Earth

journal homepage: www.elsevier.com/locate/pce

Application of 1D–2D coupled modeling in water quality assessment: A case study in Ca Mau Peninsula, Vietnam

Doan Quang Tri^{a,*}, Nguyen Thi Mai Linh^b, Tran Hong Thai^c, Jaya Kandasamy^d^a Sustainable Management of Natural Resources and Environment Research Group, Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh, Viet Nam^b Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Viet Nam^c Meteorological and Hydrological Administration, Hanoi, Viet Nam^d School of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Information Technology CB11.11.213, University of Technology, Sydney, Australia

ARTICLE INFO

Keywords:

Ca Mau peninsula
Hydrodynamic
Water quality
Numerical modeling

ABSTRACT

A few 1D and 2D models are used to simulate and calculate the water level and water quality regarding four state variable (DO, NH₄, NO₃, and BOD) observations in the main rivers and coastal estuaries on the Ca Mau peninsula. This study calibrates and validates 1D and 2D models during the dry and flood seasons for 2014 and 2015, as well as assesses water quality in coastal estuaries during the dry and flood season of 2016 by using a 2D model. The calibration and validation results of the hydrodynamic 1D and 2D models show that there is a high degree of conformity regarding the phase and amplitude of water level at observing stations with mean absolute error (MAE) ranges from 0.05 m to 0.37 m. The RMSE–observation standard deviation ratio (RSR) vary from 0.12 to 0.64, and the percent bias (PBIAS) is from –8.9% to 3.2%. Calibration and validation of water quality parameter (DO, NH₄, NO₃, and BOD₅ concentration) results have a high correlation coefficient during both the dry and flood season of 2014 and 2015. The standards, originating from the National Technical Regulation on Surface Water quality and on Coastal Water Quality, are used to evaluate pollutant concentrations in estuaries in the study area during the dry and flood seasons of 2016. The water quality parameters contain DO (4.6 mg/l–7.9 mg/l) and BOD (4.6 mg/l–10.7 mg/l) concentrations over the National Technical Regulation on Surface and Coastal Water Quality and the A1 limit with DO (> 4 mg/l) and BOD₅ (4 mg/l) on surface water quality for domestic water use in the dry and flood seasons. The calculated results will help managers make better plans for aquaculture and aquatic conservation zones in coastal estuaries in the future.

1. Introduction

Application of numerical modeling in water quality assessment has been studied and applied in many coastal estuaries in the world (Cox, 2003; Paliwal et al., 2007; Davies et al., 2009; Shi, 2010; Liu et al., 2011; Menendez et al., 2013; Fossati and Piedra–Cueva, 2013; Gu et al., 2016). There is abundant literature related to the application of numerical models to evaluate and control water quality and flow in coastal estuaries (Piedra–Cueva and Fossati, 2007; Meccia et al., 2009; Halliday and Gast, 2011). The effects of wastewater discharge into surface waters have been evaluated by using one–dimensional (1D), two–dimensional (2D) and three–dimensional (3D) water quality models (Yetik et al., 2014; Doan et al., 2018). Mathematical models have been used to simulate water qualities in response to changes in surface water resources, which enables the assessment of methods for reducing water pollution (Wang et al., 2004, 2009, 2013; Politano et al., 2008; Obropta

et al., 2008; Ashraf et al., 2012). Nowadays, water pollution is one of the global challenges facing both developed and developing nations. It is often the result of economic growth and has impacts to both the environment and human health (FAO and IWMI, 2017). The three most important sources of water pollution are human settlements, industries, and agriculture (FAO and IWMI, 2017). Specifically, problems occur when municipal wastewater is discharged into water bodies without treatment, and when industry dumps millions of tons of heavy metals, solvents, toxic sludge, and other wastes into water bodies every year (Liou et al., 2003; Xiao et al., 2012; WWAP, 2017). The level of water pollution in rivers is affected both qualitatively and quantitatively by domestic and irrigation purposes (Sati and Paliwal, 2008; Desai and Tank, 2010; Shrivastava et al., 2013).

The Ca Mau peninsula is in the southern part of the Mekong Delta, in Vietnam. Land–use and salinity intrusion management affects water quality in the Ca Mau peninsula, Vietnam (Fanslow et al., 2005).

* Corresponding author. Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

E-mail address: doanquangtri@tdtu.edu.vn (D.Q. Tri).<https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.10.004>

Received 25 May 2018; Received in revised form 20 July 2018; Accepted 23 October 2018

1474-7065/ © 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Changes in surface water quality in the main rivers varies distinctly over the seasons; the substances dissolved by concentration in water in the dry season is high; the substances dissolved by concentration in the flood season is lower. The main rivers in the Ca Mau peninsula are seriously polluted due to industrialization, urbanization, and agriculture (Hoanh et al., 2003; Vormoor, 2010; Trinh et al., 2013; Chea et al., 2016). These are all related to economic development which has both positive effects, as well as negative impacts on the environment. The most obvious adverse effects are the consequences of domestic and industrial wastewater entering the Ganh Hao River in Ca Mau city making the river water emit unpleasant odors. Surface water pollution will change the physical and chemical properties of water, affecting the quality of aquatic life, reducing productivity in aquaculture and eventually killing aquatic species if the pollution level is bad enough. The impact of surface water pollution on aquatic life, especially due to marine and brackish water aquaculture, has been demonstrated by surveys in major rivers such as Thi Vai River in Dong Nai Province. The application of numerical modeling to water quality assessment has been studied previously in Ca Mau peninsula (MRC, 2008; Phong, 2008; Hoanh et al., 2009; Trinh et al., 2016). However, this study is the first time using 1D and 2D coupled water quality models for the west and east coastal estuary zones in the Ca Mau peninsula. Based on the characteristics of wastewater discharge and the impact of the discharge sources on the surface water, this study can simulate the details of the existing wastewater sources in Ca Mau province and the distribution of pollutants in the rivers and estuaries by using coupled 1D and 2D water quality models.

The objectives of this study are to apply the coupled models 1D and 2D models to calculate and simulate the water quality in the main rivers and coastal estuaries in Ca Mau peninsula. The pollution sources used in simulated water quality models are obtained from domestic sources, thus the study selected the water quality parameters such as dissolved oxygen (DO), nitrate–nitrogen (NO_3^-), ammonia (NH_4^+), and biochemical oxygen demand (BOD) to evaluate and simulate the water quality in the study area. The following steps are involved in the development of most numerical models: (i) formulation of a computation network in a 1D model, (ii) formulation of the boundary conditions in the 1D model, (iii) calibration and validation of the hydraulic module and the water quality module in the 1D model during both the dry and flood season of 2014 and 2015, (iv) formulation of the computational mesh in the 2D model, (v) calibration and validation of the hydraulic module and water quality module in the 2D model during both the dry and flood season of 2014 and 2015, and (vi) assessment of the water quality in the 2D model in the dry and flood season of 2016.

2. Materials and methods

2.1. Description of study site

Ca Mau peninsula has a total area of 949,600 ha and a total coastline length of 254 km, accounting for 7.8% of the national coastline. It is near the maritime borders of Thailand, Malaysia, and Indonesia. It comprises Ca Mau and Bac Lieu provinces and three districts of Kien Giang provinces (SNIAPP, 2002). The study area is bounded at the northeast by the Mekong River, at the northwest by Kien Giang province, at the west by the West Sea (Gulf of Thailand) and at the east by the East Sea (South China Sea) (Fig. 1a). Ca Mau peninsula is composed of an alluvium of sediment from rivers and marine sediments, forming high ridges along the large rivers and canals. There are large areas of mudflats adjacent to the sea, mangrove ecosystems, shrimp farms, fish and crab farms in the coastal areas and melaleuca forests located inside the peninsula (Fig. 1b). The topography of the study area is flat with the elevation ranging from 0.2 m to 0.8 m above mean sea level, (National Geographies Directorate datum). The hydrological regime in Ca Mau province is directly affected by the tidal regime in the East Sea (a semi-uneven tide) and the Gulf of Thailand (an uneven tide). The

amplitude of the east sea is relatively large, approximately 3–5 m during high tide and from 1.8 to 2.2 m at low tide. Due to the influence of two tidal regimes and many estuaries spreading out to the sea, most of the study area has been affected by salinity intrusion and tidal regimes.

2.2. Model description

2.2.1. 1D model description

Many 1D models have been developed to study water quality in rivers and estuaries. The 1D water quality model provides an advection–dispersion module that is based on the one-dimensional equation for mass conservation of dissolved or suspended solids (DHI, 2003; Doan et al., 2013a). The module requires output from the hydrodynamic module, both in time and space, in term of discharge and water level, cross-sectional area, and hydraulic radius. The 1D model has various modules including the hydrodynamic (HD), the advection–dispersion (AD), water quality (WQ), rainfall–runoff, sediment transport, and flood forecasting (DHI, 2017). The advection–dispersion equation is solved numerically by using an implicit finite difference scheme which, in principle, is stable unconditionally and has negligible numerical dispersion. One-dimensional equations governing the river flow are known as Saint–Venant equations (Shooshtari, 2008; Doan and Quach, 2016; DHI, 2017). The results of the 1D model are used as the input data for 2D models.

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

where Q is discharge, A is the cross-sectional area, q is lateral inflow, C is Chezy roughness coefficient, R is the hydraulic radius, and α is momentum correction coefficient.

The advection–dispersion equation in the one-dimensional model is as follows (Doan and Quach, 2016):

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2 q \quad (3)$$

where C is the concentration, D is the dispersion coefficient, A is the cross-sectional area, K is the linear decay coefficient, C_2 is the source/sink concentration, q is the lateral inflow discharge, x is the space coordinate, and t is the time coordinate. The dispersion coefficient $D = aV^b$ is described as a function of the mean flow velocity (V) with a as the dispersion factor and b the dispersion exponent. Typical value ranges for D is from 1 to 5 m^2/s (for small streams), and 5–20 m^2/s (for rivers).

2.2.2. 2D model description

The 2D hydrodynamic model is used to simulate and calculate the changes of water level and flow regime and water quality in the estuaries and coastal areas (Doan et al., 2013b, 2015). The 2D model has been extended to allow better application of the boundary conditions with data measured from additional terrain. The computation grid of the model is optimized to simulate the flow conditions to the best possible extent and reduce the computation time. The flow module was developed by the finite element mesh method. This module is based on the numerical solution of a system of Navier–Stokes equations for 2D or 3D incompressible fluid combined with the Boussinesq assumption and the hydrostatic pressure assumption. Therefore, the module solves the vertically integrated equations of continuity and conservation of momentum in two horizontal dimensions (DHI, 2017). The discrete space of the basic equations is performed by using the center of finite volume method. Computation domains are discrete by continually splitting domains into non-overlapping grid cells. This study uses the

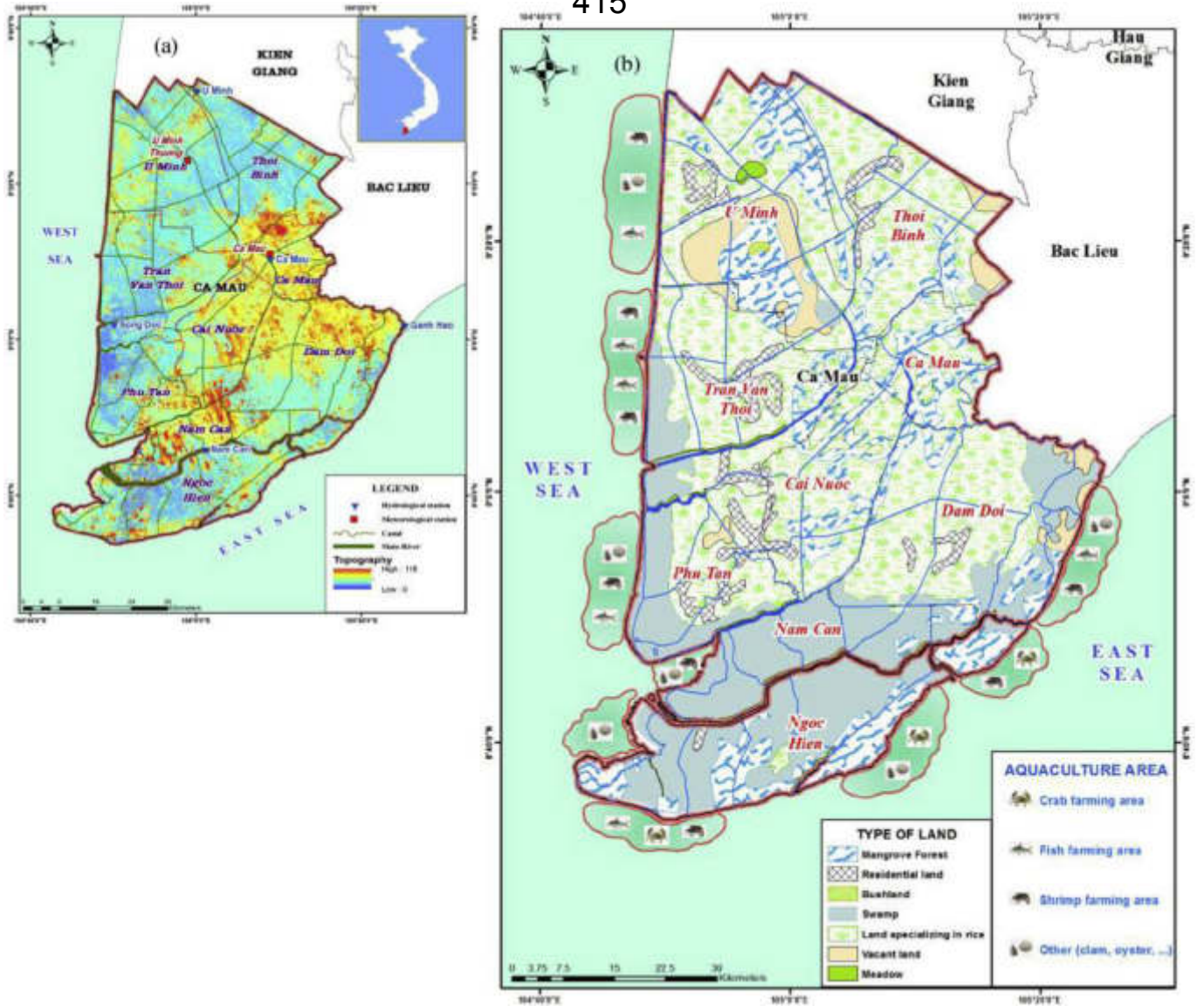


Fig. 1. (a) Location of study area; (b) Ecosystem map in Ca Mau peninsula.

combination of the square grid and triangular grid covering in the study area. The Ecolab module is integrated into the platform of the 2D hydrodynamic model; this module can calculate the water levels and unsteady 2D flows in a homogeneous liquid layer vertically. To calculate the water quality in coastal estuaries, the advection–dispersion (AD) equation in the 2D model considers two transport mechanisms of advective and dispersive transports (DHI, 2017). Calculated results of the hydrodynamic module will allow the simulation of the dynamic physical processes as the basis for input to the computation procedures in the Ecolab module. The concentrations of the AD components are imposed as an input standard source in the 2D model for the standard links with flow from the 1D model.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

The momentum equation in the x-direction is:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega_q - f V V_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \quad (5)$$

The momentum equation in the y-direction is:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega_p - f V V_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \quad (6)$$

where p and q ($m^3/s/m$) are the fluxes in the x- and y-directions respectively, t (s) is the time, x and y (m) are the Cartesian coordinates, h (m) is the water depth, d is the time-varying water depth (m), g ($9.81 m/s^2$) is the acceleration due to gravity, ζ (m) is the sea surface elevation, C is a Chezy resistance parameter ($m^{1/2}/s$), $f(V)$ is the wind friction factor, V , V_x , V_y are the wind speed and components in x- and y-directions (m/s), Ω is the Coriolis parameter which is latitude dependent (s^{-1}), p_a is atmospheric pressure ($kg/m/s^2$), ρ_w density of water (kg/m^3), τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yy} components of effective shear stress.

The dynamics of the advective Ecolab state (MIKE 21&3 Ecolab) variable expressed by a set transport equation in non-conservative form can be written as:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} + S_c + P_c \quad (7)$$

416

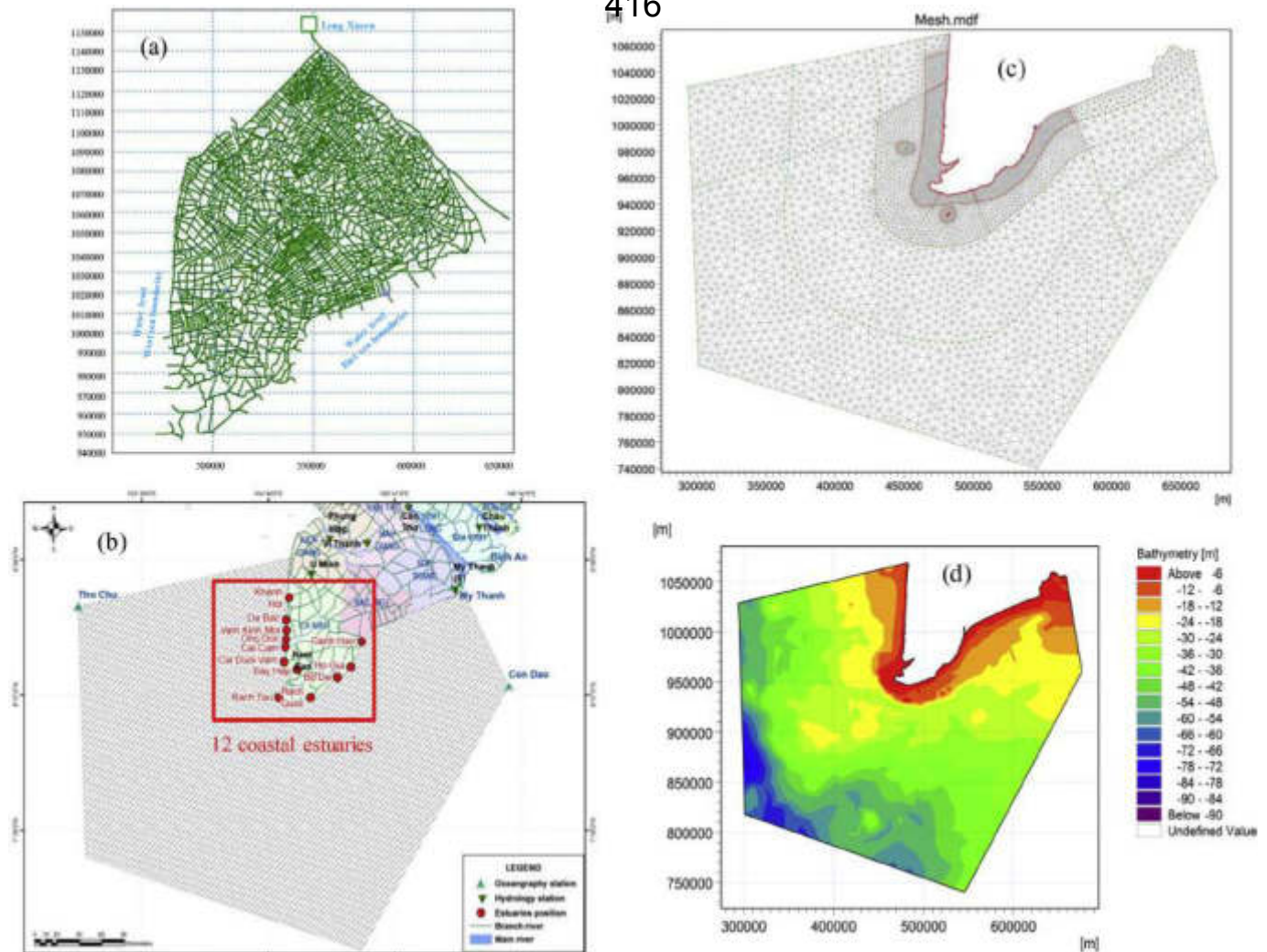


Fig. 2. (a) 1D hydrodynamic network; (b) coastal estuary positions; (c, d) 2D visualization mesh in the study area.

Table 1

List of the coastal discharge sources in the study area.

No.	Simulation position	Q discharge (m ³ /s)	BOD (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
1	Khanh Hoi shipbuilding facility (U Minh)	0.0023	350	65.00	0.300
2	Aquaculture in Tran Van Thoi district	0.0018	121	72.97	0.761
3	Aquaculture in Phu Tan district	0.0011	193	116.75	1.218
4	Aquaculture in Dam Doi district	0.0059	37	22.45	0.234
5	Aquaculture in Nam Can	0.0137	16	9.73	0.102
6	Coastal resident area in Tan Thuan and Tan Tien communes, Dam Doi district	0.0030	397	65.50	0.300
7	Coastal resident area in Viet Khai, Cai Duoi Vam town, Phu Tan district	0.0030	397	65.50	0.300
8	Coastal resident area in Khanh Hoi, U Minh district	0.0030	397	65.50	0.300
9	Coastal resident area in Song Doc commune	0.0030	397	65.50	0.300
10	Coastal resident area in Rach Guoc	0.0030	397	65.50	0.300
11	Tourist, coastal services in Ca Mau National park	0.0001	198	32.29	0.104
12	Tourist, coastal services in Khai Long beach	0.0001	199	32.86	0.143

where c is the concentration of the Ecolab state variable, u , v , w are the flow velocity components, D_x , D_y , D_z are the dispersion coefficients, S_c is the sources and sinks, P_c is Ecolab processes.

The transport equation is expressed as:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = AD_c + P_c \quad (8)$$

where AD_c represents the rate of change in the concentration due to advection, and dispersion including source and sinks.

2.3. Materials model

Ca Mau province has a network system of interlaced rivers and interconnected canals that are closely linked with the main rivers and canals. A 1D hydrodynamic network system was established with an upstream discharge and water quality boundary at Long Xuyen station. There is a total of 46 water level boundaries downstream having 12 major estuaries, Ganh Hao, Ho Gui, Bo De, Rach Guoc, Rach Tau, Bay Hap, Cai Doi Vam, Cai Cam, Ong Doc, Vam Kinh Moi, Da Bac, and

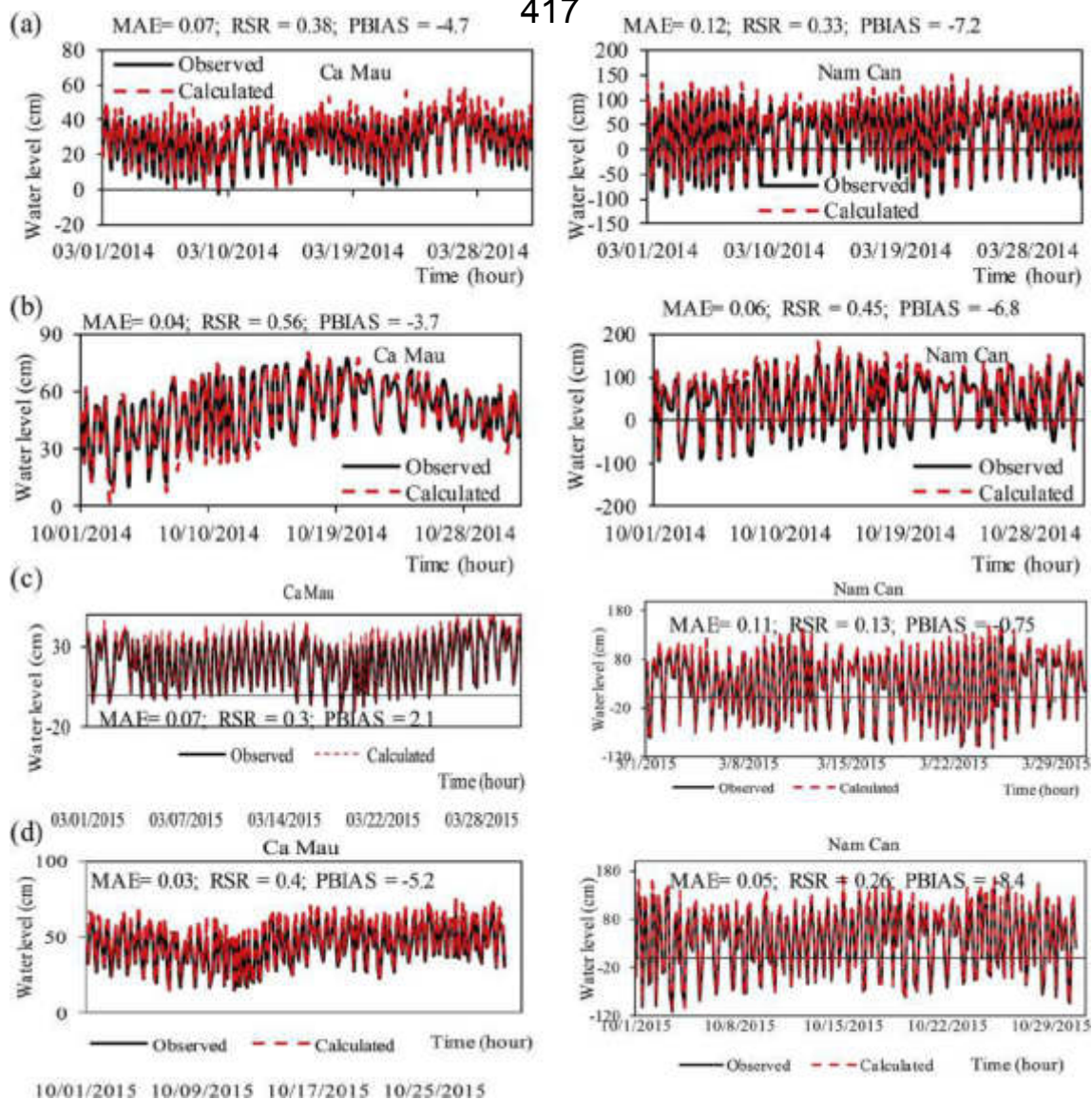


Fig. 3. Calibration and validation of 1D hydrodynamic model: (a) Dry season; (b) Flood season in 2014; (c) Dry season; (d) Flood season in 2015.

Khanh Hoi (Fig. 2a, Fig. 2b). The water level at the estuary boundaries are the measured data per hourly water level. The 1D hydraulic network system has a total of 2856 cross-sections of the main river system and channels. The river network is digitized based on the satellite image of about 56 river branches (Fig. 2a). The number of calculated nodes is estimated at about 15,600 nodes. The time step for the hydraulic model (HD) is $\Delta t = 3$ min; the time step for the advection–dispersion (AD) is $\Delta t = 30$ s. This study uses observed water level data to calibrate and validate the model in both dry seasons (March 1–31, 2014 and 2015) and flood seasons (October 1–31, 2014 and 2015), respectively. Rainfall and evaporation are collected at meteorological stations during the dry and flood seasons in the study site. Water level measurements are collected at the two hydrological stations at Ca Mau and Nam Can, in the dry season during March 1–31 and flood season during October 1–31 for 1D model calibration in 2014 and 1D model validation in 2015.

The water quality is used to calculate and simulate in a 1D water quality model including (1) point discharge sources and (2) distribution discharge sources. First, wastewater source points caused the pollution in Ca Mau Province, including the point sources such as the 66 seafood processing establishments and by-products factories, one pharmaceutical processing factory, a sugar factory, concentrated residential areas, waste sources from (hospitals, camps), and boat anchoring zones. Total

waste discharge emission from the point sources is classified into nine administrative units of Ca Mau province. Second, Ca Mau province has two decentralized waste sources such as agriculture and aquaculture. Using fertilizers and pesticides in agricultural activities is the cause of surface water pollution in the study area. Aquaculture is a spearhead agricultural activity in the province, in which shrimp farming is the dominant form of aquaculture. Waste discharge in aquaculture includes the waste components such as TSS, COD, BOD₅, NH₄, and NO₃. The waste discharge is mainly concentrated in Dam Doi, Nam Can, Phu Tan, Ngoc Hien, Tran Van Thoi districts.

Concerning the 2D hydraulic network, the flow at twelve estuaries uses the results of the hydraulic module in the 1D model for the rivers and canals system in Ca Mau peninsula (Fig. 2b). The water level offshore of the eastern area and western area uses data from the Con Dao and Tho Chu station. Another water level used results from the harmonic analysis as offshore water level conditions. The wind direction data was from the Con Dao, Tho Chu, and My Thanh stations. The harmonic constants are used to estimate tidal levels in estuaries without observed data over a long period of time. Data on wind direction, wave height, and water levels at Tho Chu (western) and Con Dao (eastern) stations in 2014 and 2015 are used in this study. Tidal levels estimated by the harmonic constants are used as the initial boundary to simulate

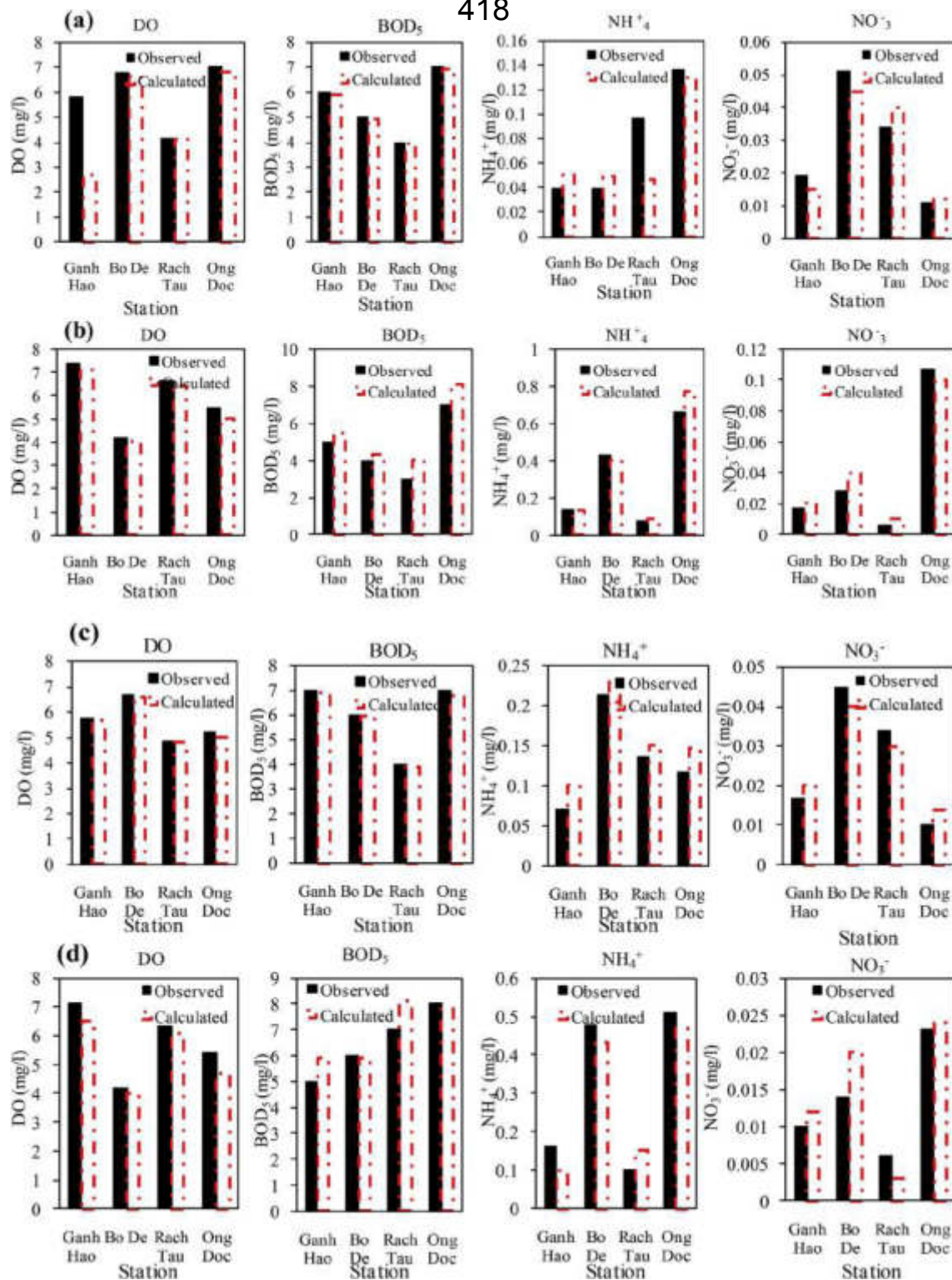


Fig. 4. Calibration and validation of water quality in 1D model: (a) Dry season, (b) Flood season in 2014; (c) Dry season, (d) Flood season in 2015.

the water quality advection-dispersion processes in Ca Mau peninsula for 2016.

The water quality is collected from wastewater discharge data from the discharge sources. According to the calculation results and statistical data from the survey, as measured in the study area, the twelve wastewater discharge sources directly affecting the coastal area are one shipbuilding, four aquaculture areas, five coastal resident areas, and two tourist, coastal services. The simulated results of pollutant

transmission at twelve positions is shown in Table 1. The water quality parameters of the twelve positions are used as the input for the 2D model.

2.4. Computation network

2.4.1. Computation network in 1D model

Ca Mau peninsula has a crisscrossed system of rivers and canals in

Table 2

Calibration and validation results of Ecolab module in 1D model.

No.	Station	Period time	Simulated (mg/l)		Observed (mg/l)		Percentage Error (%)	
Dry season (March 2014)			DO	BOD ₅	DO	BOD ₅	DO	BOD ₅
1	Ganh Hao	27/3/2014	5.7	5.9	5.8	6	−1.7	−1.7
2	Bo De	27/3/2014	6.6	4.9	6.8	5	−2.9	−2.0
3	Rach Tau	27/3/2014	4.1	3.97	4.13	4	−0.7	−0.7
4	Ong Doc	27/3/2014	6.8	6.9	7.03	7	−3.3	−1.4
No.	Station	Period time	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]
1	Ganh Hao	27/3/2014	0.045	0.015	0.039	0.017	15.4	−11.8
2	Bo De	27/3/2014	0.042	0.045	0.039	0.051	7.7	−11.8
3	Rach Tau	27/3/2014	0.047	0.04	0.067	0.034	−29.9	17.6
4	Ong Doc	27/3/2014	0.13	0.012	0.136	0.011	−4.4	9.1
Flood season (October 2014)			DO	BOD ₅	DO	BOD ₅		
1	Ganh Hao	20/10/2014	7.1	5.5	7.36	5	−3.5	10.0
2	Bo De	20/10/2014	4	4.3	4.18	4	−4.3	7.5
3	Rach Tau	20/10/2014	6.41	4	6.67	3	−3.9	33.3
4	Ong Doc	20/10/2014	5	8.1	5.49	7	−8.9	15.7
No.	Station	Period time	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]
1	Ganh Hao	20/10/2014	0.13	0.02	0.136	0.017	−4.4	17.6
2	Bo De	20/10/2014	0.4	0.035	0.428	0.028	−6.5	25.0
3	Rach Tau	20/10/2014	0.09	0.009	0.078	0.006	15.4	41.7
4	Ong Doc	20/10/2014	0.77	0.1	0.661	0.107	16.5	−6.5
Dry season (March 2015)			DO	BOD ₅	DO	BOD ₅		
1	Ganh Hao	27/3/2015	5.65	6.9	5.74	7	−1.6	−1.4
2	Bo De	27/3/2015	6.6	5.94	6.7	6	−1.5	−1.0
3	Rach Tau	27/3/2015	4.8	3.9	4.88	4	−1.6	−2.5
4	Ong Doc	27/3/2015	5.01	6.8	5.21	7	−3.8	−2.9
No.	Station	Period time	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]
1	Ganh Hao	27/3/2015	0.09	0.02	0.071	0.017	26.8	17.6
2	Bo De	27/3/2015	0.23	0.04	0.214	0.045	7.5	−11.1
3	Rach Tau	27/3/2015	0.15	0.03	0.136	0.034	10.3	−11.8
4	Ong Doc	27/3/2015	0.147	0.012	0.117	0.01	25.6	20.0
Flood season (October 2015)			DO	BOD ₅	DO	BOD ₅		
1	Ganh Hao	20/10/2015	6.5	5.9	7.1	5	−8.5	18.0
2	Bo De	20/10/2015	4	5.94	4.2	6	−4.8	−1.0
3	Rach Tau	20/10/2015	6.1	8.1	6.3	7	−3.2	15.7
4	Ong Doc	20/10/2015	4.68	7.8	5.4	8	−13.3	−2.5
No.	Station	Period time	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]	NH ₄ ⁺	NO ₃ [−]
1	Ganh Hao	20/10/2015	0.12	0.012	0.16	0.01	−25.0	20.0
2	Bo De	20/10/2015	0.43	0.018	0.48	0.014	−10.4	28.6
3	Rach Tau	20/10/2015	0.12	0.003	0.1	0.005	20.0	−40.0
4	Ong Doc	20/10/2015	0.47	0.024	0.51	0.023	−7.8	4.4

an interwoven pattern. The study area is an interference zone between two tidal regimes on the east and west coasts (the hydrological and hydraulic regimes are very complex). To ensure accuracy in the simulation of the hydraulic regime in the study area, the entire hydraulic system in the Ca Mau peninsula, including the calibration and validation process for the hydraulic parameters in the study area, is implemented (Fig. 2a). The upper boundary used in the model is the discharge and water quality at Long Xuyen station. The downstream boundary consists of 46 tidal levels from the 12 main estuaries of Ca Mau Province, Ganh Hao, Ho Gui, Bo De, Rach Goc, Rach Tau, Bay Hap, Cai Doi Vam, Cai Cam, Ong Doc, Vam Kinh Moi, Da Bac and Khanh Hoi. The water use demand is simulated in the model by the distribution of discharge along the major rivers and canals.

2.4.2. Computation mesh in 2D model

The 2D computational mesh is derived from the survey and

topography data from the maps of the ocean floor's topography with different scales from 1:5000 to 1:50,000. Specifically, the large-scale maps are used for the coastal zone and islands; the small-scale maps are used in the offshore areas. The finite element mesh is reduced from offshore to the coastal area. The smallest area of an element is approximately 50 m² in the coastal area, port, river, and lake; by contrast, the largest area of an element is 0.5 km² in the offshore area (Fig. 2c and d). The latitude of the study area, from Ganh Hao to the Khanh Hoi estuary (from 2 km to the coast), combines the existing data and C-Map maps in the offshore area. The computational mesh is constructed as a combination between the triangular unstructured grid and the square grid. The offshore area is simulated by a triangular unstructured grid, while the estuary areas are simulated by a square grid. The combination of computational mesh later provides the detailed results in the study area with small and smooth mesh. The computational mesh also reduces the steps in the calculations when using more sparse data in

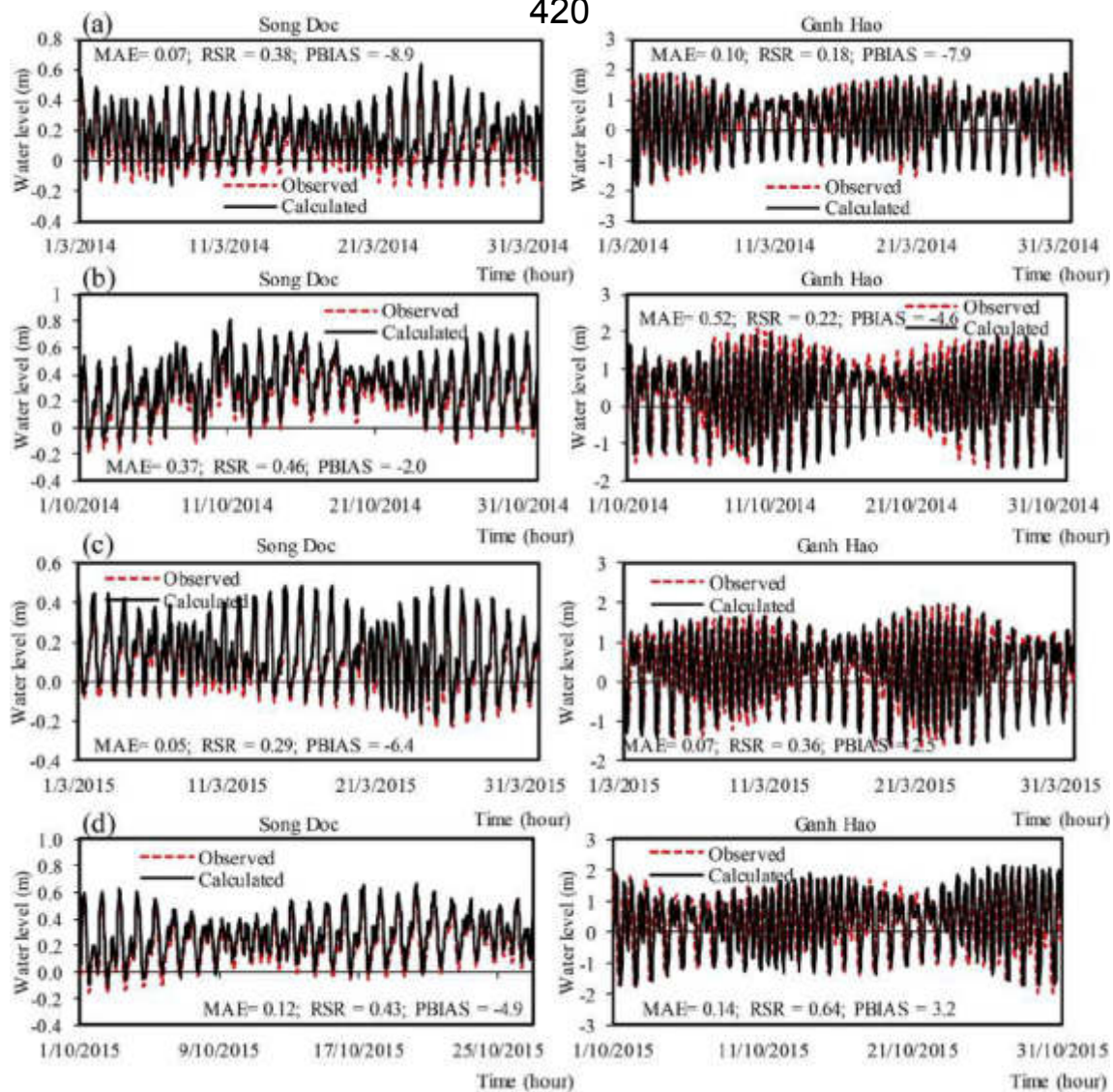


Fig. 5. (a, b) Calibration of water level in 2D model in 2014; (c, d) Validation of water level in 2D model in 2015.

offshore areas. The water level boundary in the offshore of the eastern area uses data from the Con Dao station; the western area uses data from the Tho Chu station. Another water level boundary uses results from the harmonic analysis as offshore water level boundary conditions. The wind direction data was from the Con Dao, Tho Chu, and My Thanh stations. Wave boundary data uses the results of the spectral wind-wave 2D model. The water quality boundary is collected from wastewater discharge data from discharge sources.

3. Results and discussion

3.1. Calibration and validation of the hydraulic 1D model

The calibration and validation of the 1D model used the data from the Can Tho, Vi Thanh, Ca Mau and Nam Can stations in the dry (March 1–31) and flood seasons (October 1–31) of 2014 and 2015. The hydraulic parameters of the calibration processing were used in the validation model. To ensure randomness and evaluate the suitability of the calculated parameters, this study used an observed data from the dry and flood season in 2014 to calibrate and in the dry and flood season in 2015 to validate the model. The results of calibration and validation showed that there was a high degree of conformity in the phase and the amplitude of the water level at Can Tho, Vi Thanh, Ca Mau and Nam

Can stations. The evaluation of simulation results was based on the mean absolute error (MAE), the RMSE–observations standard deviation ratio (RSR) and the Percent bias (PBIAS) also known as the coefficient of model efficiency. MAE, RSR and PBIAS were used to evaluate the results of the model (Fig. 3). MAE values ranged from 0.07 m to 0.12 m in the dry season and 0.04 m–0.06 m in the flood season in 2014 (Fig. 3a). RSR values ranged from 0.33 to 0.38 in the dry season and 0.45–0.56 in the flood season in 2014 (Fig. 3a). The PBIAS values varied from -7.2% to -3.7% in the model calibration in 2014 (Fig. 3a and b). MAE values for calibration in 2015 ranged from 0.03 m to 0.11 m. The 1D model simulated the streamflow trends very well, as demonstrated by the statistical results, which were in agreement with the graphical results. RSR values varied from 0.13 to 0.4 in the dry and flood season in 2015. The PBIAS values ranged from -8.4% to 2.1% in the dry and flood season in 2015 (Fig. 3c and d). The average magnitude of the simulated values had a good performance rating ($\text{PBIAS} < \pm 10\%$) for both calibration and validation. The final hydraulic parameters in the calibration process use in the model validation with Manning (n) coefficients that ranged from 0.016 to 0.025 in the main rivers. The final hydraulic parameters in calibration and validation were used to simulate and calculate the water quality in the next section.

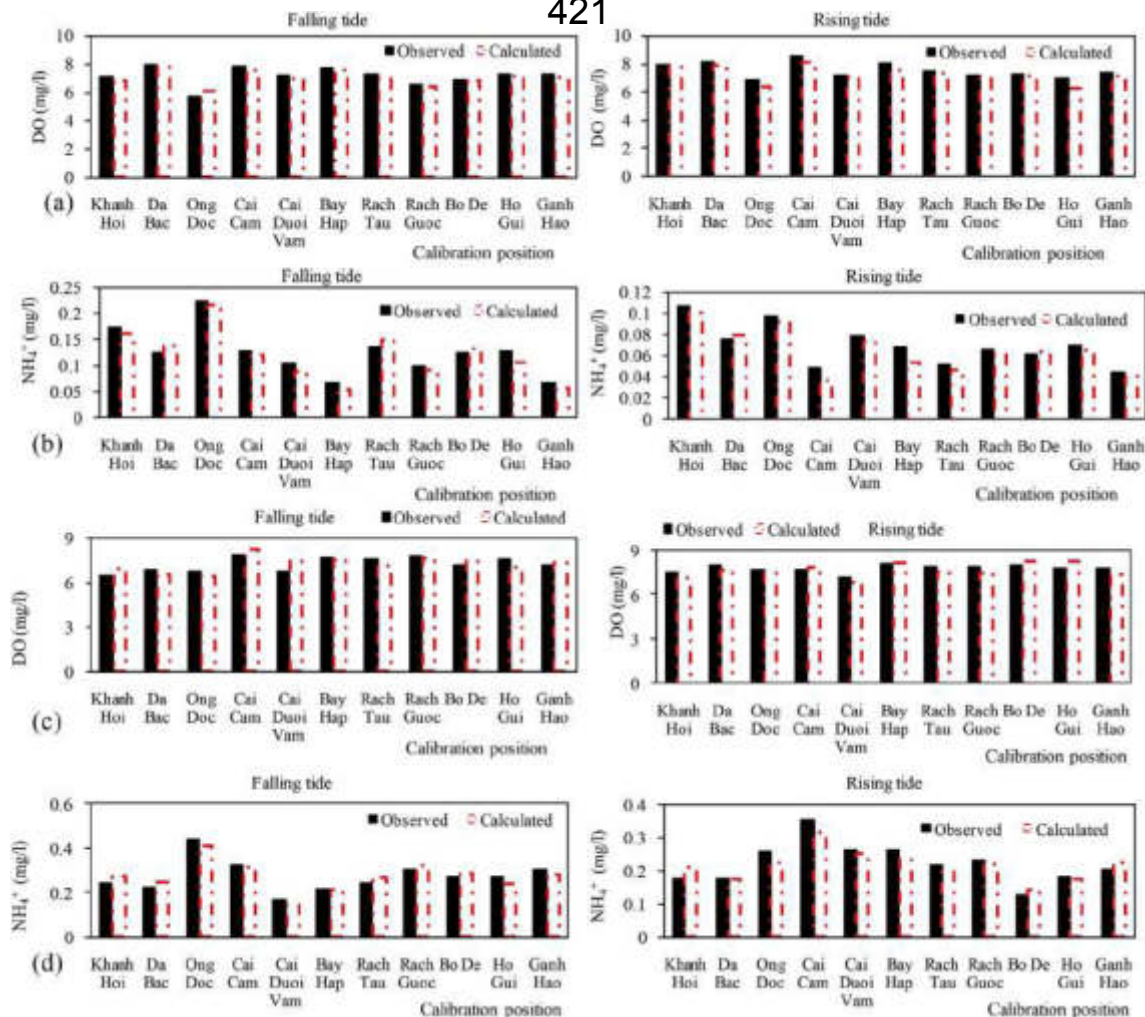


Fig. 6. The calibrated results of water quality in 2D model: Dry season (a) DO, (b) NH_4^+ ; Flood season (c) DO, (d) NH_4^+ in 2014.

3.2. Calibration and validation of water quality in the 1D model

Calibration and validation of water quality in the 1D model used data from four stations, namely, Ganh Hao, Bo De, Rach Tau and Ong Doc, to evaluate the results of the model in the dry (March 1–31) and flood seasons (October 1–31) in 2014 and 2015 (Fig. 4). Water quality in the 1D model simulated four components, namely, DO, BOD_5 , NH_4^+ , and NO_3^- . The calculated and simulated results of water quality showed good agreement between the observed and calculated data (Table 2). Regarding calibration and validation water quality parameters in the dry and flood seasons of 2014 and 2015, the percentage error value between simulated and observed DO and BOD_5 concentrations varied from 0.7% to 18%, the BOD_5 percentage error concentration at Rach Tau station was especially high with 33.3% during the flood season in 2014. The percentage error value of NH_4^+ and NO_3^- concentration was larger in both the calibration and validation processes, from 4.4% to 29.9%. The NO_3^- percentage error concentration at Rach Tau was high at 40% during the 2015 flood season.

3.3. Calibration and validation of water level in the 2D model

Regarding the 2D model, the calibration and validation processes used data from the Song Doc and Ganh Hao stations during the dry (March 1–31) and flood seasons (October 1–31) of 2014 and 2015 (Fig. 5). MAE, RSR, and PBIAS were used to evaluate the simulated and observed water level in both model calibration and validation. MAE values varied from 0.07 to 0.52 during calibration and from 0.05 to

0.14 during validation. RSR values ranged from 0.18 to 0.46 during calibration, from 0.29 to 0.64 during validation. PBIAS values ranged from -8.9% to $3.2\% < 10\%$ in both calibration and validation (Fig. 5a and d).

3.4. Calibration and validation of water quality in the 2D model

Fig. 6a and Fig. 6b shows the fluctuations of pollutant concentrations in the Ca Mau coastal area in 2014 during the dry season. The simulated and observed results of pollutant concentrations are in good agreement. The DO concentrations on the West Coast varied from 5 to 6 mg/l, while those on the East Coast varied from 6 to 8 mg/l. Conversely, NH_4^+ concentration varied from 0.12 to 0.2 mg/l on the west coast and from 0.08 to 0.12 mg/l on the east coast. NO_3^- concentration varied from 0.05 to 0.1 mg/l on the coastal area. Although NO_3^- concentration in the west was relatively high due to the contribution of NO_3^- from discharge sources; however, the NO_3^- concentration from the source did not exceed the pollution standard limitation in the study area. Additionally, BOD concentration varied from 2.4 to 4 mg/l in the west and 0.8–1.6 mg/l in the east.

During the flood season, the fluctuation of pollutant concentrations in the Ca Mau coastal area in 2014 is shown in Fig. 6c and d. The DO concentration on the coast reached values from 7 to 8 mg/l and increased in offshore areas. NH_4^+ concentration sharply fluctuated from 0.04 to 0.2 mg/l in the west and from 0.04 to 0.08 mg/l in the east. NO_3^- concentrations were over 3 mg/l in the coastal area but were lower offshore, reaching values that were only above the A1 limitation

422

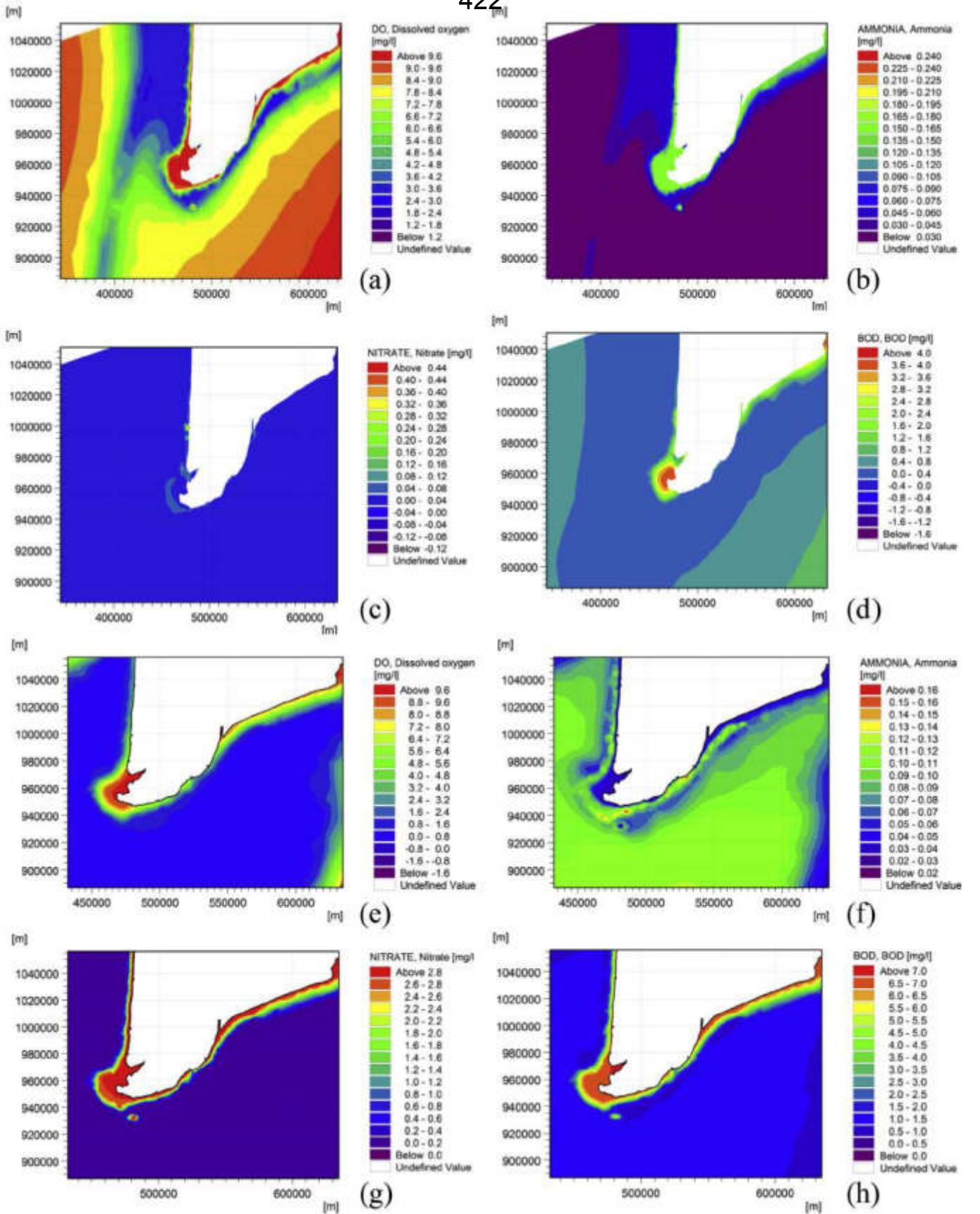


Fig. 7. The calibrated results of water quality in 2D model in 2014: Dry season ((a) DO, (b) NH_4^+ , (c) NO_3^- , (d) BOD); Flood season ((e) DO, (f) NH_4^+ , (g) NO_3^- , (h) BOD).

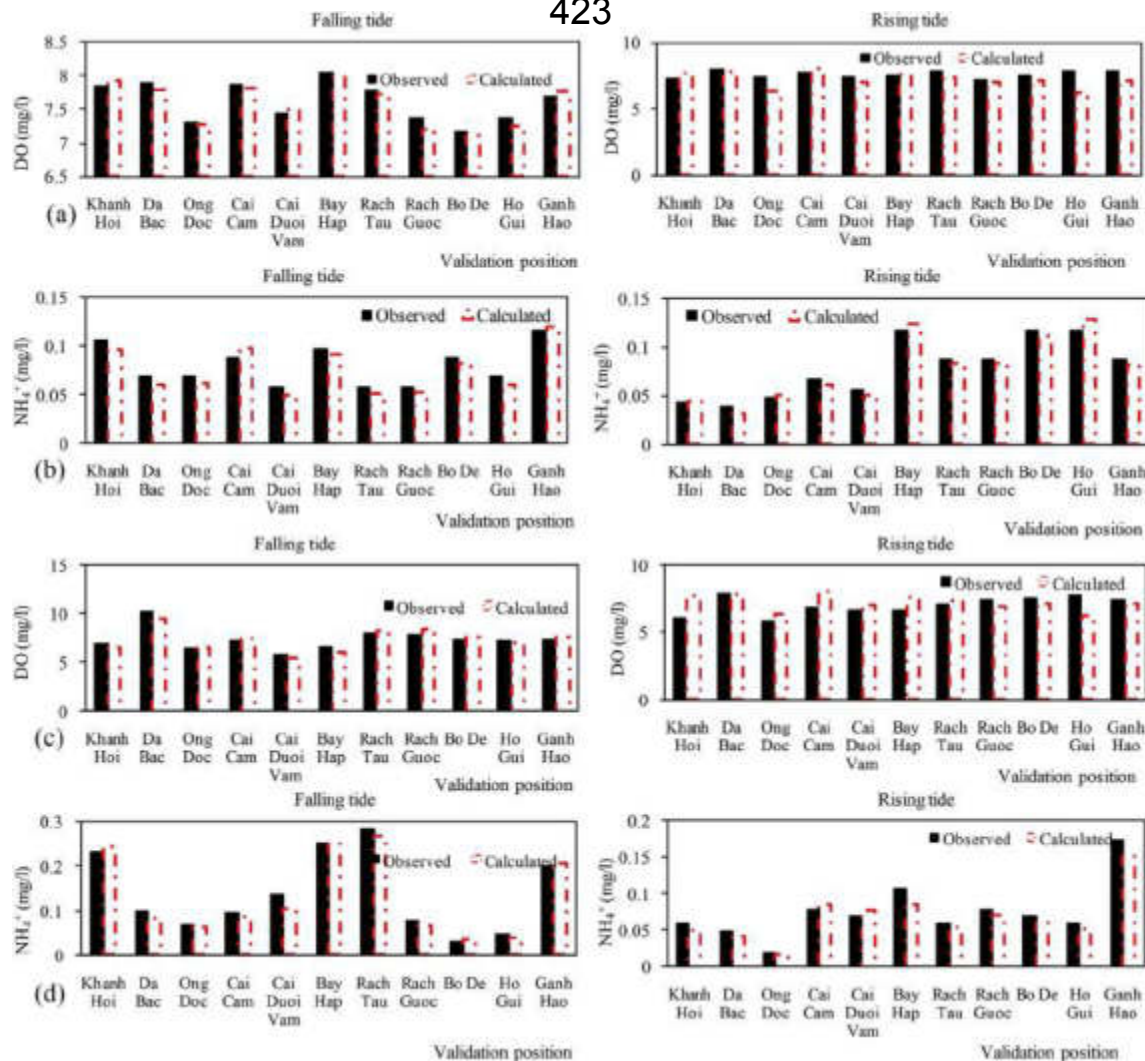


Fig. 8. The validated results of water quality in 2D model in 2015: Dry season (a) DO, (b) NH_4^+ ; Flood season (c) DO, (d) NH_4^+ .

standard based on the National Technical Regulation on Surface Water Quality (NTRSWQ). Regarding the Bay Hap estuary, BOD concentration was higher than in other areas due to its narrow terrain, but the values were below the B1 limitation standard based on the (NTRSWQ). Concerning the coastal area, BOD concentration fluctuated from 2.4 to 4 mg/l.

The calculated and observed results at the sampling locations show that the simulated results of DO concentration in the Ca Mau coastal area in 2014 were relatively accurate, with correlation coefficients of 0.937 and 0.977 at low tide and high tide, respectively. Calculated and observed values of water quality monitoring points at low tide levels ranged from 0.1 to 0.8 mg/l (approximately 2–10%), and at high tide levels were approximately 0.04–0.38 mg/l (approximately 1.4%–5.4%). The differences between the simulated and the observed DO values at the sampling locations in the dry season at both low and high tides were relatively small. The simulated results of DO concentration in the 2D model agreed well with measured data. The simulated and observed results of NH_4^+ concentration at water quality monitoring points were also well correlated coefficient (correlation coefficient of high tide was 0.83 and low tide was 0.84). The difference between the simulated and observed results during low tide was from 0.002 to 0.05 mg/l and during high tide ranged from 0.01 to 0.2 mg/l (Figs. 6 and 7). The model well simulated changes of water quality in the east and west of Ca Mau peninsula.

Fig. 8 shows the evolution of water quality in the Ca Mau coastal

area during the dry and flood seasons in 2015. During the dry season, the DO concentration ranged from 4 to 7 mg/l in the west and from 5 to 8 mg/l in the east and increased in the offshore areas. NH_4^+ concentration in the west varied from 0.16 to 0.2 mg/l; in the east varied from 0.04 to 0.12 mg/l. NO_3^- concentration on Ca Mau Coast was low from 0.1 to 0.3 mg/l. BOD concentration was from 1.5 to 3.5 mg/l in the west and 0.5–1.5 mg/l in the east. During the flood season, DO concentration ranged from 5 to 7 mg/l in the west and from 5 to 8 mg/l in the east with high DO concentrations in the offshore area. Regarding the west, NH_4^+ concentration varied from 0.18 to 0.36 mg/l while in the east it was from 0.12 to 0.24 mg/l. NO_3^- concentration was over 2.8 mg/l in the east; however, it was markedly lower offshore. BOD₅ concentrations in the Bay Hap and Ganh Hao estuaries were high with value of over 4.8 mg/l but were low from 1.6 to 3.0 mg/l in the Ca Mau Coast (Fig. 8a and b). The simulation of spreading pollution concentrations in Ca Mau in the dry and flood seasons in 2015 shows that the concentrations of pollutants in the coastal area were negligible and the study area was not contaminated.

Calculated and observed results at seawater sampling locations in the flood season in 2015 shows that simulated DO concentrations in the coastal area of Ca Mau in 2015 were relatively accurate; the correlation coefficients at low and high tide were 0.95 and 0.98, respectively. The difference between calculated and observed values varied from 0.04 to 0.29 mg/l (approximately 3–7%) during low tide and approximately 0.01–0.34 mg/l (1.4%–5.4%) during high tide. Thus, the results of the

424

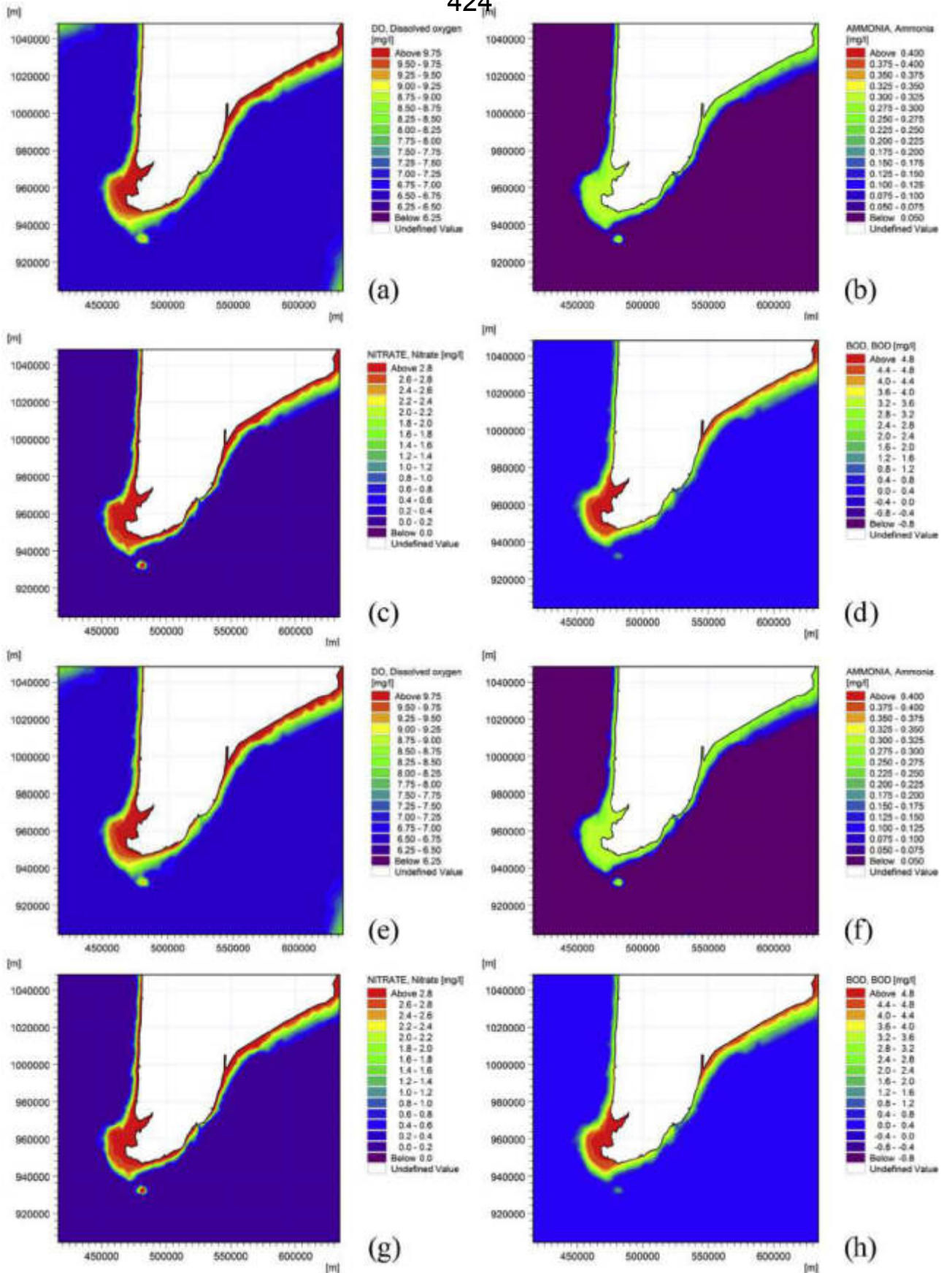


Fig. 9. The validated results of water quality in 2D model in 2015: Dry season ((a) DO, (b) NH_4^+ , (c) NO_3^- , (d) BOD); Flood season ((e) DO, (f) NH_4^+ , (g) NO_3^- , (h) BOD).

Table 3

The parameters of biochemical reactions between substances in 2D Ecolab model.

No.	Description	Type	Value
1	Temperature: Latitude	Built-in	
2	Temperature: Maximum absorbed solar radiation	Constant	4993 (/d)
3	Temperature: Displacement of solar radiation max. from 12 p.m.	Constant	1 hours
4	Temperature: Emitted heat radiation	Constant	1608 (/d)
5	Oxygen Processes: No. of reaeration expression	Constant	3 dimensionless
6	Oxygen Processes: Reaeration temperature coefficient	Constant	1.03 dimensionless
7	Oxygen Processes: Respiration of animals and plants	Constant	3 (/d)
8	Oxygen Processes: Respiration temperature coefficient	Constant	1.07 dimensionless
9	Oxygen Processes: Max. oxygen production by photosynthesis	Constant	3.5 (/d)
10	Oxygen Processes: Production/respiration per m ² (= 1) or per m ³ (= 2)	Constant	1
11	Degradation: 1. order decay rate at 20 deg. C	Constant	0.5 (/d)
12	Degradation: Temperature coefficient for decay rate	Constant	1.04 dimensionless
13	Degradation: Half-saturation oxygen concentration	Constant	2 mg/l
14	Oxygen Processes: Own #1 Reaeration constant	Constant	1 (/d)
15	Oxygen Processes: Own #1 Exponent, flow velocity	Constant	0 dimensionless
16	Oxygen Processes: Own #1 Exponent, water depth	Constant	0 dimensionless
17	Oxygen Processes: Own #1 Exponent, river slope	Constant	0 dimensionless
18	Oxygen Processes: Own #2 Reaeration constant	Constant	1 (/d)
19	Oxygen Processes: Own #2 Exponent, flow velocity	Constant	0 dimensionless
20	Oxygen Processes: Own #2 Exponent, water depth	Constant	0 dimensionless
21	Oxygen Processes: Own #2 Exponent, river slope	Constant	0 dimensionless
22	Oxygen Processes: Own #3 Reaeration constant	Constant	1 (/d)
23	Oxygen Processes: Own #3 Exponent, flow velocity	Constant	0 dimensionless
24	Oxygen Processes: Own #3 Exponent, water depth	Constant	0 dimensionless
25	Oxygen Processes: Own #3 Exponent, river slope	Constant	0 dimensionless
26	Sediment processes: Sediment oxygen demand	Constant	0.5 g/m ² /day
27	Sediment processes: Temperature coefficient SOD	Constant	1 dimensionless
28	Sediment processes: Resuspension of organic matter	Constant	0.5 g/m ² /day
29	Sediment processes: Sedimentation rate for organic matter	Constant	0.8 m/day
30	Sediment processes: Critical flow velocity	Constant	1 m/s
31	Nitrogen Content: Ratio of ammonia released at BOD decay	Constant	0.29 gNH ₄ /gBOD
32	Nitrogen Content: Uptake of ammonia in plants	Constant	0.066 dimensionless
33	Nitrogen Content: Uptake of ammonia in bacteria	Constant	0.109 dimensionless
34	Nitrification: Reaction order 1 = first order process 2 = half order process	Constant	1 dimensionless
35	Nitrification: Ammonia decay rate at 20 deg Celcius	Constant	1.54 (/d)
36	Nitrification: Temperature coefficient for nitrification	Constant	1.13 dimensionless
37	Denitrification: Oxygen demand by nitrification	Constant	4.49 gO ₂ /gHN ₄
38	Denitrification: Half saturation constant	Constant	0.05 mg/l
39	Denitrification: Reaction order 1 = first order process 2 = half order process	Constant	1 dimensionless
40	Denitrification: Denitrification rate, conversion of nitrate into free nitrogen N	Constant	1 1/day
41	Denitrification: Temperature coefficient for denitrification	Constant	1.18 dimensionless

Table 4

Horizontal diffusion parameters of water quality parameters in 2D Ecolab model.

No.	Name	Diffusion coefficient
1	DO	0.01 m/s ²
2	Ammonia (NH ₄ ⁺)	0.013 m/s ²
3	Nitrate (NO ₃ ⁻)	0.015 m/s ²
4	BOD	0.017 m/s ²

Table 5

National technical regulation on surface water quality (QCVN 08:2015/ BTNMT).

No.	Indicator	Unit	Maximum value			
			A		B	
			A1	A2	B1	B2
1	BOD ₅ (20 °C)	mg/l	4	6	15	25
2	Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/l	2	5	10	15

DO concentration in 2D modeling during low and high tides were validated. Similarly, the correlation between simulated and observed NH₄⁺ concentrations was good (during high tide, the correlation coefficient was 0.89 and during low tide it was 0.94). The simulated

Table 6

National technical regulation on coastal water quality (QCVN 10:2015/ BTNMT).

No.	Indicator	Unit	Maximum value		
			Aquaculture and aquatic conservation zones		Beach areas, water sports
					Other areas
1	DO	mg/l	≥ 5		–
2	NH ₄ ⁺	mg/l	0.1	0.5	0.5

Where: The A1, A2, B1, B2 classification used for surface water resources to assess and control different water use purposes, sorted by a decreasing level; A1 used for domestic water supply (after normal treatment), conservation of aquatic animal and plant and other purposes such as A2, B1 and B2; A2 used for the purpose of domestic water supply but applying suitable treatment technology or other purposes such as B1 and B2; B1 used for irrigation or other purposes which apply similar water quality or B2 purpose; B2 used for waterways and other purposes with low quality water requirements.

and observed values differed by 0.01 and 0.03 mg/l when the tide was low. The detailed results in Fig. 8c and d shows the calibrated and validated results in the Ecolab module of the 2D model for DO and NH₄⁺ (using the observed data at the sampling locations). The analysis of the NO₃⁻ and BOD concentrations was conducted by comparing the simulated results with other environmental studies in the Ca Mau coastal area. The simulated NO₃⁻ and BOD concentrations agreed well with the situation of the study area (Figs. 8 and 9). The parameters of

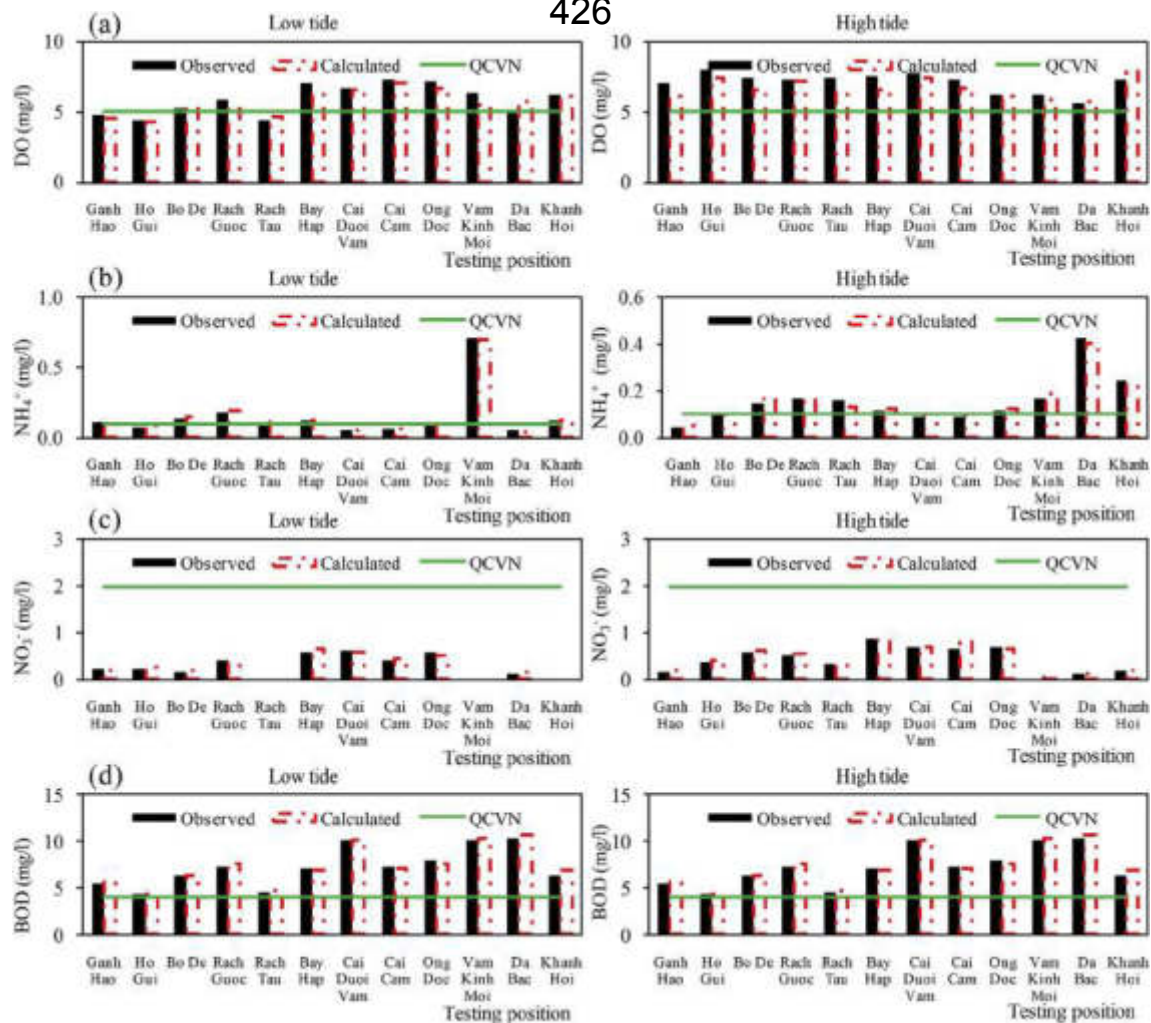


Fig. 10. (1) The assessment results of water quality in 2D model in 2016: Dry season included (a) DO, (b) NH_4^+ , (c) NO_3^- , (d) BOD; Flood season included (e) DO, (f) NH_4^+ , (g) NO_3^- , (h) BOD; (2) The testing results of water quality in 2D model in 2016: Dry season included (k) DO, (l) NH_4^+ , (m) NO_3^- , (n) BOD; Flood season included (o) DO, (p) NH_4^+ , (q) NO_3^- , (r) BOD.).

biochemical reactions between substances in the 2D Ecolab model are shown in Table 3. Horizontal diffusion parameters of water quality parameters (DO concentration with a value of $0.01 \text{ m}^2/\text{s}$; Ammonia (NH_4^+) concentration with a value of $0.013 \text{ m}^2/\text{s}$; Nitrate (NO_3^-) concentration with value of $0.015 \text{ m}^2/\text{s}$; BOD concentration with value of $0.017 \text{ m}^2/\text{s}$) in the 2D Ecolab model are showed in Table 4. Therefore, it is possible to use the 2D model to test water quality for 2016 in the Ca Mau coastal areas.

3.5. Testing water quality in the 2D model

The above results of each water quality parameter were compared with standards of the National Technical Regulation on Surface Water Quality (NTRSWQ) (QCVN 08-MT:2015/BTNMT) (Table 5) (Circulars 65, 2015) and the National Technical Regulation on Marine Water Quality (NTRMWQ) (QCVN 10-MT:2015/BTNMT) (Table 6) (Circulars 67, 2015).

The comparison of results in Fig. 10a and d with the (NTRSWQ) (QCVN 08:2015/BTNMT) standards shows that DO concentrations were above 5 mg/l for both high and low tides during the dry season of 2016 and increased going out to sea due to larger waves in the sea causing greater air–water interaction that dissolved more oxygen in water. Thus, the Ca Mau coastal area has not been polluted yet. NH_4^+ concentration based on the simulated results in the dry season of 2016 show that NH_4^+ concentrations exceeded the limit for aquaculture and

aquatic conservation areas but were still within the limits for beaches or water sports use. The results during low tide showed that the NH_4^+ concentration exceeded the limit for aquaculture conservation areas at Ganh Hao (0.01 mg/l), Bay Hap (0.02 mg/l), Vam Kenh Moi (over 0.6 mg/l), and Khanh Hoi (over 0.02 mg/l). Ganh Hao, Da Bac and Khanh Hoi, have several aquaculture areas such as U Minh, Nam Can and Dam Doi. These results will help managers to make better plans. Bay Hap is an area that hosts the Dat Mui National Park where the NH_4^+ concentration was good for beaches and water sports. The simulated results of NO_3^- concentration in 2016 showed that NO_3^- concentrations in the Ca Mau coastal area was negligible. Generally, NO_3^- concentration in the study area was below the standard and thus, the water quality in the study area was good. However, the BOD_5 concentrations in the coastal areas ranged from 4 to 10 mg/l in dry season, which were over the A1 limit for surface water quality for domestic water use. An overview result of water quality in 2D model during the 2016 dry season is presented in Fig. 10k–n.

The comparison of results in Fig. 10e and h with the (NTRMWQ) (QCVN 10:2015/BTNMT) standards shows that during the flood season, DO concentration in the Ca Mau coastal area was over 6 mg/l for both low and high tides. Values increased further out to sea; therefore, the study area has not been polluted. NH_4^+ concentration exceeded the limit for aquaculture and aquatic conservation areas at almost all the sampling locations. However, the values were below the limits for beaches and water sports. Only three locations in the sea were below

427

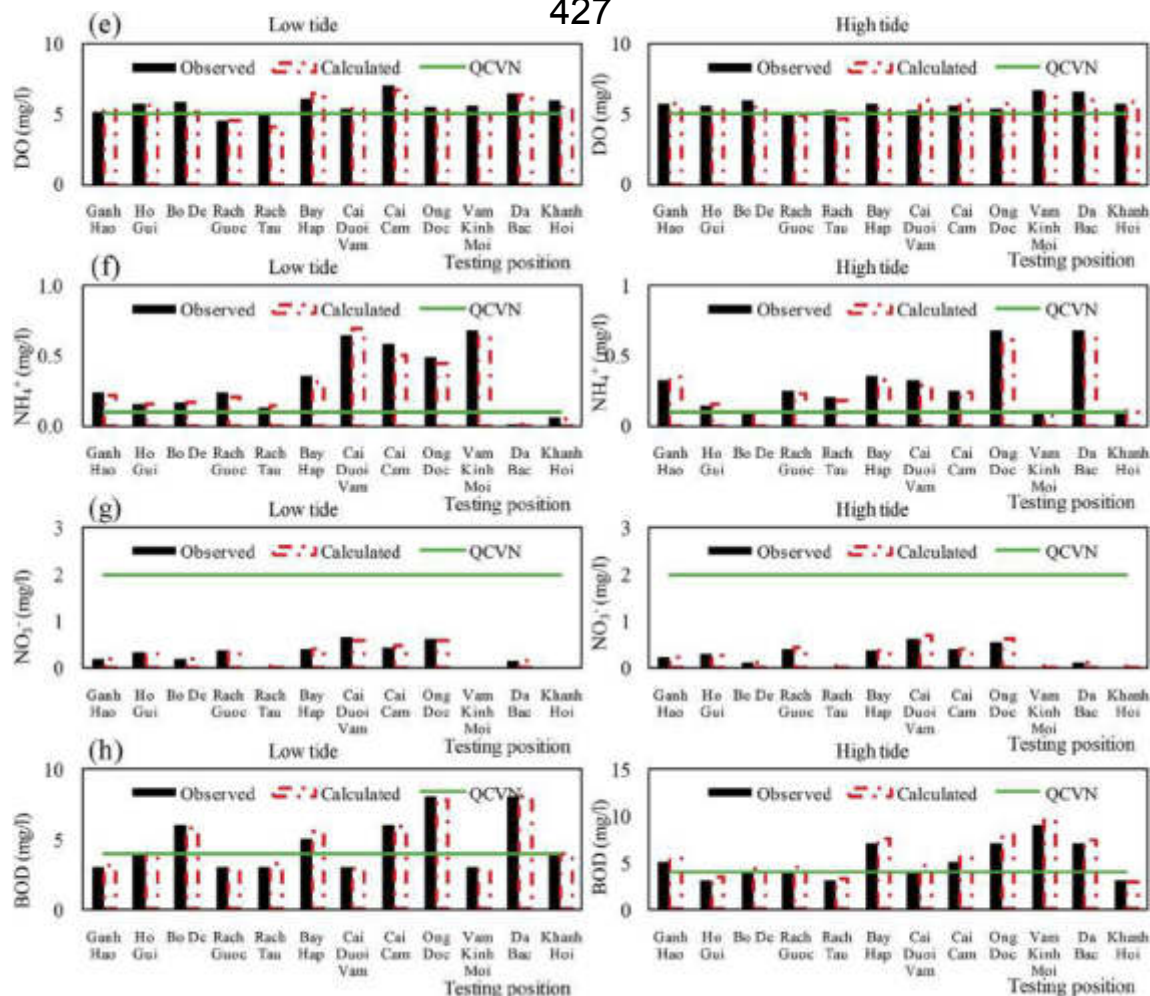


Fig. 10. (continued)

the NH_4^+ limit, while in the remaining sites in the west, NH_4^+ concentrations exceeded the limit for aquaculture. The NH_4^+ concentration in the U Minh District exceeded the limit for aquaculture by 0.15 mg/l; in Tran Van Thoi District, this value was 0.025 mg/l; in Phu Tan District, was over 0.03 mg/l; in Nam Can District was over 0.05 mg/l; in the west coast was below the limit; in Ngoc Hien District, was 0.17 mg/l. One of the causes of NH_4^+ pollution in this coastal area was the rapid development of tourism in Ngoc Hien Commune, including such structures as the National park and beaches. These contributed to higher NH_4^+ concentrations in the outlet; in the Dam Doi District was exceeded the limit by over 0.09 mg/l. Thus, the results show that NH_4^+ concentrations in the coastal area showed signs of pollution. Although the concentration was not high, it exceeded the limit for aquaculture. The coastal area is suitable for the exploitation and development of aquaculture in fact, so policy makers need to come up with appropriate strategies to control and reduce NH_4^+ concentration in the study area. The simulated results of NO_3^- concentrations during the flood season of 2016 showed that NO_3^- concentrations in the Ca Mau coastal area were below the limit for domestic use. However, it was close to the A1 standard of the (NTRSWQ) in Vietnam and thus, plans are needed to control the NO_3^- concentration. Similarly, the BOD_5 concentration in the coastal area ranged from 3 to 8 mg/l which was also over the A1 limit of surface water quality for domestic water use at Bo De, Bay Hap, Cai Cam, Ong Doc, Da Bac, and Vam Kinh Moi during low and high tides. An overview result of water quality in 2D model during the dry season in 2016 was presented in Fig. 10o–r.

4. Discussion and conclusions

Application of water quality models in river and coastal estuaries can be useful tools for the quantification of the effectiveness of water quality management. This case study describes the application of hydraulic and water quality models to evaluate the pollutant propagation in natural rivers and water resource management in coastal estuaries on the Ca Mau peninsula. This study applied the 1D and 2D coupled hydraulic and water quality models to calculate and identify the concentration of the river and coastal estuary water quality for state variables such as DO, BOD, NH_4^+ , and NO_3^- . This study used observed water levels and water quality data to calibrate and validate the models during the dry and flood seasons of 2014 and 2015 and to test the water quality in estuaries during the dry and flood seasons of 2016. The coefficient of MAE, RSR, and PBIAS were used to evaluate the observed and calculated results. The results showed that there was a high degree of conformity in the phase and amplitude between observed and simulated water levels. The calculated results of DO, NH_4^+ , NO_3^- , and BOD concentrations at twelve estuaries had high correlation coefficients in low and high tidal regimes. The evaluation results showed that the model generally was able to capture the main features of measured values. However, the uncertainty of the modeling needs to be discussed, as follows:

- The computation time step of the model is too long-term, approximately five hours for one simulation of the 1D–2D hydraulic network.
- The calculation results are only focused on simulating the domestic

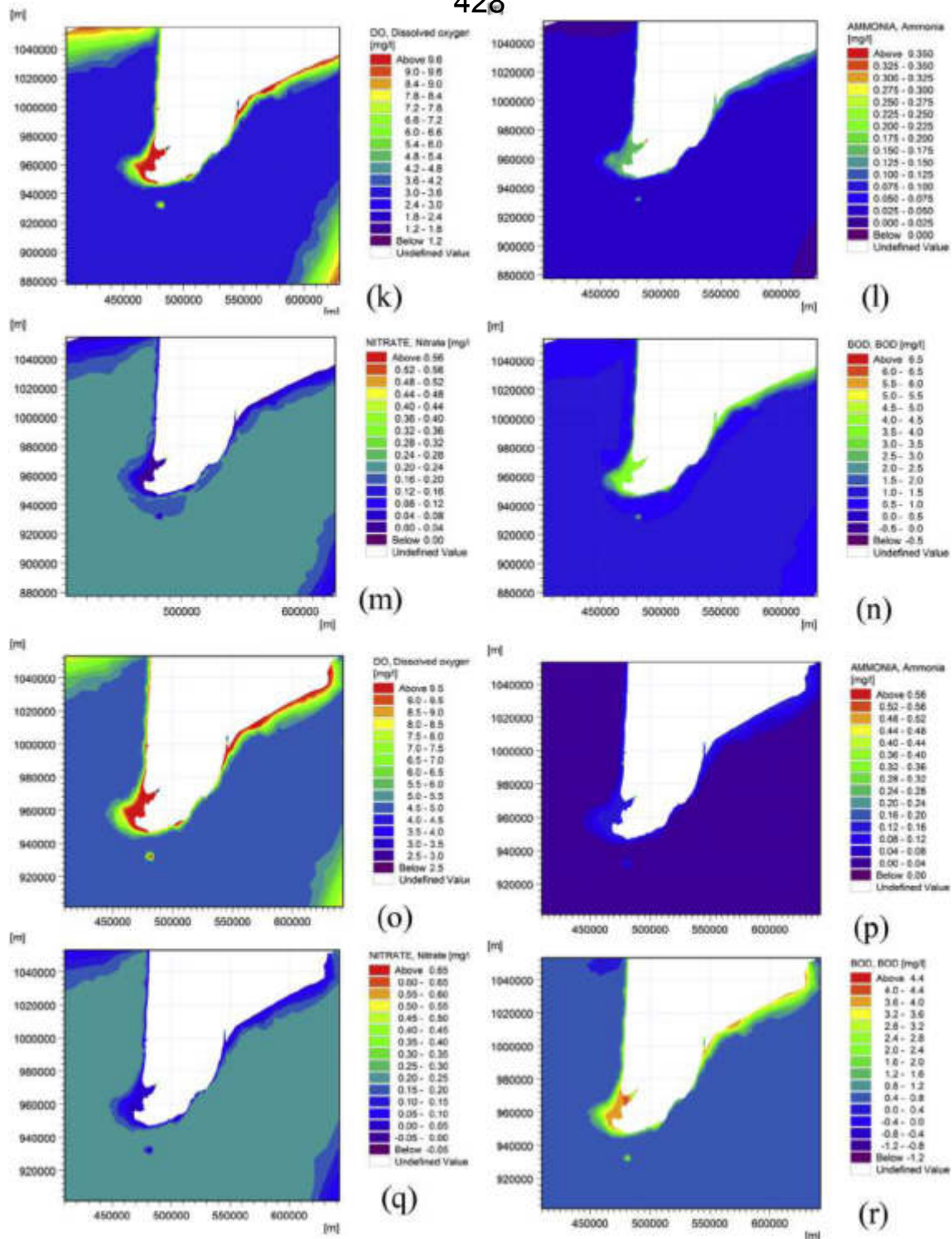


Fig. 10. (continued)

waste discharge sources and waste discharge from aquaculture areas in the 1D water quality model. This study has not simulated fully the industrial waste sources which is what significantly affects the water quality in the coastal estuaries on the Ca Mau peninsula.

- Calibration and validation positions in the 1D and 2D models are still small. Therefore, it is not sufficient to evaluate the superiority of the model in the study area.

The comparison between the calculated results of DO , NH_4^+ , NO_3^- ,

and BOD concentrations and the (NTRSWQ) (QCVN 08:2015/BTNMT) and (NTRCWQ) (QCVN 10:2015/BTNMT) standards showed that the coastal aquaculture and conservation zones were affected by light pollution. DO , NH_4^+ , and BOD concentrations at some locations were over the A1 water quality standard used for domestic water supplies and were over the water quality standard used for aquaculture and aquatic conservation zones. To improve the quality of the model performance, the application for other case studies will be considered to better generalise some of the conclusions drawn in this study. The

calculated results of the model will help the managers and policy makers to develop solutions to reduce the discharge of wastewater into coastal aquaculture and coastal national park conservation areas in the Ca Mau peninsula.

Conflicts of interest

The authors declare that there are no competing interests regarding the publication of this paper.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge scholarship assistance at Ton Duc Thang University publication support and the permission to use its facilities to perform the study.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.10.004>.

References

- Ashraf, M.A., Maah, M.J., Yusoff, I., 2012. Morphology, geology and water quality assessment of former tinmining catchment. *Sci. World J.* <https://doi.org/10.1100/2012/369206>. 15pp.
- Chea, R., Grenouillet, G., Lek, S., 2016. Evidence of water quality degradation in lower Mekong basin revealed by self-organizing map. *PloS One* 11 (1), e0145527. <http://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145527>.
- Circulars 65, 2015. QCVN 08-MT:2015/BTNMT, National Technical Regulation on Surface Water Quality. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-65-2015-TT-BTNMT-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-moi-truong-301668.aspx>, Accessed date: 21 December 2015.
- Circulars 67, 2015. QCVN 10-MT:2015/BTNMT, National Technical Regulation on Marine Water Quality. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-67-2015-TT-BTNMT-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-moi-truong-301666.aspx>, Accessed date: 21 December 2015.
- Cox, B.A., 2003. A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. *Science. Total Environ.* 314–316, 335–377. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00063-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00063-9).
- Davies, S., Mirfenderesk, H., Tomlinson, R., Szykarski, S., 2009. Hydrodynamic, water quality and sediment transport modeling of estuarine and coastal waters on the gold coast Australia. *Proceeding of Journal of Coastal Research* 56, 937–941. Special issue. <http://sci-hub.tw/10.2307/25737924>.
- Desai, J., Tank, S.K., 2010. Deterioration of water quality due to immersion of Ganesh idols in the river Tapi at Surat (India). *J. Environ. Res. Dev.* 4 (4), 999–1007. www.jerard.org/ppapers/download.php?vi=4&is=4&st=999.
- DHI, 2003. MIKE 11 Users Manual. <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/geoekologie/mike11usersmanual.pdf>.
- DHI, 2017. MIKE 21 Users Manual. http://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/M21HD.pdf http://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/M21ad.pdf.
- Doan, Q.T., Quach, T.T.T., 2016. Effect of climate change on the salinity intrusion: case study Ca river basin. *Vietnam. J. Climate Change*. 2 (1), 91–101. <https://doi.org/10.3233/JCC-160010>.
- Doan, Q.T., Chen, Y.C., Mishra, P.K., 2013a. Numerical modelling in water quality management for rivers: case study of the day/nhue river sub-basin, Vietnam. *In. J. Earth Sci. Engine.* 06 (01), 1111–1119 05.
- Doan, Q.T., Nguyen, C.D., Chen, Y.C., 2013b. Trajectory modelling of marine oil spills: case study of lach huyen port, Vietnam. *Lowland tech. In.* 15 (02), 41–51.
- Doan, Q.T., Nguyen, C.D., Chen, Y., Pawan, K.M., 2015. Application of environmental sensitivity index (ESI) maps of shoreline for the coastal oil spills: case study of cat Ba island, Vietnam. *Environ. Earth Sci.* 74 (04), 3433–3451. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4380-0>.
- Doan, Q.T., Nguyen, T.M.L., Nguyen, C.D., 2018. Using numerical modelling in the simulation of mass fish death phenomenon along the Central Coast of Vietnam. *Mar. Pollut. Bull.* 129, 740–749.
- Fanslow, G., Tuong, T.P., Hoanh, C.T., Phong, N.D., An, L.T., Hien, N.X., 2005. Land-use and Salinity Management Effects on Water Quality in Ca Mau Peninsula, Vietnam. Paper Presented at the International Conference on Environment and Livelihoods in Coastal Zones: Managing Agriculture–fishery–aquaculture Conflicts, Bac Lieu, Vietnam, 1–3 March 2005. Draft – Not to Be Cited. 31p. <http://hdl.handle.net/10568/38455>.
- FAO, IWMI, 2017. Water Pollution from Agriculture: a Global Review. Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, and the International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research program Colombo. <http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>.
- Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2013. A 3D hydrodynamic numerical model of the Río de la Plata and Montevideo's coastal zone. *Appl. Math. Model.* 37 (3), 1310–1332. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.04.010>.
- Gu, J., Hu, C.F., Kuang, C.P., Kolditz, O., Shao, H.B., Zhang, J.B., Liu, H.X., 2016. A water quality model applied for the rivers into the Qinhuangdao coastal water in the Bohai Sea, China. *J. Hydrodyn.* 28 (5), 905–913. [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(16\)60691-1](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(16)60691-1).
- Halliday, E., Gast, R.J., 2011. Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environ. Sci. Technol.* 45, 370–379. <https://doi.org/10.1021/es102747s>.
- Hoanh, C.T., Tuong, T.P., Gallop, K.M., Gowing, J.W., Kam, S.P., Khiem, N.T., Phong, N.D., 2003. Livelihood impacts of water policy changes: evidence from a coastal area of the Mekong River Delta. *Journal of Water Policy* 5 (5), 475–488.
- Hoanh, C.T., Phong, N.D., Gowing, J.W., Tuong, T.P., Ngoc, N.V., Hien, N.X., 2009. Hydraulic and water quality modeling: a tool for managing land use conflicts in inland coastal zones. *Water Pol.* 11 (1), 106–120. <https://doi.org/10.2166/wp.2009.107>.
- Liou, S.M., Lo, S.L., Hu, C.Y., 2003. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Water Res.* 37 (6), 1406–1416. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00479-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00479-7).
- Liu, S.G., Lou, S., Kuang, C.P., Huang, W.R., Chen, W.J., Zhang, J.L., Zhong, G.H., 2011. Water quality assessment by pollution-index method in the coastal waters of Hebei Province in western Bohai Sea, China. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2220–2229. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.021>.
- Meccia, V.L., Simionato, C.G., Fiore, M.E., D'Onofrio, E.E., Dragani, W.C., 2009. Sea surface height variability in the Río de la Plata estuary from synoptic to inter-annual scales: results of numerical simulations. *Estuar. Coast Shelf Sci.* 85, 327–343. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.08.024>.
- Menendez, A.N., Badano, N.D., Lopolito, M.F., Re, M., 2013. Water quality assessment for a coastal zone through numerical modeling. *Journal of Applied Water Engineering and Research* 1 (1), 8–16. <https://doi.org/10.1080/23249676.2013.827892>.
- MRC, 2008. An Assessment of Water Quality in the Lower Mekong Basin. MRC Technical Paper No.19. Mekong River Commission, Vientiane. pp. 70. <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/technical/tech-No19-assessment-of-water-quality.pdf>.
- Obropta, C.C., Niazi, M., Kardos, J.S., 2008. Application of an environmental decision support system to a water quality trading program affected by surface water diversions. *Environ. Manag.* 42 (6), 946–956. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9153-z>.
- Paliwal, R., Sharma, P., Kansal, A., 2007. Water quality modelling of the river Yamuna (India) using QUAL2E-UNCAS. *J. Environ. Manag.* 83 (2), 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.02.003>.
- Phong, N.D., 2008. Modelling of Canal Water Acidity Due to Acid Sulphate Soils: a Case Study of the Camau Peninsula, Mekong Delta, Vietnam. PhD thesis. Faculty of Engineering, Civil and Environmental Engineering and Faculty of Science, Earth Sciences, The University of Melbourne. <http://hdl.handle.net/11343/35091>.
- Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2007. Residual currents and corridor of flow in the Río de la Plata. *Appl. Math. Model.* 31 (3), 564–577. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2005.11.033>.
- Politano, M., Haque, M.M., Weber, L.J., 2008. A numerical study of the temperature dynamics at McNary Dam. *Ecol. Model.* 212 (3–4), 408–421. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.10.040>.
- Sati, S.C., Paliwal, P.C., 2008. Physico-chemical and bacteriological analysis of Kosi River water in central Himalaya. *Pollut. Res.* 27 (1), 179–183.
- Shi, Z., 2010. Estuaries: dynamics, mixing, sedimentation and morphology. *JCR (J. Coast. Res.)* 26 (3), 586–587. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-09-00121.1>.
- Shoostari, M.M., 2008. Principles of Flow in Open Channels, vol. 15. Shahid Chamran University Press, pp. 643–745 (2).
- Shrivastava, N., Mishra, D.D., Mishra, P.K., Bajpai, A., 2013. Water quality deterioration of Machna River due to sewage disposal, Betul, Madhya Pradesh, India. *J. Environ. Earth Sci.* 3 (6), 1–5.
- SNIAAPP, 2002. Evaluation of Soil and Water Resources for Land Use Planning in Camau Peninsula. Technical Report Submitted to Vietnamese Government. Sub-National Institute for Agricultural Planning and Projection Vietnam 70pp (in Vietnamese).
- Trinh, T.L., Duong, C.C., Peter, V.D.S., Piet, L., 2013. Exploring the potential of wastewater reuse in agriculture as climate change adaptation measure for Can Tho City – Mekong Delta, Vietnam. *Journal of Agricultural Water Management* 128, 43–534. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.003>.
- Trinh, T.L., Dang, M.C., Pham, T.V., Duong, C.C., 2016. Impacts of urban wastewater on water quality of the lake at Rach Gia Bay in the Mekong Delta, Vietnam. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International* 5 (3), 1–12.
- Vormoor, K., 2010. Water Engineering, Agricultural Development and Socio-economic Trends in the Mekong Delta, Vietnam, ZEF Working Paper Series, No. 57. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/88404/1/752017624.pdf>.
- Wang, J.Q., Zhong, Z., Wu, J., 2004. Steam water quality models and its development trend. *J. Anhui Normal Univ. (Nat. Sci.)* 27 (3), 243–247. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-AHSZ200403002.htm.
- Wang, Q.G., Dai, W.N., Zhao, X.H., Ding, F., Li, S.B., Zhao, Y., 2009. Numerical model of thermal discharge from Laibin power plant based on Mike 21FM. *Res. Environ. Sci.* 22 (3), 332–336. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093087582>.
- Wang, Q.G., Li, S.B., Jia, P., Qi, C.J., Ding, F., 2013. A review of surface water quality models. *Sci. World J.* 2013 (2013), 7 pp. <https://doi.org/10.1155/2013/231768>.
- WWAP, 2017. The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, the Untapped Resource. United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>.
- Xiao, R., Bai, J.H., Gao, H.F., Wang, J.J., Huang, L.B., Liu, P.P., 2012. Distribution and contamination assessment of heavy metals in water and soils from the college town in the Pearl River Delta, China. *Clean. - Soil, Air, Water* 40 (10), 1167–1173. <https://doi.org/10.1002/clen.201200016>.
- Yetik, M.K., Yuceer, M., Karadurmus, E., Semizer, E., Calimli, A., Berber, R., 2014. An interactive GIS-based software for dynamic monitoring of rivers. *J. Env. Pro. Eco.* 15 (4), 1767–1778.

Research Paper

Application of a two-dimensional model for flooding and floodplain simulation: Case study in Tra Khuc-Song Ve river in Vietnam

N.T.M. Linh ¹, D.Q. Tri ², T.H. Thai ² and N.Cao Don ³

ARTICLE INFORMATION

Article history:

Received: 28 May, 2018

Received in revised form: 04 September, 2018

Accepted: 09 September, 2018

Publish on: 07 December, 2018

Keywords:

Flood and Floodplain

NAM model

Telemac-2D

GIS

Tra Khuc-Song Ve Catchment

ABSTRACT

In this paper, a GIS-integrated two-dimensional (2D) model namely Telemac-2D was used to construct floodplain maps of the study area. Firstly, the NAM model based on characteristics of the watershed, rainfall and evaporation data were used to provide initial boundary conditions for the Telemac-2D model along with other parameters. In turn, this Telemac-2D was integrated with Digital Elevation Map (DEM) in ArcGIS for floodplain mapping. The calibration and validation results for water level showed a high conformity about the phase and water amplitude between calculated and observed data in the years 2007, 2009 and 2013. A comparison between floodplain mapping and information from surveys showed relative consistency in 2009 and 2013 with a low error. The evaluation criteria of NSE, PBIAS, and RSR had a goodness-of-fit between the simulated and the observed values. Finally, this paper has given us an opportunity to understand the application capabilities of the Telemac-2D model and GIS in floodplain and flood inundation mapping and in the study area.

1. Introduction

Throughout the world, there has been increasing interest in river flood analysis and modeling due to extreme flood events in the last decades (Aronica et al., 2002; Nachtnebel, 2003; Van der Sande et al., 2003). Floodplain extent is considered as a major natural hazard worldwide and its estimation and forecasting are significant tasks for planners, environmental managers, and the insurance industry. River hydraulic models used for flood and floodplain simulation can be classified as the one-dimensional (1D) models (MIKE 11 (Doan et al., 2014; Doan and Quach, 2016), HEC-RAS (HEC, 2001)). Many studies on floodplain mapping have been conducted using 1D or 2D hydrodynamic models (Bates

et al., 1997; Sinnakaudan et al., 2002) or the two-dimensional (2D) models (Telemac-2D (Catherine and Hervouet, 2006), RMA-2 (Donnell, 2001), TRIM2RD (USGS, 2003), LISFLOOD-FP (Bates and De Roo, 2000; Horritt and Bates, 2001), Delft-FLS (Klijn et al., 2007) and MIKE 21 (Doan et al., 2013, 2015)). The 1D models accurately simulate the main river channels, however, they are not good at overbank flows especially for wave propagation modeling when river waters spread onto the floodplain. The 2D hydraulic models are the state of the art for the flood modeling in the rivers (Mason et al., 2002). However, the disadvantages of 2D models are time-consuming to set-up the model, requirements of large amount of data and computational facilities.

¹ Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, VIETNAM, nguyenthimailinh@tdtu.edu.vn

² Vietnam Meteorological and Hydrometeorological Administration, Hanoi, VIETNAM, doanquangtrikttv@gmail.com

³ Water Resources institute, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), VIETNAM, ncaodonwru@gmail.com

Note: Discussion on this paper is open until June 2019

The major river systems in Quang Ngai Province are Tra Khuc and Song Ve Rivers. The province is frequently affected by natural disasters such as heavy rain events, tropical depressions and typhoons, and floods. Normally, typhoons, tropical depressions, cold air and the combination of these phenomena cause heavy rain events and flooding in the river basins. As a consequence, they lead to huge loss of human life and widespread property damage. Quality of forecasting, flood and inundation warning currently have been improved in many river systems. However, forecasting surface water, surface elevation and inundation depths has always been a challenging problem for technical staff

and hydrological forecasters. In this study, the Telemac-2D model was used to calculate, simulate and map floodplains and inundation risk in the study area. The input data for upstream and downstream boundaries was chosen for the years 2007, 2009 and 2013.

The objectives of this study are: (1) to calculate the flow processes by a hydrological model - NAM; (2) to simulate the hydro-dynamic regimes in the rivers by the Telemac 2D model; (3) to establish floodplains and inundation risk in the study area. A flowchart of the study procedure is presented in Fig. 1.

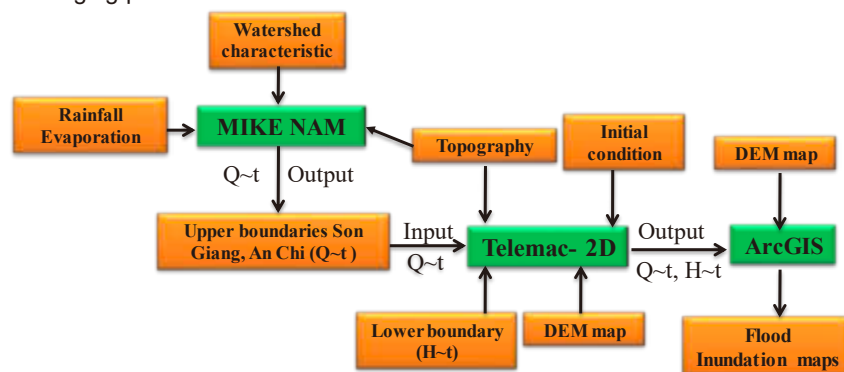


Fig. 1. Flowchart of study procedures.



Fig. 2. Location of the study area.

2. Materials and methods

2.1 Description of study site

Tra Khuc River is one of the largest rivers in Quang Ngai Province with a catchment area of 3,240 km² (Fig. 2). The river has a steep terrain with a length of 135 km, of which the high mountains with an elevation of 200 - 1000 meters have been found in about one third of its length. About 1 million people live in the river basin,

87% of them are in rural areas. The annual flow of 70 l/s.km² is produced from heavy rainfall events in the upstream and it is shown that it is high in Vietnam (Nguyen, 2006). The 91 km-length of Ve River flows from the southwest to the northeast of the province, in which 2/3 of its length flows through a high mountain of 100-1000 m. The river network density in Ve River is 0.79 km/km² in a catchment area of 1,260 km² and an average elevation of 170 m. The characteristics of flood

events in the main rivers are the short time of concentration, the floodwaters which rise rapidly, widespread flooding, that often cause difficulties in the response measures during flood events (Luong, 2011).

2.2 Data collection

In this study, the observed data in 2007, 2009 and 2013 were collected from meteorological stations at Tra Khuc-Song Ve catchment to calibrate and validate the rainfall-runoff process using conceptual NAM model. The meteorological stations provided 6-hourly rainfall and hourly evapotranspiration. Two hydrological stations namely Son Giang and An Chi in the upstream were applied in the calibration and validation. The output of NAM (water discharge at Son Giang and An Chi stations) were used as input data in Telemac-2D model. The flood event recorded in Tra Khuc and Song Ve hydrological stations in the period of November 2 to 11, 2007 were used for the calibration, whereas the flood events from September 28 to October 4, 2009 and November 15 to 18, 2013 were used for validation. The topographic map of Quang Ngai Province with the scale of 1:10000 and the DEM with the size 30x30 m was

also collected to simulate and floodplains and inundation risk in this study.

2.3 Rainfall-runoff hydrological model

The NAM model is a part of the 1D river modeling system to simulate the rainfall-runoff process in sub-catchments (Havnø et al., 1995). This model has been applied to a number of catchments with different hydrological regimes and climatic conditions around the world. Arcelus (2001), Kjelstrom and Moffat (1981), Kjelstrom (1998), Fleming (1975), Shamsudin and Hashim (2002) and many other researchers have carried out rainfall-runoff modeling using the NAM model. It represents the various components of the rainfall-runoff process by continuously accounting for the water content in four different mutually interrelated storages where each storage represents different physical elements of the catchment. The nine most important parameters of the NAM model (shown in **Table 1**) are determined by the calibration process. An optimization algorithm was applied for the parameter calibration in NAM model.

Table 1. The nine most important parameters of the NAM model.

No.	Parameter	Unit	Description	Parameter range	Effects
1	$U_{\max}$ (mm)	Mm	Maximum water content in surface storage	5.76-20	Overland flow, infiltration, evapotranspiration, interflow
2	$L_{\max}$ (mm)	Mm	Maximum water content in lower zone/root storage	100-300	Overland flow, infiltration, evapotranspiration, base flow
3	C_{QOF}		Overland flow coefficient	0.1-1	Volume of overland flow and infiltration
4	T_{OF}		Interflow drainage constant	0-0.99	Drainage of surface storage as interflow
5	T_{IF}		Overland flow threshold	0-0.99	Soil moisture demand that must be satisfied for overland flow to occur
6	TG		Interflow threshold	0-0.99	Soil moisture demand that must be satisfied for groundwater recharge to occur
7	C_{KIF} (hours)	hours	Groundwater recharge threshold	200-1000	Routing overland flow along catchment slopes and channels
8	C_{K1K2} (hours)	hours	Time constant for overland flow and interflow routing	10-50	Routing interflow along catchment slopes
9	C_{KBF} (hours)	hours	Time constant for base flow	500-10000	Routing recharge through linear groundwater recharge

2.4 Description of Telemac-2D model

Telemac-2D is an ideal modeling framework for the rivers due to its finite element grids which allow graded mesh resolution (Hervouet, 2007). The 2D program solves the Saint-Venant or shallow water equations on triangular or quadrilateral elements, through the application of both conservations of mass and momentum equations. The main results give the water depth and the average vertical velocity at each point of the resolution mesh (Villaret and Hervouet, 2006). In many problems of the hydrodynamic simulation of the rivers, the flow varies slightly in the vertical direction and it can be realized that the equations in two

dimensions can be considered to solve the problems. In fact, from Navier-Stokes (3D) to Saint-Venant (2D) it is assumed that vertical velocities are almost zero and the variables can be integrated vertically (Roche et al., 2012). The hydrodynamic models based on the full set of 2D Saint-Venant equations are as follows:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{xx}}{\rho} + F_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{yy}}{\rho} + F_y \quad (3)$$

3. Results and discussion

3.1 Rainfall-runoff hydrological model

3.1.1. Input data

The input data of the NAM model is hydro-meteorological data such as rainfall, evapotranspiration and water discharge, which are also used for the calculation, calibration, and validation of the model. The data requirements for this model are 1-hour precipitation, 3-hour precipitation, 6-hour precipitation or 12-hour precipitation at Son Tay, Son Giang, Tra Khuc, Song Ve, An Chi, Minh Long, Ba To and Gia Vuc stations (their locations are shown in Fig. 2); and average-6-hour evapotranspiration at the stations. The hourly flow data at Son Giang and An Chi stations were applied to calibrate and validate the model. The hydro-meteorological data used to calibrate the model was extracted from November 02 to 11, 2007, and was extracted from September 27 to October 04, 2009 and November 15 to 18, 2013 to validate the model.

3.1.2. Model evaluation statistics

In this study, model evaluation was used several quantitative statistics such as Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), Percent bias (PBIAS) and RMSE-observations standard deviation ratio (RSR) in order to calculate and compare the observed and simulated water levels and stream-flows. The model evaluation performance ratings for each quantitative statistic are presented in Table 2. The model performance can be evaluated as "satisfactory" if $NSE > 0.5$ and $RSR \leq 0.7$ and, for observed data of typical uncertainty, if $PBIAS \pm 25\%$ for stream-flow. The recommended values for adequate model calibration are within the "good" and "very good" performance ratings presented in Table 2.

Table 2. Evaluation criteria for the quality indicators (Moriasii et al., 2007).

Performance Rating	RSR	NSE	PBIAS (%) Streamflow
Very good	$0 \leq RSR \leq 0.5$	$0.75 < NSE \leq 1$	$PBIAS < \pm 10$
Good	$0.5 \leq RSR \leq 0.6$	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Satisfactory	$0.6 \leq RSR \leq 0.7$	$0.5 < NSE \leq 0.65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Unsatisfactory	$RSR > 0.7$	$NSE \leq 0.5$	$PBIAS \geq \pm 25$

NSE, PBIAS and RSR are computed as shown in equation 4, 5, 6 as follows:

$$NSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{sim} - Q_i^{obs})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - \bar{Q})^2} \quad (4)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{sim}) \times 100}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs})} \quad (5)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{sim})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - \bar{Q})^2}} \quad (6)$$

3.1.3. Calibration and validation of the hydrological model

The calibration results for two flood events show an agreement about the phase and vibration amplitude in 2007 at Son Giang and An Chi stations: Even though to achieve fitting among multiple peaks are relatively difficult, in this study the simulated values of two peak floods during November 02-11, 2007 show a good consistent with their measured ones (**Fig. 3**). For example, at An Chi station in 2007 the simulated peak discharge value is $14.1 \text{ m}^3/\text{s}$ smaller than the observed value with a maximum error of 1% and at Son Giang station in 2007; the simulated peak discharge value is $116 \text{ m}^3/\text{s}$ smaller than the observed with a maximum error 1.7% (**Table 3**). It is clear that in calibration process in both stations, the calculated and observed peak discharge error is smaller than 2%.

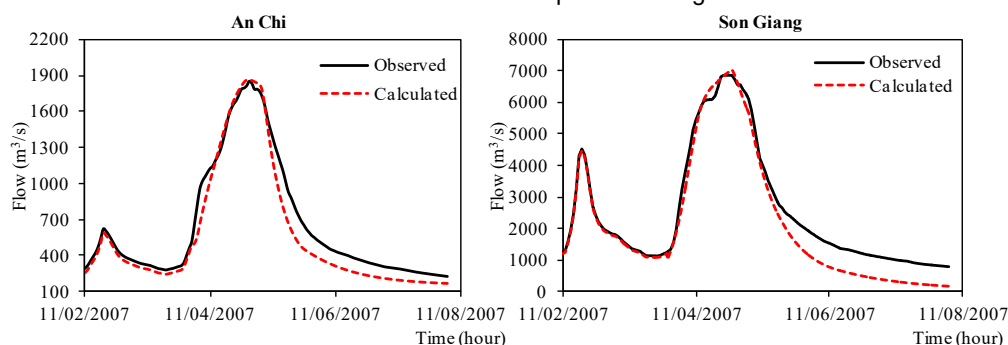


Fig. 3. Calibration of streamflow at An Chi and Son Giang stations in 2007.

The validation results of the flood events at the Son Giang and An Chi stations from September 27 to October 04, 2009 and November 15 to 18, 2013 illustrate a good agreement between the calculated and observed values with a little discrepancy (**Fig. 4**). For instance, the simulated peak discharge value is smaller than the observed one at An Chi station with a maximum peak discharge error of 2.58%; by contrast, the simulated peak discharge value is larger than the observed one at Son Giang station with the maximum peak discharge error about 2.88%.

The Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) is calculated to evaluate the percentage of accuracy or goodness of the simulated values with respect to their observed values. The NSE values equal to 1 indicates the best (perfect) performance of the model (Nash and Sutcliffe, 1970). NSE values for the stream-flow calibration and

validation ranged from 0.83 to 0.94. The simulation of stream-flow by using NAM model has good results which are absolutely appropriate to graphical results. The values of RSR are represented with varying degrees from 0.11 to 0.29 in calibration and validation respectively. These values demonstrate that the model's performance in the calculation of the streamflow residual variation obtained qualified success. In the meantime, PBIAS ranges from 1.31% to 2.2% for calibration and from -5.62% to 8.6% for validation (**Table 3**). Average scale of stream-flow simulation indicators is produced in a sterling selection ($PBIAS < \pm 10$) in both calibration and validation. The parameters of NAM model in calibration and validation are displayed in **Table 4**. The simulation of NAM model for stream-flow was relevant to the tendency of NSE, RSR, and PBIAS.

Table 3. The results of streamflow calibration and validation of NAM model.

Test	Flood events	River	Station	NSE	RSR	PBIAS %	ΔQ_{max}	
							(m ³ /s)	%
Calibration	02-11/11/2007	Ve	An Chi	0.83	0.11	1.31	-14.1	-0.76
		Tra Khuc	Son Giang	0.9	0.22	2.2	-116	-1.7
Validation	28/09 - 04/10/2009	Ve	An Chi	0.9	0.14	-5.62	-54.6	-2.58
		Tra Khuc	Son Giang	0.92	0.017	0.12	127	1.2
	15-18/11/2013	Ve	An Chi	0.89	0.27	7.04	-62.2	-1.95
		Tra Khuc	Son Giang	0.94	0.29	8.6	271	2.88

Table 4. The calibrated and validated parameters of the NAM model.

Sub-basin	U_{max} (mm)	L_{max} (mm)	C_{QOF}	C_{KIF} (hour)	C_{K1K2} (hour)	T_{OF}	T_{IF}	TG	C_{KBF} (hour)
BASIN1	11	100	0.88	797	14	0.1	0.2	0	2000
BASIN2	12	102	0.87	717	13	0.1	0.2	0	2000
BASIN3	10	100	0.99	650	10	0.12	0.1	0	2000
BASIN4	10	100	0.85	720	10	0.15	0.15	0	2000
BASIN5	10	100	0.85	600	10	0.2	0.15	0	2000
BASIN6	17	170	0.85	950	13	0.02	0.09	0	2000
BASIN7	20	200	0.85	980	13	0.03	0.09	0.01	2000
BASIN8	20	200	0.82	950	15	0.03	0.07	0.01	2100
BASIN9	10	102	0.87	640	15	0.1	0.15	0.01	2100
BASIN10	10	105	0.87	580	14	0.1	0.1	0.01	2100
BASIN11	10	100	0.85	600	10	0.15	0.1	0.01	2100

3.2 Telemac-2D model

3.2.1. Topography data

The topographic data (DEM, the slope map) was collected from data released in 2013 by the Ministry of Agriculture and Rural Development. The digital elevation model was established from assembling the topographic maps 1:10000 where the contours were identified with relatively high accuracy. The definition of the geometry of river channels is a fundamental step. The river topography and hydraulic

structures have a major impact on the simulated results. In 2D models, the meshes provide the detailed information about the topography of the bed and bottom of the rivers. Thus, the more accurate data is, the closer to the reality of model estimation. In addition, the meshes are refined at the rivers' bed and bottom. It is therefore considering triangular meshes of about 10m to obtain maximum accuracy in the results. Then, we impose a lighter mesh of about 50m in the major bed, while to the rest of the field we impose a criterion of

200m. Finally, we get a geometry file for simulation in Telemac-2D model containing 51,058 nodes (**Fig. 5**). Figure 5 shows the uniformity in the cross-sections of the rivers, as shown in artificial waterways. The bathymetry mesh for the river channel is built from spatially interpolating from DEM and the slope map. The spatial interpolation of cross-section data affects the accuracy of two-dimensional hydraulic models significantly. Blue-Kenue, which is commonly used to generate the mesh and analyze simulation results for Telemac-2D, is an isotropic mesh generator. However, anisotropic interpolation methods are more appropriate than isotropic methods for generating the bathymetry of the river channels, especially in meandering rivers. Therefore, this paper has applied an approach combining an anisotropic interpolation method and Blue-Kenue for generating the bathymetry mesh in the study site.

3.2.2. Initial and Boundary conditions

Initial conditions which can be discharge or water level represent the state of the model at the start of the simulation. In this study, the computation commences from quiescent initial conditions. The initial water level in the model domain is that of the downstream outlet. The accuracy (tolerance) between two-time steps was set to 0.001 at all nodes for all variables (u , v and h). The computation continued until a steady state is reached throughout the model domain.

MATISSE (MATISSE is part of a processing sequence, namely the TELEMAC system) is used to build the grid of triangular elements. There are two types of boundaries in the computational domain, namely walls (solid boundaries) and open (liquid) boundaries. The types of boundary conditions used in the current modeling study were:

Imposed flow rate at the upstream boundary: A flow value is prescribed at the inlet of the channel. To accelerate the achievement of quasi-steady state conditions, a gradual (stepwise) increment of discharge (Q) with time is introduced in equation 7 as:

$$Q = \frac{t}{3600} Q_{ref} \text{ for } 0 < t \leq 3600; Q = Q_{ref} \text{ for } t > 3600 \quad (7)$$

Water level at the downstream boundary: In order to achieve and maintain the steady state condition in the channel, the water level at the downstream end (outlet) of the channel is used throughout the model computation.

3.2.3. Calibration and validation of the Telemac-2D model

Telemac-2D model is calibrated in order to determine the variations of hydraulic parameters during the flood events. The calibration model is calculated based on the observed data in the flood event during November 02-11, 2007. Validation model uses the water level data at Tra Khuc and Song Ve stations during September 29 to October 01, 2009 and November 15 to 18, 2013. The results of calculated and observed water level at two stations Tra Khuc and Song Ve are in good agreement with vibration amplitude, absolute value and the tide phases both for calibration and validation (**Fig. 6 and Fig. 7**). Graphical results for calibration and validation indicate adequate calibration and validation over the range of stream-flow, although the calibration results show a better match than the validation results. NSE values for the water level calibration and validation ranges from 0.9 to 0.96. The simulation of Telemac-2D model perfectly analyzes the direction of stream-flow as it can be seen in the statistics which are pertinent to graphical results. RSR values represent a wide range of value running from 0.13 to $0.32 < 0.5$ in both calibration and validation. The values prove that the model functions stream-flow residual variations in an effective way. The PBIAS values, on the other hand, vary from -4.51% to -3.21% for calibration and from -8.37% to -1.42% for validation (**Table 5**). The average scale of stream flow simulation indicators was produced in a sterling selection ($PBIAS < \pm 10$) in both calibration and validation. The simulation of Telemac-2D model for stream flow was relevant to the tendency of NSE, RSR, and PBIAS. The parameters of Telemac-2D model in calibration and validation are shown in **Table 6**. The trial-and-error method is utilized to determine the optimal parameters. The final parameters in the calibration process are used in the validation model process. The calibration results of Telemac-2D model show that the model could be utilized to calculate and simulate well with the floodplain problem in the study area. Figure 8 shows the floodplain water depths (**Fig. 8a**) and bottom elevation (**Fig. 8b**) in the study site. The calculated results from the model show that the flow regime in this study site is not complicated.

Table 5. The results of calibration and validation of Telemac-2D model.

Test	Flood events	River	Station	NSE	RSR	PBIAS	H _{max} (cm)	ΔH (cm)
Calibration	02-11/11/2007	Ve	An Chi	0.96	0.2	-3.21	512	-2
		Tra Khuc	Son Giang	0.92	0.28	-4.51	731	9
Validation	29/09/2009 -	Ve	An Chi	0.95	0.17	-3.05	528	-9
	01/10/2009	Tra Khuc	Son Giang	0.91	0.15	-1.42	811	-1
	15-	Ve	An Chi	0.94	0.13	-2.46	612	-9
	18/11/2013	Tra Khuc	Son Giang	0.9	0.32	-8.37	867	-9

Table 6. The parameters of the Telemac-2D model.

Parameters	2007	2009	Final parameters
Bottom Smoothing	1	1	1
Friction Coefficient	1.53	1.25	0.94
Implication for Depth	0.35	0.44	0.39
Implication for Velocity	0.28	0.42	0.35
Maximum Number of Iterations for Solver	1000	1000	1000
Solver Accuracy	0.001	0.001	0.001

The achieved results in the validation model show that the flow distribution in the basin is quite consistent with reality. The computational simulation shows an overall picture of the flooding situation in the study area. The calculated results of the model are the basis for the analysis and assessment of the flood events in the past and establishment of the inundation scenarios.

3.2.4. Establishing inundation maps

To map floodplain for the study area, the analytical tools and map editor in ArcGIS software are used. Floodplain mapping is made based on the output results of the Telemac-2D model in the validation and simulation for two flood events in 2009 and 2013. The scenarios for developing inundation maps used water level at the control stations are analyzed, calculated, calibrated and validated by Telemac-2D model. The results of floodplain mapping are calculated from the Telemac-2D model combined with the GIS analysis technology to construct the layers of the floodplain use the water depths at the main stations to support the database for the inundation risk technology. A comparison between the calculated floodplain map and historical floodplain map recorded by surveys are relatively consistent in 2009 (**Figs. 9a and 9b**). An

average error of the flood trace elevation is 0.3m. The maximum error of the flood trace elevation is 0.5m. The maximum floodplain area error at the elevation of 4m is 7.3 percent. The minimum floodplain area error at the elevation of 2 m is 1.3 percent (**Table 7**). Based on the results of calculated and validated the flood event in 2009, inundation maps continue to be constructed for the flood event during October 17-18, 2013 (**Figs. 10a and 10b**). An average error of the trace flood elevation is 0.4m. The maximum error of the trace flood elevation is 0.6m. The development of inundation risk maps plays an important role in planning and management, which is to support for plans of response and displacement/evacuation before and during severe flood events in history.

Table 7. A comparison between the calculated floodplain region and survey floodplain region in 2009.

Depth (m)	Inundation area (ha)		Error (%)
	Simulation	Survey	
2009			
1m	3459	3606	-4.1
2m	1712	1734	-1.3
3m	872.8	931	-6.3
4m	38	41	-7.3

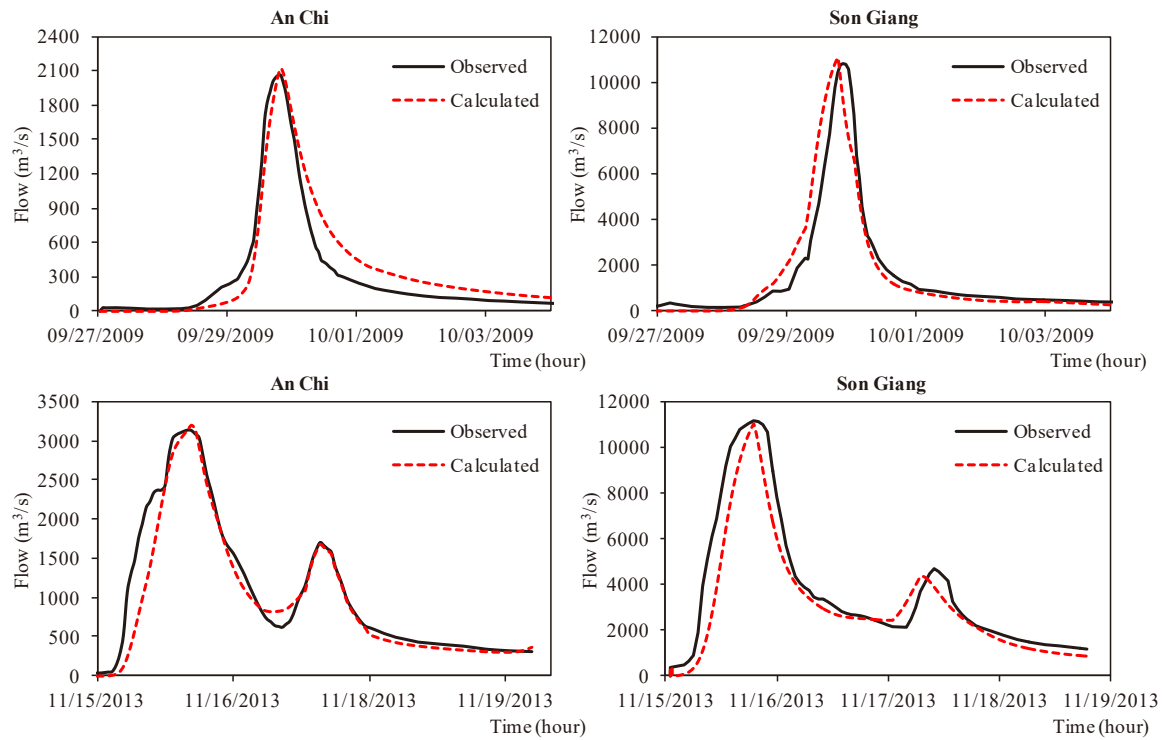


Fig. 4. Validation of stream flow at An Chi and Son Giang stations in 2009 and 2013.

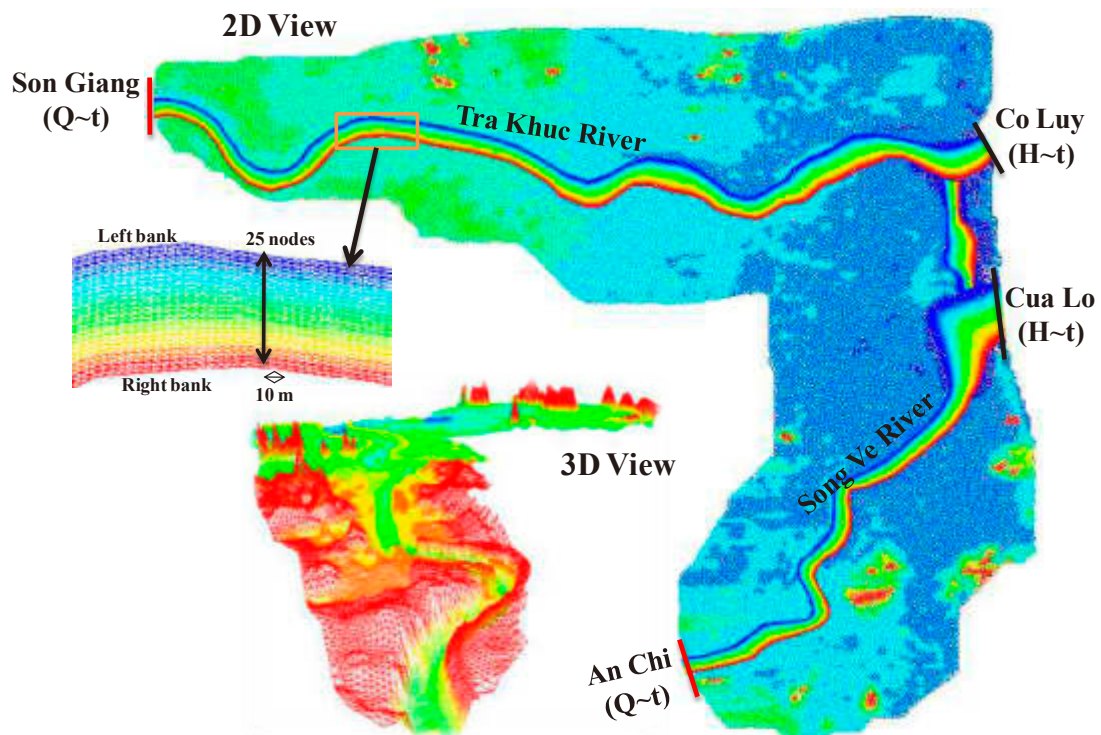


Fig. 5. Bathymetry mesh 2D, 3D in BlueKenue.

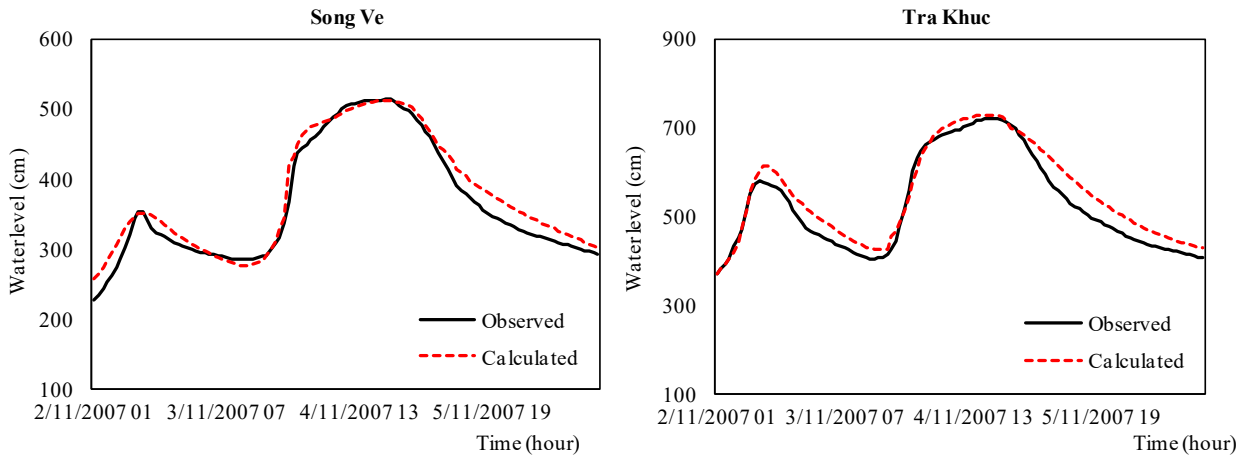


Fig. 6. Calibration of water level at Song Ve and Tra Khuc stations in 2007.

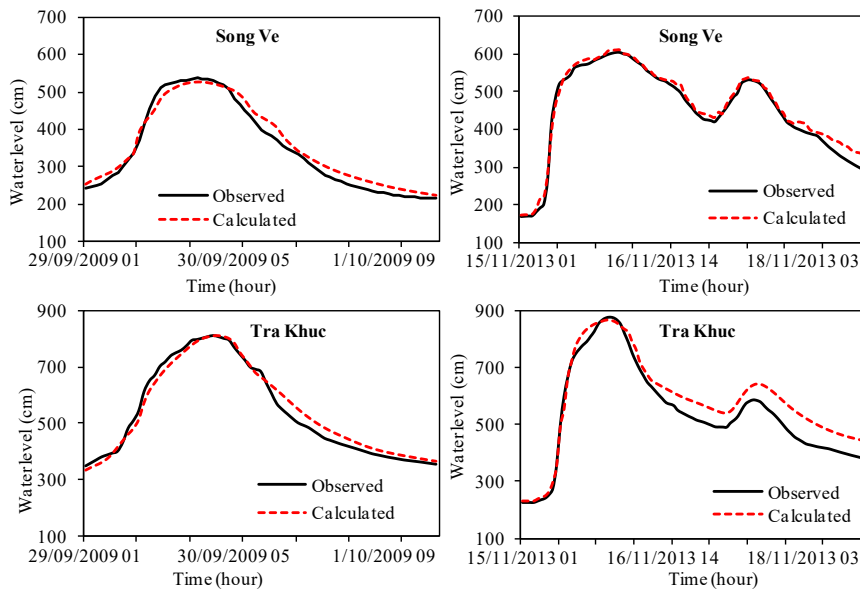


Fig. 7. Validation of water level at Song Ve and Tra Khuc station in 2009 and 2013.

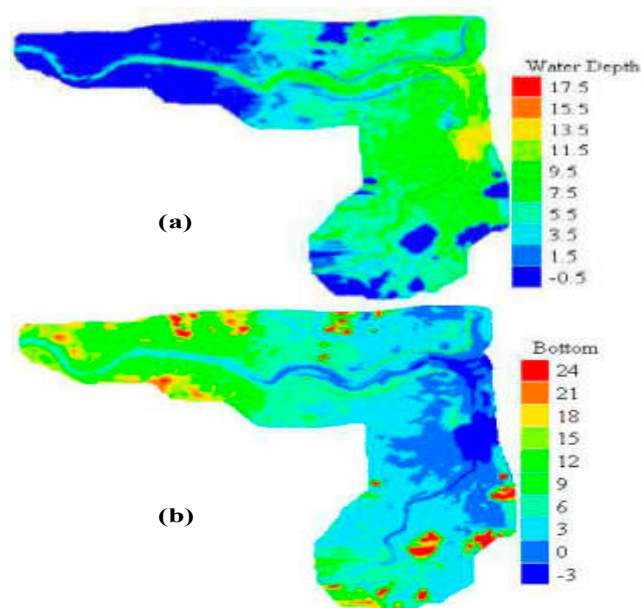


Fig. 8. Results of the Telemac-2D model in 2007: (a) Water depth (m), (b) Bottom elevation (m).

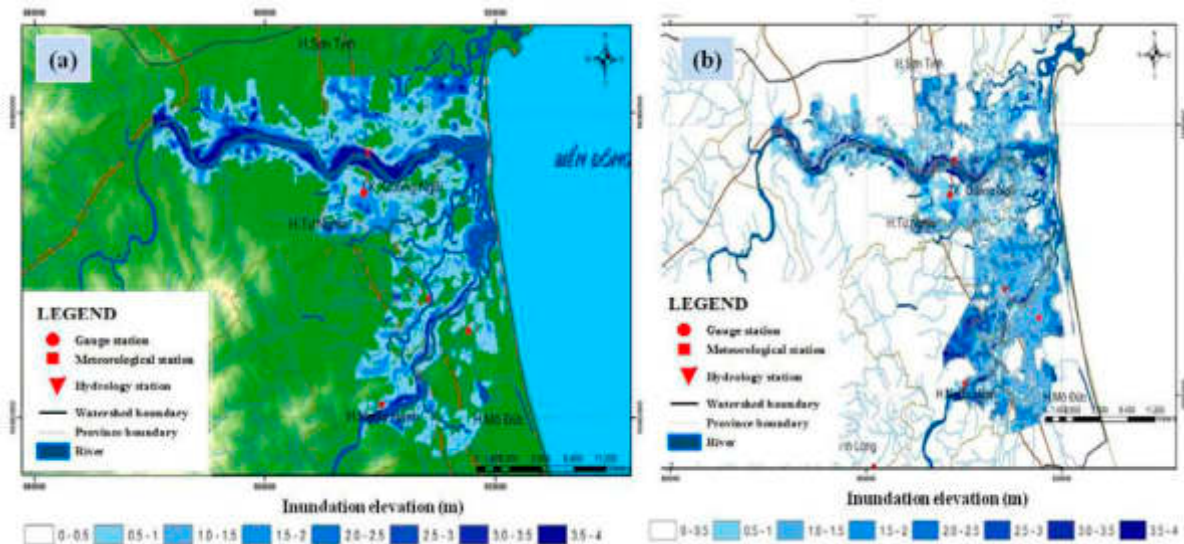


Fig. 9. (a) Calculated floodplain map, (b) Survey floodplain map during September 29 to October 01, 2009.

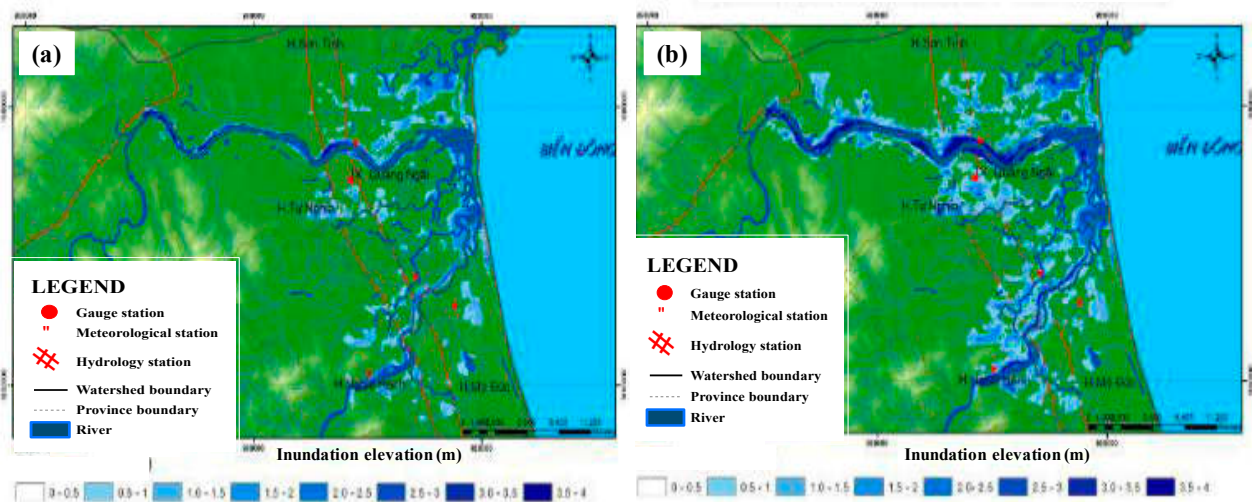


Fig. 10. The floodplain warning maps: (a) at 7 am on October 17, 2013; (b) at 7 am on October 18, 2013.

4. Conclusion

In this study, inundation maps and inundation risk maps are calculated and established in the Tra Khuc-Song Ve river catchment in Quang Ngai Province, Viet Nam. The hydrological model-NAM is successfully used to calculate the flow discharge at two hydrological stations namely Son Giang and An Chi. The results of calibration and validation have high agreement between the calculated and observed flow data in 2007, 2009 and 2013. The NSE, RSR and PBIAS statistics have a goodness-of-fit of the simulated values with their observed values. Thus, the hydrological model can simulate the stream-flow well and therefore, be a high-secured input data for the Telemac-2D model.

Telemac-2D model is successfully applied to calculate and simulate hydraulic regimes in the study area. The results of the calibration and validation model

show a high conformity between the calculated and observed water level at Tra Khuc and Song Ve stations about the phase and amplitude in 2007, 2009 and 2013. The inundation maps were established based on the combination of the results of Telemac-2D model with the GIS analysis technology in the study area. The comparison between the calculated inundation map and historical inundation map recorded by surveys are relatively consistent in 2009 with a low error. The establishment of inundation risk maps plays an important role in planning and management in 2013. Finally, this paper has given us an opportunity to understand the application capabilities of the Telemac-2D model and GIS in the construction of inundation maps in the study area. The study results showed that the reliability and application of the Telemac-2D model in other watersheds in Viet Nam.

Acknowledgements

The authors are grateful and thank MsC. Vu Duc Long for his assistance with the collection of topographic and meteorological data for this paper. The authors are thankful to the Viet Nam National Center for Hydro-Meteorological Forecasting for this research opportunity and for the facilities that were used to perform the study. The authors are grateful to the anonymous reviewers who provided useful comments and suggestions for the improvement of this manuscript.

References

- Aronica, G., Bates, P.D. and Horritt, M.S., 2002. Assessing the uncertainty in distributed model predictions using observed binary pattern information within GLUE. *Hydrology Processes*, **16** (10): 2001-2016.
- Arcelus, E.A., 2001. Coupling two hydrological models to compute runoff in ungauged basins. Project Report, National Directorate of Hydrography, Ministry of Transport and Public Works of Uruguay.
- Bates, P.D. and De Roo, A.P.J. 2000. A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, **236** (1-2): 54-77.
- Bates, P.D., Horritt, M.S., Smith, S.N. and Mason, D., 1997. Integrating remote sensing observations of flood hydrology and hydraulic modeling. *Hydrological Processes*, **11** (14): 1777-1795.
- Catherine, V. and Hervouet, J.M., 2006. Comparaison croisée de différentes approches pour le transport sédimentaire par charriage et suspension. IXèmes Journées Nationales Génie Civil - Génie Côtier, 12-14 September 2006, Brest.
- Doan, Q.T., Nguyen, C.D., and Chen, Y.C., 2013. Trajectory Modelling of Marine Oil Spills: Case Study of Lach Huyen Port, Vietnam. *Lowland Technology International*, **15** (02): 41-25.
- Doan, Q.T., Nguyen, C.D., Chen, Y.C. and Mishra, P.K., 2015. Application of environmental sensitivity index (ESI) maps of shorelines to coastal oil spills: a case study of Cat Ba Island, Vietnam. *Journal of Environmental Earth Sciences*, **74** (04): 3433-3451.
- Doan, Q.T., Nguyen, C.D., Chen, Y.C. and Mishra, P.K., 2014. Modeling the influence of river flow and salinity intrusion processing in the Mekong river estuary, Vietnam. *Lowland Technology International*, **16** (01): 14-25.
- Doan, Q.T. and Quach, T.T., 2016. Effect of climate change on the salinity intrusion: case study Ca river basin, Vietnam. *Journal of Climate Change*, **02** (01): 91-101.
- Donnell, B.P., Letter, J.V., McAnally, W.H., others. 2001. User's guide for RMA2 version 4.5: Vicksburg, Miss., U.S. Army, Engineer Research and Development Center, Waterways Experiment Station, Coastal and Hydraulic Laboratory, <http://chl.wes.army.mil/software/tabs/docs/http>.
- Fleming, G., 1975. Computer simulation techniques in hydrology. Elsevier: New York, (18-53): 239-252.
- Hydrologic Engineering Center (HEC) 2001. HEC-RAS River analysis system, User's manual, version 3.0, U.S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- Horritt, M.S. and Bates, P.D. 2001. Predicting floodplain inundation: raster-based modelling versus the finite-element approach. *Hydrological Processes*, **15**: 825-842.
- Havnø, K., Madsen, M.N. and Dørge, J., 1995. MIKE 11 - a generalized river modelling package. In: Singh, V.P. (Ed.). *Computer Models of Watershed Hydrology*, Water Resources Publications, Colorado: 733-782.
- Hervouet, J.M., 2007. *Hydrodynamics of Free Surface Flow: Modeling with the Finite Element Method*. Wiley Online Library: pp 341.
- Kjelstrom, L.C. and Moffat, R.L., 1981. A Method for estimating Flood-Frequency parameters for streams in Idaho. Open-File Report, U. S. Geological Survey, Boise, Idaho: pp 81-909.
- Kjelstrom, L.C. 1998. Methods for estimating selected Flow-Duration and Flood-Frequency characteristics at un-gauged sites in central Idaho. Water-Resources Investigations Report, U. S. Geological Survey, Boise, Idaho: pp 10.
- Klijn, F., Baan, P.J.A., De Bruijn, K.M. and Kwadijk, J., 2007. Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat. WL J. delft hydraulics, Delft, Netherlands: pp 166.
- Luong, T.A., 2011. Application of Hydro-mathematical Models for Flood Forecast and Inundation Warning of Tra Khuc-Ve River Basins. *VNU Journal of Science, Earth Sciences*, **27** (1): 47-53.
- Mason, D.C., Cobby, D.M., Horritt, M.S. and Bates, P.D., 2002. Two-dimensional hydraulic flood modeling using floodplain topographic and vegetation features derived from airborne scanning laser altimetry, EGS XXVII General Assembly, Nice, France, book of abstracts.
- Nguyen, V.S., 2006. Environmental Degradation at the Downstream and Mouth of Tra Khuc River: Causes and Protection Solutions. Proc. Vietnam-Japan Estuary Workshop, Hanoi, Vietnam, pp. 106-111.

- Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I-A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, **10** (3): 282-290.
- Nachtnebel, H.P., 2003. New strategies for flood risk management after the catastrophic flood in 2002 in Europe. In: Disaster prevention research institute (DPRI) of the Kyoto University and International Symposium on Integrated Disaster Risk Management (IDRM-2003), 3-5 July, 2003, Kyoto, International Conference Hall, Kyoto, Japan.
- Roche, P.A., Miquel J. and Gaume, E., 2012. Hydrologie quantitative, Processus, modèles et aide à la décision. Quantitative Hydrology Processes, models and decision support. Springer Books, Paris, France.
- Sinnakaudan, S.A., Ghani, A. and Kiat, C.C., 2002. Flood inundation analysis using HEC and ArcView GIS 3.2a. Proceeding of the 5th International Conference on Hydrosience and Engineering, Warsaw, Poland.
- Shamsudin, S. and Hashim, N., 2002. Rainfall-Runoff simulation using MIKE 11 NAM. *Journal of Civil Engineering*, **15**(2): 1-13.
- Van der Sande, C.J., de Jong, S.M., and de Roo, A.P.J., 2003. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **4**(3): 217-229.
- Villaret, C. and Hervouet, J.M., 2006. Comparaison croisée de différentes approches pour le transport sédimentaire par charriage et suspension, National Laboratory of Hydraulics and Environment. Paper presented at the IXèmes Journées Nationales Génie Civil - Génie Côtier, Brest: 463-470.
- USGS 2003. Computational Technique and Performance of Transient Inundation Model for Rivers-2 Dimensional (TRIM2RD): A Depth-Averaged Two-Dimensional Flow Model, Open File Report, by US Geological Survey, Tacoma, Washington.
- <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/4f4e4b19e4b07f02db6a7c26>.

Symbols and abbreviations

t	The time in seconds (s)
x, y	The Cartesian coordinates (m)
h	The water depth (m)
u, v	The depth-averaged flow velocities in x and y directions (m/s)
z_s	The water surface elevation
g	The gravitational acceleration (m/s^2)
ρ	The water density (g/m^3)
T_{xx}, T_{yy}	The depth-averaged turbulent stresses
F_x, F_y	The Coriolis forces
Q_i^{sim}	The i^{th} simulated value for the constituent being evaluated
Q_i^{obs}	The i^{th} observation for the constituent being evaluated
$\bar{Q}$	The mean of observed data for the constituent being evaluated
n	The total number of observations
Q	The flow value (m^3/s)
Q_{ref}	The flow value at the upstream boundary (m^3/s)

CONSENT LETTER

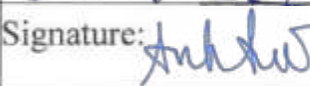
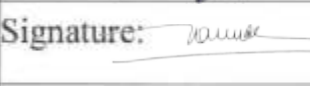
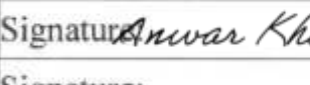
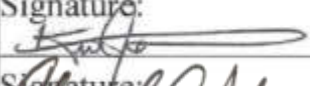
To whom it may concern

Journal title: Journal of Hydrology

Article title: Assessing Cumulative Impacts of the Proposed Lower Mekong Basin Hydropower Cascade on the Mekong River Floodplains and Delta – Overview of Integrated Modeling Methods and Results

Authors: Le Duc Trung, Nguyen Anh Duc, Linh Thu Nguyen, Tran Hong Thai, Anwar Khan, Kurt Rautenstrauch, Cheryl Schmidt

We would like to inform you that we are totally aware and agree that Dr. Tran Hong Thai is the key author for this manuscript (on behalf of signatures of all co-authors).

Title and name: Dr. Le Duc Trung	Signature: 	Date: 24/6/2019
Title and name: Dr. Nguyen Anh Duc	Signature: 	Date: 24/6/2019
Title and name: Mr. Linh Thu Nguyen	Signature: 	Date: 24/6/2019
Title and name: Dr. Tran Hong Thai	Signature: 	Date: 26/06/2019
Title and name: Dr. Anwar Khan	Signature: 	Date: 24 June 2019
Title and name: Dr. Kurt Rautenstrauch	Signature: 	Date: 6/29/19
Title and name: Dr. Cheryl Schmidt	Signature: 	Date: 24 Jun 2019

Accepted Manuscript

Research papers

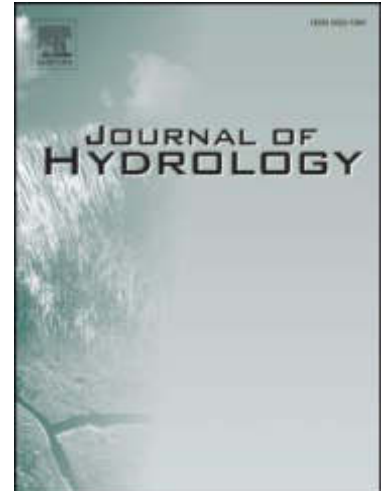
Assessing Cumulative Impacts of the Proposed Lower Mekong Basin Hydro-power Cascade on the Mekong River Floodplains and Delta – Overview of Integrated Modeling Methods and Results

Le Duc Trung, Nguyen Anh Duc, Linh Thu Nguyen, Tran Hong Thai, Anwar Khan, Kurt Rautenstrauch, Cheryl Schmidt

PII: S0022-1694(18)30029-5
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.029>
Reference: HYDROL 22511

To appear in: *Journal of Hydrology*

Received Date: 26 July 2017
Revised Date: 9 January 2018
Accepted Date: 10 January 2018



Please cite this article as: Trung, L.D., Duc, N.A., Nguyen, L.T., Thai, T.H., Khan, A., Rautenstrauch, K., Schmidt, C., Assessing Cumulative Impacts of the Proposed Lower Mekong Basin Hydropower Cascade on the Mekong River Floodplains and Delta – Overview of Integrated Modeling Methods and Results, *Journal of Hydrology* (2018), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.029>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Assessing Cumulative Impacts of the Proposed Lower Mekong Basin Hydropower Cascade on the Mekong River Floodplains and Delta

– Overview of Integrated Modeling Methods and Results

Le Duc Trung^a, Nguyen Anh Duc^a, Linh Thu Nguyen¹, Tran Hong Thai^b, Anwar Khan^c, Kurt Rautenstrauch^c, Cheryl Schmidt^c

^aViet Nam National Mekong Committee, Hanoi, Viet Nam

^bViet Nam Hydrological and Meteorological Service, Hanoi, Viet Nam

^cHDR EOC, Englewood, Colorado, USA

Corresponding Author: Cheryl Schmidt, cheryl.schmidt@hdrinc.com, +1-720-877-1573 (mobile), 18897 Eichler Rd, Newell, SD 57760

Abstract: Approach, methods, and results from a comprehensive integrated water resources modeling framework for the Lower Mekong Basin (LMB) are presented in this paper. The modeling suite was specifically tailored to the known conditions and data availability at key locations within the LMB and more particularly within the floodplains of Cambodia and the Mekong River Delta of Vietnam. Model simulation output was used to project cumulative changes to hydraulic, sediment, and water quality parameters likely to occur in this relatively unique system under multiple scenarios of hydropower development in the LMB. While substantial changes in river flow regimes are predicted as a result of hydropeaking operations especially when combined with dry-season drawdowns to maximize power production, the multiple-scenario analysis indicated that overall, the largest changes are expected to be in loss of sediment and nutrient transport and reduction of water quality due to increased salinity intrusion into areas of the Mekong Delta.

Keywords: Mekong, Vietnam, hydropower, modeling, nutrient transport

1. Introduction and Background

Twelve hydropower projects (11 dams and 1 large water diversion project) have been proposed for the Mekong River mainstream in Lao PDR and Cambodia to increase power generation capacity (Figure 1). Construction and operation of any or all of these projects could

have substantial environmental and socio-economic effects in all four Lower Mekong Basin (LMB) countries. In particular, the downstream floodplains of Cambodia and Viet Nam, along with the Mekong River Delta, could experience the greatest impacts. As a first step in evaluating the potential effects of hydropower development on these countries, an integrated modeling framework was developed to provide best available data on cumulative changes to hydrological, sediment, and water quality parameters due to multiple scenarios of hydropower development.

Fig. 1. Locations of proposed LMB mainstream hydropower projects.

Several prior studies have reported on potential effects of tributary and mainstream hydropower development in the LMB, including the Strategic Environmental Assessment (SEA) of Hydropower on the Mekong Mainstream (ICEM 2010) and the Lower Mekong Basin Development Plan 2 (BDP2) (MRC 2011). Another recent relevant report is a Working Paper on Economic, Environmental and Social Impacts of Hydropower Development in the LMB (Intralawan et al. 2015), which updates prior analyses reported by Costanza et al. (2011).

The SEA took a higher-level strategic perspective that was focused on providing policy options for mainstream hydropower development and it provided input to the Mekong River Commission's (MRC) Procedures for Notification, Prior Consultation and Agreement process. The BDP2 evaluated costs and benefits of different basin-wide hydropower development scenarios across all four countries, including full mainstream (11 proposed dams) and tributary development (30 planned tributary dams) through 2030. These studies also evaluated the cumulative effects of mainstream hydropower development on people and resources throughout the LMB, including the Mekong Delta.

The SEA and other prior studies concluded that, while collectively the proposed LMB dams would produce almost 15,000 megawatts of power and boost regional energy production by almost 25%, development of mainstream hydropower projects would have significant effects on

the movement of water and sediment in the LMB, including changes to the timing and magnitude of seasonal flows. Additional studies, such as those by Wild and Loucks (2015) and MRC (2016) show that projected impacts to sediment transport and seasonal flows could potentially be exacerbated by developments on tributaries to the Mekong. These cumulative impacts could devastate fisheries and riverside gardens, which in turn would affect food security of a large majority of the 60 million people that inhabit the LMB and rely upon river resources for much of their food supply. A World Wildlife Fund study (WWF 2013) reported that downstream sediment loads, which have already been impacted by existing dams, and sand mining, could be reduced further by the proposed LMB dams causing further loss of agricultural lands in the delta; lands which are already impacted by subsidence due to groundwater abstraction. Changes in river flood pulses could also lead to increased salt water intrusion, which could become more severe with the changing climate and rapid land development in the delta. The studies also identified substantial data uncertainty and limitations to the assessment process, such as uncertainty about future development scenarios, social data, and the response of fisheries to changes in aquatic systems. The models and data used to characterize hydropower development impacts by prior studies for the entire LMB have substantial limitations for the evaluation of impacts in the Mekong River floodplains and the Mekong Delta. This is because the environment in the delta differs considerably from the rest of the LMB in many ways. For example, river flows in the Vietnamese portions of the Mekong Delta are highly controlled by a series of canals, dikes, and related infrastructures. These water management structures must be accounted for in delta-specific analyses and hydrological models. Models of the Mekong Delta in particular must also consider tidal fluctuations, salinity intrusion, and other influences of the marine and coastal environment. In addition, the delta differs from the rest of the LMB because it is highly developed (more urbanized) and densely populated, and land use is dominated by extensive agricultural production. Also, much of the available historical data is not most suitable for environmental impact analyses.

Other studies have evaluated impacts associated with individual tributary dams in the LMB (Hecht and Lacombe 2014, Lacombe et al. 2014, Piman et al. 2012, Reis et al. 2014, and Warren 1999). The results from analyses of smaller tributary dams cannot be extrapolated to the entire basin.

Therefore, the Government of Viet Nam, in close cooperation with the Governments of Lao PDR and Cambodia, conducted an independent assessment to study the overall impact of the proposed LMB mainstream hydropower cascade on the natural, social, and economic systems of Cambodian and Vietnamese floodplains. The primary objectives of this study were to evaluate changes projected to occur in the hydrological processes of the LMB resulting from construction and operation of the proposed mainstream hydropower cascade, and assess how these changes could potentially impact the human and natural environment in the Cambodian and Vietnamese floodplains. This objective supports the overall goal of safeguarding the Mekong Delta and its resources, economies, and natural systems and ensuring the continued well-being of communities and their livelihoods in the delta region through informed and scientifically supported decision-making on the use and exploitation of the river's water and related resources.

The study was completed in a phased manner and during each phase, robust consultation workshops were organized at the national and regional levels to describe progress and results and seek consensus from key stakeholders in member countries; non-governmental organizations; and residents in Lao PDR, Cambodia, and Viet Nam. The approach, methods, and results from a comprehensive integrated water resources modeling framework for the Lower Mekong Basin (LMB) are presented in this paper.

2. The Lower Mekong Basin

The Mekong River originates in Tibet and flows for almost 4,800 kilometers (km) through China, Myanmar, Lao PDR, Thailand, Cambodia and Viet Nam before discharging to the East Sea. The river drainage basin covers approximately 795,000 square kilometers (km²) and it can be

broadly divided into an Upper Mekong Basin (UMB) and a Lower Mekong Basin (LMB). The UMB includes riparian areas in China and Myanmar whereas the LMB encompasses territories of Lao PDR, Thailand, Cambodia, and Viet Nam.

The basin includes the Tonle Sap River–Great Lake (GL) system, which is a defining feature of the Cambodian floodplains. The 130 km long Tonle Sap River connects the GL with the Mekong River and it is characterized by low channel slope and an extensive floodplain. The low channel slope and the high variation of flow in the Mekong River induce a seasonal change in the direction of flow in the river. The reversal of flow produces two distinct seasons based on the direction of the flow. During the dry season, water flows out of the lake towards the Mekong River and it remains confined to the low slope channel. During the wet season, the flow reverses direction and inundates a vast floodplain area.

The Great Lake is the largest wetland in Southeast Asia (Kummu et al. 2008) and the catchment of the Lake basin covers an area of around 67,000 km². During the dry season, the lake covers approximately 2,500 to 3,000 km²; during peak flood events this area expands up to five times to almost 15,000 km² (Kummu et al. 2008).

The LMB is currently undergoing rapid development. Twenty six hydropower projects (of >10 megawatts) are under construction on various tributaries. Future country basin development plans also include proposals to increase dry season irrigation by 50 percent (from 1.2 to 1.8 million hectares). Major irrigation expansion projects are currently being evaluated in all riparian countries. The LMB countries also plan to further develop aquaculture and improve fisheries management, navigation, flood and drought management and tourism development.

2.1 The Proposed LMB Hydropower Cascade

Locations and preliminary design specifications of existing and proposed dam projects are shown in Table 1. In general, the storage capacity of these dams is relatively small compared to the actual flow of the Mekong River, with a mean annual flow of approximately 460 km³. On

average, the reservoirs can only store the average flow in the Mekong for 1 to 2 days.

Consequently, those dams cannot be operated to store water seasonally or to create large seasonal changes in the water flow in the Mekong River.

Table 1

Locations and preliminary design specifications of existing and proposed LMB mainstream hydropower projects.

Project ID	Location	Status (E=existing; UC=under construction; P=planned)	Design specifications ¹									
			Rated Head (m)	Plant Design Discharge (m ³ /s)	Installed Capacity (MW)	Mean Annual Energy (GWh)	Full Supply Level (mamsl)	Low Supply Level (mamsl)	Live Storage (mcm)	Reservoir Area (km ²)	Length of dam (m)	Height (m)
Pak Beng	Lao PDR	P	31	7,250	1,230	5,517	345	340	442	87	943	76
Luang Prabang	Lao PDR	P	25.1	5,095	1,100	5,437	310	300	734	55.9	823	46.8
Xayaburi	Lao PDR	UC	28.5	5,000	1,260	6,035	275	270	678	49	810	63
Pak Lay	Lao PDR	P	26	4,500	1,320	6,460	240	235	384	108	630	35
Sanakham	Lao PDR	P	25	5,918	700	5,015	215	210	206	81	1,144	38
Pakchom	Lao PDR	P	22	5,720	1,079	5,318	192	190	441	74	1,200	55
Ban Koum	Thailand	P	19	11,700	1,872	8,434	115	110	652	133	780	53
Phou Ngoy ²	Lao PDR	P	10.6	10,000	686	2,668	97.5	90	550	13	1,300	27
Don Sahong	Lao PDR	UC	17	2,400	240	2,375	75.1	71	115	290	1820-720-	10.6-8.2-
Stung Treng	Cambodia	P	8.8	N/A	900	N/A	52	51	151	211	2730	8.3
Sambor ³	Cambodia	P	16.5	N/A	2,600	N/A	40	38	1,450	620	2,502	10
											18,002	56

¹Design specifications as of 2014; specifications of some projects have since changed.

² Formerly Lat Sua

³ Although a smaller version of Sambor that could be built in a nearby narrower section of the river has been suggested, this study modeled the potential impacts of the currently proposed large-span dam.

3. The Cumulative Change Assessment Modeling Setup

3.1 Impact Drivers

The four physical characteristics of the river system that would primarily be changed due to the construction and operation of the cascade, namely hydrology, sediment, water quality, and connectivity (dams acting as physical barriers) were included in the integrated model setup. Since

hydropower dams are designed to store and manage water releases, they influence key hydrological characteristics of the river system. The LMB cascade change assessment hydrological modeling was focused on simulating and quantifying changes in downstream flows, water levels, water volume, and extent and timing of inundation.

Hydropower dams reduce sediment flow by physically blocking (trapping) the movement of riverbed material and increase the settling rate of suspended particles. A decrease in sediment transport directly leads to a reduction in deposition of sediment onto downstream floodplains, which in turn decreases soil buildup. To quantify changes in sediment transport and deposition likely to be caused by the proposed LMB cascade, changes in sediment concentrations, sediment deposition rates, riverbank erosion and deposition rates, and coastal erosion and deposition rates were modeled and evaluated.

A decrease in sediment transport would also cause a reduction in the transport and deposition of nutrients attached to the sediment. The floodplains of the Mekong River receive large annual influxes of nutrients during floods, which influences agricultural production and the primary productivity of all downstream biological systems. Also, by reducing freshwater river flows and volumes, the proposed dams could increase salinity intrusion in coastal areas resulting in changes in salinity concentrations that could impact agricultural production and availability of fresh water during the dry season in parts of the Vietnamese Delta. Water quality modeling was included in the model setup to quantify changes in nutrient transport and deposition and changes in salinity concentrations and intrusion.

3.2 The Modeling Framework

A customized and integrated modeling framework (Figure 2) consisting of the following models was set up and calibrated, as appropriate:

Fig.2. Cumulative Impact Assessment Integrated Modeling Framework.

- A. Mekong Mainstream Model – A one-dimensional hydrodynamic river model (MIKE11) simulating the hydraulics and morphology of the Mekong Mainstream from the Chinese border down to Kratie for simulation of flow, transport of sediment and nutrients, and river morphology along the main river.
- B. China Model – A coarse/schematic river and reservoir hydrological model (SWAT; Soil and Water Assessment Tool) of the part of the UMB that is affected by the Chinese reservoir cascade for simulation of the impacts of the Chinese cascade and provision of boundary conditions for model A (Mekong Mainstream Model).
- C. Time series of observed or assumed flow, rainfall, water levels and sediment loads and /or concentrations providing the necessary boundary conditions for the models.
- D. The hydrological SWAT (Soil and Water Assessment Tool) models previously developed, calibrated and validated by Rossi et al (2009) for the LMB were used to , provide inflows to MIKE HYDROBasin (hereafter simply MIKE Basin) describing the flow in the river networks in the catchments of the LMB.
- E. MIKE Basin receiving run-off from the SWAT Models to simulate the regulation and water use in the main tributaries and delivering the outflows from the catchments to the Mekong Mainstream Model, taking into consideration water demands and reservoirs in the catchments.
- F. Reservoir Models – Detailed two-dimensional hydrodynamic and morphological models (established in the MIKE 21C software package) of the proposed mainstream reservoirs and of the dams. These models simulate the sedimentation and operations of the reservoirs. These models intersect the Mekong Mainstream Model (model A in Fig. 2) from where they receive their upstream boundary conditions. Likewise they export their simulated reservoir impacts back to the Mekong Mainstream Model, downstream. The Reservoir Models were used to study in detail mitigation measures such as sediment flushing etc. A combined two-

dimensional hydraulic and sediment model for the Great Lake-Tonle Sap Region is also included.

- G. Delta Model – The detailed quasi-two dimensional flood cell model of the rivers and canals in the Mekong Delta. This is a MIKE 11 model of the complex river and canal network and the flood cells in the delta. This model simulates the impacts on the delta from the changed flow and sediment regimes received from the Mekong Mainstream Model. The Delta Model simulates salinity and nutrients in the rivers along with the flooding pattern, sediment concentrations and nutrient contribution to the flood cells (flood plain sedimentation) in the various parts of the delta.
- H. Coastal and Estuary Model – Mike 21 is used to assess the impact on the sediment transport and deposition patterns affecting the morphological developments in the lower part of the delta including the coastline as a consequence of the simulated changes in river inflows, and sediment concentrations.
- I. The EcoLab model was set up to simulate the nutrients such as phosphorus (P) and nitrogen (N). The EcoLab model was combined with the Mekong Mainstream Model and its sediment transport components. The results from these models are used to assess the impacts on nutrient transport and nutrient deposition in the floodplains of the delta.

The models pass results in the form of time series of water levels, discharge, flow velocities, and sediment concentrations to calculations of indicators used to link the differences in the results of the river models to the consequent impacts on biodiversity, livelihood, and agriculture.

3.3 Model Simulation Input Data

Input data on precipitation, evaporation, water levels, discharges, salinity, and nutrients for hydrology and hydraulics model setups were obtained from multiple sources including the MRC database. Input data for both sediment models and nutrient and salinity modeling were sourced from the MRC's Information and Knowledge Management Programme/Discharge and Sediment Measuring Program (IKMP/DSMP) and MRC water quality monitoring programs (MRC WQ). Site-specific sediment and nutrient quality data were also collected in 2014 as part of the study reported here.

The modeling had to rely upon less reliable data from digital elevation models of the deltaic floodplains, especially in Cambodia, and information on operation of the Chinese reservoirs was also not readily available. Detailed topographic information of the areas to be inundated by the proposed LMB hydropower schemes was only available for Xayaburi and Luang Prabang projects.

While data for some aspects of the study, such as sediments, were limited relative to their importance in the overall basin system, this is a common occurrence in large systems such as the LMB. Wild and Loucks (2015) acknowledged similar constraints, particularly relative to rates of sediment production, trapping, and transport for the Mekong basin. The MRC has subsequently conducted modeling and assessment of cumulative sediment trapping in the tributaries (as well as mainstream) of the Mekong as part of the Council Study under MRC; however those data were not developed or available at the time of this study. The modeling input dataset used for the study reported here represented the most updated compilation of relevant hydro-meteorological, sediment and water quality data available in 2014.

3.4 Model Calibration

To ensure confidence in the model results, each individual model was calibrated and validated using the most relevant available data. Models of the individual reservoirs were not calibrated because the reservoirs had not yet been constructed at the time of the study and planned versus as-built specifications could deviate substantially.

The SWAT model parameters for the gauged stream flows along the tributaries of the Mekong River except for areas around the Great Lake were calibrated and validated by MRCS for periods of 1985-2000 and 2001-2008, respectively. For the model area around the Great Lake the model calibration and validation periods were 1994-2003 and 2004-2008, due to limited data available.

Monitored flow data obtained from 84 stations were used as calibration points of which 11 stations are on Mekong Mainstream, 64 stations on tributaries and 9 locations used as inflow to reservoirs. The statistical evaluation results for model calibration and validation show that the Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) monthly and daily values generally range between 0.8 and 1.0 for all of the mainstream monitoring stations (Rossi et al., 2009).

For the MIKE Basin Model, statistics of simulated and observed flows at all gauging stations on the mainstream of the lower Mekong River for the calibration period from 1985 to 2000 showed good correspondence between the simulated and observed values, with deviations generally below 10%. The Mekong Mainstream Model was calibrated for the period from 1985 to 2000 and validated against measured data from 2001 to 2008. A statistical comparison of the 'goodness' of the calibration was conducted, focusing on high and low flows at Kratie. Generally, calibration and validation for the low and high flow seasons was very good (correlation coefficient of 0.97), especially for estimates of high and low flows.

The Delta Model was calibrated against measurements of flow and water levels based on available data from 21 hydrometeorological stations across the delta of Cambodia and Vietnam.

Calibration results were consistently good as demonstrated by a the representative set of results presented in Figure 3.

Fig. 3. Calibration results for the Delta model at My Tho, My Thuan and Can Tho

The Coastal and Estuary Model used a version of MIKE21 that incorporated local and regional hydrodynamic and wave model components developed and calibrated for the East and West Seas by DHI Singapore. The Coastal and Estuary model was validated against water levels predicted by the FES2012 global tide model (latest version of the Finite Element Solution tide model [a global hydrodynamic tide solutions model] developed, implemented and validated by the LEGOS, NOVELTIS and CLS, within a project funded by CNES [National Centre for Space Studies, France]) at calibration points. The simulated and corresponding predicted water levels at selected calibration points showed high correlation with correlation coefficients for comparisons between MIKE21 simulation results and FES2012 predicted water level at positions north-east of the Mekong Delta, immediately off-shore the Mekong Delta in the East Sea and in the West Sea ranging from 0.91 to 0.98. Simulated water levels were also compared to those observed along the coast at Qui Nhon, Phu Qui, Vung Tau, Con Dao stations, with similar results. For the wave modeling component of the Coastal and Estuary model, simulated wave heights and directions were compared to wave heights and directions observed from the Ho Bach oil platform located approximately 95 km from the coast, and 160 km from the mouth of Co Chien. Comparisons yielded a correlation coefficient of 0.87.

The Delta sediment model was calibrated against a combination of IKMP/DSMP and MRC data for 2009 and validated for 2011 data, the 2 years with the best data coverage from the IKMP/DSMP surveys. A comparison of simulated and measured silt concentrations at Tan Chau and Chau Doc for calibration year 2009 and validation year 2011 showed very good agreement between model results and measurements for silt (Figure 4). The calibration and validation results for clay were also very good for Chau Doc. However, for Tan Chau the measured levels are

higher than the model results (Figure 5). This difference was most likely caused by high clay concentration locally at Tan Chau.

Fig. 4. Comparison of simulated and measured silt concentrations at Tan Chau and Chau Doc, 2009 (calibration) and 2011 (validation).

Fig. 5. Comparison of simulated and measured clay concentrations at Tan Chau and Chau Doc, 2009 (calibration) and 2011 (validation).

Longitudinal distribution salinity profiles from the Mekong, Ham Luong, and Bassac rivers were used to calibrate and validate the salinity component of the Delta Model.

For the EcoLab model, which was used to simulate nutrients (phosphorus [P] and nitrogen [N]), calibration and validation was focused on achieving good calibration for the river stretch downstream of Kratie and creating sound boundary conditions for the Delta model. Calibration was conducted using MRC data for 2007 and validation for 2008. Correlation coefficients for both P and N were 0.73 which, taking into account the uncertainty on the P-load to the river and the uncertainty introduced from the transformation of the MRC data, was accepted as sufficient calibration of the model.

3.5 Model Simulation Scenarios

- **Baseline** – A hydrological baseline was selected by analyzing Mekong River flows at Kratie and flooding characteristics during hydrological years¹ using data from 1985 to 2013 (Figure 6). Using peak flow and duration of flow (measured as total flood volume) as the benchmark parameters, the year 2007 was determined to be representative of average hydrological conditions in the LMB. Thirty existing LMB tributary hydropower schemes and all UMB mainstream hydropower projects in operation by 2008 were included in the baseline.

¹The hydrological year was defined as the 12 month period from 1 December of previous calendar year to 30 November of the following calendar year. For example, the 2007 hydrological year was from 1 December 2006 to 31 November 2007.

Fig. 6. Annual flood volume and annual flood peak diagram at Kratie from 1922 to 2013 (Source: MRC database).

The following three Scenarios were simulated and the outputs were compared to 2007 baseline conditions to assess cumulative impacts. These scenarios consider the mainstream dams, tributary dams, and other important hydropower projects planned for implementation through 2030.

- **Scenario 1: LMB mainstream hydropower development** – This scenario included 11 mainstream dams and the Thakho water run-off scheme. Construction had substantially progressed on two of the 11 dams (Don Sahong and Xayaburi Dams in Lao PDR); the other nine dams were at different stages of planning and development.
- **Scenario 2: LMB mainstream dams plus planned tributaries** – The tributaries in the LMB offer substantial hydropower potential (up to 30,000 megawatts) of which only approximately 10 percent had been developed to date. Scenario 2 represented the mainstream dams operating in conjunction with 72 tributary dams planned for implementation through 2030.
- **Scenario 3: LMB mainstream dams plus planned water diversions in Thailand and Cambodia** – Thailand is considering a plan to transfer approximately 290 to 350 cubic meters per second (m^3/s) per month out of the LMB into the Ing and Kok basins to supplement existing irrigation schemes. Similarly, in Cambodia, there are plans to divert approximately 12 to 100 m^3/s of flow per month from the LMB into adjacent basins for expanding irrigation.

The three selected scenarios were intended to cover the full range of potential effects in order to demonstrate the maximal need to ensure sound planning, design, and operation of the proposed mainstream hydropower projects. For all scenarios, individual dams were modeled as being operated to meet peak daily demand for power (hydropeaking). A typical hydropeaking

operating schedule would be to release water to generate electricity for 8 hours (e.g., 0900 to 1700 to meet high demands during the day), and reduce flows for 16 hours to refill the reservoir. Hydropeaking operational mode results in diurnal fluctuations in water releases from the dam, which causes daily variations in downstream flow velocities and water levels. The magnitude and frequency of these variations can impact human safety, navigation, and aquatic biodiversity.

In addition, two sensitivity analyses were also conducted using selected indicators for different combinations of alternative baseline years and dam operating conditions to analyze effects of varying climatic conditions and different dam operation modes.

- **Dry season drawdown** – Simultaneous temporary drawdown at all mainstream dams occurring during peak dry conditions (March) for maximizing power production. Hydrological conditions in 1998 were selected as being representative of dry year conditions in the LMB. This analysis was conducted using selected hydrology, flooding, and salinity indicators only.
- **Wet year with high sediment transport after Chinese dams became operational** – 2008 hydrological conditions represented a wet year with very high sediment transport due to high precipitation, and sediment trapping due to the Chinese dams becoming operational the year before. Only sediment and nutrient transport, and related indicators were evaluated under this analysis.

Finally, cumulative impacts associated with four Dam Development Alternatives (Alternatives) were also evaluated to provide information on possible relief from impacts that could be obtained by constructing and operating only selected projects (Table 2). The alternatives were selected to evaluate the effects of dams under construction at the time of the analysis (Alternative 4), the southernmost dam (Alternatives 5 versus 6), and the addition of three selected dams in Lao PDR (Alternative 7) to include the full suite of dams likely to be constructed based on existing economic and geopolitical drivers and constraints at the time of the study.

Table 2
Dam Development Alternatives.

Dam Development Alternatives	Mainstream Dams										
	Pakbeng	Luang Prabang	Xayaburi	Paklay	Sanakham	Pak Chum	Ban Kum	Lat Sua	Don Sahong	Stung Treng	Sambor
4			X						X		
5	X		X						X	X	
6	X		X						X	X	X
7	X		X			X	X	X	X	X	

3.6 Change Indicators

Cumulative changes likely to occur under each Scenario and Alternative were determined by comparing respective scenario model simulation outputs to baseline conditions for indicators listed in Table 3.

Table 3
Cumulative Change Indicators.

Impact Driver	Indicators	Units	Locations
Water quantity	Deviation of average flow and volume loss in dry season:		For control points : Luang Prabang, Vientiane, Pakse, Kratie, Phnom Penh Tan Chau and Chau Doc
	- Dry month	m ³ /s; billion m ³ and %	
	- 10 day interval	m ³ /s; billion m ³ and %	
	- Max deviation	m ³ /s	
	Deviation of water level in dry season		Mapping for dry season (All-over Delta) Downstream of selected control points
	- Dry month	m	
	- 10 day interval	m	
	- Max fluctuation	m	
	Change of minimum water level		
	Deviation of flood volumes		
	- Seasonal change	billion m ³ and %	
	Area of water level drop	km ²	
	Downstream fluctuation extent (km) due to daily peaking:		
	- Water level fluctuation	m	
	- Flow fluctuations	m ³ /s	
Sediment	Yearly total sediment loss for the delta		Selected control points
	- Sand and Gravel		
	- Clay	mil tonnes/y and %	
	- Silt		
	Duration of sediment concentration above thresholds		

	Distribution in the Delta		Silt reduction map All-over Delta
	Increased length (area) of bank erosion		Viet Nam
	- River bank	km	
	- Coastal bank	km	
	Decreased growth rate of Ca Mau tip	m/y	Viet Nam
Water quality	Max salinity intrusion	km	Selected branches
	Area of increased salinity intrusion	km ²	Mapping (All-over Delta)
	Yearly total N loss	1000 tonnes/y and %	Selected control points
	Yearly total P loss	1000 tonnes/y and %	
	Distribution in the Delta		All-over Delta
	- N-reduction map		
	- P-reduction map		

4. Model Simulation Summary Results

4.1 Hydrological and Hydraulic Modeling

The aforementioned models were used to simulate changes in water levels and flows likely to occur under the three Scenarios and four Alternatives as compared to baseline conditions. Analyses of model output data indicated that under Scenario 1, during the wet season, the LMB cascade could influence onset of high flows by a few days due to increase in propagation of the flood wave that is caused by increased water depths due to the presence of the dams in different parts of the river.

The greatest changes are predicted to occur during the dry season, when daily hydropeaking operations could generate high fluctuations in water flows and water levels immediately downstream of each dam. Fluctuations in flow rates and water levels at Kratie, situated 31 kilometers (km) downstream of Sambor Dam, the last dam in the LMB cascade, are approximately 16,000 m³/s and 2 meters (m), respectively, which could cause severe erosion and other adverse effects downstream of Sambor Dam at least to Kratie. Although this impact continues downstream past Kratie, it gradually subsides. The flow rate at Phnom Penh is approximately 2000 m³/s and fluctuations in water levels are around 0.3m. Water level and flow rate fluctuations were shown to dissipate rapidly with distance downstream of Phnom Penh. Dry

year, dry season drawdowns and subsequent filling of the reservoirs under Scenario 1 could have short-term (weeks) high impacts on flow rates and water levels in the Mekong Delta (Figure 7).

Dry year indicators for water flows and water levels for Lao PDR, Cambodia, and Viet Nam under the three Scenarios and four Alternatives are presented in Tables 4, 5, and 6, respectively as examples of the potential magnitude of changes.

Fig. 7. Changes in minimum water levels in the Vietnamese Delta during dry year, dry season filling subsequent to drawdowns for increased power production.

Table 4

Comparison of dry year indicators for water flows and water levels for Lao PDR.

Location	Season	Indicator	Unit	S1	S2	S3	A4	A5	A6	A7
Luang Prabang	Dry season	Drop down in Volume for 10 days	Bill.m ³	-0.44	-0.34	-0.66	0.00	-0.21	-0.21	-0.21
			%	-49.2	-38.18	-74.05	0.00	-31.46	-31.46	-31.46
		Drop down in Volume for 1 month	Bill. m ³	-0.54	-0.62	-1.34	0.00	-0.23	-0.23	-0.23
			%	-19.0	-21.92	-47.51	0.00	-11.84	-11.84	-11.84
		Drop in Water Level for 10 days	m	-2.70	-2.47	-2.92	0.01	-1.04	-1.04	-1.04
		Drop in Water Level for 1 month	m	-2.26	-1.95	-2.61	0.02	-0.91	-0.91	-0.51
		Magnitude of WL Fluctuation	m	1.71	1.73	1.77	0.02	0.95	0.95	-0.45
	Flood season	Volume change in flood season	Bill. m ³	-0.03	-0.47	-0.95	0.00	-0.15	-0.15	-0.15
			%	-0.30	-0.70	-0.52	0.00	-1.41	-1.41	-1.41
Vientiane	Dry season	Drop down in Volume for 10 days	Bill.m ³	-0.60	-0.55	-0.82	-0.27	-0.40	-0.40	-0.48
			%	-62.0	-56.08	-84.59	-31.92	-47.30	-47.30	-56.46
		Drop down in Volume for 1 month	Bill. m ³	-1.32	-1.41	-2.03	-0.26	-0.46	-0.46	-0.57
			%	-42.8	-45.77	-65.81	-8.92	-15.95	-15.95	-19.69
		Drop in Water Level for 10 days	m	-1.83	-1.59	-3.00	-0.78	-1.19	-1.19	-1.50
		Drop in Water Level for 1 month	m	-1.31	-1.34	-2.32	-0.25	-0.47	-0.47	-0.61
		Magnitude of WL Fluctuation	m	1.18	1.53	1.63	0.42	0.53	0.53	1.23
	Flood season	Volume change in flood season	Bill. m ³	-0.06	-0.51	-1.01	-0.13	-0.30	-0.30	-0.38
			%	-0.9	-1.75	-1.31	-1.12	-2.54	-2.54	-3.18
Pakse	Dry season	Drop down in Volume for 10 days	Bill. m ³	-0.75	-0.39	-0.98	-0.27	-0.42	-0.42	-0.70
			%	-51.8	-32.27	-67.36	-20.13	-31.28	-31.28	-51.73
		Drop down in Volume for 1 month	Bill. m ³	-1.79	-1.13	-2.58	-0.45	-0.74	-0.74	-1.12
			%	-43.1	-27.25	-62.19	-11.34	-18.80	-18.80	-28.40
		Drop in Water Level for 10 days	m	-0.69	-0.37	-1.00	-0.21	-0.34	-0.34	-0.66
		Drop in Water Level for 1 month	m	-0.54	-0.31	-0.87	-0.12	-0.21	-0.21	-0.39
		Magnitude of WL Fluctuation	m	1.40	1.39	1.32	0.06	0.08	0.08	1.15
	Flood season	Volume change in flood season	Bill. m ³	-0.15	-1.17	-1.06	-0.10	-0.25	-0.25	-0.66
			%	-1.30	-2.53	-1.89	-0.56	-1.28	-1.28	-3.44

Note: The indicators capture the short-term changes during filling of the reservoirs after drawdown for maximum power production.

Table 5

Comparison of dry year indicators for water flows and water levels for Cambodia.

Location	Season	Indicator	Unit	S1	S2	S3	A4	A5	A6	A7
Kratie	Dry season	Drop down in Volume for 10 days	Bill. m ³	-1.15	-1.05	-1.33	-0.21	-0.46	-0.85	-0.58
			%	-59.5	-54.44	-68.77	-12.40	-22.53	-50.82	-28.36
		Drop down in Volume for 1 month	Bill. m ³	-2.60	-1.98	-3.39	-0.44	-0.92	-1.77	-0.98
			%	-46.5	-35.36	-60.72	-8.10	-17.06	-32.96	-18.19
		Drop in Water Level for 10 days	m	-1.66	-1.12	-1.6	-0.23	-0.51	-1.22	-0.67
		Drop in Water Level for 1 month	m	-1.14	-0.54	-1.30	-0.15	-0.34	-0.82	-0.38
		Magnitude of WL Fluctuation	m	2.15	2.31	2.19	0.06	0.18	1.79	0.31
	Flood season	Volume change in flood season	Bill. m ³	-0.66	-1.76	-2.02	-0.11	-0.31	-0.62	-0.85
			%	-1.10	-2.17	-1.62	-0.27	-0.74	-1.50	-2.04
Phnom Penh	Dry season	Drop down in Volume for 10 days	Bill. m ³	-1.11	-1.02	-1.20	-0.22	-0.46	-0.81	-0.61
			%	-47.0	-43.15	-50.79	-8.94	-18.65	-36.48	-24.65
		Drop down in Volume for 1 month	Bill. m ³	-2.28	-1.55	-3.22	-0.37	-0.82	-1.81	-0.87
			%	-32.4	-22.02	-45.78	-5.38	-11.94	-26.50	-12.68
		Drop in Water Level for 10 days	m	-0.35	-0.32	-0.39	-0.08	-0.16	-0.25	-0.22
		Drop in Water Level for 1 month	m	-0.23	-0.15	-0.35	-0.04	-0.09	-0.20	-0.09
		Magnitude of WL Fluctuation	m	0.18	0.15	0.13	0.03	0.05	0.12	0.07
	Flood season	Volume change in flood season	Bill. m ³	-0.54	-1.47	-1.87	-0.07	-0.26	-0.60	-0.76
			%	-0.90	-1.86	-1.40	-0.17	-0.60	-1.36	-1.73

Table 6

Comparison of dry year indicators for water flows and water levels for Viet Nam.

Location	Season	Indicator	Unit	S1	S2	S3	A4	A5	A6	A7
Tan Chau – Chau Doc	Dry season	Drop down in Volume for 10 days	Bill. m ³	-1.06	-0.97	-1.18	-0.23	-0.45	-0.77	-0.61
			%	-39.50	-36.07	-44.03	-8.28	-16.50	-28.15	-22.20
		Drop down in Volume for 1 month	Bill. m ³	-2.10	-1.31	-3.21	-0.34	-0.77	-1.81	-0.83
			%	-25.60	-16.03	-39.15	-4.25	-9.56	-22.59	-10.30
		Drop in Water Level for 10 days	m	-0.13	-0.12	-0.15	-0.03	-0.06	-0.09	-0.08
		Drop in Water Level for 1 month	m	-0.08	-0.05	-0.13	-0.01	-0.03	-0.07	-0.04
		Magnitude of WL Fluctuation	m	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02
	Flood season	Volume change in flood season	%	-0.24	-0.93	-1.24	-0.04	-0.16	-0.31	-0.43
			Bill. m ³	-0.50	-0.97	-0.73	-0.09	-0.27	-0.60	-0.79

Under Scenario 2, changes in water flows and water levels during normal year and dry year, dry season drawdowns are of the same order of magnitude as reported for Scenario 1. Under Scenario 3, changes in water flows and water levels during dry year dry season drawdowns are aggravated due to the inclusion of water diversions in Thailand.

Among the four Dam Development Alternatives, Alternative 6 is expected to have slightly lower impacts than Scenario 1, and other Alternatives (4, 5 and 7) are likely to cause lower impacts than Scenario 1.

Overall, low to moderate changes are expected for an average hydrological year. For example, the average flow at Tan Chau during the dry season was predicted to differ by less than 1.5 percent under baseline conditions (5,561 m³/s) and during operation of all dams (5,483 m³/s). This is mainly because the storage capacity of the dams is relatively small compared to the actual flow of the Mekong River such that they cannot be operated to store water seasonally or to create large seasonal changes in the water flow in the Mekong River. Substantial changes to river flow regimes would occur as a result of dam hydropeaking operations and dry-season drawdowns.

Although low to moderate changes are expected for an average hydrological year, substantial changes in river flow regimes would occur as a result of dam hydropeaking operations and dry-season drawdowns for maximizing power production. Potential loss of 10-day water volume at Kratie would be 60 percent, and at Tan Chau and Chau Doc the potential loss is 40 percent. The river segment in Cambodia immediately downstream of the cascade will suffer the highest impacts from high fluctuating flows and water level. Amongst the three assessed scenarios and four development alternatives, impacts on flow regimes under Scenario 3 are the worst.

4.2 Changes in Sediment Transport

Changes in sediment transport and deposition in the Cambodian and Vietnamese floodplains under the three Scenarios and four Alternatives were estimated relative to baseline

conditions using the sediment transport components of the Mekong Mainstream and Delta models. Changes in sediment transport were characterized by changes in bed and wash load (i.e., silt and clay) transport, and the consequential changes in river bank and bed erosion as well as changes to coastal erosion and accretion.

4.2.1 Bed Load Impacts

Sediment modeling results indicate that the mainstream reservoirs retain nearly all the bed material load causing a loss of bed material load downstream of the reservoirs in Lao PDR and Cambodia. Estimated deposition rates are 18 million tonnes (Mt)/year at Pakbeng, 5 Mt/year at Xayabury, 22 Mt/year at Bankum and 12 Mt/year at Sambor. Under all Scenarios, transport of bed load material downstream of Sambor would decrease from about 35 Mt/year under baseline conditions to almost no transport of upstream bed material load following construction of dams.

Bed scour would take place downstream of Sambor, and eroded material would partially replace the bed load trapped by upstream dams. At Tan Chau and Chau Doc, the bed material transport will be the same in Scenarios 1 and 2, and Alternatives 4 through 7, approximately 3.7 Mt/year (11% of baseline) at Chau Doc and 9.1 Mt/year (26% of baseline) at Tan Chau. In Scenario 3, the bed load transport would decrease to 3.6 Mt/year (10% of baseline) at Chau Doc and 8.8 Mt/year (25% of baseline) at Tan Chau because of the reduction of water flow due to water diversions in Thailand.

4.2.2 Wash Load Impacts

In a year with high sediment transport, such as 2008, and in a normal year, mainstream hydropower dams would cause a reduction of over 55 percent in the transport of silt and clay at Kratie, Tan Chau, and Chau Duc (Table 7) under all three Scenarios. The change in wash load transport at Kratie, Tan Chau, and Chau Doc under Alternative 6 are similar to Scenario 1, while much lower impacts are expected in Alternatives 4, 5 and 7 compared to Scenario 1.

Table 7
Comparison of annual wash load transport estimates.

Scenario	Unit	Kratie	Tan Chau + Chau Doc
Baseline	Mt/year	52.6 ÷ 68.8	32.1 ÷ 42.3
Scenario 1	Mt/year	22.5 ÷ 25	13.9 ÷ 15.3
	% loss	57.2 ÷ 63.7	56.7 ÷ 63.8
Scenario 2	Mt/year	21.3 ÷ 23.3	13.7 ÷ 15.1
	% loss	59.5 ÷ 66.1	57.4 ÷ 64.4
Scenario 3	Mt/year	21.8 ÷ 24.4	13.7 ÷ 15.2
	% loss	58.6 ÷ 64.5	57.3 ÷ 64.0
Alternative 4	Mt/year	51.4 ÷ 66.9	31.3 ÷ 41
	% loss	2.4 ÷ 2.8	2.5 ÷ 3.1
Alternative 5	Mt/year	51 ÷ 66.4	31 ÷ 40.7
	% loss	3 ÷ 3.5	3.4 ÷ 3.8
Alternative 6	Mt/year	22.7 ÷ 25.2	14 ÷ 15.4
	% loss	56.9 ÷ 63.4	56.4 ÷ 63.5
Alternative 7	Mt/year	50.7 ÷ 66.1	30.8 ÷ 40.4
	% loss	3.6 ÷ 3.9	4.1 ÷ 4.5

4.2.3 Changes in river bank and river bed erosion

Trapping of sediments in the upstream dams will cause downstream scouring of the river bed. Bed transport simulations for Scenario 1 indicate that downstream of Kratie, up to 5 m deep scour could occur and the river bed degradation will progressively move approximately 50 km downstream over a 23-year period. This is equivalent to a downstream propagation rate of 1.5 to 2 km/yr. In Scenarios 2 and 3 as well as in Alternative 6, the bed erosion depth and propagation rates are considered to be the same as in Scenario 1.

Under Alternatives 4 and 5, the bed erosion is considered to be nearly similar to the baseline, meaning a small change. In Alternative 7 the bed transport simulations indicate that downstream of Kratie, up to 3 m deep scour could occur with the same downstream movement rate of 1.5 to 2 km/yr as for Scenarios 1 through 3. River bed degradation may lead to river bank failures and could cause changes in discharge distribution between river branches (e.g. towards Tonle Sap).

4.2.4 Impacts on coastal erosion and accretion

The high capture of silt (which settles out in the reservoirs) and low capture of clay (which becomes resuspended during higher flows and washed out of the reservoirs) by the cascade would

result in substantial reductions in silt concentrations and silt deposition rates in the downstream floodplains and the Delta. A reduction in sediment loads would result in reduction of the accretion and increase of erosion at and near the river mouths, with an estimated increase in the rate of erosion of 4 to 12 m per year (m/y) in comparison with the present erosion rates (Figure 8), causing the loss of land under all three Scenarios.

Fig. 8. Estimated changes in erosion rates along the Mekong Delta coastline, year 2008.

In the southwest region, impacts on erosion/accretion rates are less than 0.5 m/y, and the growth rate of the Ca Mau tip is expected to be reduced by approximately 1 m/y under all three Scenarios. It should be noted that accretion and erosion rates are continuously affected not only by changes in sediment transport to the delta coastline, but also by emerging sea level rise and subsidence caused by groundwater abstraction in the delta.

4.3 Water quality modeling

Water quality modeling was focused on projecting changes in nutrient transport and salinity intrusion. The EcoLab Model was integrated into the sediment transport component of the Mekong Mainstream Model to simulate nutrient transport. Changes in salinity distribution were projected using data from the salinity component of the Delta Model.

4.3.1 Changes in Nutrient Transport

As a result of decline in sediment transport and deposition, nutrient transport was also projected to show substantial decline under all three Scenarios relative to baseline conditions (Table 8). Under Scenario 1, very high changes due to substantial reduction in sediment deposition rates are projected to occur in An Giang, Kien Giang, and Dong Thap provinces in Viet Nam under both 2007 (average year) and 2008 (wet year) conditions (Figure 9). Scenario 2

and 3 impacts are comparable to Scenario 1. The changes to total transport of nutrients for Alternative 6 are similar to those for Scenario 1, while lesser changes are expected in Alternatives 4, 5 and 7 compared to Scenario 1.

ACCEPTED MANUSCRIPT

Table 8
Comparison of annual transport of nutrients attached to silt and clay.

Nutrient	Scenario	Unit	Kratie	Tan Chau + Chau Doc
Nitrogen	Baseline	1000 tons/year	48.7 ÷ 59.9	29.6 ÷ 36.8
	Scenario 1	1000 tons/year	21.2 ÷ 23.2	12.9 ÷ 16
		% loss	56.5 ÷ 61.3	56.4 ÷ 56.5
	Scenario 2	1000 tons/year	20.6 ÷ 22.7	12.7 ÷ 15.9
		% loss	57.7 ÷ 62.1	57.1 ÷ 56.8
	Scenario 3	1000 tons/year	20.6 ÷ 22.7	12.5 ÷ 15.9
		% loss	57.7 ÷ 62.1	57.8 ÷ 56.8
	Alternative 4	1000 tons/year	48.1 ÷ 58.7	29.1 ÷ 35.9
		% loss	1.2 ÷ 2	1.7 ÷ 2.4
	Alternative 5	1000 tons/year	47.6 ÷ 57.8	28.8 ÷ 35.4
		% loss	2.3 ÷ 3.5	2.7 ÷ 3.8
	Alternative 6	1000 tons/year	21.3 ÷ 23.6	13.1 ÷ 16.5
		% loss	56.3 ÷ 60.6	55.7 ÷ 55.2
	Alternative 7	1000 tons/year	47.2 ÷ 57.1	28.6 ÷ 34.9
		% loss	3.1 ÷ 4.7	3.4 ÷ 5.2
Phosphorus	Baseline	1000 tons/year	19.1 ÷ 24.4	11.6 ÷ 15
	Scenario 1	1000 tons/year	10.1 ÷ 11.5	6.3 ÷ 7
		% loss	47.1 ÷ 52.9	45.7 ÷ 53.3
	Scenario 2	1000 tons/year	9.8 ÷ 10.7	6.2 ÷ 6.9
		% loss	48.7 ÷ 56.1	46.6 ÷ 54
	Scenario 3	1000 tons/year	9.8 ÷ 10.7	6 ÷ 6.6
		% loss	48.7 ÷ 56.1	48.3 ÷ 56
	Alternative 4	1000 tons/year	18.8 ÷ 23.8	11.4 ÷ 14.6
		% loss	1.6 ÷ 2.5	1.7 ÷ 2.7
	Alternative 5	1000 tons/year	18.6 ÷ 23.6	11.2 ÷ 14.4
		% loss	2.6 ÷ 3.3	3.4 ÷ 4
	Alternative 6	1000 tons/year	10.2 ÷ 11.6	6.4 ÷ 7.1
		% loss	46.6 ÷ 52.5	44.8 ÷ 52.7
	Alternative 7	1000 tons/year	18.4 ÷ 23.5	11.1 ÷ 14.2
		% loss	3.7 ÷ 3.7	4.3 ÷ 5.3

Fig. 9. Changes in annual nitrogen and phosphorus deposition (g/m²/year) between the Baseline and Scenario 1 for 2007 and 2008.

4.3.2 Changes in Salinity Intrusion

Changes in river water flow regimes will directly influence the extent of salinity intrusion in the Mekong Delta, especially during dry years. These changes will be exacerbated by dry season hydropeaking operations (Figure 10). Results indicate that under Scenarios 1 and 3, medium to high changes in salinity intrusion may occur. Short-term, localized, very high changes (on the order of weeks) in salinity intrusion may occur due to dry season drawdowns conducted in dry years. Salinity intrusions may increase further into the delta by 12.0 and 10.0 km on the Mekong and Bassac branches, respectively.

Fig. 10. Difference in salinity (g/l) between baseline and Scenarios for 1998 (Dry year). Average for dry season (left) and maximum difference during the dry season (right).

Under Scenario 2, there is a decrease in salinity intrusion even during dry years because inclusion of the tributary dams confers some transfer of water from the wet season to the dry season.

Under Scenario 3, diversion of water in Thailand causes increased salinity intrusion in the south-central part of the delta, while salinity intrusion is reduced in the north-east due to the diversion of water from the Mekong mainstream to the south-eastern part of the Cambodian Delta. The changes in water discharges would result in medium to high changes in the salinity distribution in the Vietnamese Delta.

The impacts on salinity (for both normal year and dry year) of Development Alternatives 4 through 7 follow the pattern similar to the changes in flows to the Mekong Delta, meaning that Alternative 6 would have slightly lesser changes than Scenario 1, and the other Development Alternatives (4, 5 and 7) are likely to cause lesser impacts than Scenario 1.

4.4 Summary Results

Model simulation output indicates that construction and operation of the entire LMB cascade (Scenario 1) would cause high to very high adverse effects on some of the key sectors and environmental resources in Cambodia and Viet Nam if the individual dam projects were to be implemented without adequate mitigations. Cumulative adverse effects of the planned cascade and tributary dams (Scenario 2) and the planned cascade and proposed water diversion schemes in Thailand and Cambodia (Scenario 3) would pose even greater impacts to the Mekong Delta in comparison to Scenario 1 effects.

Under all three scenarios, the most severe adverse impacts are anticipated to result from a combination of the reservoir sediment trapping effects and the consequent reduction in sediment-associated nutrient loading. Sediment deposition in the delta would decrease as much as 65 percent at Kratie and Tan Chau – Chau Doc and by smaller amounts off the mainstream, potentially causing a substantial increase in erosion, and a decrease in the rate of buildup of riparian and coastal sites. Scenario 2 poses the most severe impacts on sedimentation and nutrients in comparison to the other scenarios and development alternatives. Note that only preliminary analyses of the risk of bank erosion/deposition was possible under this study. A detailed analysis of bank erosion/deposition should be conducted in the future.

Salinity intrusion would be expected to increase in the Delta under Scenarios 1 and 3, with the potential for short-term, high impacts, particularly in the southern and central portions of the Vietnamese Delta, when dry years are combined with dry-season drawdowns.

5. Discussion

The results of this analysis are similar to results of past studies (e.g., ICEM 2010, MRC 2011) and provide detailed insights into how dam operations could affect resources in the Mekong River floodplains and delta. For example ICEM (2010) predicted that the supply of fine sediments and nutrient in the region would be halved; this study concludes that there would be complete retention of bed load material by mainstream dams, erosion within the downstream floodplain and delta to replace that load, and a 57% decrease in wash load downstream of all planned dams. Model simulation results were generally consistent with findings from similar

modeling efforts for other large river basins in the world such as the Nile River Basin (Block 2007, Melesse 2011), Indus River Basin (Khan et al. 2000), and the Ganges Basin (World Bank 2012).

The actual changes in hydrology, sediment and nutrient transport, and salinity intrusion may well be greater than projected because of the cumulative effects of other natural phenomena (climate change, sea level rise), on-going developments in the LMB (urbanization, deforestation, sand mining, etc.), and the uncertainty related to how the natural systems associated with the river system will respond to the major disruption in the LMB system.

While climate change was not included in the modeling efforts for this study, the anticipated impacts of climate change have been addressed in other studies. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2014), deltas, particularly so called “mega-deltas” are vulnerable to climate change due to increased susceptibility to floods, sea level rise, saltwater intrusion and storm surges. Vietnam’s Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), released a climate change and sea level rise report (MONRE 2009; revised 2011) predicting higher rainfall in the wet season and lower rainfall in the dry season for the Vietnamese Mekong Delta. IFAD (2013) predicted similar changes in rainfall for Cambodia, but also projected an increase of up to 14% in the proportion of total annual rainfall that falls in heavy rainfall events, as well as increases in maximum one- and five-day rainfalls. An analysis conducted by SIWRP (2011) based on climate change studies by MRC (2009) and Hoanh et al, 2010, predicted Mekong River flow increases for both the high flow and low flow seasons due to climate change; however, those increases were not sufficient to offset the decreases predicted due to upstream development (hydropower and irrigation). While the combination of these reports suggests the potential for a renewal of sediments in the downstream portions of the Mekong River, that remediation of sediment trapping by upstream dams would come at the cost of productive lands downstream in Cambodia and Vietnam as they erode into the river due to increased flows and heavy rainfall events. In MONRE’s 2009/2011 analysis, sea level rise was

reported to vary along the Vietnamese coast but average 75cm under the medium emissions (B2) scenario by the end of the 21st century. Sea level rise, as a consequence of climate change, could be anticipated to exacerbate salinity intrusion into the Mekong Delta, particularly during the dry season.

This study has created a suite of customized and validated, LMB-specific water resources modeling tools and established a scientific basis for further use by the four LMB countries (Thailand, Lao PDR, Cambodia, and Viet Nam) for guiding hydropower development on the Mekong River, including consideration of siting, scale, and design of proposed mainstem hydropower projects to avoid or minimize significant changes downstream; evaluation of mitigation measures such as sediment flushing/sluicing; and consideration of other development activities.

The study assessed overall, collective impacts of the entire cascade taken together, and collective effects of various subsets of those projects. Evaluation of potential impacts of individual mainstream hydropower projects was beyond the scope of this study as the focus was on basin-wide impacts.

Acknowledgments

The Mekong Delta Study was conducted by a joint team of modeling and environmental impact assessment specialists from DHI of Vietnam and Denmark and HDR of USA with valuable support from a large contingent of Vietnamese experts. The study was completed under the supervision of and with substantial technical assistance from the Viet Nam Mekong Committee.

Funding

This study was funded by the Government of Viet Nam with assistance from the Australian Department of Foreign Affairs and Trade, the U.S. Agency for International Development, and the World Bank.

References

- Block P (2007) Integrated management of the Blue Nile Basin in Ethiopia: hydropower and irrigation modeling. IFPRI discussion paper 07000. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Costanza R, Kubizewski I, Paquet P, King J, Halmi S, Sanguanngoi H, Bach N, Frankel R, Ganasehi J, Intralawan A, Morell D (2011) Planning Approaches for Water Resource Development in the Lower Mekong Basin. Institute for Sustainable Solutions, Portland State University, Portland, OR. <http://www.pdx.edu/sustainability/lower-mekong-report>
- Hecht J, Lacombe G (2014) The effects of hydropower dams on the hydrology of the Mekong Basin. State of Knowledge Series 5. Vientiane, Lao PDR, CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems (WLE), 16p. <http://hdl.handle.net/10568/53040>.
- Hoanh C, Jirayoot K, Lacombe G, Srinetr V (2010) Impacts of climate change and development on Mekong flow regime. First assessment – 2009. MRC Technical Paper No. 29, Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR. <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/technical/tech-No29-impact-of-climate-change.pdf>
- ICEM (International Centre for Environmental Management) (2010) MRC Strategic Environmental Assessment of Hydropower on the Mekong Mainstream, Final Report. Hanoi, Viet Nam. <http://www.mrcmekong.org/ish/SEA.htm>.
- IFAD (2013) Cambodia Environmental and Climate Change Assessment. Prepared for IFAD's Country Strategic Opportunities Programme 2013-2018. International Fund for Agricultural Development (IFAD), Rome, Italy. <https://operations.ifad.org/documents/654016/0/cambodia.pdf/b4f2088e-e892-4dab-b56a-c1f7cd0ddace>

- Intralawan, A, Wood, D and Frankel, R (2015) Working Paper on Economic, Environmental and Social Impacts of Hydropower Development in the Lower Mekong Basin. Natural Resources and Environmental Management Research and Training Center, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. Available at: <http://www.mfu.ac.th/nremc/gallery/Final%20Report%20on%20Mekong%20Hydropower%20Development.pdf>.
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_FINAL.pdf
- Khan A, Ghoraba S, Arnold J, Di Luzio M (2000) Hydrological Modeling of Upper Indus Basin and Assessment of Deltaic Ecology. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) 4(1): 73-85. http://www.ijmer.com/papers/Vol4_Issue1/AJ417385.pdf.
- Kummu M, Keskinen M, Varis O (eds.) (2008) Mekong at the crossroads. AMBIO 37: 146–149.
- Lacombe G, Douangsavanh S, Baker J, Hoanh CT, Bartlett R, Jeuland M, Phongpachith C (2014) Are hydropower and irrigation development complements or substitutes? The example of the Nam Ngum River in the Mekong Basin. Water International Volume 39(5). DOI: 10.1080/02508060.2014.956205
- Melesse AM (ed) (2011) Nile River Basin: Hydrology, Climate and Water Use. Springer, New York, 419 pp. DOI: 10.1007/978-94-007-0689-7
- MONRE (2009) Climate change and sea level rise for Vietnam. Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), Ha Noi, Vietnam. http://www.preventionweb.net/files/11348_ClimateChangeSeaLevelScenariosforVi.pdf
- MONRE (2011) Climate change and sea level rise for Vietnam. Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), Ha Noi, Vietnam.

- MRC (2009) Adaptation to climate change in the countries of the Lower Mekong Basin: regional synthesis report. MRC Technical Paper No. 24. Mekong River Commission, Vientiane, Laos PDR. <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/technical/tech-No24-adaptation-to-climate-change.pdf>
- MRC (Mekong River Commission) (2011) Assessment of Basin-wide Development Scenarios. Basin Development Plan Programme, Phase 2. Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR. <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/basin-reports/BDP-Assessment-of-Basin-wide-Dev-Scenarios-2011.pdf>
- MRC (2016) The ISH 0306 Study - Development of Guidelines for Hydropower Environmental Impact Mitigation and Risk Management in the Lower Mekong Mainstream and Tributaries, Volume 2 – Version 2.0 – Hydropower Risks and Impact Mitigation MANUAL – Key Hydropower Risks, Impacts and Vulnerabilities and General Mitigation Options for Lower Mekong. <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/policies/2nd-Interim-Report-ISH0306-Volume-2-The-Manual-Final.pdf>
- Piman T, Cochrane T, Arias M, Green A, Dat N (2012) Assessment of Flow Changes from Hydropower Development and Operations in Sekong, Sesan and Srepok Rivers of the Mekong Basin. J. Water Resour. Plann. Manage. 139(6):723-732. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000286 (May. 21, 2012).
- Reis J, Culver TB, Lacombe G, Senaratna Sellamuttu S (2014) Reservoir operation for recession agriculture in the Mekong basin. Journal of Water Resources Planning and Management, 141(7). DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000485
- Rossi C, Srinivasan R, Jirayoot K, Duc T, Souvannabouth P, Binh N, Gassman P (2009) Hydrologic evaluation of the Lower Mekong River Basin with the soil and water assessment tool. International Agricultural Engineering Journal 2009, 18(1-2):1-13.
- SIWRP (2011) Water resources development plan for the Mekong Delta under climate change and sea level rise. Southern Institute of Water Resources Planning (SIWRP), Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD), Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Warren TJ (1999) A monitoring study to assess the localized impacts created by the Theun-Hinboun Hydro-Scheme on fisheries and fish populations: Final report to Theun-Hinboun Power Company.

Available at:

https://www.internationalrivers.org/sites/default/files/attachedfiles/study_prepared_by_fisheries_specialist.pdf.

Wild TB and Loucks DP (2015) Mitigating Dam Conflicts in the Mekong River Basin. Chapter 2 *in* K.W.

Hipel et al. (eds.), Conflict Resolution in Water Resources and Environmental Management, DOI 10.1007/978-3-319-14215-9_2

World Bank (2014) Ganges Strategic Basin Assessment: A Discussion of Regional Opportunities and Risks. Report No. 67668-SAS. World Bank, Washington.

World Wildlife Fund (2013) Decision Support For Generating Sustainable Hydropower In The Mekong Basin. Prepared by Jean-Paul Bravard and Marc Goichot. Project Number: 9S084001.

Figure Captions

Fig. 1. Locations of proposed LMB mainstream hydropower projects.

Fig. 2. Cumulative Impact Assessment Integrated Modeling Framework. The first three vertical blocks are discussed in this paper.

Fig. 3. Calibration results for the Delta model at My Tho, My Thuan and Can Tho.

Fig. 4. Comparison of simulated and measured silt concentrations at Tan Chau and Chau Doc, 2009 (calibration) and 2011 (validation).

Fig. 5. Comparison of simulated and measured clay concentrations at Tan Chau and Chau Doc, 2009 (calibration) and 2011 (validation).

Fig. 6. Annual flood volume and annual flood peak diagram at Kratie from 1922 to 2013 (Source: MRC database).

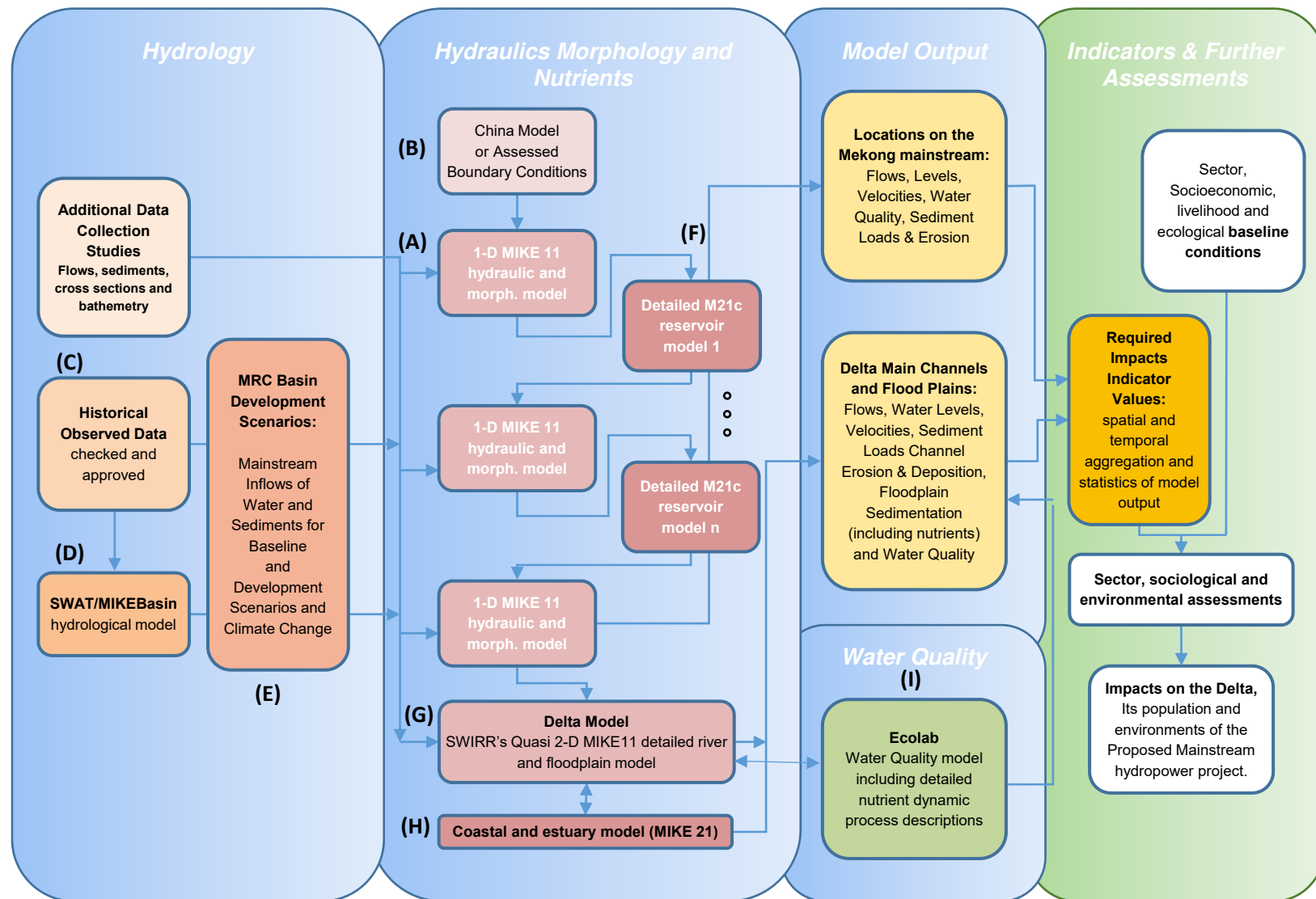
Fig. 7. Changes in minimum water levels in the Vietnamese Delta during dry year, dry season filling subsequent to drawdowns for increased power production.

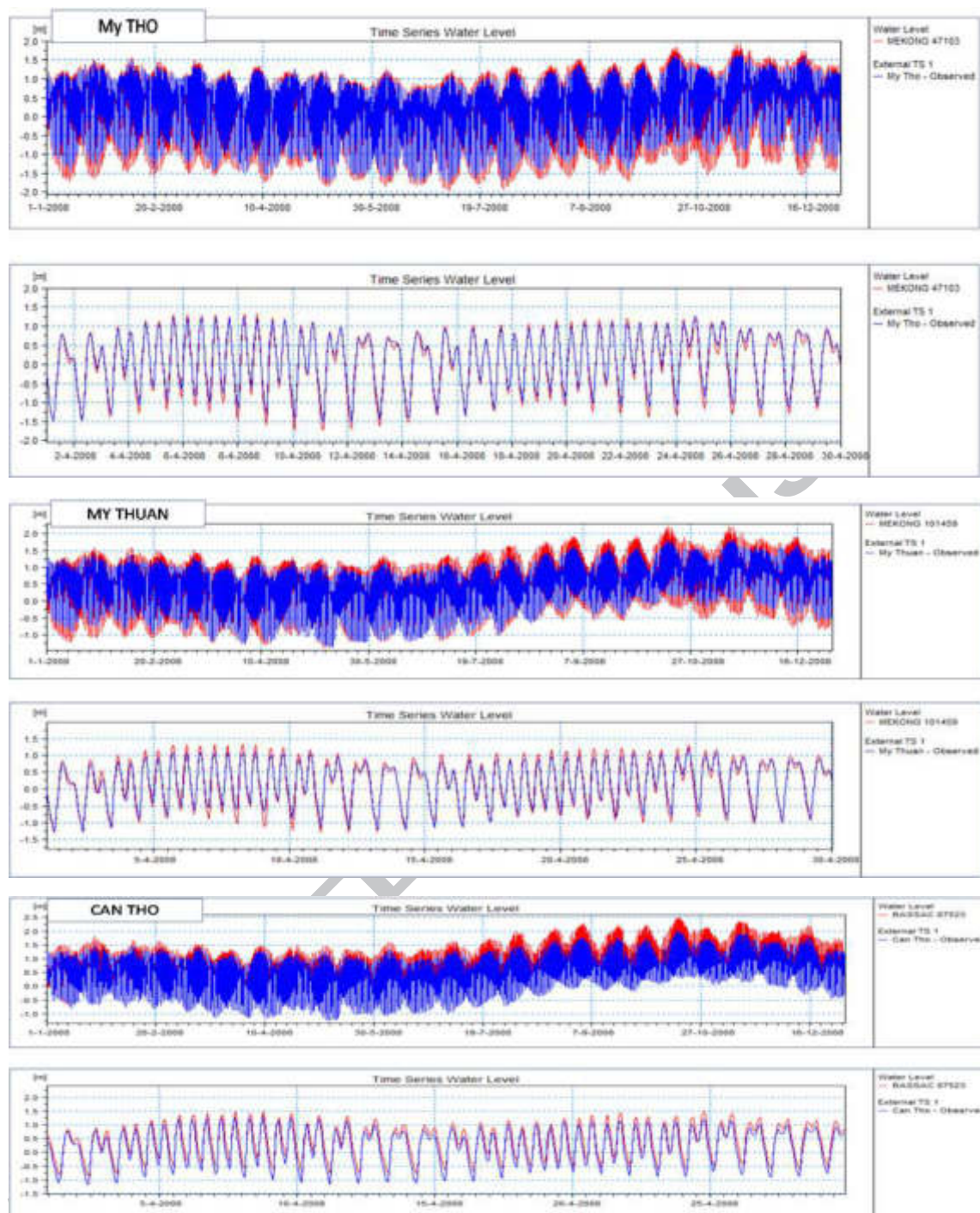
Fig. 8. Estimated changes in erosion rates along the Mekong Delta coastline, year 2008.

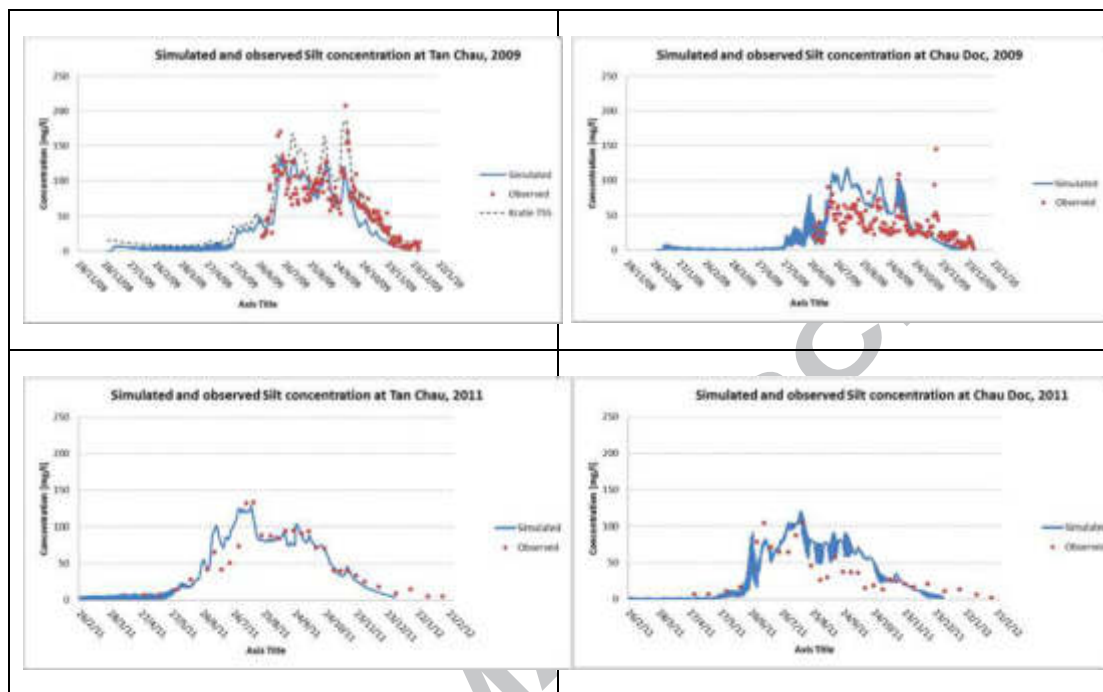
Fig. 9. Changes in annual nitrogen and phosphorus deposition ($\text{g/m}^2/\text{year}$) between the Baseline and Scenario 1 for 2007 and 2008.

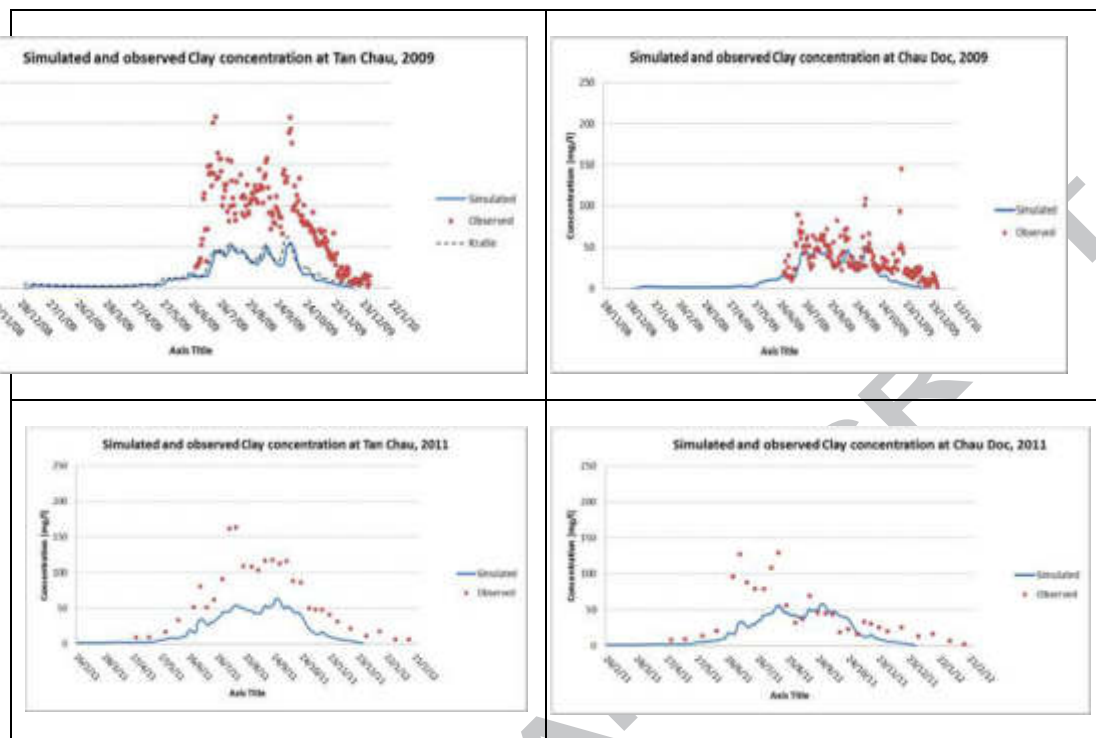
Fig. 10. Difference in salinity (g/l) between baseline and Scenarios for 1998 (Dry year). Average for dry season (left) and maximum difference during the dry season (right).

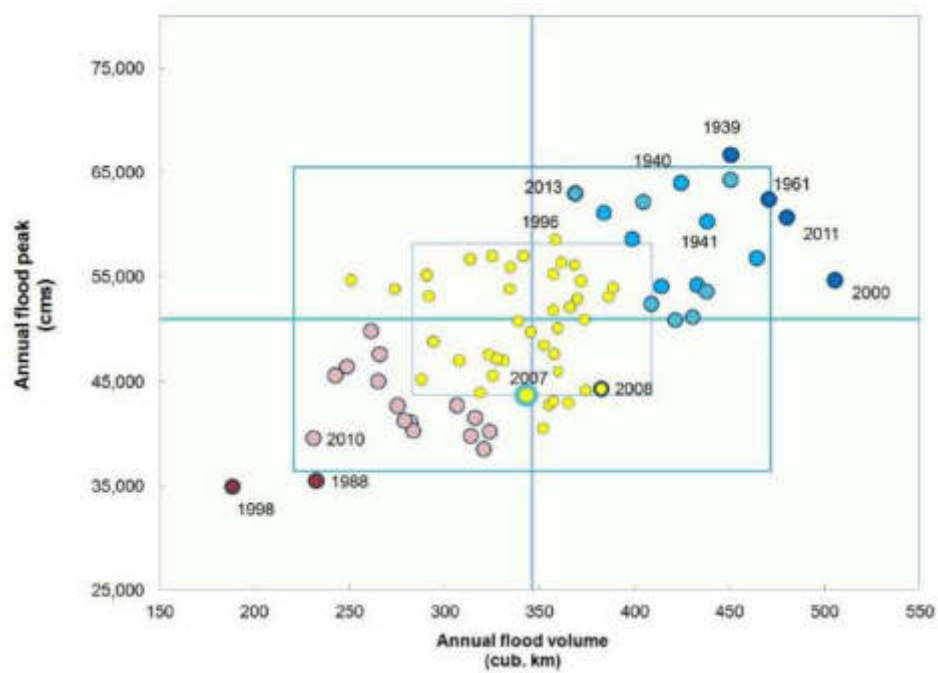


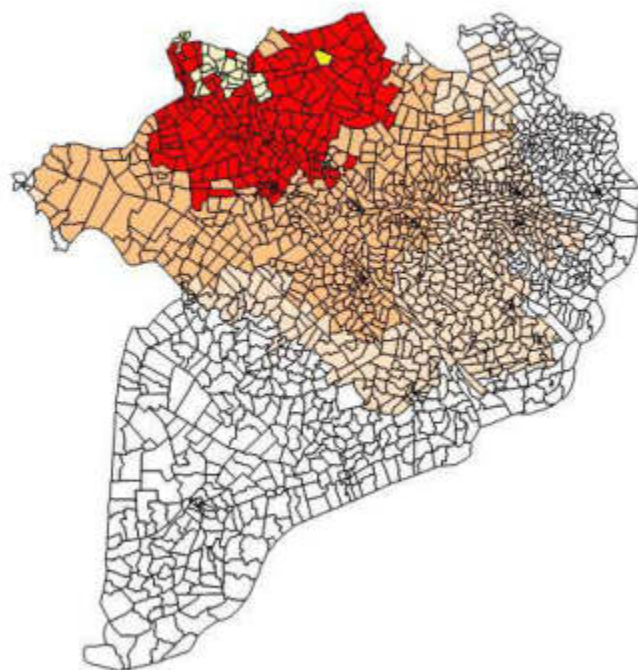
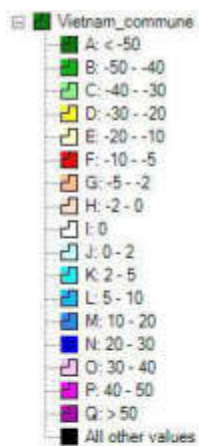




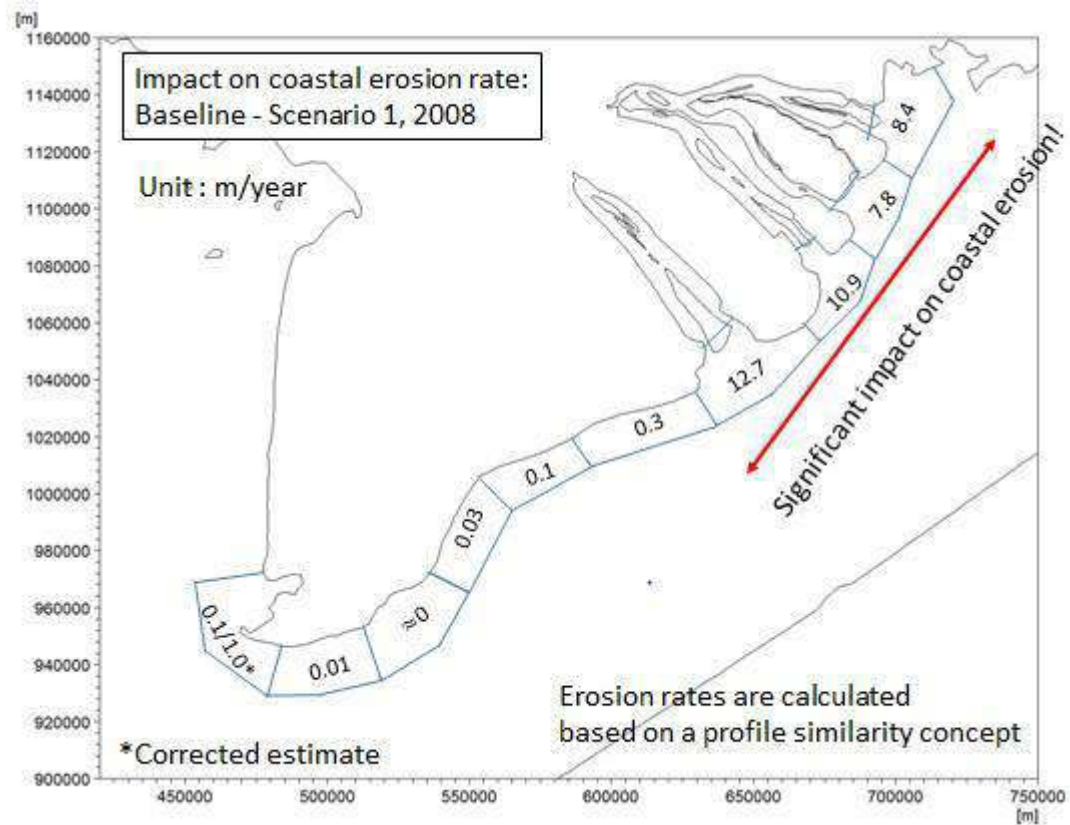


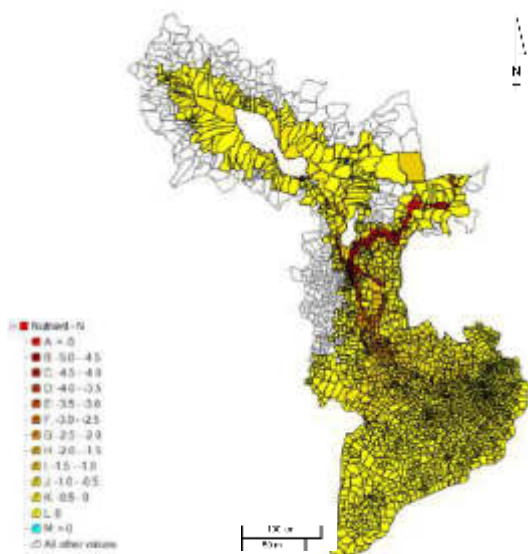




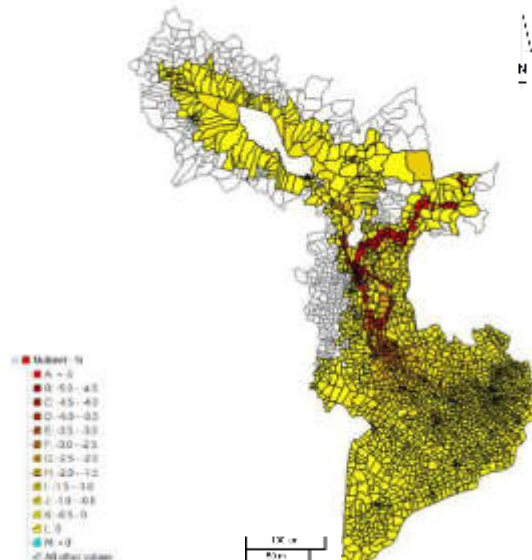


50 km
20 mi

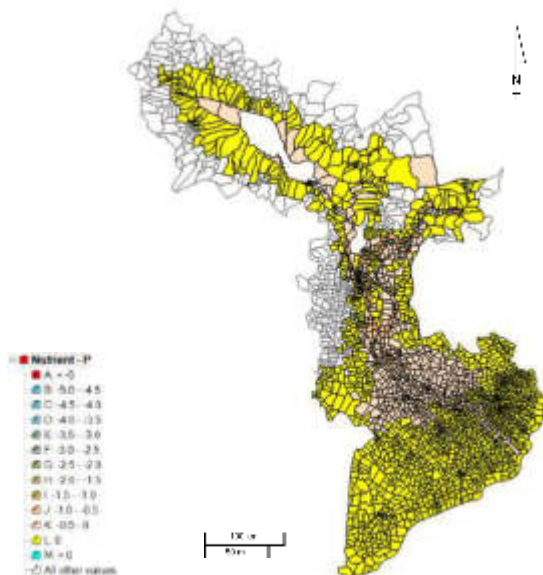




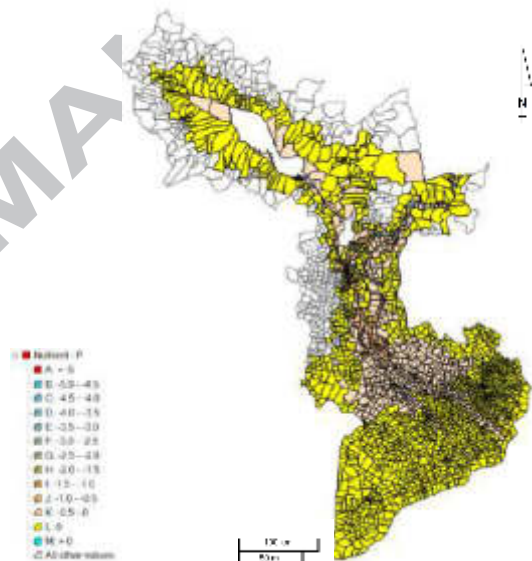
Nitrogen Deposition: Scenario 1 – 2007



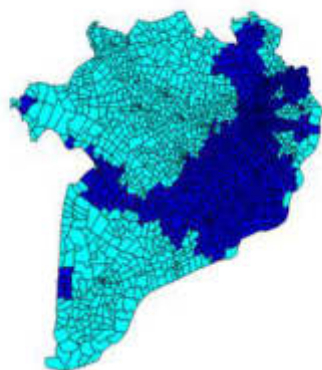
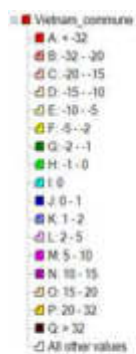
Nitrogen Deposition: Scenario 1 – 2008



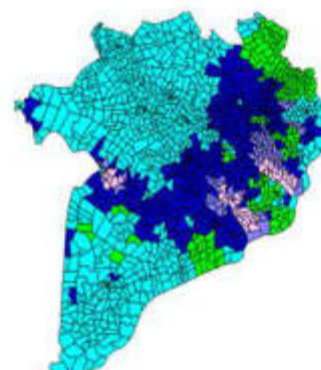
Phosphorus Deposition: Scenario 1 – 2007



Phosphorus Deposition: Scenario 1 – 2008



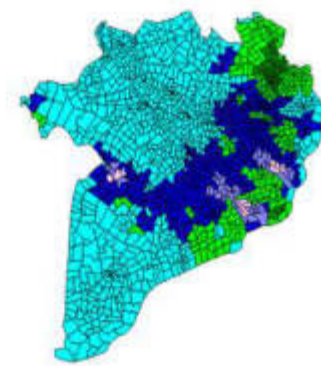
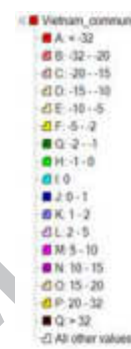
Salinity Scenario 1 – 1998 Average Dry season



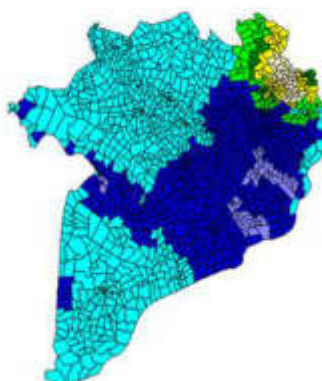
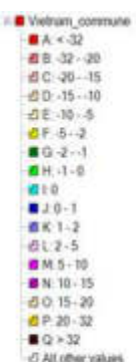
Salinity Scenario 1 – 1998 Maximum Dry season



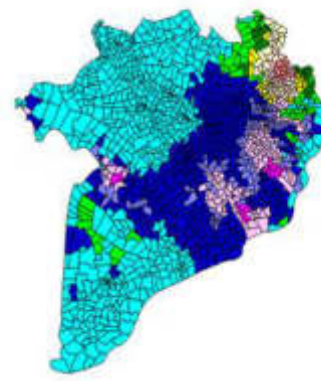
Salinity Scenario 2 – 1998 Average Dry season



Salinity Scenario 2 – 1998 Maximum Dry season



Salinity Scenario 3 – 1998 Average Dry season



Salinity Scenario 3 – 1998 Maximum Dry season

Highlights

- A multi-scenario analysis of hydropower development on the Mekong River was conducted
- H&H modeling tools were customized to the Lower Mekong Basin of Cambodia and Vietnam
- Reduction of sediment and nutrient transport were the largest projected changes
- Reduction of water quality due to salinity intrusion was also projected

CONSENT LETTER

To whom it may concern

Journal title: Lowland Technology International

Article title: Application of 2D modeling in simulation the erosion of dykes on Thach Han river basin in Vietnam

Authors: Doan Quang Tri, Tran Hong Thai, Nguyen Thi Mai Linh

We would like to inform you that we are totally aware and agree that **Dr. Tran Hong Thai** is principal author for this manuscript (on behalf of signatures of all co-authors).

Title and name: Dr. Doan Quang Tri	Signature: 	Date: 24/06/2019
Title and name: Dr. Tran Hong Thai	Signature: 	Date: 24/06/2019
Title and name: Dr. Nguyen Thi Mai Linh	Signature: 	Date: 24/06/2019

Research Paper

Application of 2D modeling in simulation the erosion of dykes on Thach Han river basin in Vietnam

D.Q. Tri ¹, T.H. Thai ² and N.T.M. Linh ³

ARTICLE INFORMATION

Article history:

Received: 28 May, 2018

Received in revised form: 04 September, 2018

Accepted: 08 September, 2018

Publish on: 07 December, 2018

Keywords:

Erosion,
 Trieu Do-Thach Han,
 MIKE 21

ABSTRACT

Application of 2D modeling to carrying out research on the calculation of water flow rate and the amount of sediments transported has been proved effectively. In this paper, the hydraulic model MIKE 21 was applied to calculate and simulate the data of two big flood events in 1999 and 2005. The calibrated and validated results at Thach Han station and Dong Ha station were relatively similar in terms of phases and amplitude fluctuations of water level with the high value of Nash-Sutcliffe coefficient, and low value of RMSE-observations standard deviation ratio (RSR) and Percent bias (PBIAS). The hydraulic modeling and sediment transport were applied by using MIKE 21 gave an overall assessment on the erosion process on the Thach Han River Basin and river bottom before and after the construction of the dikes and embankments. The construction, accordingly, has proven its significant effects on alleviating the development of increasing erosion on parts of the river flowing through Trieu Do commune, Quang Tri province, Vietnam.

1. Introduction

Deposition has been identified as a natural feature, and it has occurred constantly on rivers around the world. Nevertheless, this tendency has been drawn much attention since it has adverse effects on land, resources and human's infrastructure, especially the damaging effect which is known as erosion. Erosion is a frequent interaction of water and soil leading to its consequence. The changes in a river or a canal maybe cause a change in dimension, shape, component of their bottom, levels of slope, surface. The critical issue, however, is to understand the mechanism of erosion, transportation and deposition of sediment. The hydraulics of flow in a river and its sediment transport characteristics are the two basic phenomena that determine its geometric and plan

form shape. There are many variables that affect the hydraulics of flow and the nature of sediment transported in a natural stream. Flows in open channels are described by a set of partial differential equations for computer simulation of hydrodynamic and sediment processes (Chaudhry, 1993; Martin and McCutcheon, 1999). Analytical solutions for these equations are not available, except for simplified, one-dimensional cases. Therefore, these equations are solved using numerical methods. Mathematically represented simulations are an efficient way to estimate the time and space-dependent sediment processes (Van Rijn, 1989). There are numerous mathematical models available to simulate sediment transport and depositions in one-dimension (1D) (Doan et al., 2013), two-dimension (2D), and three-dimension (3D) (Martin and McCutcheon, 1999; Abbott,

¹ Sustainable Management of Natural Resources and Environment Research Group, Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, VIETNAM, doanquangtri@tdtu.edu.vn

² Vietnam Meteorological and Hydrological Administration, VIETNAM, tranthai.vkttv@gmail.com

³ Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, VIETNAM, nguyenthimailinh@tdtu.edu.vn
 Note: Discussion on this paper is open until June 2019

1992). Nowadays, different mathematical models with the support of computers allow people to describe events in the past as well as to forecast the future phenomena with unpredictable conditions. Many research programs have been devoted to the study of the sediment transported (Vanoni, 1984; Yallin, 1963, 1972; Yang, 1972, 1973). Yallin (1963, 1972) developed a bed load equation incorporating reasoning similar to Einstein (1950), Einstein and Chien (1955), however, with a number of refinements and additions. Yang (1972, 1973) approached the total transport from the energy expenditure point of view and related the transport rate to stream power. Hassanzadeh (2007) used the dimensional analysis and the Buckingham Π -theorem has presented a dimensionless semi-empirical equation on the bed load.

Central Vietnam has been adversely affected by storms, tropical cyclone and floods which caused damage to numerous dykes, embankments and salinity to farming crops where the water level was heightened due to storms. In the coastal areas of Quang Tri province, the storms No. 8, 9, and 10 occurred in 1999; No. 4 in 2000; No. 5, 6, 7, and No. 8 in 2005 destroyed many dykes and embankments. In particular, due to the deleterious effects of storms No. 6 and 7 combined with the tropical depression in cold front in October 6th, 2005, there was heavy rainfall in Quang Tri province, triggering the greatest flood in all rivers of the province, especially in Ben Hai River, O Hieu River, O Lau River, O Giang River and Thach Han River. This flood made severe damage to the property and people in Hai Lang commune. Every year, due to the detrimental effects of storm and flood, erosion has occurred along with rivers and coastal areas. This phenomenon occurs at many places on Thach Han River, flowing through Trieu Do commune. However, the construction of Giap Dong dyke still cannot prevent erosion from taking place (Fig. 1). In this study, the application of hydraulic MIKE 21 HD and MIKE 21 ST in the simulation and calculation has a significant role to evaluate the effect of dykes and embankments on the erosion on Thach Han River.



Fig. 1. (a) Erosion on the river at Gia Do commune; (b) Erosion at the dyke system at Quy Ha commune.

2. Materials and methods

2.1 Description of study site

Quang Tri is a province in Central Vietnam, encompassing four types of terrain: mountains, hills, plains and coastal areas. It has three main rivers including Ben Hai River, Thach Han River, O Lau River and many small rivers (Fig. 2). The acreage of natural land is 4,739,82 km² (in which 78% are mountainous areas, 14,5% are plains and 7,5% are sandy dunes and coastal areas). Quang Tri province possesses extreme weather conditions and unfavorable topography. Every year, it suffers a great deal of disasters such as storm, cyclone depression, flood, inundation, salinity, tide, flashing flood, drought, thunderstorm, erosions, erosion, wildfire, in which storm is a common disaster and cause serious damage. The most devastating effect is the damage caused by storm, flood and inundation on the major rivers in Quang Tri province. The dyke system protecting Trieu Do commune and Trieu Phong commune which are located at the bank of Thach Han River is 4,14 km. This dyke system belongs to the general construction plan of Trieu Phong commune, Quang Tri province. The dyke system from Xuan Thanh commune to Quy Ha dam located in the bottom of Thach Han River, near the water front (Cua Viet) was often affected by flooding and rising tide. However, due to the historical flood in 1999 and adverse damage of storm No. 8 in October, 2015, this dyke system was destroyed and many of its fragments were swept away. Therefore, the protection of the system for residents was removed.

2.2 Data collection

In order to establish, adjust and modify the hydraulic model for Thach Han River basin - Quang Tri province, input data were collected according to the following criteria:

Topography data: surface topography (topographic maps, DEM data), rivers' cross-section and river schemes (irrigation works, transportation systems, bridges and so on): (1) Topographic map of Quang Tri Province and Hue City with the scale of 1/50000 which was converted into digital format; (2) 25 topographic maps of Quang Tri Province with the scale of 1/25000; (3) National Atlas in 2000 (paper form). In addition, data of river schemes was collected as follows: (1) parameters of dykes and embankments of Quang Tri province; (2) basic technical parameters of the system of Southern Thach Han; (3) Disaster risk management plan of Quang Tri Province up to 2020 and Disaster risk management projects in Quang Tri.

Hydro-meteorological data: rainfall, evaporation, water level, discharge collected at meteorological and hydrological stations belong to the National Hydro-meteorological Service, Ministry of Natural Resources and Environment (**Table 1**).

Table 1. Lists of hydro-meteorological stations collection.

Name of stations	Name of rivers	Indicator	Years of collection	Notes
Cua Viet	Thach Han	H	1977-2009 1983, 1990, 1995, 1998, 1999, 2004-2009	The data were based on the measurement of tide
		Flood		
Dong Ha	Cam Lo	H	1976-2009 1983, 1990, 1995, 1998, 1999, 2004-2009	The data were based on the measurement of tide
		Flood		
Thach Han	Thach Han	H	1977-2009	The data were based on the measurement of tide

2.3 Description model

In this study, the combination of hydraulic model of MIKE 21 (HD) and sediment transport model of MIKE 21 (ST) was used to carry out research on the development of erosion within the study (MIKE 21, 2012). MIKE 21 is commercial software in simulating the two-way flow, wave, sediment transportation, shape and environmental process. It is user friendly display, trustworthiness that have made the software an integral part in models applied to inland, coastal and offshore areas. The equation Saint-Venant was used for two-dimensional space consisting of one continuity equation and two momentum equations which are presented as the following:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} +$$

$$\frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + h\nu_s S$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} +$$

$$\frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + h\nu_s S \quad (3)$$

The model MIKE 21 (ST) provides the method to calculate the speed of sediment transport that is not coherent. MIKE 21 (ST) can measure the process of transporting sand solely based on data of water flow, or based on the combination of data of water flow and wave. MIKE 21 (ST) can simulate the speed of the process of transporting sand in a large-scale region, including natural environment such as tidal creek, estuary and

coastal line, and man-made constructions like bridges, harbors so on. According to Engelund and Fredsoe (1976) theory, the total sediment volume transported q_t is equivalent the total volume of bed floor sediment transported q_b and volume of remained sediment transported q_s ($q_t = q_b + q_s$).

The total volume of sediment transported was measured as the following equation:

$$q_b = 5p \left(\sqrt{\theta'} - 0.7\sqrt{\theta_c} \right) \sqrt{(s-1)gd^3} \quad \text{if } \theta' > \theta_c \quad (4)$$

Einstein (1950), suspended sediment is calculated by the formula:

$$q_s = 11.6u_*'c_a a \left[I_1 \ln \left(\frac{30.2h}{d_{65}} e \right) + I_2 \right] \quad (5)$$

$$I_1 = 0.216 \frac{A^{Z-1}}{(1-A)^Z} \int_A^1 \left(\frac{1-X}{X} \right)^Z dX \quad (6)$$

$$I_2 = 0.216 \frac{A^{Z-1}}{(1-A)^Z} \int_A^1 \left(\frac{1-X}{X} \right)^Z \ln(X) dX \quad (7)$$

Engelund and Fredsoe (1976) has developed a semi-empirical correlation for the c_b at:

$$a = 2d; c_b = \frac{0.65}{(1+1/\lambda)^3} \quad \text{with } \lambda = \sqrt{\frac{\theta' - \theta_c - \frac{\pi p \beta}{6}}{0.027s\theta'}} \quad \text{if}$$

$$\theta' > \theta_c + \pi p \beta / 6.$$

The formulas of Engelund and Fredsoe were developed based on the data obtained from bed material experiments of grain size. Therefore, the bed material is used as an input for the deposition pattern in the appropriate range of particle size consistent with the formula. The physical should be processes are modeled by a “multi bed layer approach”. An example with 3 bed-layers is shown in **Fig. 3**.

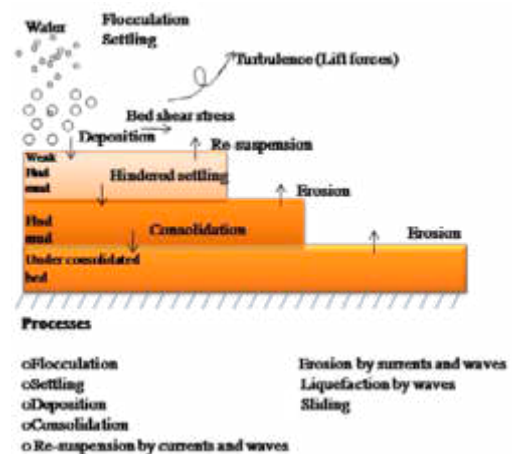


Fig. 2. Multi-layer model and physical processes

2.4 Establish computational mesh

In order to evaluate the effectiveness of dyke and embankment system on the erosion along Thach Han River (the section flowing through Trieu Do commune), the simulation was conducted as two scenarios:

Scenario 1: Simulation of the situation prior to the construction of dyke and the improvement of embankment system.

Scenario 2: Simulation of the situation after the construction of dyke and the improvement of embankment system.

To simulate the process of sediment transport in Trieu Do commune based on the two scenarios, MIKE 21 model was applied with the combination of hydraulic module and sediment transport module. The 2D visualization computation mesh constructed for the study area was presented in Fig. 4.

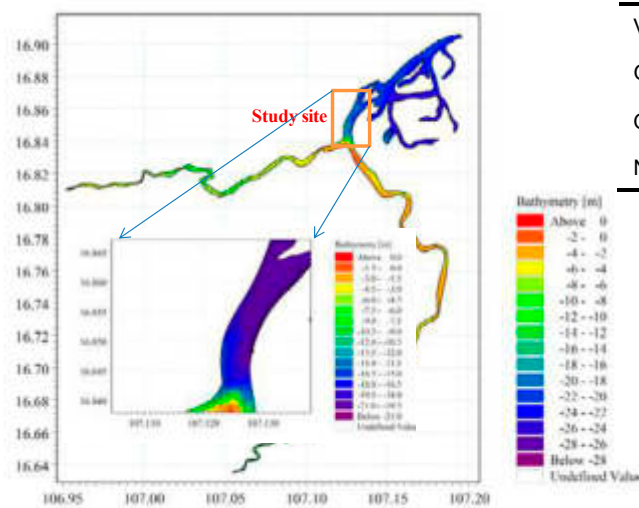


Fig. 3. 2D visualization in study area

3. Results and discussion

3.1 Calibration and validation

Validation and calibration of 2D model were calculated and simulated based on two enormous storms. The storm No. 01 from 1.00am on 5th October, 2005 to 11.00pm on 13th October, 2005 was used to calibrate the model, and the storm No. 02 from 1.00am on 01st November, 1999 to 11.00pm on 11th November, 1999 was used to validation the model. The input data were the volume of rainfall collected at Thach Han station (1999, 2005), Dong Ha station (2005), and Cua Viet station (2005), and the tide data collected at Cua Viet station and the tide water level collected at the estuaries. The modification data were the observed water level at

Thach Han station (1999, 2005) and Dong Ha station (1999, 2005).

The process of calibration model was applied to the historical flooding on 05-12 October, 2005. On the Ben Hai River basin, the maximum hourly precipitation registered 96mm, at Dong Ha station with 408mm of the amount of rainfall within 12 hours. The comparative result between simulated and measured water level at Thach Han station (Nash = 0.97) and Dong Ha station (Nash = 0.94) with optimal results of Nash (Nash-Sutcliffe, 1970) (Figs. 5, 6, Table 2). Based on the results of calibration model parameters was used to validate the model of the flood event in 1999.

Table 2. Evaluation criteria for indicator quality (Moriasi et al., 2007)

Evaluation	RSR	Nash	PBIAS (%)
Very good	$0 \leq \text{RSR} \leq 0.5$	$0.75 < \text{Nash} \leq 1$	$\text{PBIAS} < \pm 10$
Good	$0.5 \leq \text{RSR} \leq 0.6$	$0.65 < \text{Nash} \leq 0.75$	$\pm 10 \leq \text{PBIAS} < \pm 15$
Qualified	$0.6 \leq \text{RSR} \leq 0.7$	$0.5 < \text{Nash} \leq 0.65$	$\pm 15 \leq \text{PBIAS} < \pm 25$
Not qualified	$\text{RSR} > 0.7$	$\text{Nash} \leq 0.5$	$\text{PBIAS} \geq \pm 25$

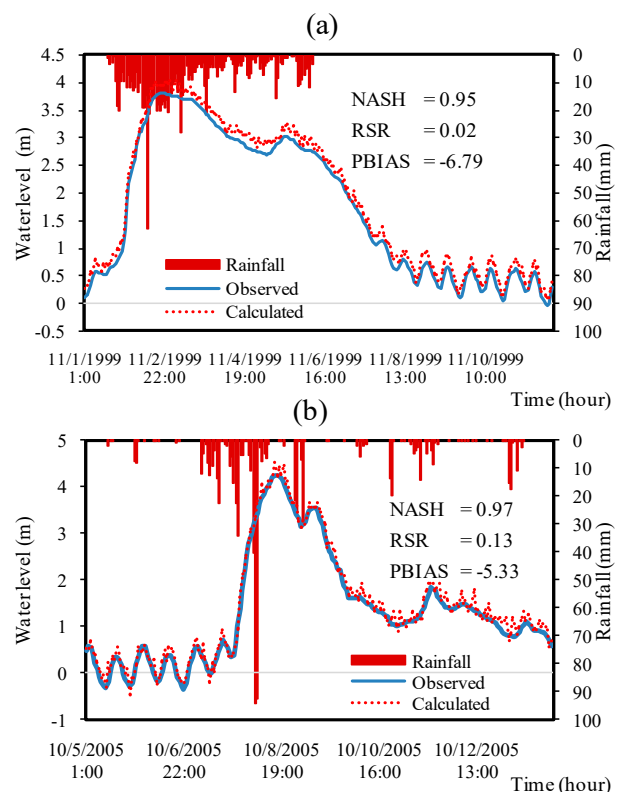


Fig. 4. The calibration and validation of simulated and measured water level at Dong Ha station in 1999 and 2005

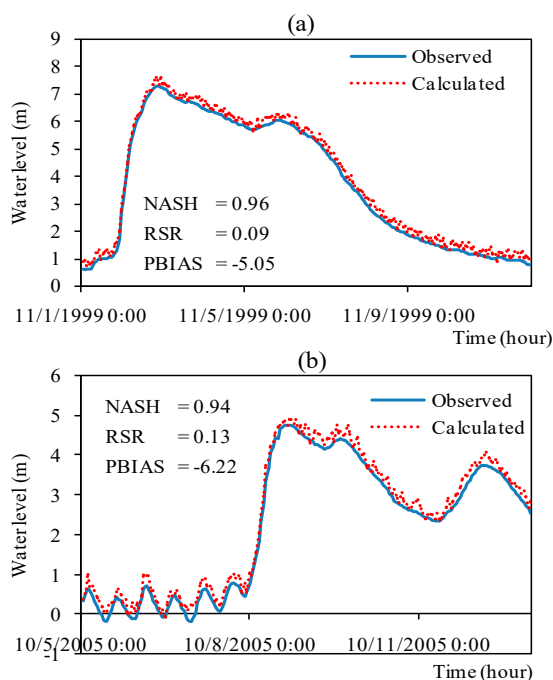


Fig. 5. The calibration and validation of calculated and measured water level at Thach Han station in historical flood events in 1999 and 2005.

The calibration model was applied to measure the historical flood event from 1-10 November, 1999 caused by torrential rain (the precipitation measured at stations fluctuated from 1300 mm to 1600 mm) and tides due low pressure of East Sea, triggering large-scale and perpetuated flooding (the water level at Thach Han River was 7.29m, more than the alarm level III by 1.79m). The calibration results of calculated and measured water level at two stations: Thach Han (Nash = 0.96) and Dong Ha (Nash = 0.95) demonstrated that the model was qualified to the measurement with optimal Nash results (**Figs. 5, 6, Table 2**).

The calibration and validation of calculated and observed water level in two huge storms in 2005 and 1999 (**Figs. 5, 6**). The calibration and validation of water level at Thach Han station and Dong Ha station proved the results of Nash oscillated from 0.94-0.97 (qualified). The RSR value varied from 0.02-0.13 < 0.5 (qualified) during both calibration and validation of the model. PBIAS value ranged from -6.22% to -5.33% after calibration, and from -6.79% to -5.05% after validation (**Figs. 5, 6**). The simulation value of average water flow was considered good (PBIAS < ± 10) for both calibration and validation of the model (**Table 2**). Nash, RSR and PBIAS were all proven qualified for the whole measurement. The data after calibration and validation of the model may be used to simulate the construction.

3.2 Scenario developments

The data obtained by calibration and validation of the hydraulic model of two huge storms were reliable enough to simulate plans for flood prevention as well as other plans in the next stage. Hydraulic and sediment transportation models in two-dimensional MIKE 21 were applied to evaluate the effectiveness of the project on water flow. Non-parametric mesh terrain was used for both scenarios. After simulating the existing scenario, the scenario with the construction was calculated using the same input data and simulation of a 1.5 km of dyke system and updated data of a 2.7 km of embankment system. The model was simulated with the most unfavorable condition and marginal condition set by water level in flooding season.

Based on the data chain of water level and flood in many years, October was observed to have the highest water level and water flow, and the data in October 2007 was applied to simulate and calculate the effectiveness of construction on sandy regime on Thach Han River. The year 2007 was chosen as it had the biggest flood event on Thach Han River. Besides, the flooding flow acts a vital part when simulating the development of sandy regime.

The results in two scenarios are proven: (1) Flow velocity in the river section through Trieu Do commune was small (**Fig. 7**); (2) The changes in bed load illustrated serious erosion (**Fig. 8**); (3) Total sandy and sediment transported were a large (**Fig. 9**).

The results of **Fig. 8** and **Fig. 9** represented the scenario prior to the construction, due to the weakness of geological structure of the river and unregulated exploitation of sand that caused serious erosion in flooding season and considerable changes in the bed floor. The bed river was widened with low level of velocity and speed of water flow; erosion could lead to increased sediment in the river, resulting in a large amount of sediment transport; the erosion in the estuaries, affecting flood drainage. According to the simulation results, after the construction was built, the flow speed has been increased; the bottom transformation process has greatly reduced along with a small amount of sediment transport. It has showed that the construction established has improved the geological structure of the coastal areas, therefore, reducing riverbank erosion in the study area in case of heavy rainfall.

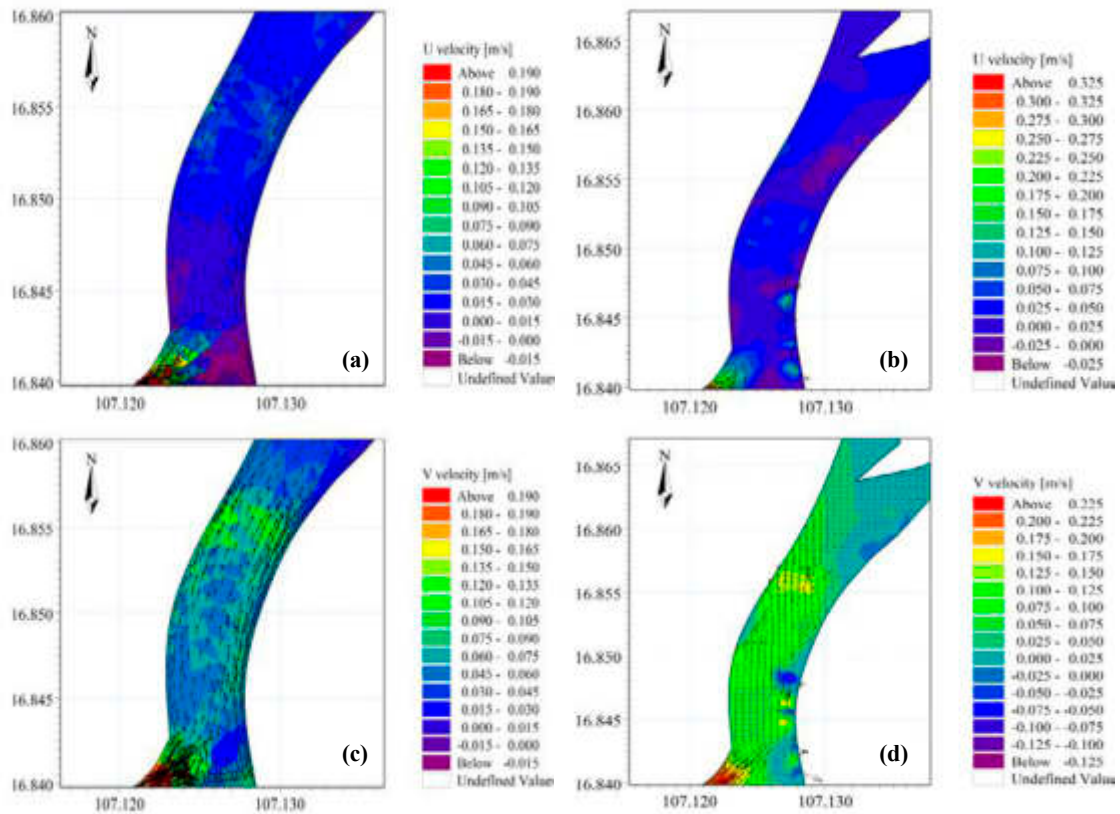


Fig. 6. Flow velocity components in the x- and y-direction: (a, c) current scenario; (b, d) construction scenario

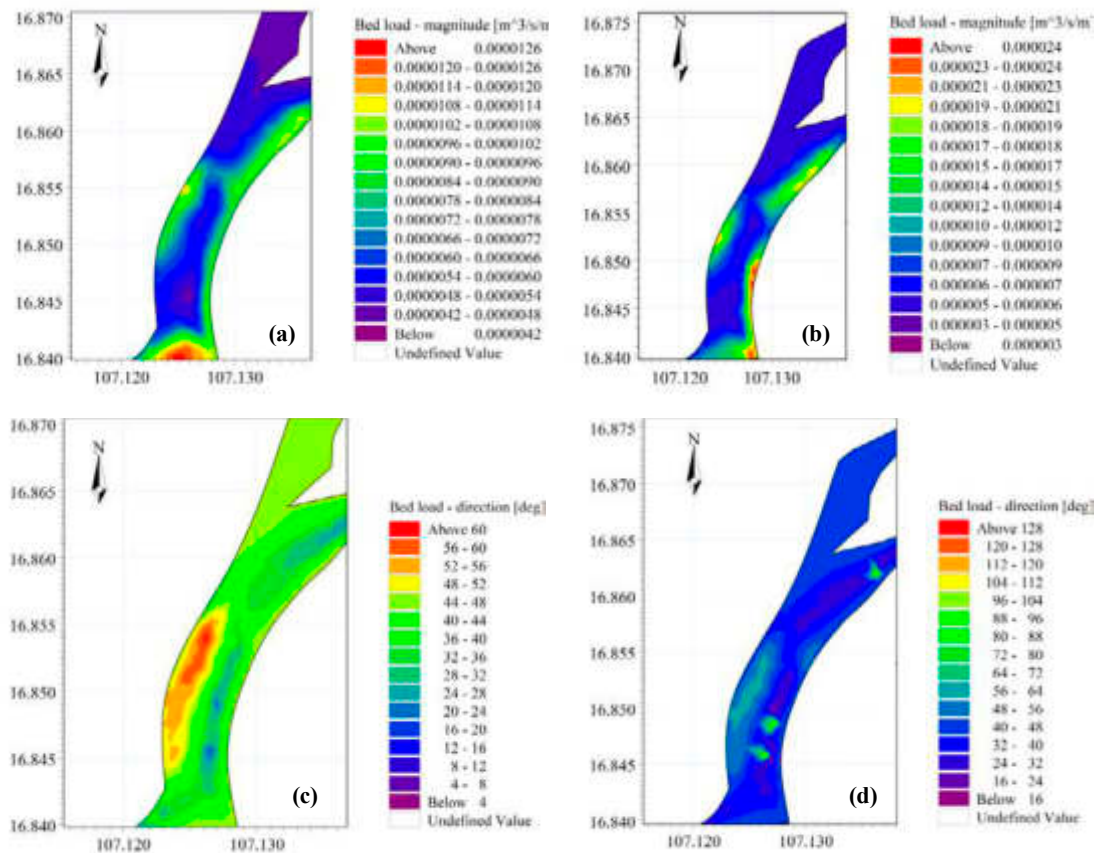


Fig. 7. The changes in bed load: (a, c) current scenario; (b, d) construction scenario

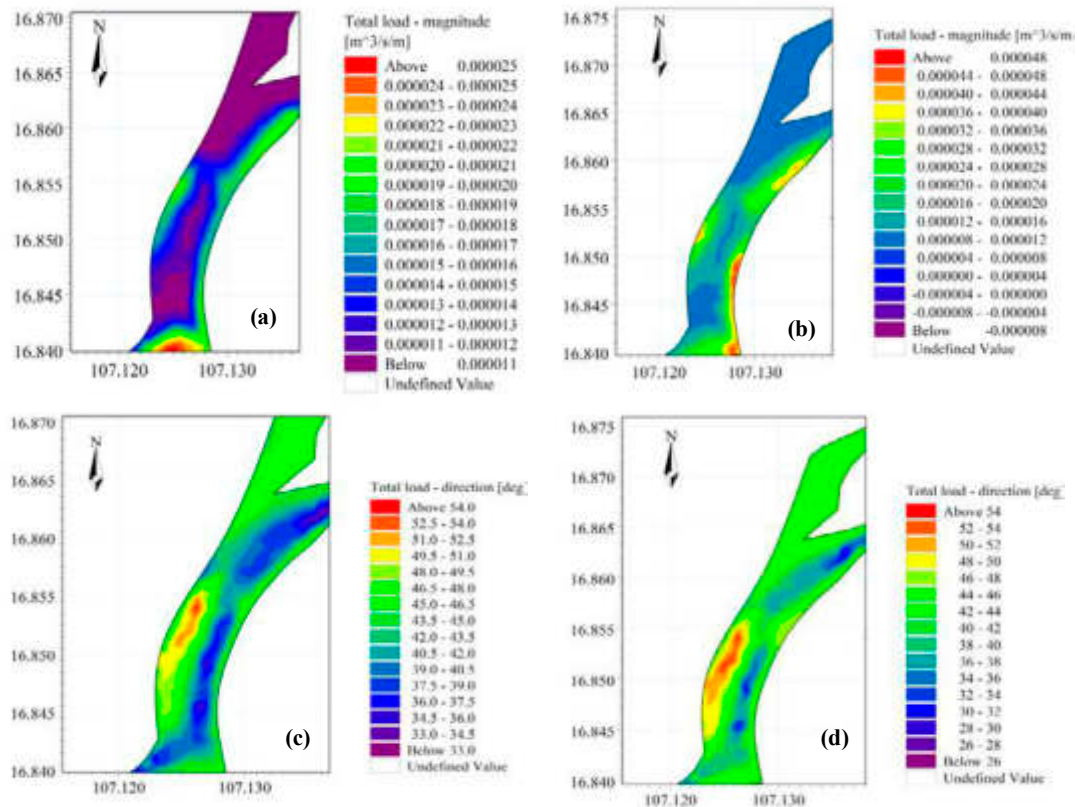


Fig. 8. Total sandy and sediment transport: (a, c) current scenario; (b, d) construction scenario

4. Conclusion

It is true that the construction plays a crucial role in the study site. As the results has showed that because of the construction, water flow speed has increased and changes in bed load has been slow down which resulted in the reinforcement of geographical infrastructure along the river, reducing the possibility of erosion in flooding season. The results using sediment transportation model of MIKE 21 presented an overall on the development of erosion along the bank and at the bed load in two scenarios: prior to the construction and after the construction. Based on the results, the construction has significant contribution to reducing the increasingly serious erosion on the part of the river flowing through Trieu Do commune. Consequently, the construction has been proven its usefulness and necessity. The results of the study showed that the application of the model in the other watersheds in Vietnam is guaranteed. It is likely to allow managers and planers to develop solutions to reduce the erosion along the bank and bed river in the similar basins.

Acknowledgements

We are thankful to Ton Duc Thang University, Vietnam, National Hydrometeorological Service and

Institute of Marine Environment Resources for this research and for the facilities used to perform the study.

References

- Abbott, M.B., 1992. Computational Hydraulics. Ashgate Publishing Company, Brookfield, Vermont 05036, USA.
- Chaudhry, M.H., 1993. Open Channel Flow. Prentice Hall, New Jersey: pp 483.
- Chanson, H., 2004. Hydraulics of open channel flow. Elsevier, Butterworth-Heinemann, 650.
- <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-5978-9.X5000-4>
- Doan, Q.T., Chen, Y.C., Quach, T.T., Mishra, P.K., 2013. Numerical Modeling in Shore Line Evolution Prediction: Case Study of Tat Diike, Vietnam. International Journal of Earth Sciences and Engineering, **06**, 05(01): 1251-1259.
- Einstein, H.A. and Banks, R.B., 1950. Fluid resistance of composite roughness. Trans. Am. Geophys. Union, **31**: 603-610.
- Einstein, H.A., and Chien, N., 1955. Effects of Heavy Sediment Concentration near the Bed on Velocity and Sediment Distribution, M.R.D. sediment series No. 8, University of California, Institute of Engineering Research and United States Army

- Engineering Division, Missouri River, Corps of Engineers, Omaha, Neb.
- Engelund, F., Fredsoe, J., 1976. A sediment transport model for straight alluvial channels. *Nordic Hydrol*, **7**: 294-298.
- Hassanzadeh, Y., 2007. Evaluation of Sediment Load in a Natural River" *Journal of Water International*, **32** (1): 145-154.
- Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *J. Hydro.* **10** (3): 282-290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
- MIKE 21, 2012. Hydrodynamic module, Sand Transport module, Scientific documentation. http://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/MIKE_21.htm
- Martin, J.L. and McCutcheon, S.C., 1999. *Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling*. Lewis Publications, Boca Raton, Florida.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, *Transactions of the ASABE*, **50** (3): 885-900.
- Vanoni, V.A., 1984. Fifty Years of Sedimentation, *Journal of Hydraulic Engineering*, **110**(8): ASCE.
- Van Rijn, L.C., 1989. The State of the Art in Sediment Transport Modeling, in *Sediment Transport Modeling*, edited by Sam S.Y. Wang, 1989. American Society of Civil Engineers, New York.
- Yalin, M.S., 1963. An Expression for Bed Load Transportation, *ASCE* 89, HY3.
- Yalin, M.S., 1972. *Mechanics of Sediment Transport*, Pergamon Press.
- Yang, C.T., 1972. Unit Stream Power and Sediment Transport, *Proc. ASCE*, 98, HY10: 1805-1826.
- Yang, C.T., 1973. Incipient Motion and Sediment Transport, *Proc. ASCE*, 99, HY10: 1679-1704.

v_t	The vertical turbulent (or eddy) viscosity
S	The magnitude of the discharge due to point sources (m^3/s)
u_s, v_s	The velocity by which the water is discharged into the ambient water (m/s)
T_{xx}, T_{yy}, T_{xy}	Three stress components
p	The probability that all the particles of a layer are moving
q_b	Rate of bed load transport in volume of material per unit time and unit width of the channel
θ'	Shields parameter/non-dimensional shear stress
θ_c	non-dimensional critical shear stress
s	Relative density of sediment
g	Acceleration of gravity
d	Fall diameter of sediment particle
β	The coefficient of friction
c_b	The bed concentration
u_*'	The current-related bed-shear velocity due to the grains (m/s)
c_a	The reference concentration (volume)
$a = 2d$	The reference level (m)
I_1, I_2	Einstein integral
h	The water depth (m)
d	The particle diameter (m)
$A=a/h$	Dimensionless reference level
$X=z/h$	Dimensionless vertical coordinate
$Z=w_s/(ku^*)$	Suspension number
E	Correction factor

Symbols and abbreviations

t	The time (s)
x, y	The Cartesian coordinates (m)
η	The surface elevation (m)
d	Average water level (m)
h	The total water depth (m)
$\bar{u}, \bar{v}$	Depth-average velocity components in the x- and y-direction (m/s)
$f = 2\Omega \sin \varphi$	The force Coriolis
g	The gravity (m/s^2)
ρ	The water density (g/m^3)
$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$	The components of radiation stress tensor
P_a	The atmospheric pressure (mb)

Biological environmental survey in Cat Ba Island

Abstract

Cat Ba Island has a significant biodiversity value as it is home to a number of rare and endangered species of plants and animals, with the world's rarest primates the Golden-headed Langur. According to the study results, Cat Ba place have listed 2,380 species of animals and plants including: terrestrial plants 741 species; living animals in the forest area 282 species; mangrove plants 30 species; seaweeds 79 species; phytoplankton 287 species; plank tonic animals 98 species; sea-fish 196 species; corals 154 species. It is identified as one of the areas of highest biodiversity importance in Vietnam and is recognized as a high priority for global conservation.

Keywords: mangrove, seagrass, coral reef, phytoplankton, cat ba island

Volume 2 Issue 2 - 2018

Doan Quang Tri,^{1,2} Tran Hong Thai²

¹Ton Duc Thang University, Vietnam

²Vietnam Meteorological and Hydrological Administration, Vietnam

Correspondence: Doan Quang Tri, Sustainable Management of Natural Resources and Environment Research Group, Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam, Email doanquangtri@tdt.edu.vn

Received: December 04, 2017 | **Published:** March 28, 2018

Introduction

Biosphere reserves Cat Ba Island has been recognized as a UNESCO World on December 02nd, 2004. It is the 4th world's biosphere reserve in Vietnam. Biosphere reserves Cat Ba archipelago including great majority of Cat Ba Island in Cat Hai district, Hai Phong city, Vietnam. Cat Ba Island is considered the richest marine biological system because of its diversity in the North of Vietnam. On the previous study,¹ they found the Langur distribution and forest cover in Cat Ba Island (Figure 1). The objective of this study was shown the distribution of mangrove, seaweed/seagrass, coral reefs and phytoplankton in Cat Ba Island.



Figure 1 The white-headed langur (*Trachypithecus poliocephalus*), an endemic species from Cat Ba Island.¹

Materials and methods

Description of the study area

Cat Ba is the largest of 336 islands in the Cat Ba Archipelago, and also the second largest limestone island (200 km²) in the coastal zone of Vietnam.² It is located in the north-east of Vietnam in the northern section of the Tonkin Gulf and adjacent to Ha Long Bay (the world natural heritage site) (Figure 2). The total natural land area of Cat Ba Archipelago Biosphere Reserve is 26,240 ha, of which land area (island) is 17,040 ha and 9,200 ha of sea. Cat Ba Island is considered

the richest marine biological system because of its diversity in the North of Vietnam.³⁻⁷

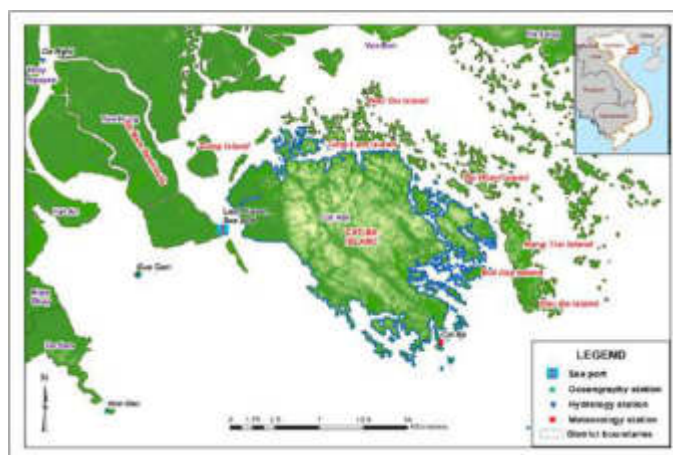


Figure 2 Cat Ba Island.

Methods of field survey

Mangrove: All mangrove species that were identified in the survey sites were recorded. Also to obtain quantitative data, a 10m x 10m quadrat was set at a location that was representative of the site, and the following information was recorded: species composition, canopy height (highest and lowest), stem diameter (1.3 m from ground) and density (No. of stems/100 m²).

Seaweed/seagrass: All seaweed/seagrass species that were identified in the survey sites were recorded. Samples were collected and preserved in a 10% formalin solution for further analysis at IMER's laboratory. Except sites AL11, survey was conducted only along the shoreline (underwater survey was not possible due to very low water visibility). Sites AL11 was surveyed by scuba diving.

Coral Reefs: Coral survey was conducted by scuba diving at sites AL11. Species composition and live coral coverage were recorded at 5m interval along a 100 m line transect.

Phytoplankton: The qualitative Phytoplankton samples were collected by towing a plankton net (mesh size: 20µm, diameter: 20cm) several times in the vertical direction. Quantitative samples

were collected from the surface by collecting 1L of surface water in the PVC bottle. All samples were preserved in 3ml Lugol solution for further analysis at IMER's laboratory.

Demersal fish: Demersal fish was collected with a trawling net (mesh size: #15, width: 5m). Each trawl was conducted for 15 minutes at a speed of approximately 2 miles/hour. All collected species were measured (total length) and weighted, then preserved in 10% formalin solution for further analysis at IMER's laboratory.

Results and discussion

Diversity of the species composition

According to previous studies, a total of 2,380 species have been recorded in Cat Ba Island. Among of them 1,053 species are terrestrial species occupies 51.7% of the total species while the marine species occupies 48.3% with 985 species (Table 1). High biological diversity of the species included in the Cat Ba Island will be a very important basis for the exploitation of natural resources to serve different purposes of human. On the other hand it provides great significance in scientific research: evolution, ecology, environmental indicators along with a wide range of species likely to play an important role in the provision of ecosystem services such as disaster prevention and source of raw materials for the chemical industry and medicine production.⁸

Table 1 The species composition recorded in Cat Ba Island⁹

Taxon	Number of species	Taxon	Species
Terrestrial plant	741	Zooplankton	79
Terrestrial animal	282	Marine fishes	196
Mangrove plant	30	Coral	154
Phytoplankton	287	Zoobenthos	538
Seaweed	79		
Total: 2,380 species			

Diversity of major marine ecosystem

Coral reefs: Coral reefs are mainly distributed at the surrounding waters in the southeast of Cat Ba Island such as Cong La, Ang Tham, Ba Trai Dao, Van Boi, Cong Hip, Tung Ngon, and Coc Cheo. The coral reefs areas are the major fishing grounds for reef fisheries due to high values of the coral reef fishes and associated reef species (Figure 3). The coral reefs in Cat Ba - Ha Long area are represented for the fringing reef types and two addition types of islands connectivity and the unofficial atoll. Generally, along the limestone islands of Cat Ba have coral distribution at a depth of 3, 6, 9 and 11 meters. Morphology of the reef is determined mainly by the morphology of the ground slopes and partly by carbonate sediments originated from organisms on the reef. Due to changes of the environmental conditions under the impact of natural and human, coral reefs are now greatly reduced in terms of area and the level of diversity of the groups living together. The percentage of the live coral coverage occupies by less than 40%, meaning classification of medium and low level by the UNESCO criteria for assessment of the coral reef health.⁸

Table 2 shows the hard coral species identified through the field survey. Twenty-eight species and 58 species were identified at the sites

AL11 respectively. The diversity at site AL11 was lower probably due to relatively turbid conditions. Within the identified species, 4 species are listed in the Vietnam Red Book namely: *Porites lobata*, *Acropora aspera*, *Acropora formosa* and *Acropora nobilis*; which are all classified as "Vulnerable". *Porites lobata* was found at the AL11 site.

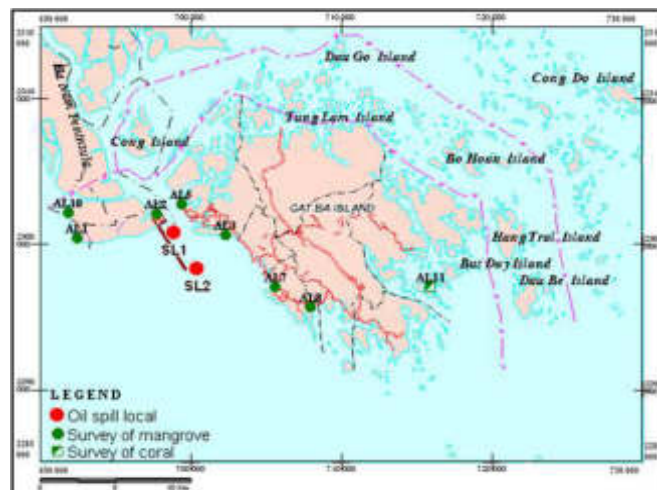


Figure 3 Locations of the field survey sites (mangrove, seaweed/seagrass and coral reef).³

Note 1 Coral was surveyed only at sites AL11; Site AL8 was not surveyed as the area was under construction activities.

Seagrass: Seagrasses are mainly distributed in Cat Ba Island in the narrow range like leopard style on tidal marshes (with the carpet of mangroves) in Gia Luan and in aquaculture ponds in Phu Long. A small area of seagrass distributes in the island of Long Chau (offshore) and Van Boi (Southeast of Cat Ba Island) where there are coral reefs with live coral cover is relatively high (Figure 4). There were only two species of seagrass have been identified in the island of Cat Ba such as *Ruppia Maritima* and *Halophila beccarii*. However, both species are not included in the Red Data Book of Vietnam, although the species of *Halophila beccarii* is classified at the level of "danger threatened" in the IUCN red list of threatened species, 2011.⁸

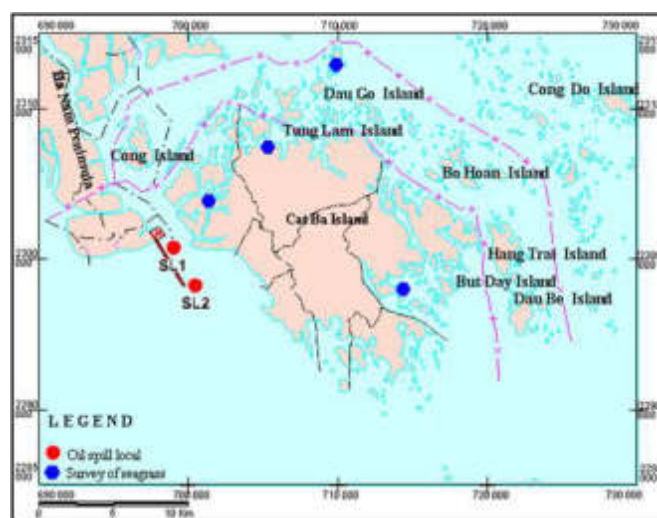


Figure 4 Distribution map of the seagrass area at Cat Ba islands.³