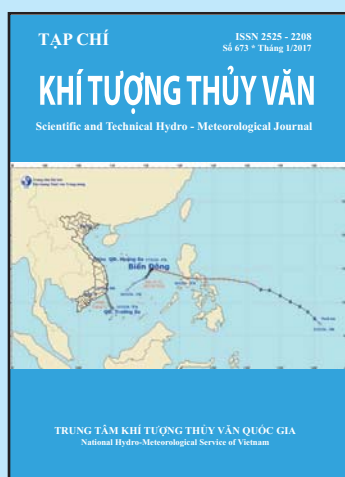


# KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

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. Trần Hồng Thái

### ỦY VIÊN HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

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

### Thư ký tòa soạn

Phạm Ngọc Hà

### Trị sự và phát hành

Đặng Quốc Khánh

### Giấy phép xuất bản

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

### Tòa soạn

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, 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: Đường đi của bão số 10 Nock - Ten tháng  
12 năm 2016*

Giá bán: 25.000 đồng

Số 673 \* Tháng 1 năm 2017

# Mục lục

## Bài báo khoa học

- 1 **Trần Hồng Thái, Võ Văn Hòa, Dư Đức Tiến, Lưu Khánh Huyền:** Khả năng dự báo tuyết bằng mô hình phân giải cao trên khu vực Bắc Bộ
- 7 **Nguyễn Đăng Mậu, Nguyễn Minh Trường, Hidetaka Sasaki, Izuru Takayabu:** Dự tính biến đổi lượng mưa mùa mưa ở khu vực Việt Nam vào cuối thế kỷ 21 bằng mô hình NHRCM
- 14 **Lê Kim Dung:** Biến đổi khí hậu và những tai biến thiên nhiên ở Thanh Hóa
- 22 **Dương Văn Khánh:** Công nghệ mới đo lưu lượng dòng chảy: phối hợp đo tốc độ trung bình dòng chảy và mô phỏng số của phân bố tốc độ mặt ngang. Kết quả kiểm chứng thực tế ở sông Tone của Nhật Bản
- 28 **Hoàng Thị Nguyệt Minh, Nguyễn Ngọc Hà:** Đánh giá mức căng thẳng nguồn nước lưu vực sông Mã
- 36 **Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Văn Hương:** Ảnh hưởng của thủy triều và sóng tới nước dâng bão tại ven biển Bắc Bộ
- 43 **Thái Thị Thanh Minh, Nguyễn Trung Anh:** Định lượng phát thải khí mê-tan từ hoạt động chôn lấp rác thải rắn sinh hoạt thành phố Hà Nội

## Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn

- 52 Tóm tắt tình hình khí tượng, khí tượng nông nghiệp và thủy văn tháng 12 năm 2016 - **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 12 năm 2016 - **Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường**

# KHẢ NĂNG DỰ BÁO TUYẾT BẰNG MÔ HÌNH PHÂN GIẢI CAO TRÊN KHU VỰC BẮC BỘ

Trần Hồng Thái<sup>1</sup>, Võ Văn Hòa<sup>2</sup>, Dư Đức Tiến<sup>3</sup>, Lương Thị Thanh Huyền<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia

<sup>2</sup>Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Đồng bằng Bắc Bộ

<sup>3</sup>Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

**Tóm tắt:** Nghiên cứu trình bày thử nghiệm dự báo giáng thủy dạng rắn (tuyết) trên khu vực Bắc Bộ xảy ra vào tháng 1/2016 bằng mô hình bất thủy tĩnh phân giải cao Moloch phát triển bởi Viện Khoa học khí quyển và khí hậu thuộc Hiệp hội nghiên cứu quốc gia (ISAC-CNR) tại Bologna, Ý. Thử nghiệm cho thấy khả năng cung cấp dự báo chi tiết hiện tượng tuyết xảy ra diện rộng trên khu vực Bắc bộ trong khi các sản phẩm mô hình phân giải thô hơn (GFS của Mỹ) không thể nắm bắt được.

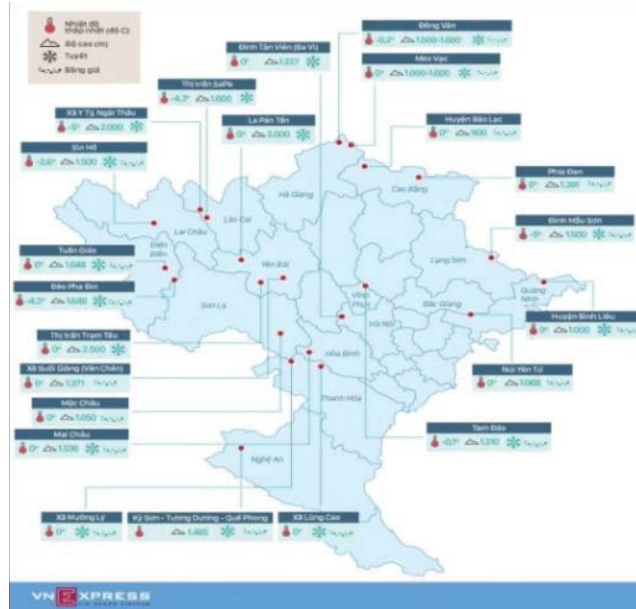
**Từ khóa:** dự báo tuyết, mô hình phân giải cao, Moloch.

## 1. Đặt vấn đề

Trong một vài năm trở lại đây tại khu vực Bắc Bộ xảy ra hiện tượng tuyết khá thường xuyên vào mùa đông và ở mức độ mạnh, không chỉ tồn tại dưới dạng băng giá như nhiều năm trước [5]. Gần đây nhất trong năm 2016 đã xảy ra 12 đợt không khí lạnh trong đó đáng kể nhất là đợt gió mùa đông bắc rất mạnh ảnh hưởng đến nước ta từ ngày 22 - 27/01, đã khiến cả miền Bắc từ ngày 23 - 27/01 đã xuất hiện rét hại trên diện rộng, nhiệt độ thấp nhất nhiều nơi vùng núi cao phía Bắc đã giảm xuống dưới 0 độ, thấp nhất tại Pha Đin (Điện Biên)  $-4,3^{\circ}\text{C}$  (thấp hơn so lịch sử 16/12/1975 là  $3,3^{\circ}\text{C}$ ), tại Bắc Yên là  $1,7^{\circ}\text{C}$  (thấp hơn so lịch sử 23/1/1983 là  $0,8^{\circ}\text{C}$ ), tại Mẫu Sơn (Lạng Sơn)  $-5,0^{\circ}\text{C}$ , tại Sapa  $-4,2^{\circ}\text{C}$ , tại Hà Nội nhiệt độ ngày 24/01 giảm xuống còn  $5,4^{\circ}\text{C}$ , thấp nhất trong 40 năm trở lại đây. Băng giá mưa tuyết đã xuất hiện diện rộng nhiều nơi ở vùng núi phía Bắc, tại đỉnh núi Ba Vì trong ngày 24/01 cũng đã xuất hiện mưa tuyết. Đợt mưa tuyết trong tháng 1 năm 2016 đã xảy ra ở một diện

rộng khắp khu vực Bắc Bộ và thậm chí một phần của khu vực Bắc Trung Bộ (Hình 1).

Trong quá trình tham khảo các sản phẩm dự báo từ mô hình số trị bao gồm mô hình quy mô toàn cầu (độ phân giải từ 25 - 50 km) và khu vực (từ 10 -15 km) hiện nay tại Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương cho thấy chỉ cung cấp được diễn biến của nhiệt độ xuống tới  $0^{\circ}\text{C}$  tại nhiều vùng núi nhưng chưa mô phỏng và dự báo được hiện tượng tuyết cụ thể. Trong nghiên cứu đã thử nghiệm mô hình bất thủy tĩnh phân giải cao Moloch phát triển bởi Viện Khoa học khí quyển và khí hậu thuộc Hiệp hội nghiên cứu quốc gia (ISAC-CNR) tại Bologna. Thử nghiệm với độ phân giải 5 km cho thấy khả năng cung cấp dự báo chi tiết hiện tượng xảy ra diện rộng trên khu vực Bắc bộ trong khi các sản phẩm mô hình phân giải thô hơn (GFS của Mỹ) không thể nắm bắt được. Các chi tiết thử nghiệm và kết quả mô phỏng, dự báo được đưa ra trong phần 2 và phần 3 của nghiên cứu.



Hình 1. Các khu vực xảy ra hiện tượng tuyết vào tháng 1/2016

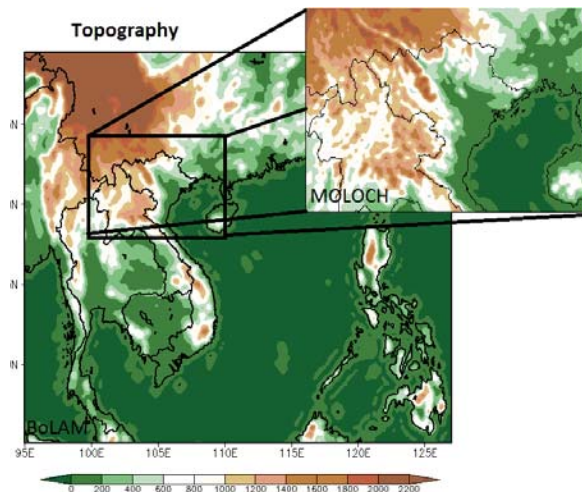
## 2. Thiết kế thí nghiệm

### 2.1 Số liệu điều kiện biên

Hiện nay, mô hình Moloch lấy điều kiện biên và điều kiện ban đầu duy nhất là kết quả dự báo từ mô hình khu vực Bolam. Trong đó, điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình Bolam được khai thác từ các số liệu phân tích và dự báo từ mô hình dự báo toàn cầu GFS. Các trường phân tích và dự báo của GFS được định dạng mã grib2 trên lưới kinh vĩ, có độ phân giải 0,5 x 0,5 độ trên 47 mực áp suất. Các trường này được cập nhật biên 3 giờ một và có 4 phiên làm việc trong một ngày tại các thời điểm 00Z, 06Z, 12Z và 18Z.

Để thử nghiệm khả năng dự báo tuyết của mô hình phân giải cao Moloch, chúng tôi tiến hành thiết kế thí nghiệm như sau. Chúng tôi sử dụng tập số liệu phân tích và dự báo 3 giờ một của mô hình toàn cầu GFS có độ phân giải 0,5 x 0,5 độ làm điều kiện biên cho dự báo hạn 24 giờ của mô hình Bolam. Những kết quả từ mô hình này tiếp tục được sử dụng để làm biên cho mô hình Moloch. Mô hình phi thủy tĩnh này được thiết kế với hạn dự báo 24 giờ, đứng dự báo tại thời điểm 12Z ngày 22/01/2016. Phương pháp hạ quy mô thông qua phương pháp lưới lồng (nesting) cho phép làm giảm các nhiễu và sai số nhỏ trong quá trình hạ quy mô từ mô hình toàn cầu. Miền dự

báo được lựa chọn tập trung chính vào khu vực Bắc bộ Việt Nam, từ 18 - 24°N, 100 - 110°E và chạy với độ phân giải cao 5 km, được nội suy từ các kết quả dự báo 55 km của GFS và 15 km của Bolam (Hình 2).



Hình 2. Miền dự báo Bolam (miền lớn, độ phân giải 15 km) và Moloch (miền nhỏ, độ phân giải 5 km)

### 2.2 Mô hình Moloch

Như đã nói ở trên, mô hình Bolam là nhân tố quan trọng trong quá trình vận hành mô hình Moloch bởi đây là mô hình duy nhất cung cấp điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho Moloch. Đây là một mô hình thủy tĩnh khu vực hạn chế

với các hệ phương trình nguyên thủy và các sơ đồ tham số hóa đối lưu, được phát triển tại CNR-ISAC (Bologna, Ý) và đang được sử dụng chạy nghiệp vụ dự báo tại đây [1].

Khác với Bolam, mô hình Moloch là một mô hình phi thủy tinh, tuy phát triển sau Bolam nhưng với khả năng chi tiết hóa tốt hơn do có độ phân giải cao hơn, mô hình này được kì vọng sẽ đem đến các dự báo tốt hơn, nhất là có thể dự báo các hiện tượng đối lưu quy mô nhỏ. Mô hình này được xây dựng trên hệ phương trình với các biến tiên lượng như áp suất, nhiệt độ, độ ẩm, gió và động năng xoáy (TKE) và nắm thành phần nước (lượng nước trong mây, lượng băng trong mây, mưa, tuyết và mưa đá) được thể hiện trên lưới kinh vĩ Arakawa-C. Mô hình sử dụng bốn sơ đồ vật lý bao gồm bức xạ khí quyển, rối quy mô dưới lưới, chu trình nước vi vật lý và mô hình đất-thực vật.

Sơ đồ bức xạ khí quyển trong Moloch được tính toán tương tự như trong Bolam với sơ đồ RG (Ritter and Geleyn, 1992) và sơ đồ ECMWF (Morcrette, 199; Mlawer et al., 1997). Các quá trình đối lưu sâu trong Moloch được tham số hóa bằng sơ đồ Kain-Frisch (Kain, 2004). Sơ đồ rối được tính toán dựa trên lý thuyết E-1, bao gồm phương trình động năng rối có tính đến các thành phần bình lưu. Các thông lượng xoáy bề mặt của momen, độ ẩm riêng và nhiệt độ được tính toán trên lý thuyết cổ điển Monin-Obukhov với các chức năng Businger/Holtzlag trong các trường hợp ổn định hoặc bất ổn định [2, 3, 4].

Sơ đồ vi vật lý trong mô hình dựa trên các quá trình tham số hóa được đề xuất bởi Drofa và Malguzzi (2004) và mô hình đất 4 - 6 lớp sơ đồ cân bằng năng lượng đất-thực vật trong với các đặc trưng tương tự như trong Bolam [3]. Theo đó, mô hình đất có tính đến các cân bằng tại bề mặt, sự vận chuyển thẳng đứng của nhiệt và nước cũng như hiệu ứng của lớp phủ thực vật ở bề mặt (như quá trình bay hơi và thoát hơi, đọng nước mưa,...) và trong đất (như quá trình hút nước của rễ cây, ...) có tính tới các tham số vật lý và dạng đất khác nhau. Ngoài ra, các quá trình tan chảy và đóng băng của nước cũng được đưa

vào tính toán. Đối với các quá trình ở bề mặt, mô hình băng đơn lớp được sử dụng để tính lớp phủ tuyết thông qua quá trình tích lũy và tan chảy tuyết. Tuy nhiên, do được xây dựng nhằm nắm bắt được các quá trình đối lưu quy mô nhỏ nên Moloch cũng có một số điểm khác biệt nhất định. Thông qua mô tả các quá trình phi vật lý bằng bước tích phân theo thời gian các phân bố không gian thành phần động lực nước và băng trong mây, mô hình Moloch có khả năng mô tả được quá trình phát triển mây tốt hơn rất nhiều so với Bolam.

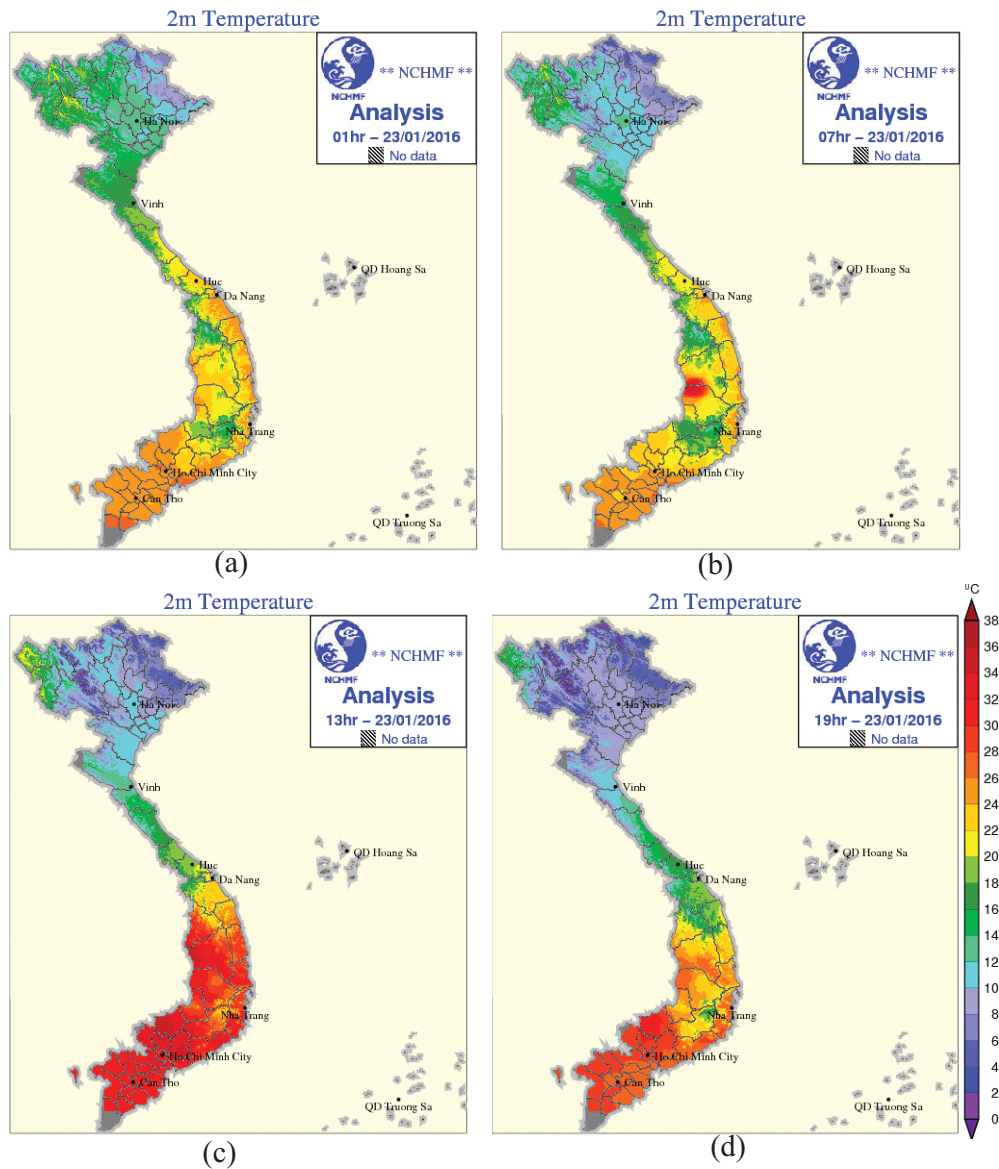
### 3. Kết quả dự báo

Hiện tượng tuyết rơi tại khu vực Bắc bộ Việt Nam bắt đầu xảy ra từ sáng ngày 23/01/2016 tại khu vực Sapa (Lào Cai), sau đó xuất hiện tại nhiều địa điểm khác. Khu vực xảy ra tuyết nhiều nhất là vùng núi Tây bắc Việt Nam. Hình 3 dưới đây cho thấy nhiệt độ quan trắc của khu vực Việt Nam, với nhiệt độ khá thấp ở khu vực được lựa chọn chạy dự báo Moloch.

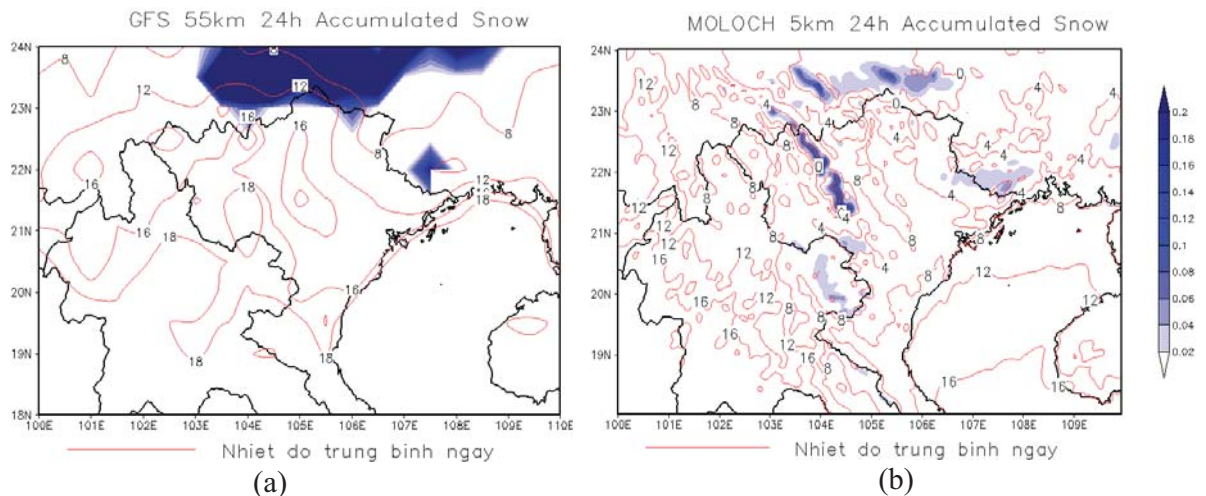
Hình 4 thể hiện dự báo độ sâu tuyết tích lũy 24 giờ của hai mô hình GFS và Moloch và trường nhiệt độ trung bình ngày sau 24 giờ chạy dự báo, tức là ngày 23/01/2016. Trên hình 3a, các khu vực được dự báo có tuyết hầu hết nằm phía trên khu vực miền Bắc Việt Nam, với nhiệt độ trung bình ngày trong khu vực đều dưới 20°C. Trong lúc đó, nhiệt độ dự báo từ mô hình Moloch trên hình 3b khá thấp, chỉ từ 0-8°C, dự báo có tuyết ở khu vực phía tây bắc bộ Việt Nam và một số điểm vùng núi cao ở Bắc Trung Bộ. Các khu vực xảy ra tuyết đều có nhiệt độ dưới 0°C.

Để đánh giá sâu hơn về hiện tượng này, chúng tôi xem xét thêm dự báo trường độ ẩm tương đối dự báo từ hai mô hình trên hình 5. Có thể thấy phân bố theo không gian của trường này theo hai mô hình tương đối đồng đều. Mặc dù có độ phân giải thấp hơn rất nhiều, mô hình GFS đã mô phỏng được khu vực có độ ẩm tương đối lớn nhất ở khu vực phía tây bắc bộ Việt Nam. Những khu vực có tuyết tương ứng với độ ẩm trong khoảng 80 - 95%.

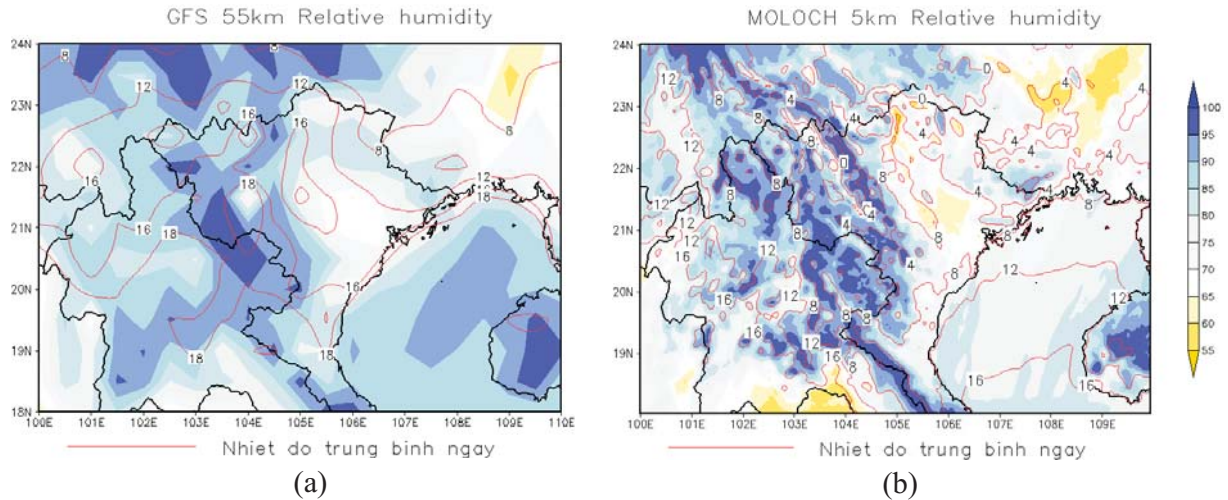




Hình 3. Nhiệt độ T2m quan trắc tại 00Z-06Z-12Z-19Z ngày 23/01/2016



Hình 4. Dự báo độ sâu của tuyết từ hai mô hình GFS và MOLOCH



Hình 5. Dự báo độ ẩm riêng từ hai mô hình GFS (a) và MOLOCH (b)

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu ứng dụng mô hình bất thủy tĩnh phân giải cao cho thấy khả năng chi tiết hóa chế độ nhiệt độ, độ ẩm và cả giáng thủy dạng rắn (ở đây là tuyết) so với các sản phẩm dự báo từ mô hình toàn cầu trên khu vực Bắc Bộ. Một trong những vấn đề cần tiếp tục được nghiên cứu và đánh giá khả năng cung cấp sản phẩm mô phỏng và dự báo tuyết cho Việt Nam bằng mô hình bất thủy tĩnh, phân giải cao bao gồm thu thập các quan trắc về tuyết một cách định lượng hơn để

đánh giá được chi tiết chất lượng dự báo tuyết của mô hình. Ngoài ra, dự báo các biến khí tượng bề mặt phụ thuộc nhiều vào mức độ chi tiết của địa hình địa phương và mức độ đồng hóa số liệu địa phương vào trường ban đầu nên cần thiết tiếp tục thử nghiệm ở các độ phân giải chi tiết hơn (1 - 2 km) cùng việc bổ sung đầy đủ các loại số liệu quan trắc mà Việt Nam không phát báo vào các trường ban đầu của mô hình toàn cầu làm điều kiện biên cho các mô hình khu vực hiện nay.

*Lời cảm ơn:* Bài báo này được hoàn thành dựa trên sự hỗ trợ từ Đề tài NCKH cấp Nhà nước “Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu tới sự xâm nhập của các đợt lạnh và nóng ẩm bất thường trong mùa đông ở khu vực miền núi phía Bắc phục vụ phát triển kinh tế - xã hội” thuộc chương trình BDKH/16-20.

#### Tài liệu tham khảo

1. Davolio S., A. Buzzi and P. Malguzzi, (2007), *High resolution operational forecasting with MOLOCH for MAP DPHASE*. Proc. of the 29th ICAM Conference, Chambéry (France), 4-8 Jun. 2007, 567-570.
2. Morcrette, J.-J., (1991), *Radiation and cloud radiative properties in the ECMWF operational weather forecast model*. J. Geophys. Res., 96D, 9121-9132.
3. Mlawer, E.J., S.J. Taubman, P.D. Brown, M.J. Iacono, and S.A. Clough, (1997), *Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave*. J. Geophys. Res., 102D, 16, 663-682.
4. Drofa, O. V., and P. Malguzzi, (2004), *Parameterization of microphysical processes in a non hydrostatic prediction model*. Proc. 14th Intern. Conf. on Clouds and Precipitation (ICCP). Bologna, 19-23 July 2004, 1297-3000
5. Đặc điểm Khí tượng Thủy văn 2014, 2015 và 2016

## SNOW FORECAST OVER BAC BO WITH HIGH RESOLUTION REGIONAL MODEL

Trần Hồng Thái<sup>1</sup>, Võ Văn Hòa<sup>2</sup>, Dư Đức Tiến<sup>3</sup>, Lương Thị Thanh Huyền<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Hydro-Meteorological Service

<sup>2</sup>Hydrometeorological Observatory Northern Delta Region

<sup>3</sup>National Center of Hydro-Meteorological Forecasting

**Abstract:** *The non-hydrostatic high-resolution regional model Moloch developed at The Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC-CNR) in Bologna-Italia has been implemented in order to provide solid precipitation forecast (snow) over Bac Bo in January 2016. The snow forecast results show the skillful performance of large scale phenomenon forecast over Bac Bo compared to lower resolution model (Global Forecast System - GFS).*

**Keyword:** *Snow forecast, high resolution regional model, MOLOCH model.*

---

Ban Biên tập nhận bài: 15/04/2017

Ngày phản biện xong: 10/5/2017



# DỰ TÍNH BIẾN ĐỔI LƯỢNG MƯA MÙA MƯA Ở KHU VỰC VIỆT NAM VÀO CUỐI THẾ KỶ 21 BẰNG MÔ HÌNH NHRCM

Nguyễn Đăng Mậu<sup>(1)</sup>, Nguyễn Minh Trường<sup>(2)</sup>,  
Hidetaka Sasaki<sup>(3)</sup>, Izuru Takayabu<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

<sup>(2)</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

<sup>(3)</sup>Viện Khí tượng Nhật Bản (MRI)

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả dự tính biến đổi lượng mưa mùa mưa ở các vùng khí hậu vào cuối thế kỷ 21 (2080 - 2099) so với thời kỳ cơ sở (1982 - 2003) theo kịch bản RCP 8.5 bằng mô hình NHRCM (Non-Hydrostatic Regional Climate Model). Trong khuôn khổ của nghiên cứu, mùa mưa ở các vùng khí hậu được xem xét là các tháng mùa hè (JJA) ở Bắc Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ; mùa thu (SON) ở khu vực Trung Bộ. Kết quả cho thấy, lượng mưa mùa JJA có thể giảm từ 0 - 40% ở Bắc Bộ; gia tăng khoảng từ 0 - 30% ở Tây Nguyên và Nam Bộ so với thời kỳ cơ sở. Lượng mưa mùa SON có thể tăng khoảng từ 0 - 30% ở Trung Bộ. Kết quả dự tính tăng/giảm lượng mưa trong tương lai gắn liền với kết quả dự tính biến đổi về hoàn lưu quy mô lớn ở khu vực Việt Nam.

**Từ khóa:** Lượng mưa, gió mực 850 hPa, độ cao địa thế vị, thông lượng ẩm

## 1. Giới thiệu

Việt Nam nằm trong khu vực chuyển tiếp của các tiểu hệ thống gió mùa mùa hè Châu Á (Nam Á, Đông Á và Tây Thái Bình Dương). Do vậy, điều kiện thời tiết và khí hậu ở Việt Nam chịu tác động mạnh mẽ bởi sự tương tác của các tiểu hệ thống gió mùa mùa hè này. Bên cạnh đó, do điều kiện địa hình phức tạp (núi cao ở phía Bắc và dãy núi Trường Sơn hẹp trải dài ở dọc biên giới Việt Nam - Lào); hẹp và trải dài qua nhiều vĩ độ vùng nhiệt đới, nên tác động của gió mùa châu Á đến khu vực Việt Nam có sự khác biệt giữa các vùng miền.

Nhìn chung, mùa mưa gắn liền với hoạt động của gió mùa mùa hè ở khu vực Bắc Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ. Trong đó, cao điểm của mùa mưa ở các khu vực này tập trung vào thời kỳ hoạt động mạnh mẽ nhất của gió mùa mùa hè, khoảng từ tháng 6 - 8. Trong khi đó, mùa mưa ở khu vực Trung Bộ đến muộn hơn và tập trung trong khoảng thời gian ngắn, khoảng từ tháng 9 - 11 theo chu kỳ hàng năm. Nguyên nhân mùa

mưa ở khu vực Trung Bộ khác với các vùng khí hậu khác là do tác động của hiệu ứng “phơn” gây thời tiết khô nóng vào mùa hè; mùa mưa ở khu vực này chủ yếu do tác động của xoáy thuận nhiệt đới, dịch chuyển của ITCZ và tương tác giữa không khí lạnh với địa hình ở khu vực này (Yokoi và Matsumoto, 2008; Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu, 2004). Theo Mai Văn Khiêm và CS (2015), lượng mưa trong các tháng mùa mưa ở các vùng khí hậu chiếm đến hơn 80% so với tổng lượng mưa năm ở các vùng khí hậu. Do vậy, vai trò của lượng mưa trong các tháng mùa mưa ở các vùng khí hậu đóng vai trò rất quan trọng phục vụ phát triển kinh tế xã hội; đặc biệt là trong nông nghiệp và quản lý tài nguyên nước. Nhằm cung cấp thêm thông tin về dự tính khả năng biến đổi một số đặc trưng mùa trong mùa mưa ở các vùng khí hậu, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu dựa trên các mô phỏng và dự tính bằng mô hình NHRCM (Non-Hydrostatic Regional Climate Model).

## 2. Số liệu và phương pháp

Số liệu APHRODITE (Asian Precipitation Highly-Resolved Observational Data Integration towards Evaluation) (Yatagai et al. 2012) được sử dụng trong đánh giá mô phỏng lượng mưa của mô hình NHRCM. Số liệu trường gió mực 850 hPa CFSR (NCEP Climate Forecast System Reanalysis) được sử dụng trong đánh giá mô phỏng hoàn lưu gió mực 850 hPa của mô hình NHRCM.

Mô hình NHRCM được sử dụng trong nghiên cứu là phiên bản bất thủy tĩnh (Non-Hydrostatic Model - NHM). Trong đó, mô hình đất được cập nhật từ mô hình MRI-SiB (Hirai và CS 2007), xử lý điều kiện biên bằng phương pháp phổ. Chi tiết về mô hình NHM được trình bày bởi Saito và CS (2006). Miền tính mô hình NHRCM được sử dụng trong nghiên cứu là 85E°-130°E và 5°S-35°N. Độ phân giải ngang được lựa chọn là 10x10 km; độ phân giải thẳng đứng là 40 mực khí quyển. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu được sử dụng là sản phẩm đầu ra của mô hình toàn cầu MRI-AGCM 3.2 do dự án SOUSEI cung cấp. AGCM3.2 được phát triển bởi Cục Khí tượng Nhật Bản (JMA) từ mô hình GCM của JMA. Trong đó, các cải tiến của AGCM3.2 được thực hiện bởi nhóm tác giả Mizuta và CS 2012. Trong nghiên cứu này, NHRCM được chạy mô phỏng thời kỳ cơ sở (1982 - 2003) và dự tính khí hậu thời kỳ 2080 - 2099 theo kịch bản RCP8.5. Số liệu nhiệt độ mặt nước biển (SST) cho thời kỳ cơ sở và tương lai được sử dụng theo Mizuta và CS (2012).

### 3. Kết quả và nhận xét

#### *Đánh giá mô phỏng thời kỳ 1982 - 2003:*

Hình 1 trình bày kết quả tính toán phân bố không gian của trường gió (m/s) mùa JJA (a) và SON (b) mực 850 hPa thời kỳ 1982 - 2003 theo số liệu CFSR. Hình 3 và Hình 4 trình bày kết quả mô phỏng (a) và dự tính (b) trường gió (m/s) mực 850 hPa và lượng mưa (mm) lần lượt tương ứng với mùa JJA và SON bằng mô hình NHRCM theo kịch bản RCP8.5. Hình 2 trình bày kết quả tính toán lượng mưa (mm/ngày) mùa JJA (a) và mùa SON (b) từ số liệu APHDORITE.

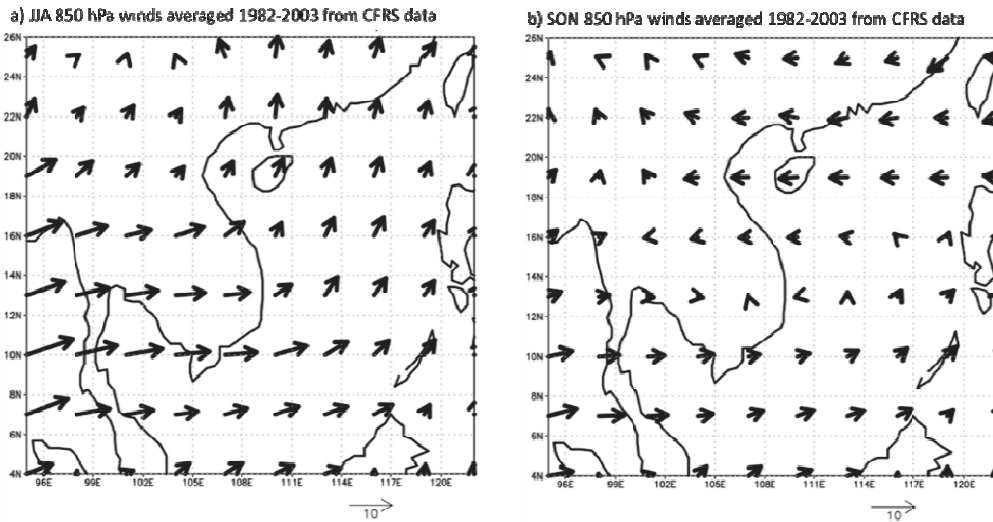
Mùa JJA: Mô hình NHRCM mô phỏng

trường hoàn lưu gió mực 850 hPa (Hình 3a) khá tương đồng với số liệu CFSR (Hình 1a). Nhìn chung, hình thế nổi bật trong mùa JJA là sự mở rộng rãnh gió mùa về phía Đông cho đến khu vực Philippine, với trục của rãnh nằm trên khu vực Tây Nguyên - Nam Bộ trong cả mô phỏng và CFSR. Mặc dù vậy, tồn tại sai khác khá rõ ràng trong mô phỏng hoàn lưu gió kinh hướng ở khu vực Bắc Biển Đông (phía trên của rãnh gió mùa). Hoàn lưu kinh hướng phát triển khá mạnh ở khu vực Bắc Biển Đông (đới gió tây xích đạo chuyển hướng mở rộng lên phía Bắc) theo số liệu CFSR (Hình 1a). Tuy nhiên, mô hình NHRCM mô phỏng hoàn lưu kinh hướng này yếu hơn so với CFSR; hoàn lưu kinh hướng chỉ phát triển ở khu vực Đông Bắc của Biển Đông (Hình 3a). Điều này có khả năng là do mô hình mô phỏng hoạt động của đới gió tây trong mùa gió mùa mùa hè hoạt động mạnh mẽ hơn so với CFSR. So sánh Hình 3a với Hình 2a cho thấy, NHRCM có xu thế mô phỏng lượng mưa lớn hơn APHDORITE ở khu vực bờ biển Malaysia, Cầm Pu Chia và phía Tây dãy Trường Sơn. Trên lãnh thổ Việt Nam, lượng mưa mô phỏng thấp hơn số liệu tái phân tích ở Trung Bộ. Điều này có khả năng là do NHRCM mô phỏng hoạt động của đới gió tây và hiệu ứng “phơn” mạnh mẽ hơn thực tế.

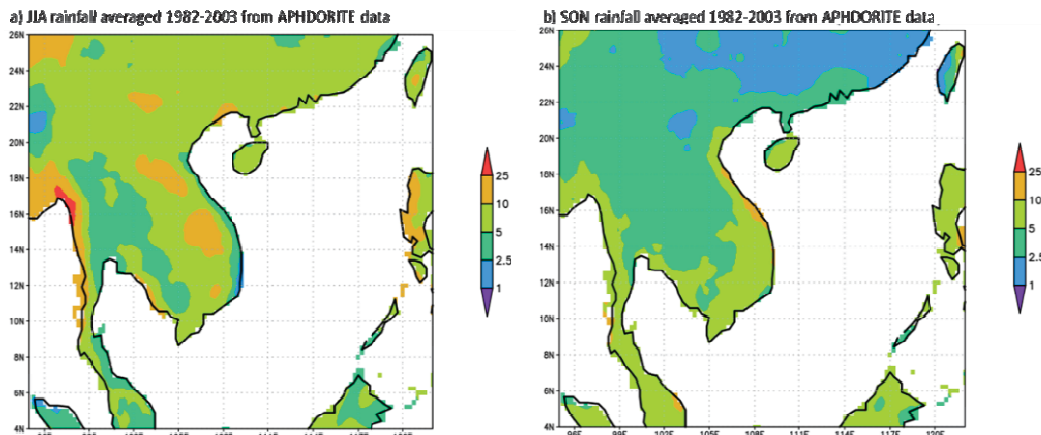
Mùa SON: Hình thế cơ bản của trường hoàn lưu gió mực 850 hPa và lượng mưa (Hình 4a) trong mô phỏng NHRCM là khá tương đồng với thực tế (Hình 1b và Hình 2b). Về mặt hoàn lưu mực 850 hPa, hình thế nổi bật nhất vào mùa SON là tồn tại xoáy thuận quy mô lớn trên khu vực Biển Đông theo số liệu CFSR (Hình 1b). Trong thời kỳ này, mô hình cũng thể hiện tốt hoàn lưu gió đông bắc dịch chuyển từ Trung Quốc xuống phía Nam và hội tụ với gió tín phong ở khu vực khoảng 16°N trên khu vực Biển Đông và Trung Bộ. Hình thế này kết hợp với điều kiện địa hình là nguyên nhân chính gây ra mưa ở khu vực phía Đông dãy núi Trường Sơn (được thể hiện rõ trong cả mô phỏng và số liệu tái phân tích). Mặc dù vậy, vẫn tồn tại những sai khác khá rõ ràng giữa mô phỏng với CFSR. Trong đó, mô hình NHRCM mô phỏng hình thế

xoáy thuận được thể hiện rõ nét hơn so với CFSR. Điều này có khả năng là do tín phong ở bán cầu Bắc và đới gió đông - bắc được mô phỏng mạnh mẽ hơn so với CFSR. Những sai khác về mô phỏng hoàn lưu mực thấp có thể là nguyên nhân chính dẫn đến sai khác trong mô phỏng lượng mưa bằng mô hình NHRCM. Có thể thấy điều này khi so sánh Hình 4a với Hình

2b. Trong đó, NHRCM có thiên hướng mô phỏng lượng mưa lớn hơn so với thực tế, đặc biệt là ở khu vực Trung Bộ. Điều này là do hình thế hội tụ gió gây mưa được mô phỏng mạnh mẽ hơn trong mô hình NHRCM so với thực tế. Hay nói cách khác, lượng ẩm được gió mùa đông bắc và tín phong mang đến khu vực Trung Bộ trong mô phỏng NHRCM nhiều hơn so với thực tế.



Hình 1. Trường gió mực 850 hPa trung bình thời kỳ 1982 - 2003 (m/s) từ số liệu CFSR: (a) JJA and (b) SON



Hình 2. Lượng mưa ngày trung bình (mm/ngày) thời kỳ 1982 - 2003 từ số liệu APHDORITE: (a) JJA, (b) SON

**Dự tính thời kỳ 2080 - 2099:**

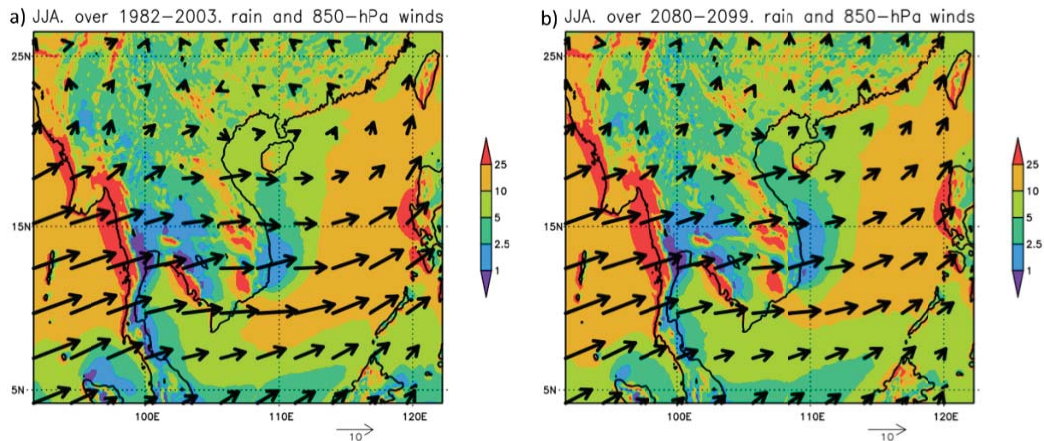
So sánh dự tính (b) với mô phỏng thời kỳ (a) trong Hình 3 và Hình 4 cho thấy, hình thế cơ bản của hoàn lưu gió mực 850 hPa và phân bố lượng mưa theo mùa (JJA, SON) trong tương lai là khá tương đồng với thời kỳ cơ sở. Biến đổi về mặt hình thế trong tương lai so với thời kỳ cơ sở là không nhiều; khác nhau rõ ràng hơn cả chủ yếu liên quan đến phân bố theo không gian của lượng

mưa. Trong mùa JJA, mô phỏng (Hình 3a) và dự tính (Hình 3b) đều phản ánh hình thế phát triển mạnh mẽ của đới gió tây nam mực 850 hPa trên khu vực Đông Nam Á và Biển Đông. Các dải mưa lớn trong gió mùa hè (khu vực ven biển Thái Lan, Campuchia và phía Tây dãy núi Trường Sơn) đều được phản ánh trong cả mô phỏng và dự tính. Đối với lãnh thổ Việt Nam, các trung tâm mưa lớn (Tây Bắc, Tây Nguyên và

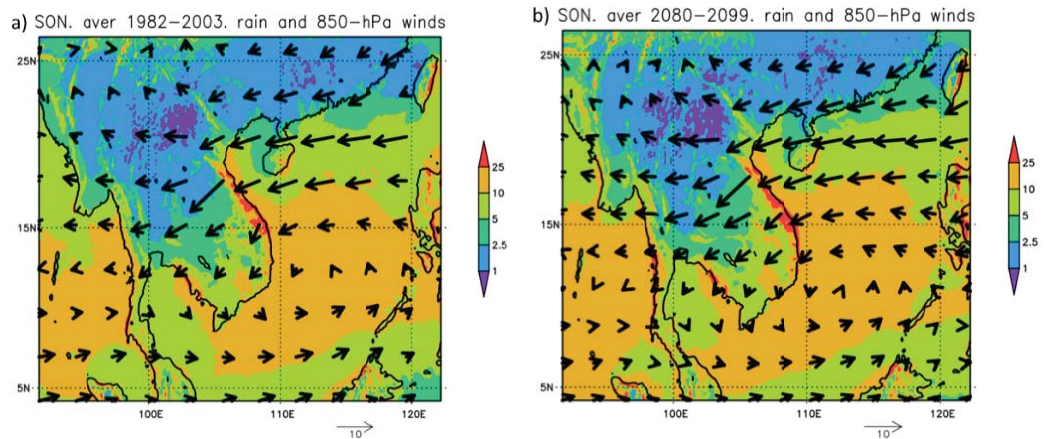


Nam Bộ); các trung tâm ít mưa (ven biển Trung Bộ) cũng được thể hiện. Mặc dù vậy, hoàn lưu gió kinh hướng ở Bắc Biển Đông trong dự tính là yếu hơn so với mô phỏng. Ngoài ra, các khu vực ít mưa trong mùa JJA (Trung Bộ và vùng biển lân cận) có xu thế mở rộng hơn trong tương lai so với thời kỳ cơ sở. Trong mùa SON (Hình

4), hình thể cơ bản của hoàn lưu gió mực 850 hPa và phân bố theo không gian của lượng mưa là khá tương đồng nhau trong mô phỏng và dự tính. Mặc dù vậy, hình thể phát triển xoáy thuận quy mô lớn ở khu vực Biển Đông được dự tính là yếu hơn so với thời kỳ cơ sở.



Hình 3. Lượng mưa mùa JJA (mm/ngày) và hoàn lưu gió mực 850 hPa (m/s) mô phỏng bằng mô hình NHRCM theo kịch bản RCP8.5: (a) 1982 - 2003 và (b) 2080 - 2099



Hình 4. Lượng mưa mùa SON (mm/ngày) và hoàn lưu gió mực 850 hPa (m/s) mô phỏng bằng mô hình NHRCM theo kịch bản RCP8.5: (a) 1982 - 2003 và (b) 2080 - 2099

Hình 5 trình bày kết dự tính mức độ biến đổi hoàn lưu gió mực 850 hPa (m/s) và lượng mưa (%) trong mùa JAA (a) và SON (b) so với thời kỳ cơ sở.

Mùa JJA: Hình thể cơ bản là lượng mưa trong tương lai có xu thế giảm ở phía Bắc (Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Trung Trung Bộ) và hầu hết khu vực Biển Đông, với mức độ giảm phổ biến từ 0 - 50%; tăng từ 0 - 40% ở Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ. Nguyên nhân của sự tăng/giảm lượng mưa ở các vùng có thể được giải thích một phần thông qua kết quả dự tính

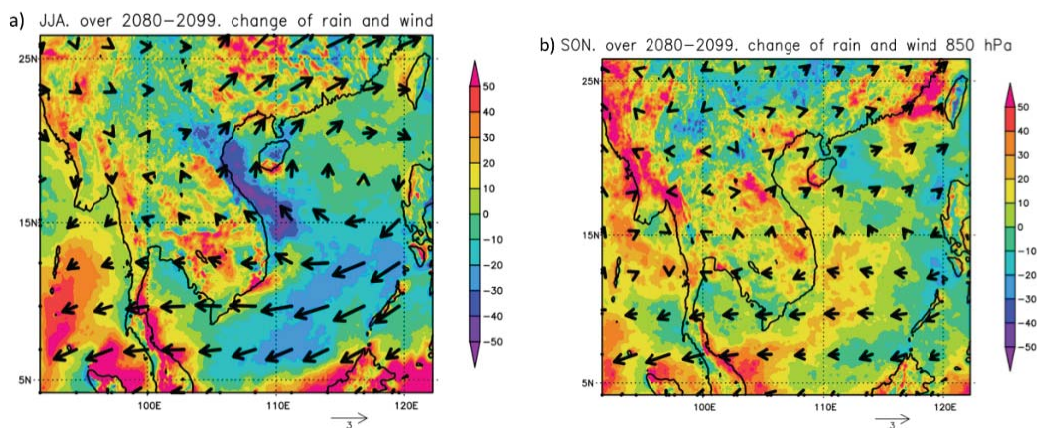
biến đổi hoàn lưu gió mực 850 hPa so với thời kỳ cơ sở (Hình 5). Như đã phân tích trên Hình 3, mô hình dự tính hoạt động của gió mùa hè mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở phía Bắc. Do vậy, hiệu ứng “phon” cũng được thể hiện rõ ràng hơn. Đây có thể là nguyên nhân khiến cho lượng mưa giảm ở khu vực Bắc Bộ - Trung Trung Bộ, đặc biệt là khu vực Bắc Trung Bộ - Trung Trung Bộ. Ngoài ra, biến đổi của hoàn lưu gió mực 850 hPa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (gió mực 850 hPa trong tương lai - gió tương ứng ở thời kỳ cơ sở) hình thành một hình thể xoáy nghịch quy



mô lớn có tâm ở khu vực Bắc Biển Đông (Hình 5a). Điều này có thể là nguyên nhân khiến suy giảm hội tụ ẩm gây mưa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở ở phía Bắc. Do vậy, có thể xem sự thay đổi về hoàn lưu là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi về lượng mưa như nêu trên.

Mùa SON: Mô hình NHRCM dự tính lượng mưa mùa SON tăng vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở ở hầu hết diện tích cả nước theo kịch bản RCP 8.5. Trong đó, mức tăng lớn nhất có thể đến 50% ở khu vực Bắc Bộ và Tây Nguyên. Trên khu vực Trung Bộ, mức tăng của lượng mưa so với thời kỳ cơ sở phổ biến từ 0 - 30%. Mùa SON là mùa mưa ở khu vực Trung Bộ với đặc điểm lượng mưa lớn và tập trung trong thời gian ngắn (Hình 5b). Do vậy, với mức độ gia tăng lượng mưa theo kịch bản RCP 8.5 kéo theo nhiều rủi ro do mưa gây ra ở khu vực này. Kết quả dự tính trên Hình 4b cho thấy, hoạt động của tín gió phong mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Sự gia tăng hoạt động của gió tín phong là

nguyên nhân vận chuyển lượng ẩm lớn hơn từ biển vào và hội tụ do tác động của địa hình gây mưa ở khu vực Trung Bộ. Trong thời kỳ này, dải thấp xích đạo có trục ở phía Nam (lùi dần từ Trung Bộ xuống theo thời gian), gió mùa đông bắc bắt đầu hoạt động, áp cao Tây Thái Bình Dương lùi dần về phía Nam và bắt đầu lấn xuống Biển Đông khiến cho tín phong từ rìa áp cao này vẫn chuyển một lượng ẩm lớn đến khu vực Trung Bộ - Nam Bộ. Chênh lệch về trường gió mực 850 hPa thời kỳ 2080 - 2099 với thời kỳ cơ sở thể hiện rõ sự lấn sâu của áp cao Tây Thái Bình Dương xuống khu vực Biển Đông là rõ ràng hơn so với thời kỳ cơ sở, khiến cho tín phong hoạt động mạnh mẽ hơn. Do vậy, lượng ẩm được vận chuyển đến khu vực Việt Nam do tín phong mang lại lớn hơn so với thời kỳ cơ sở. Đây có thể được coi là nguyên nhân gây ra sự gia tăng lượng mưa mùa SON trong tương lai so với thời kỳ cơ sở.



Hình 5. Dự tính biến đổi trường gió mực 850 hPa (m/s) và lượng mưa (%) vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ 1982 - 2003 theo kịch bản RCP 8.5: (a) JJA và (b) SON

Hình 6 trình bày kết quả dự tính mức độ biến đổi độ vào địa thế vị (HGT) mực 850 hPa (m) và thông lượng ẩm (Integrated moisture flux - IMF) trong lớp khí quyển 850 hPa - 500 hPa ( $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) so với thời kỳ cơ sở được thể hiện dưới dạng véc tơ.

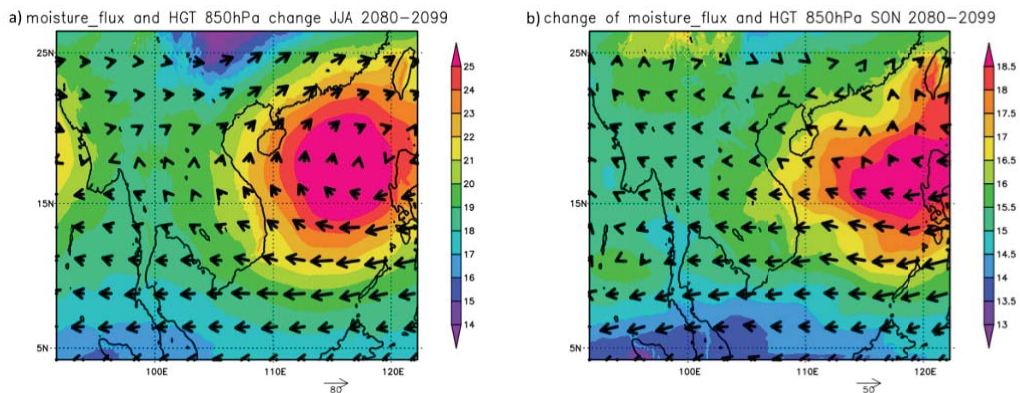
Mùa JJA: Trường HGT được dự tính gia tăng vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở ở toàn bộ miền phân tích, với mức độ tăng phổ biến từ 14 - 25 m. Trong đó, hình thể nổi bật là khu vực Bắc Biển Đông, với mức độ tăng của HGT phổ biến từ 22 đến trên 25 m. Sự gia tăng

của HGT thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở khiến làm suy giảm dòng kinh hướng ở khu vực Bắc Biển Đông như thời kỳ cơ sở (Hình 3). Ngoài ra, tồn tại một vùng áp thấp yếu ở khu vực Bắc Bộ (áp thấp Bắc Bộ) là trung tâm hút gió gây mưa ở khu vực này (Hình 3a) cũng không tồn tại trong dự tính thời kỳ 2080 - 2099 (Hình 3b) do sự gia tăng của HGT (Hình 6a). Chênh lệch IMF giữa tương lai và thời kỳ cơ sở được thể hiện dưới dạng véc tơ trên Hình 6a là một dạng xoáy nghịch IMF quy mô lớn trên khu vực Bắc Biển Đông. Điều này là do hoạt động của gió mùa

mùa hè trong thời kỳ này được dự tính yếu hơn so với thời kỳ cơ sở, dẫn đến lượng ẩm được vận chuyển đến thấp hơn so với thời kỳ cơ sở. Hay nói cách khác, hội tụ ẩm gây mưa do hoạt động của gió mùa mùa hè được dự tính yếu hơn so với thời kỳ cơ sở. Do vậy, lượng mưa trong mùa JJA giảm so với thời kỳ cơ sở ở khu vực phía Bắc (Hình 5a).

Mùa SON: Mô hình NHRCM có thiên hướng dự tính HGT gia tăng so với thời kỳ cơ sở, với mức tăng phổ biến từ 13 - 18,5 m trên toàn miền phân tích. Trong đó, hình thể nổi bật là một dạng sóng gia tăng HGT có trục đi qua khu vực giữa Biển Đông (Hình 6b). Hay nói cách khác, sự gia

tăng HGT thể hiện áp cao Tây Thái Bình Dương ảnh hưởng đến khu vực Biển Đông trong thời kỳ 2080 - 2099 mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Do vậy, hoạt động của tín phong từ rìa phía Nam của áp cao này mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Hình 6b cũng thể hiện rõ, véc tơ IMF có hướng chủ đạo là theo hướng tín phong, mang một lượng ẩm lớn đến khu vực Việt Nam. Sự gia tăng IMF theo hướng tín phong tiến đến lãnh thổ Việt Nam kết hợp với địa hình gây hội tụ ẩm (Hình 6b), là nguyên nhân chính gây gia tăng lượng mưa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (Hình 5b).



Hình 6. Dự tính biến đổi 850-hPa GHT (m) và 850 - 500-hPa IMF ( $kg\ m^{-1}\ s^{-1}$ ) vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ 1982-2003 theo kịch bản RCP8.5 bằng mô hình NHRCM: (a) JJA và (b) SON

#### 4. Kết luận

Theo kịch bản RCP 8.5, mô hình NHRCM dự tính hình thể phân bố theo không gian của hoàn lưu quy mô lớn mực 850 hPa và lượng mưa trong mùa mưa thời kỳ 2080 - 2099 là khá tương đồng với thời kỳ cơ sở (1982 - 2003). Trong tương lai, hình thể nổi bật vào mùa JJA là phát triển đối gió tây xích đạo (gió mùa mùa hè) được dự tính yếu hơn so với thời kỳ cơ sở. Tuy nhiên vào mùa SON, hình thể nổi bật là sự lấn sâu xuống phía Nam của áp cao cận nhiệt Tây Thái Bình Dương được dự tính mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Do vậy, hội tụ ẩm do gió mùa mùa

hè yếu hơn vào mùa JJA; nhưng hội tụ ẩm do tín phong gây ra được tăng cường vào mùa SON ở khu vực Việt Nam. Những thay đổi về hoàn lưu quy mô lớn theo mùa này được xem là nguyên nhân chính gây lên sự tăng/giảm lượng mưa trong thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở ở các vùng khí hậu. Trong đó, lượng mưa mùa JJA được dự tính giảm phổ biến từ 0 - 40% ở Bắc Bộ; gia tăng khoảng từ 0 - 30% ở Tây Nguyên và Nam Bộ so với thời kỳ cơ sở. Ngược lại, lượng mưa mùa SON được dự tính gia tăng phổ biến từ 0 - 50% trên hầu hết diện tích cả nước; từ 0 - 40% ở khu vực Trung Bộ.

*Lời cảm ơn:* This work was conducted with the cooperation of Development of Basic Technology for Risk Information on ClimateChange, supported by SOUSEI Program of Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology of Japan. The authors thank to Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism for funding the travel expenses between Vietnam and Japan.

### Tài liệu tham khảo

1. Mai Văn Khiêm và CS, (2015), *Nghiên cứu xây dựng Atlas khí hậu và biến đổi khí hậu Việt Nam*. BCTK đề tài KHCN-BĐKH/11-15.17
2. Hirai, M., T. Sakashita, H. Kitagawa, T. Tsuyuki, M. Hosaka, and M. Oh'izumi, (2007), *Development and validation of a new land surface model for JMA's operational global model using the CEOP observation dataset*. J. Meteor. Soc. Japan, 85A, 1–24.
3. Kieu-Thi X., H. Vu-Thanh, T. Nguyen-Minh, D. Le, L. Nguyen-Manh, I. Takayabu, H. Sasaki, and A. Kitoh (2016), *Rainfall and tropical cyclone activity over Vietnam simulated and projected by the non-hydrostatic regional climate model - NHRCM*. J. Meteor. Soc. Japan, 94A, 135-150, doi:10.2151/jmsj.2015-057.
4. Kitoh, A., T. Ose, K. Kurihara, S. Kusunoki, M. Sugi, and KAKUSHIN Team-3 Modeling Group, (2009), *Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmospheric models in the KAKUSHIN Program: Results of preliminary experiments*. Hydrol. Res. Lett., 3, 49–53.
5. Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh, (2012), *Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid*. J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 233–258.
6. Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito, and Y. Yamazaki, (2006), *The operational JMA nonhydrostatic mesoscale model*. Mon. Wea. Rev., 134, 1266–1298.
7. Sasaki, H., K. Kurihara, A. Murata, M. Hanafusa, and M. Oh'izumi, (2013), *Future changes of snow depth in a non-hydrostatic regional climate model with bias correction*. SOLA, 9, 5–8.
8. Akiyo Yatagai, Kenji Kamiguchi, Osamu Arakawa, Atsushi Hamada, Natsuko Yasutomi, Akio Kitoh, (2012), *APHRODITE: Constructing a Long-Term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense Network of Rain Gauges*. American Meteorological Society 93(9):1401-1415. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00122.1

## RAINFALL PROJECTION FOR SEASONAL RAINFALL OVER VIETNAM BY THE END OF 21ST CENTURY UNDER RCP8.5 SCENARIO BY THE NHRCM MODEL

Nguyen Dang Mau<sup>(1)</sup>, Nguyen Minh Truong<sup>(2)</sup>,  
Hidetaka Sasaki<sup>(3)</sup>, Izuru Takayabu<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change,

<sup>(2)</sup>Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam,

<sup>(3)</sup>Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan

**Abstract:** *This article presents changes in rainfall of seasonal rainfall compared with baseline period over Vietnam by the end of 21st century under RCP8.5 scenario by the NHRCM model (Non-Hydrostatic Regional Climate Model). In this study, the seasonal rainfall is JJA over the North, Central Highlands and as well as South Vietnam; the SON for Central regions. Results of compared with baseline period showed that, 2080-2099 JJA rainfall of the North is projected to decrease by 0 - 40%; increase by 0 - 30% over Central Highlands and as well as South Vietnam. The 2080 - 2099 SON rainfall is projected to increase by 0 - 30% over the Central regions compared with baseline period.*

**Key words:** *Rainfall, 850-hPa winds, geopotential height, moisture flux.*

Ban Biên tập nhận bài: 18/04/2017

Ngày phản biện xong: 03/05/2017



# BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NHỮNG TAI BIẾN THIÊN NHIÊN Ở THANH HÓA

Lê Kim Dung

Trường Đại học Hồng Đức

**Tóm tắt:** Bài báo nghiên cứu về biến đổi khí hậu (BĐKH) và tai biến thiên nhiên trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa. Biểu hiện của BĐKH là nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng  $0,1^{\circ}\text{C}$  mỗi thập kỷ; xu thế biến đổi của lượng mưa giảm đi trong tháng 7, 8 và tăng lên trong các tháng 9, 10, 11; mực nước biển dâng lên cao trung bình 2,5 - 3,0 cm mỗi thập kỷ; hiện tượng ENSO ngày càng có tác động mạnh mẽ đến chế độ thời tiết và đặc trưng khí hậu của khu vực. Dẫn đến các thiên tai như bão, lũ, hạn hán, xâm nhập mặn... với chu kỳ ngày càng ngắn, cường độ ngày càng cao, tác động tới các ngành sản xuất chính như nông nghiệp, công nghiệp, giao thông vận tải và du lịch ở Thanh Hóa.

**Từ khóa:** Biến đổi khí hậu, nước biển dâng, kinh tế - xã hội.

## 1. Đặt vấn đề

Thanh Hoá nằm ở cực bắc của miền Trung, là tỉnh có vị trí địa lý thuận lợi - cầu nối giữa Bắc Bộ với Trung Bộ. Với diện tích hơn 11.000 km<sup>2</sup> (xếp thứ 5 so với cả nước), có điều kiện địa lý tự nhiên đa dạng, trong đó diện tích vùng núi chiếm gần 72%, vùng đồng bằng ven biển chiếm 28% so với cả tỉnh; có tài nguyên thiên nhiên phong phú, giàu tiềm năng như đất đai, rừng, biển, khoáng sản, du lịch. Đây là điều kiện thuận lợi để phát triển kinh tế - xã hội (KT - XH) và an ninh quốc phòng.

Bên cạnh những thuận lợi về vị trí địa lý và tài nguyên thiên nhiên, Thanh Hóa lại là một trong những tỉnh của Việt Nam chịu tác động mạnh mẽ của các loại hình thiên tai như bão, lũ, hạn hán, sạt lở, xâm nhập mặn... Đặc biệt trong bối cảnh BĐKH, sự gia tăng về nhiệt độ; sự thất thường về lượng mưa, bức xạ, sức gió, các hiện tượng khí tượng - thủy văn nguy hiểm như: đông rét, bão, lũ lụt, hạn hán, giá rét, gió tây khô nóng, sương muối,.. ngày càng diễn ra ngoài quy luật thông thường của nó, đặc biệt từ 1980 trở lại đây, dưới tác động của BĐKH, các loại hình thiên tai nói trên đã gây ra không ít những thảm họa, rủi ro về người và của trên địa bàn.

## 2. Nội dung và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

- Phương pháp phân tích, xử lý, tổng hợp tài liệu.
- Công cụ sử dụng: sử dụng phần mềm Excel để thiết kế các đồ thị, biểu đồ về biến trình nhiệt độ, lượng mưa của các trạm khí tượng qua các năm cho các trạm Hồi Xuân, Thanh Hóa, Bái Thượng, Như Xuân, Yên Định, Tĩnh Gia giai đoạn 1980 - 2012.

### 2.2. Nội dung nghiên cứu

#### 2.2.1. Biểu hiện biến đổi khí hậu

##### 2.1.1.1. Biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu với các biểu hiện chính là sự gia tăng nhiệt độ, nước biển dâng và lượng mưa tăng làm cho các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như bão, lũ lụt, hạn hán, xâm nhập mặn, giá rét,... xảy ra nhiều hơn, cường độ cũng mạnh hơn, được coi là một trong những thách thức lớn nhất trong phát triển KT-XH mà không một khu vực nào có thể tránh được, không một quốc gia nào có thể một mình đương đầu với những thách thức do BĐKH và hệ lụy của nó gây ra.

Do có bờ biển dài, thấp, hàng năm thường bị ảnh hưởng của bão, lốc, lượng mưa lớn và biến động thất thường, Việt Nam được đánh giá là một trong 5 quốc gia dễ bị tác động của BĐKH



nhất trên thế giới. Theo kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường, đến năm 2100, mực nước biển ở nước ta ước tính sẽ dâng thêm 1m và khi đó sẽ ảnh hưởng đến 11% dân số, 7% đất nông nghiệp sẽ bị tác động và tổng sản phẩm quốc nội sẽ giảm đi khoảng 10%. Các dạng thiên tai liên quan đến BĐKH như bão, lũ lụt, hạn hán,... gia tăng cả về tần suất lẫn độ lớn. Để giảm nhẹ thiên tai, bảo vệ sinh thái môi trường, phát triển sản xuất, nâng cao đời sống nhân dân. Chính phủ Việt Nam đã sớm tham gia, phê chuẩn Công ước khung của Liên hiệp quốc về biến đổi khí hậu và Nghị định thư Kyoto, đồng thời từng bước hoàn thiện các văn bản pháp luật, tạo hành lang pháp lý cho công tác phòng chống và giảm nhẹ thiên tai [4, 5, 7].

#### 2.1.1.2. Biến đổi khí hậu và thiên tai ở Thanh Hóa

Biểu hiện rõ nét là các thiên tai như bão, lũ, hạn hán, xâm nhập mặn,... với chu kỳ ngày càng ngắn, cường độ ngày càng cao. Trong vòng 11 năm từ 1999 - 2009, Thanh Hóa đã xảy ra 4 trận lũ quét, trượt lở đất làm chết 12 người, cuốn trôi 47 ngôi nhà, 76 đập nhỏ bị vỡ, làm hư hại nặng các công trình giao thông và cơ sở hạ tầng. [1, 2]

Hạn hán liên tiếp xảy ra ở khắp các vùng trong tỉnh, có năm làm giảm từ 20 - 30% năng suất cây trồng, giảm sản lượng lương thực, ảnh hưởng nghiêm trọng tới chăn nuôi và sinh hoạt của người dân. Các huyện Nga Sơn, Hà Trung, Hậu Lộc, Hoằng Hóa, thị xã Sầm Sơn, Quảng Xương, Tĩnh Gia có nguy cơ xâm nhập mặn cao, đặc biệt do ảnh hưởng của bão số 7 tháng 09/2005 và số 5 tháng 10/2007, đã làm cho khoảng 6.000 ha đất nông nghiệp của các vùng nói trên bị nhiễm mặn. [1]

Chỉ tính riêng trong 2 năm 2005 và 2007, các dạng thiên tai trên đã làm khoảng 30 người thiệt mạng, 40 xã của 8 huyện (với 25.378 hộ dân) bị ngập trong lũ lụt, hư hỏng 7.530 nhà cửa, gần 80.000 ha lúa và hoa màu bị ngập úng, hỏng trên 10 km đê biển, sạt lở hàng chục km đê sông, bờ sông, 83 ngàn hộ dân (khoảng trên 400.000 người vùng ven biển và vùng núi bị lũ quét, nước

nhầm bản, nhiễm mặn, ảnh hưởng rất lớn đến sức khỏe cộng đồng), thiệt hại ước tính khoảng 2.500 tỷ đồng. Thiên tai làm gia tăng sự phân hóa mức sống dân cư, cản trở và làm chậm quá trình xóa đói, giảm nghèo, đặc biệt ở những vùng thường xuyên phải đối mặt với thiên tai. [1, 2]

Gần đây nhất là năm 2016, thiên tai làm 10 người chết, 2 người mất tích và 3 người bị thương, trong đó số người chết do bão là 1, mưa lũ là 6, giông lốc 1 và sét đánh là 2. Thiên tai còn gây thiệt hại về nhà ở, về nông- lâm- diêm nghiệp, chăn nuôi, thủy lợi, giao thông, thủy sản,...Ước tính tổng thiệt hại bằng tiền do rét đậm, rét hại là 463.000 triệu đồng, bão là 9.000 triệu đồng, mưa và lũ 342.400 triệu đồng, giông lốc 14.752 triệu đồng [1,2].

#### 2.1.1.3. Các yếu tố khí tượng - thủy văn ở Thanh Hóa dưới tác động của BĐKH

##### a) Nhiệt độ

\* Nhiệt độ trung bình năm: Nhìn vào hình 1 biểu đồ xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm trong thời gian 33 năm (từ 1980 - 2012) tại các trạm khí tượng Thanh Hóa (Trạm Hồi Xuân, Thanh Hóa, Bái Thượng, Như Xuân, Yên Định, Tĩnh Gia) cho thấy:

- Tại trạm khí tượng Thanh Hóa, xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm tăng 0,0084°C mỗi năm hay tăng 0,08°C trong mỗi thập kỷ.

- Tại trạm khí tượng Hồi Xuân, xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm tăng 0,00144°C mỗi năm hay tăng 0,014°C trong mỗi thập kỷ.

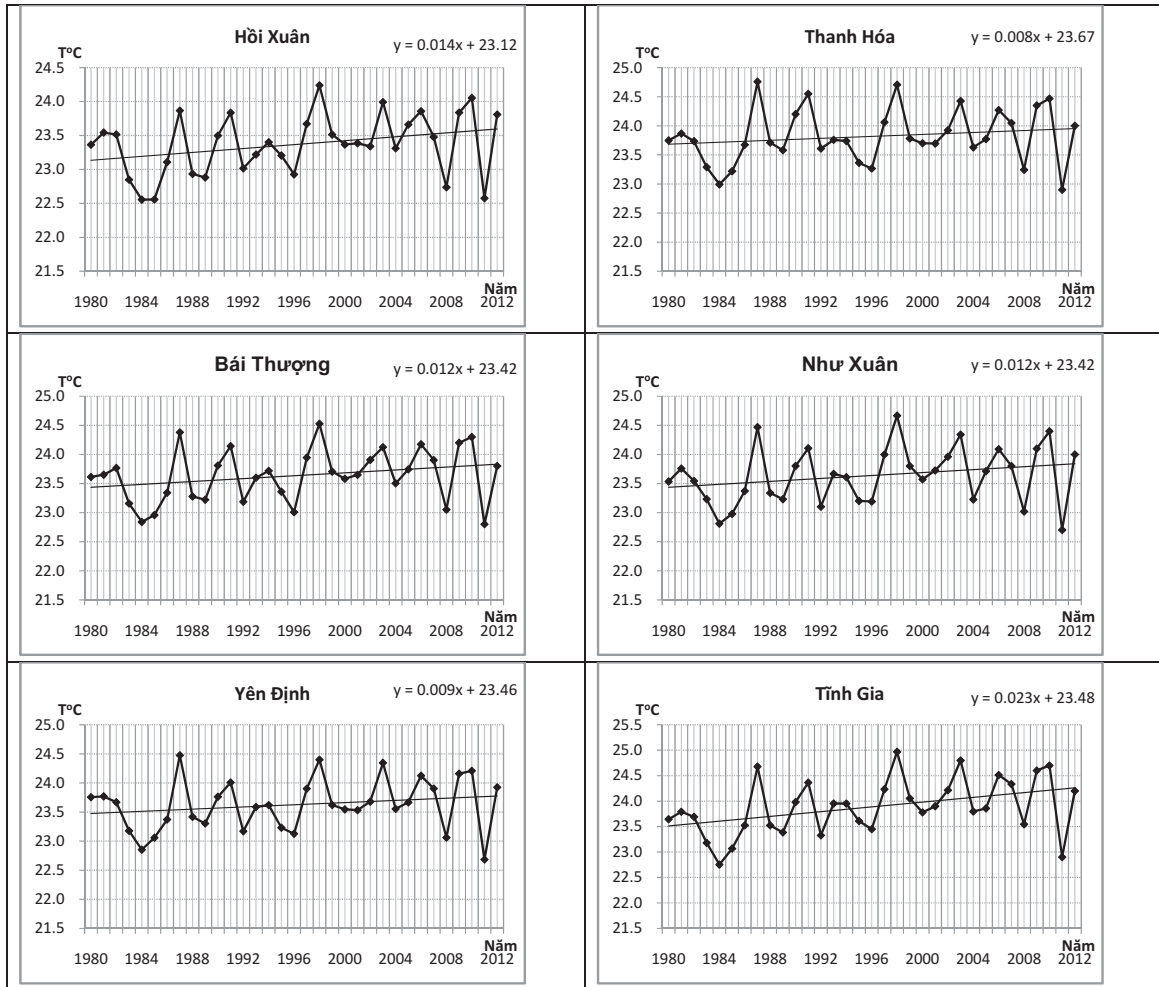
- Tại trạm khí tượng Bái Thượng, xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm tăng 0,0124°C mỗi năm hay tăng 0,12°C trong mỗi thập kỷ.

- Tại trạm khí tượng Như Xuân, xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm tăng 0,0127°C mỗi năm hay tăng 0,12°C trong mỗi thập kỷ.

- Tại trạm khí tượng Yên Định, xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm tăng 0,0094°C mỗi năm hay tăng 0,09°C trong mỗi thập kỷ.

- Tại trạm khí tượng Tĩnh Gia, xu thế nhiệt độ không khí trung bình năm tăng 0,0234°C mỗi năm hay tăng 0,23°C trong mỗi thập kỷ.

Như vậy, trung bình nhiệt độ không khí tăng khoảng 0,1°C mỗi thập kỷ.



Hình 1. Xu thế của nhiệt độ không khí từ 1980 - 2012 tại Thanh Hóa

\* Nhiệt độ trung bình tháng:

Nhiệt độ trung bình một số tháng mùa hè tăng từ 0,1 - 0,3°C mỗi thập kỷ. Về mùa đông, nhiệt độ giảm đi trong các tháng đầu mùa và tăng lên trong các tháng cuối mùa.

b) Lượng mưa:

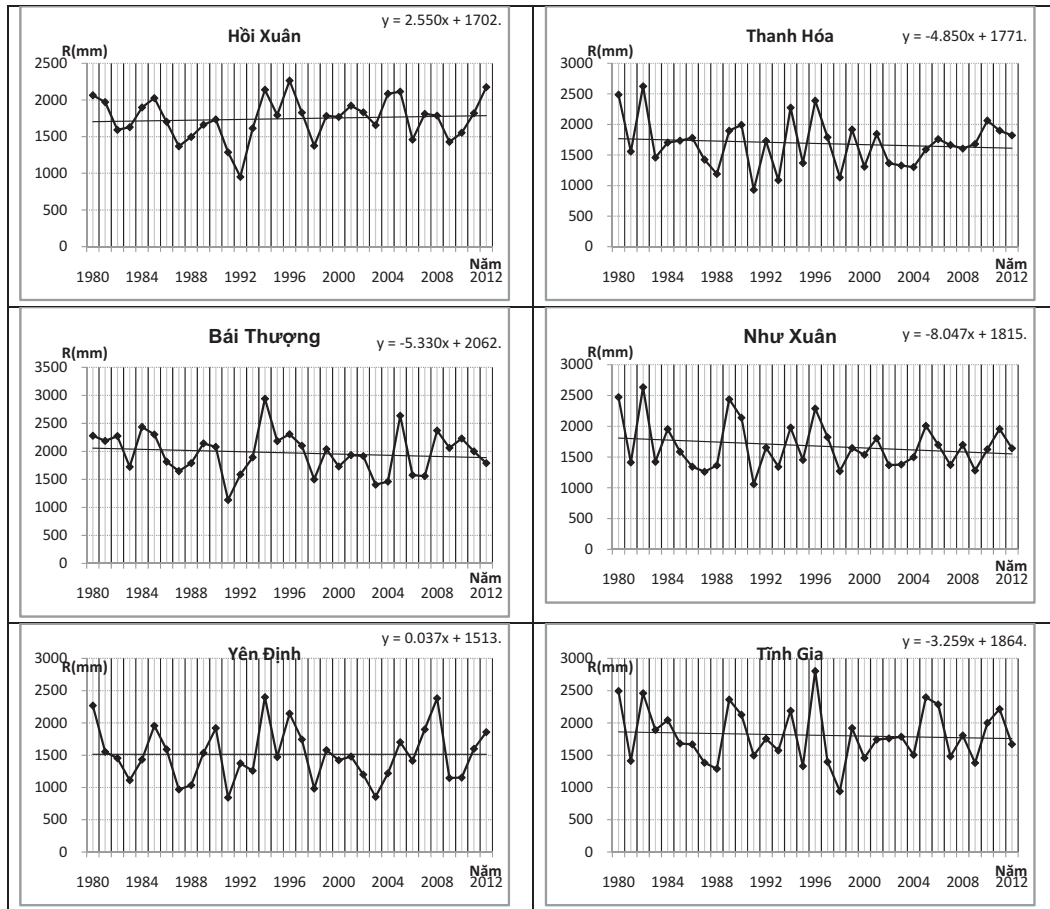
\* Xu thế lượng mưa trung bình năm: Nhìn vào hình 2 Biểu đồ xu thế lượng mưa trung bình năm trong thời gian 32 năm (từ 1980 - 2012) tại các trạm khí tượng ở Thanh Hóa (Trạm Hồi Xuân, Thanh Hóa, Bái Thượng, Như Xuân, Yên Định, Tĩnh Gia) cho chúng ta thấy xu thế lượng mưa trung bình năm có sự thay đổi, trong đó:

- Tại trạm Hồi Xuân lượng mưa trung bình năm có xu thế tăng, mỗi năm tăng khoảng 2,55 mmm hay tăng 25,5 mm/1 thập kỷ;
- Tại trạm Yên Định lượng mưa trung bình

năm có xu thế tăng, mỗi năm tăng khoảng 2,037 mmm hay tăng 20,3 mm/1 thập kỷ;

- Tại trạm Thanh Hóa lượng mưa trung bình năm có xu thế giảm, mỗi năm giảm khoảng 4,850 mmm hay giảm 48,5 mm/1 thập kỷ;
- Tại trạm Bái Thượng lượng mưa trung bình năm có xu thế giảm, mỗi năm giảm khoảng 5,330 mmm hay giảm 53,3 mm/1 thập kỷ;
- Tại trạm Như Xuân lượng mưa trung bình năm có xu thế giảm, mỗi năm giảm khoảng 8,047 mmm hay giảm 80,5 mm/1 thập kỷ;
- Tại trạm Tĩnh Gia lượng mưa trung bình năm có xu thế giảm, mỗi năm giảm khoảng 3,259 mmm hay giảm 32,6 mm/1 thập kỷ;

Như vậy, lượng mưa trung bình năm ở Thanh Hóa từ năm 1980 - 2012 có xu thế giảm khoảng 2,8 mm/năm hay giảm 28 mm trong mỗi thập kỷ.



Hình 2. Xu thế của lượng mưa từ 1980 - 2012 tại Thanh Hóa

\* Lượng mưa trung bình tháng:

Có xu thế lượng mưa mùa giảm đi trong tháng 7, 8 và tăng lên trong các tháng 9, 10, 11, mưa phùn giảm đi rõ rệt.

c) Mực nước biển dâng: Theo kịch bản trung bình (B2), mực nước biển sẽ dâng 30 cm vào năm 2050 và cuối thế kỷ 21 sẽ dâng khoảng 75 cm so với thời kỳ 1980 - 1999 và sẽ đem đến nhiều thách thức cho các vùng sinh thái nông nghiệp ven biển [7,8].

d) Hiện tượng ENSO: Theo GS. TSKH Nguyễn Đức Ngữ ENSO có tác động mạnh mẽ đến các yếu tố khí tượng, thủy văn [9].

Như vậy đã có những bằng chứng chứng tỏ BĐKH toàn cầu đã kéo theo sự BĐKH ở các khu vực khác nhau trên thế giới, trong đó có tỉnh Thanh Hóa. Biểu hiện những biến đổi này thể hiện ở các giá trị nhiệt độ, lượng mưa cực trị (cực đại, cực tiểu) ngày càng cực đoan hơn, hoạt động của bão, xoáy thuận nhiệt đới cũng trở nên phức tạp hơn. Đặc biệt các hiện tượng khí hậu cực

đoan cũng có những dấu hiệu biến đổi tiêu cực hơn và sự nguy hiểm của những biến động này là từ những thiên tai cực đoan, có thể dẫn đến những thảm họa khôn lường. Điển hình là lũ lụt xảy ra hồi tháng 10/2007 trên sông Mã, mực nước đỉnh lũ là 13,24 m cao hơn so với lũ lịch sử năm 1927 (13,20 m) là 0,04 m; trên sông Lèn mực nước đỉnh lũ là 6,95 m, cao hơn lũ lịch sử năm 1973 (6,81m) là 0,14 m; trên sông Bưởi là 14,25 m, cao hơn lũ lịch sử năm 1996 (13,39) là 0,86 m; Trên sông Chu mực nước đỉnh lũ là 20,64 m, thấp hơn đỉnh lũ lịch sử năm 1962 (21,54 m) là 0,90 m. Phải di dời 21.000 hộ, 85.000 khẩu. Trận lũ này đã làm sạt lở hơn 100 m đập chính hồ Cửa Đạt (đang thi công), cuốn trôi 600.000m<sup>3</sup> đất, ước thiệt hại gần 200 tỷ đồng. Nước sông Chu dâng cao làm cho hơn 2.300 ngôi nhà với 12.386 người thuộc 7 xã ven sông của huyện Thọ Xuân (Xuân Lai, Xuân Thiện, Xuân Thọ, Xuân Hải, Xuân Hòa, Xuân Yên và Xuân Vinh) ngập sâu trong nước, có nơi

nước đã ngập tới 8,35 m [1].

Đê sông Bưởi bị vỡ, thị trấn Kim Tân bị ngập với mực nước lên tới 13,6 m, cao hơn báo động cấp 3 là 0,74 m và vượt lũ lịch sử năm 1996 là 0,2 m. Đây là trận lũ lớn nhất quan trắc được từ trước tới nay (chỉ sau trận lũ lịch sử 1962) [1, 2, 3].

### 2.2.2. Tác động của BĐKH tới KT - XH

a. Đối với sản xuất nông - lâm - ngư nghiệp

- Nhiệt độ, lượng mưa, số ngày nắng là những yếu tố có tác động mạnh mẽ đến sinh trưởng, thời vụ và năng suất cây trồng, vật nuôi, làm tăng nguy cơ lây lan và phát triển sâu, dịch bệnh... gây ra các thiệt hại về cơ sở vật chất. Vì vậy, BĐKH tác động lớn đến sản xuất nông nghiệp và an ninh lương thực.

- Nhiệt độ tăng cao và kéo dài dẫn đến lượng nước bốc hơi mạnh, điều này sẽ gây ra nhiều vùng thiếu, hạn nước và có thể dẫn đến gia tăng hạn hán, cháy rừng, xâm nhập mặn ở các vùng ven biển như Nga Sơn, Hậu Lộc, Hoàng Hóa, Quảng Xương.

- Nhiệt độ gia tăng làm cho thời vụ cây trồng bị thay đổi, đòi hỏi phải thay đổi kỹ thuật canh tác cũng như các loại giống cây trồng phù hợp hơn.

- Nắng nóng, hạn hán kéo dài sẽ gây nên tình trạng đất đai bị khô cằn. Nhiều diện tích đất trồng lúa nước đã phải chuyển đổi thành đất trồng màu, nhiều vùng chuyên canh nguyên liệu chế biến bị thu hẹp do không đủ nước tưới.

- Thay đổi lượng mưa và chế độ mưa dẫn đến tình trạng hạn hán, thiếu nước về mùa khô, độ nhiễm mặn tăng lên và gây ngập lụt vào mùa

mưa, gây khó khăn rất lớn cho sản xuất nông nghiệp nói chung.

- Sự gia tăng mực nước biển, nước biển dâng làm tăng nguy cơ diện tích đất canh tác bị nhiễm mặn, làm xói mòn và bạc màu các vùng đất nông nghiệp. Nước biển dâng làm nguy cơ ảnh hưởng đến đất canh tác, như ở các huyện Nga Sơn, Hậu Lộc, Hoàng Hóa, Quảng Xương, Sầm Sơn và Tĩnh Gia. Hàng năm bị ảnh hưởng do xâm thực mặn và triều cường, độ mặn trong đồng sẽ có thể tăng trên 3‰, điều này gây tác hại cho các loại cây trồng, giảm năng suất.

- Mực nước biển dâng làm sự an toàn hệ thống đê sông, đê biển và hệ thống hồ chứa bị đe dọa cao hơn, chế độ dòng chảy ven bờ thay đổi gây xói lở bờ, giảm khả năng tiêu tự chảy, diện tích và thời gian ngập úng tăng lên tại nhiều khu vực, nhiều hệ thống thủy lợi không đáp ứng được yêu cầu tiêu, cũng như cấp nước. Sự gia tăng mực nước biển làm cho cho triều cường trong bão gia tăng, các hệ thống đê biển bị đe dọa, ngập úng đất nông nghiệp, dẫn đến tình trạng nhiều vùng đất nông nghiệp sẽ bị bỏ hoang.

- Gia tăng về lượng mưa, đất bị rửa trôi, xói mòn đất, làm tăng quá trình bạc màu thoái hóa đất trên những khu vực rộng lớn.

- Nước biển dâng làm tăng nguy cơ ngập lụt, nước biển xâm nhập sâu vào nội đồng, đồng ruộng, nước ngọt bị nhiễm mặn, gây nên nhiều hệ lụy cho đời sống và sản xuất cũng như bảo vệ nguồn tài nguyên đất.



Hình 3. Nước biển dâng cao xâm thực tại xã Quảng Cư - Sầm sơn (28/6/2010)



Theo kết quả thống kê của Ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Thanh Hóa, năm 2016, mưa lũ làm thiệt hại 1.892 ha lúa, 1.271 ha hoa màu, 166 ha diện tích cây ăn quả, 4.265 ha rừng trồng tập trung, làm chết và cuốn trôi 8 con gia súc lớn, 48 con lợn, 2.244 con gia cầm, 147 ha diện tích nuôi cá truyền thống và nuôi cá lồng do mưa lũ làm bị thiệt hại; rét hại rét đậm làm thiệt hại 10.000 ha lúa, 2.300 ha cây hoa màu, rau màu, chết 2.495 con gia súc, 562 con lợn, 85 con gia cầm [1], [2].

#### b. Đối với công nghiệp và du lịch

- Sự gia tăng về lượng mưa: Mưa, lũ lớn làm ngập lụt các khu vực, cụm công nghiệp, làm hạn chế và thu hẹp quỹ đất phát triển công nghiệp, hạn chế quá trình vận chuyển và phân phối hàng hóa. Bên cạnh đó, nó tác động đến nguồn nguyên - vật liệu, đến các ngành công nghiệp khác, làm giảm sản lượng và năng suất sản phẩm các ngành liên quan.

- Mực nước biển dâng: Có thể nói chịu ảnh hưởng nặng nề nhất do nước biển dâng, đó là các khu vực du lịch sinh thái, các bãi tắm. Vì vậy, BĐKH dẫn đến nước biển dâng là điều hết sức đáng lo ngại, ảnh hưởng lớn đến phát triển ngành du lịch. Nước biển dâng sẽ trực tiếp tác động tiêu cực đến các công trình xây dựng, cơ sở vật chất khu du lịch, các khu sinh thái, du lịch vùng ven biển bị ảnh hưởng rất nghiêm trọng.

Theo kết quả thống kê của Ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Thanh Hóa, năm 2016, thiên tai làm 92 cột điện bị đổ và gãy, trong đó bão là 15 cái, mưa lũ 4 cái và giông lốc 73 cái [1], [2].

#### c. Đối với giao thông vận tải

Đối với ngành giao thông vận tải (GTVT), BĐKH với các hiện tượng cực đoan của thời tiết ảnh hưởng đến hiệu quả vận tải ở tất cả các loại hình giao thông: đường bộ, sắt, thủy, hàng không, ảnh hưởng không nhỏ đến phát triển kinh tế, xã hội.

BĐKH và nước biển dâng đã gây ra sụt lún, ngập lụt nhiều tuyến giao thông, gia tăng sạt trượt, xói lở mặt, nền đường làm các phương tiện giao thông không lưu thông được, gây ách tắc,

gia tăng tai nạn giao thông đường bộ. Đường xá bị cắt đứt nhiều đoạn, nhiều tuyến đường địa phương sau bão lũ hàng tuần vẫn bị ngập lụt, ách tắc, giao thông đi lại khó khăn.

Năm 2016, mưa lũ làm 1 điểm trên đường giao thông trung ương bị hư hỏng, 4 điểm trên đường giao thông địa phương bị sạt lở nghiêm trọng, trong đó 570 m đường sạt lở, hư hỏng, 3.730 m đường bị ngập, 12 cầu cống bị hư hỏng, bão nhấn chìm 2 tàu có công suất dưới 20 CV và 1 tàu có công suất trên 90 CV [1], [2].

### 3. Giải pháp

- Giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực cung ứng, tiêu thụ năng lượng;

- Giảm phát thải khí nhà kính trong quản lý và cải thiện kỹ thuật nông nghiệp, điển hình như hạn chế hiện tượng người dân đốt rơm rạ sau khi thu hoạch lúa, ủ phân từ thực vật không đúng quy trình, chất thải không được chôn lấp, xử lý đúng quy định, chất thải trong chăn nuôi xả thải trực tiếp ra môi trường;

- Ngăn chặn phá rừng ngoài kế hoạch, nghiêm cấm phá rừng phòng hộ, rừng đặc dụng, tăng cường trồng rừng phủ xanh đất trống đồi trọc. Hiện nay tỷ lệ che phủ rừng của Thanh Hóa đạt 43%. Tuy nhiên diện tích rừng giàu và trung bình, rừng tự nhiên bị suy giảm nghiêm trọng. Những huyện giáp Lào có diện tích rừng giàu và trung bình bị chặt phá nhiều (huyện Quan Sơn, Quan Hóa, Thường Xuân). Cần phải tiến hành khoanh nuôi, tái tạo, trồng rừng bằng các biện pháp lâm sinh. Mường Lát, Như Xuân và Lang Chánh là 3 huyện tiêu biểu của Thanh Hóa thực hiện tốt công tác trồng rừng và bảo vệ rừng, tỷ lệ che phủ rừng liên tục tăng nhanh trong những năm gần đây.

- Xây dựng các chương trình quản lý rừng: Thanh Hóa đã và đang thực hiện dự án rừng và đồng bằng Việt Nam (Dự án VFD) giai đoạn 5 năm (2012 - 2017). Mục tiêu của dự án chủ yếu là hỗ trợ sử dụng đất, cải thiện quản lý rừng bền vững, nhằm làm chậm, dừng và đảo ngược quá trình phát thải do mất rừng, suy thoái rừng và khí thải từ các cảnh quan khác, đồng thời tận dụng cơ hội tiếp cận các nguồn tài chính về giảm phát

khí thải. Đến nay, dự án đã hỗ trợ cho tỉnh xây dựng kế hoạch phát triển ngành tre, luồng, góp phần làm thay đổi và nâng cao nhận thức của cán bộ, thu hút các nguồn đầu tư trong nước và mở ra cơ hội tiếp cận với các nguồn tài chính quốc tế tài trợ cho các hoạt động ứng phó với biến đổi khí hậu của tỉnh nhà.

- Phòng chống cháy rừng có hiệu quả: Thời tiết nắng nóng và khô của những đợt gió Lào thổi đến những cánh rừng hỗn giao nửa gỗ, nửa, vầu, cỏ tranh, lau lách ở Thanh Hóa, kết hợp với tập tục đốt rừng làm nương rẫy đang còn khá phổ biến ở các xã vùng cao, vùng biên giới giáp Lào đã đem lại một mối nguy cơ cháy rừng rất cao. Vì vậy công tác phòng chống cháy rừng luôn được địa phương coi trọng.

- Giảm phát thải khí nhà kính trong hoạt động công nghiệp, giao thông vận tải. Theo kết quả nghiên cứu về ô nhiễm môi trường không khí trên địa bàn thành phố Thanh Hóa gần đây cho biết: mức độ ô nhiễm môi trường không khí của thành phố Thanh Hóa ngày càng trở nên nghiêm trọng hơn, có khá nhiều điểm trong khu vực thành phố đã vượt mức cho phép theo QCVN. Một số điểm như Ngã 3 voi, phường Đông Vệ vượt ngưỡng cho phép lên tới 215.5%; Ngã 3

Nhồi, Phường An Hoạch là 200.6%,... Hầu hết các điểm này đều là các điểm nút giao thông quan trọng của thành phố Thanh Hóa, nơi có số lượng tham gia giao thông rất cao cũng như các hoạt động công nghiệp, sinh hoạt hàng ngày sinh ra các chất gây ô nhiễm như CO, NOX, và đặc biệt là bụi... vượt mức cho phép so với QC-CLMT. Vì vậy, cần có những giải pháp hiệu hiệu để giảm thiểu ô nhiễm môi trường không khí nói chung, hạn chế phát thải khí nhà kính nói riêng làm biến đổi khí hậu.

#### **4. Kết luận**

Thanh Hoá là một tỉnh có vị trí địa lý thuận lợi, là điểm nối giữa vùng Bắc Bộ với Trung Bộ. Với địa hình đa dạng, tài nguyên thiên nhiên phong phú, rất thuận lợi cho phát triển KT-XH, nhưng nơi đây thường xuyên chịu nhiều tổn thất thiên tai kể cả người và của, nhất là những năm gần đây dưới tác động của BĐKH, đây là nguy cơ hiện hữu đối với mục tiêu xóa đói giảm nghèo và là nguy cơ tiềm tàng đối với sự phát triển bền vững và việc thực hiện các mục tiêu thiên niên kỷ ở Thanh Hóa nói riêng và cả nước nói chung. Do vậy cần phải thực hiện tốt, thực hiện thành công kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH.

### **Tài liệu tham khảo**

1. Ban Chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Thanh Hóa (2016), *Báo cáo “Tổng hợp thiệt hại do thiên tai”*.
2. Chi cục Đê điều và Phòng chống lụt bão Thanh Hóa (2012), *Báo cáo “Tổng hợp Thiệt hại do thiên tai 2000 -2012”*,
3. Đài Khí tượng - Thủy văn Thanh Hóa (2012), *Báo cáo “Đặc điểm Khí tượng - Thủy văn Thanh Hóa”*.
4. Đài Khí tượng- Thủy văn Thanh Hóa (2016), *“Tài liệu tập huấn về biến đổi khí hậu” (Tổ chức tầm nhìn thế giới)*.
5. Trang web: [www.dmhcc.gov.vn](http://www.dmhcc.gov.vn)
6. Trang web: [www.imh.ac.vn](http://www.imh.ac.vn)
7. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012), *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*, Hà Nội, Việt Nam, NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam
8. Nguyễn Đức Ngữ (2002), *Tác động của ENSO đến thời tiết, khí hậu, môi trường và kinh tế - xã hội ở Việt Nam*, Đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước.

## CLIMATE CHANGE AND NATURAL DISASTERS IN THANH HOA

Lê Kim Dung  
Hong Duc University

**Abstract:** *The research studies about Climate Change (CC) and natural disasters in Thanh Hoa province. Results of the research has shown that average temperature increases  $0,1^{\circ}\text{C}$  per decade; rainfall reduces in July and August and rises in September, October and November; sea level increases from 2,5 cm to 3,0 cm per decade; ENSO phenomenon increasingly and strongly has impacts on weather and climate characters of Thanh Hoa. Therefore, the natural disasters such as storms, floods, droughts, salty intrusion with shorter periods and higher intensity that impact to main trades as agriculture, industry, transportation and tourism in Thanh Hoa.*

**Key words:** *Climate change, sea level rise, Socioeconomic.*

---

Ban Biên tập nhận bài: 15/03/2017.

Ngày phản biện xong: 20/04/2017

# ĐO ĐẠC TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY BẰNG THIẾT BỊ SÓNG SIÊU ÂM THỦY LỰC KẾT HỢP MÔ HÌNH MÔ PHỎNG SỐ

Dương Văn Khánh

Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn và môi trường

**Tóm tắt:** *Tăng độ chính xác của đo đạc lưu lượng dòng chảy là vấn đề được rất nhiều nhà kỹ thuật thủy văn trên thế giới quan tâm nghiên cứu phát triển các công nghệ đo mới. Bài báo này, nhằm giới thiệu một phương pháp đo lưu lượng dòng chảy mới được nghiên cứu áp dụng ở Nhật Bản: xác định tốc độ dòng chảy trung bình mặt ngang bằng sử dụng sóng siêu âm thủy lực kết hợp với mô phỏng số sự phân bố tốc độ mặt ngang, gọi tắt là hệ thống ATENAS - hệ thống đo lưu lượng mới. Hệ thống ATENAS được nghiên cứu thử nghiệm, đo đạc liên tục, ổn định và kiểm chứng trên Sông Tone với độ rộng mặt ngang sông khoảng 500m, lưu lượng dòng chảy khoảng 4000m<sup>3</sup>/s trong mùa lũ (lưu lượng dòng chảy lớn, vận chuyển bùn cát đáy sông nhiều, gây sai số lớn trong xác định tốc độ dòng chảy phân bố tại mặt cắt ngang tuyến đo).*

**Từ khóa:** ATENAS, sông Tone, lưu lượng dòng chảy.

## 1. Đặt vấn đề

Nhằm tăng cường độ chính xác của giá trị đo và khả năng áp dụng cho những sông lớn, một số phương pháp đo đạc mới đã được phát triển, trong đó có phương pháp kỹ thuật kết hợp giữa mô phỏng số của phân bố lưu tốc dòng chảy với đo đạc lưu tốc trung bình dòng chảy theo mặt ngang tuyến đo lưu lượng, đó là Hệ thống đo lưu lượng ATENAS (Advanced Technology of Numerical simulation of velocity distribution and hydroAcoustics - Công nghệ phát triển mô phỏng số sự phân bố tốc độ và siêu âm thủy văn). Hệ thống này được lắp đặt đo đạc, kiểm chứng ở hạ lưu của sông Tone (có mặt cắt ngang tuyến đo lớn). Đo liên tục lưu lượng dòng chảy trong năm từ mùa khô sang mùa lũ (mực nước thấp nhất đến mực nước lũ). Độ chính xác được kiểm tra, xem xét ở các cấp mực nước khác nhau, áp dụng đo lưu lượng dòng chảy bằng phương pháp này đồng thời với đo bằng phương pháp truyền thống.

## 2. Một số tồn tại trong đo đạc dòng chảy hiện nay

Thông thường, đo dòng chảy rời rạc, không liên tục, giá trị lưu lượng dòng chảy được xác định bằng tổng các giá trị lưu lượng bộ phận mặt

ngang.

$$Q = \sum k_i V_i A_i \quad (1)$$

Trong đó:  $V_i$  Tốc độ dòng chảy bộ phận;  $k_i$  hệ số kiểm chứng,  $A_i$  diện tích bộ phận.

Khi đo lưu lượng bằng phương pháp đo phao nổi, kết quả đo đạc sẽ không cao do bị ảnh hưởng của dòng chảy rối (gây ra bởi địa hình đáy sông, công trình trên sông khác) và các yếu tố ảnh hưởng khác.

Nếu đo tốc độ dòng chảy mặt (bằng sóng radio, sóng siêu âm hoặc bằng thiết bị camera sử dụng để theo dõi sự di chuyển của phao) sẽ gặp khó khăn trong các điều kiện sau: Gió mạnh, mưa to hoặc có tuyết, sương mù; Tốc độ dòng chảy nhỏ.

Thêm vào nữa, các nhân tố kiểm chứng lại mang tính tương đối và không xác định được trong điều kiện hiện nay (Nhân tố kiểm chứng thay đổi phụ thuộc vào sự phân bố tốc độ tại mỗi vị trí đo và thay đổi theo các lớp dòng chảy), đặc biệt rất khó xác định tại các vị trí đo không thường xuyên hoặc khi gặp lũ lớn, hoặc bị ảnh hưởng thủy triều và địa hình đáy sông tại mặt cắt đo không đối xứng, thay đổi mạnh,....

Đo lưu lượng dòng chảy theo nguyên lý siêu âm Doppler bị hạn chế khi đo ở các sông có tốc



độ dòng chảy nhỏ và thực tế rất khó giám sát liên tục lưu lượng dòng chảy.

Đo lưu lượng dòng chảy bằng thiết bị đo HADCP (6), kết quả đo không cao do một số hạn chế kỹ thuật:

+) Xác định tốc độ ở những vị trí không đo đạc được trực tiếp;

+) Hạn chế của độ rộng sông (sông quá rộng đo đạc không đảm bảo chính xác);

+) Những vị trí có hiện tượng chảy rối, quản cục bộ kết quả đo không chính.

Một số vấn đề kỹ thuật đo đạc lưu lượng dòng chảy hiện nay cần đạt được:

- Đo liên tục tốc độ dòng chảy cục bộ với độ chính xác cao độc lập với các điều kiện tình trạng xung quanh vị trí đo;

- Phải xác định được nhân tố kiểm định tối ưu phản ánh được sự phân bố tốc độ tại các vị trí đo độc lập riêng rẽ.

### 3. Đo lưu lượng dòng chảy bằng công nghệ ATENAS

#### 3.1. Đặc tính của kỹ thuật đo lưu lượng dòng chảy ATENAS

Để giải quyết 2 vấn đề trên và tăng độ chính xác trong đo lưu lượng dòng chảy, kỹ thuật ATENAS được sử dụng: đo tốc độ dòng chảy liên tục với độ chính xác cao, thậm chí ở những sông có mặt cắt ngang lớn, không phụ thuộc vào các điều kiện hiện trạng xung quanh vị trí đo tác động và “hệ số điều chỉnh tối ưu” được xác định bằng kỹ thuật số.

##### a) Đo lưu lượng dòng chảy ở sông lớn

Phương pháp này, tốc độ dòng chảy trung bình mặt ngang sông được xác định từ những sự khác nhau (sai phân hóa) của thời gian truyền sóng âm di chuyển theo các hướng siêng ngang qua mặt cắt ở thượng và hạ lưu mặt cắt tuyến đo phù hợp với phân bố tốc độ dòng chảy (Tốc độ dòng chảy không bị ảnh hưởng của nhiệt độ nước, độ mặn - nhân tố làm thay đổi tốc độ truyền của âm thanh trong nước).

Nhân tố chính hấp thụ và làm tổn thất, suy giảm các sóng âm truyền trong nước từ đầu dò phát ra là phù sa, chất lơ lửng. Để làm giảm tổn thất này, tần số sóng âm phải thấp. Đầu dò sóng

âm tần số 28 kHz cho kết quả đo tốt hơn (sự suy giảm tín hiệu của sóng âm tần số 28 kHz sẽ giảm đi 1/3 so với thiết bị sóng âm tần số 20 kHz, khi phù sa lơ lửng chất rắn có kích thước tới 20  $\mu\text{m}$ ) được sử dụng để thay thế các thiết bị tần số thông thường khoảng từ 100 - 20 kHz. Sự hấp thụ của các sóng siêu âm tần số thấp là rất nhỏ không đáng kể trong khoảng cách dưới 1000 m.

##### b) Xác định hệ số hiệu chỉnh tối ưu bằng kỹ thuật mô phỏng số

Phương pháp kiểm chứng SIMK sử dụng phương trình Reynolds đối với chất lỏng không nén được, phương pháp sai phân phù hợp linh hoạt cho các lớp nút lưới tính toán sông ngòi.

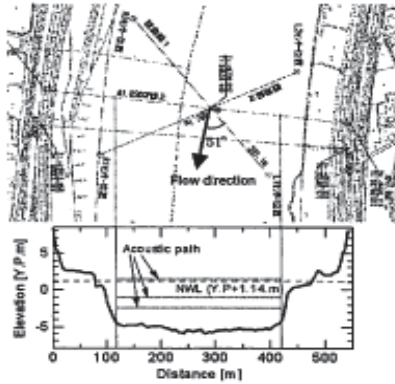
Yếu tố hiệu chuẩn (SIMK) là sự mô phỏng chế độ dòng chảy ở các mực nước khác nhau, có độ chính xác  $\pm 3\%$  [5]. Yếu tố hiệu chuẩn là một hàm của mực nước ( $w$ ), và chiều cao của đường âm ( $d$ );  $k(d, w)$ .

#### 3.2. Kiểm chứng hiện trường độ chính xác của phép đo lưu lượng cho sông lớn

Sử dụng ATENAS để kiểm chứng đo dòng chảy từ dòng chảy nhỏ tới dòng chảy lũ lớn (ngập lụt), ở Sawara dọc theo hạ lưu sông Tone (lưu vực sông rộng 41 km tính từ cửa sông). Các đầu dò siêu âm được gắn kết bằng các cọc PHC đặt gần hai bờ sông. Chiều dài đường âm là 381 m. Các lớp đường sóng siêu âm được minh họa trong hình 1. Vận tốc dòng chảy được đo 10 giây/lần và lưu lượng được xuất 5 phút/lần, đo trong khu vực về phía hạ lưu 1 km và thượng nguồn 2 km tính từ vị trí đo, theo đường đi chuyển tính trung bình.

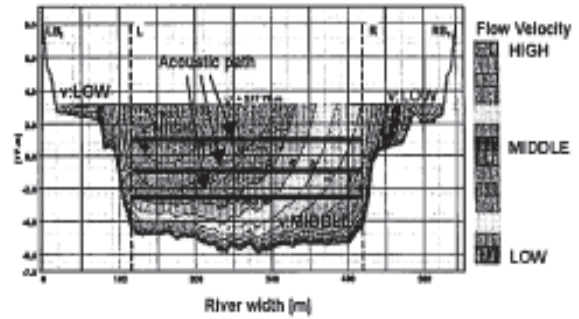
Yếu tố hiệu chuẩn là một hàm của mực nước được xác định theo phương pháp hiệu chuẩn SIMK trước khi cài đặt. Trong đó vận tốc dòng chảy được mô phỏng chi tiết trong hình 2. Hệ số nhám của lòng sông theo chiều cao kênh nước được lựa chọn dựa trên giá trị tham khảo của Cơ quan khảo sát địa chất Hoa Kỳ.

Quan trắc bằng cách di chuyển thiết bị đo ngang sông (thiết bị đặt trên tàu) để thu được vận tốc dòng chảy trung bình đo dọc theo đường sóng siêu âm và yếu tố hiệu chuẩn. Các thông số của thiết bị đo được chỉ ra trong bảng 1.



Hình 1. Lớp thẳng đứng và nằm ngang của đường sóng siêu âm ở trạm Sawara trên sông Tone, Nhật Bản.

Vận tốc dòng chảy tương đối được đo ở lớp chủ lưu phân bố tốc độ. Độ lớn vận tốc dòng chảy được hiệu chỉnh bởi tốc độ dịch chuyển tàu

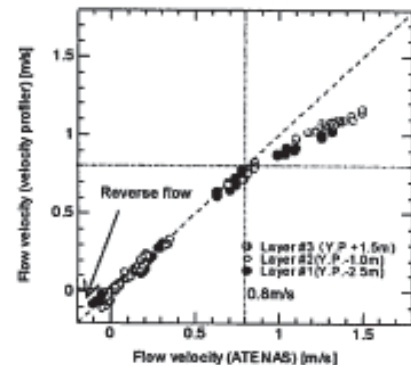


Hình 2. Mô phỏng sự phân bố tốc độ dòng chảy mặt ngang của Sông Tone (Nhật Bản) xác định bởi phương pháp kiểm chứng SIMK

theo bởi các vết sóng siêu âm ở dưới đáy tàu trên cơ sở giả định rằng lòng sông đứng yên (tính dừng).

Bảng 1. Đặc trưng của lớp tốc độ

Loại	Đặc trưng	
Dạng	Workhorse (RD Instruments) ADCP	RioGrand - RD Instruments) ADCP
Tần số	1200kHz	
Độ rộng Cell	50cm	20cm
Sự hiệu chuẩn tốc độ thuyền	Bottom tracking Các dấu vết siêu âm ở đáy	
Phần mềm	Winriver	
Giới hạn tốc độ dòng chảy	Thấp và trung bình	Cao



Hình 3. So sánh giữa trị số tốc độ do ATENAS tính ra và tốc độ dòng chảy trong lớp phân bố tại mỗi độ cao đo đạc dòng chảy

### 3.3 Vận tốc dòng chảy trung bình dọc theo đường sóng siêu âm qua mặt cắt ngang sông

a) So sánh với sự phân bố vận tốc dòng chảy tại mặt ngang

So sánh vận tốc dòng chảy trung bình mặt ngang sông ở độ cao đo khác nhau đo bằng ATENAS và sự phân bố vận tốc dòng chảy tại mỗi điểm đo trên mặt ngang được minh họa tại hình 3. Các giá trị được cho là tốt trong phạm vi đo từ -0,1 (dòng chảy ngược) - 0,8 m/s.

ATENAS thông qua siêu âm tần số thấp và xử lý tín hiệu cho các tín hiệu bước sóng dài có thể đo vận tốc dòng chảy tương tự hoặc ở mức

độ chính xác cao hơn so với những quan trắc sự dịch chuyển của sự phân bố vận tốc dòng chảy tại mặt ngang. Tuy nhiên, Kết quả sẽ thiên thấp trong khoảng phân bố vận tốc dòng chảy tại mặt ngang nằm trong phạm vi lớn hơn 0,8 m/s (theo Kimizu và các cộng sự [4]).

b) Xem xét việc ước lượng thấp của sự phân bố vận tốc dòng chảy tại mặt ngang

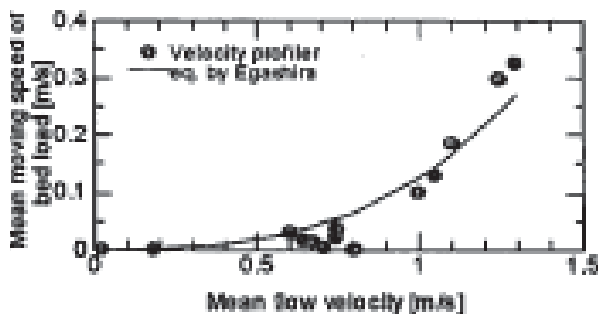
Nguyên nhân ước lượng thấp tốc độ chuyển động của bùn cát đáy là do số liệu của lớp phân bố vận tốc dòng chảy tại mặt ngang đo được.

Véc tơ vận tốc tàu ngược hướng véc tơ dòng chảy (giả định tương ứng với tốc độ di chuyển

của bùn cát đáy). Tốc độ di chuyển trung bình của của bùn cát đáy được ước tính bằng trung bình thành phần vận tốc tàu dọc theo đường dịch chuyển. Các giá trị tốc độ bùn cát đáy ước tính được so sánh với tốc độ dòng chảy trung bình.

Kết quả tính toán dựa vào quan hệ giữa tốc độ dòng chảy trung bình với tốc độ trung bình chuyển động bùn cát đáy tại hình 4. Phân bố lớp tốc độ dòng chảy lớn trong sông thường bị ảnh hưởng đáng kể bởi sự di chuyển của bùn cát đáy. Trường hợp này, sai số đo có thể khắc phục bằng sử dụng một GPS để xác định chuyển động bùn cát đáy để hiệu chỉnh vận tốc thuyền đo.

ATENAS không bị ảnh hưởng bởi chuyển động bùn cát đáy, độ lệch vận tốc dòng chảy hiển thị ảnh hưởng trên những quan trắc di chuyển thiết bị đo trên mặt ngang của vận tốc gây ra bởi chuyển động bùn cát đáy. Tốc độ di chuyển trung bình của tải trọng đáy có thể dễ dàng ước tính nếu ATENAS được kết hợp với một profile vận tốc đường đi dưới đáy.



Hình 4. Tốc độ di chuyển bùn cát đáy được xác định dựa vào sự phân bố tốc độ

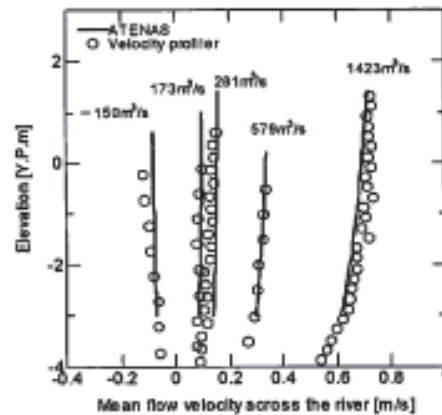
Kiểm tra tính phù hợp của yếu tố hiệu chuẩn được xác định dựa vào sự phân bố lớp vận tốc thẳng đứng của các phép đo mô phỏng và thực tế đo (profile thẳng đứng của vận tốc dòng chảy,  $V(d)$ , được xác định dựa vào công thức

$$V(d) = \frac{Q}{k(d, w) \cdot A} \quad (2)$$

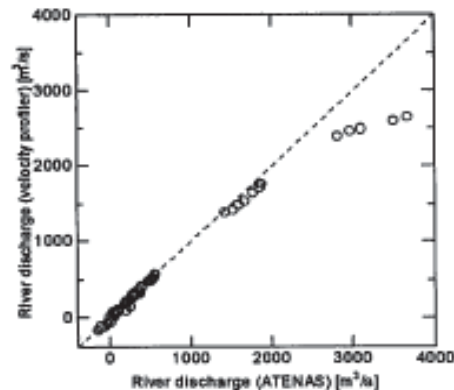
Với  $k(d, w)$  là phân bố thẳng đứng của yếu tố hiệu chuẩn được xác định bằng phương pháp hiệu chuẩn SIMK;  $Q$  là lưu lượng đo bằng ATENAS và  $A$  là diện tích mặt cắt ngang.

Hình 5, chỉ ra sự phân bố lớp vận tốc thẳng

đứng tương đối tốt trong thực tế với lưu lượng từ -150 - 1400  $m^3/s$ , không bị ảnh hưởng bởi sự di chuyển của bùn cát đáy (SIMK đã được dùng để mô phỏng sự phân bố vận tốc dòng chảy trong kênh sông với độ chính xác cao).



Hình 5. Sự phân bố tốc độ dòng chảy thẳng đứng theo mặt cắt ngang tuyến đo tại sông Tone



Hình 6. So sánh đo lưu lượng dòng chảy bằng phương pháp ATENAS và phương đo bằng sự phân bố vận tốc (profile) trên mặt ngang.

### 3.4. Sai số phép đo lưu lượng của ATENAS

Trong các phép đo thu được sự phân bố lớp vận tốc thẳng đứng (phương pháp đo kéo thuyền mang thiết bị đo qua sông), các vận tốc dòng chảy tại những khu vực không đo được lớp sát mặt nước, dưới lòng sông và cả hai bờ sông được ước tính bằng phương pháp ngoại suy.

Đo lưu lượng bằng ATENAS, các trường vận tốc của ATENAS gần như chính xác giống như trường phân bố vận tốc tại mặt ngang (phương pháp đo kéo thuyền mang thiết bị đo qua sông) độc lập với hướng dòng chảy (Hình 6).

Đó đó, bằng cách kết hợp siêu âm tần số thấp, xử lý tín hiệu thích hợp cho các tín hiệu bước

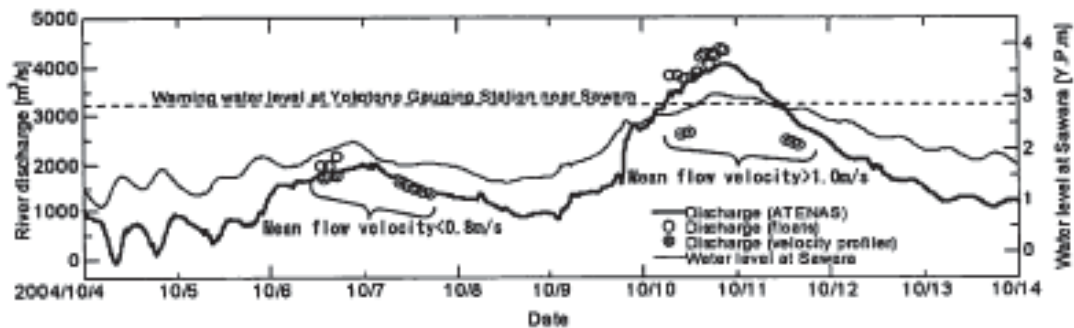
sóng dài và mô phỏng số phân bố vận tốc dòng chảy, lưu lượng sông có thể được đo liên tục dòng chảy với mức độ chính xác cao ngay cả trong các sông lớn.

Sai số phép đo lưu lượng ước tính cho ATENAS cho vận tốc dòng chảy là +/- 0.6%. Sự sai lệch tương đối tương đối trong việc xác định yếu tố hiệu chuẩn là khoảng +/- 3%, dựa trên các kết quả của phương pháp hiệu chuẩn SIMK trong quá khứ. Sự sai lệch tương đối trong tính

toán lưu lượng dòng chảy mặt cắt ngang là khoảng +/- 1% dựa trên độ chính xác khảo sát thực tế ngoài sông.

#### 4. Kiểm chứng thực tế đo lưu lượng mùa lũ ở Sawara trên sông Tone vào thời gian mưa rất lớn chịu ảnh hưởng của cơn bão số 22

Các kết quả đo lưu lượng tự động liên tục bằng ATENAS trong giai đoạn này cho thấy ATENAS đã đo lưu lượng liên tục từ gần 0 đến hơn 4000 m<sup>3</sup>/s mà không có hỏng hóc (Hình 7).



Hình 7. Mức nước và lưu lượng dòng chảy đo được bằng ATENAS tại Sawara trên sông Tone trong điều kiện mưa lớn ảnh hưởng của cơn bão ngày 22 tháng 10 năm 2004.

#### 5. Kết luận

Đo lưu lượng bằng công nghệ ATENAS (kết hợp một mô phỏng số của phân bố vận tốc dòng chảy và phép đo vận tốc dòng chảy sử dụng sóng siêu âm tần số thấp) là giải pháp đo có độ chính xác cao.

Sử dụng siêu âm tần số thấp trong phương pháp thời gian truyền siêu âm đã cải thiện hiệu suất truyền ở các sông có độ đục lớn (nhiều phù sa) và sử dụng thuật toán xử lý tín hiệu bổ sung cho siêu âm bước sóng dài cũng giúp cải thiện tính chính xác của phép đo thời gian truyền vận tốc. Vận tốc dòng chảy có thể được đo liên tục với độ chính xác cao hơn so với đo vận tốc dòng

chảy bằng phương pháp truyền thống (phương pháp đo ngang qua sông);

Hệ thống đo lưu lượng ATENAS đã được thử nghiệm thực tế trong một sông lớn trong điều kiện lũ và dòng chảy bình thường; đo được lưu lượng dòng chảy ở sông có dòng chảy ngược và lưu lượng lớn đến 4000 m<sup>3</sup>/s trong một sông lớn rộng khoảng 500 m. Độ chính xác của phép đo được đánh giá là tương tự hoặc cao hơn so với các công nghệ đo lưu lượng khác hiện nay;

Trong tương lai, cần nghiên cứu tiếp sử dụng ATENAS đo ở các sông có độ đục cao cũng như đo lưu lượng dòng chảy ở vùng cửa sông có sự xâm nhập mặn, ảnh hưởng triều mạnh.

#### Tài liệu tham khảo

1. Fukami, K., Amou, J., Ohte, M., and Yoshitani J. (2003), *Technical subjects and new developments toward accuracy improvement of river discharge observations*, Civil Engineering Journal, Vol.45, No.2, pp.22-29.
2. H. Nakagawa, M. On, M. Oda and S. Nishijima, river & Channel Flow Measurement Div., JFE Advantech Co., Ltd., Hyogo, Japan (2007), *Development of a discharge measure technique combined with measurement of mean flow velocity and numerical simulation of cross-sectional velocity distribution; field verification in a large river*, Journal of Hydro-science and Hydraulic Engi-



neering, Vol.25, No.1, May, 77-88.

3. ISO 6416 (2004), *Hydrometer - Measurement of discharge by the ultrasonic (acoustic) method*, Geneva, Switzerland.

4. Kimizu, A., Nihei, Y., and Mochizuki, K. (2005), *Comparison of flood discharge between measurements by floats and ADCP*, 60th JSCE Ann. Mtg., 2-257, pp.513-514. (in Japanese)

5. Kolling, C. (2004), *SIMK - Calibration of stream flow - Gauging stations in rivers and canals*, 5th Int. Conf. Innovation in Hydraulic Efficiency' Measurement (Lucerne), No. 11

6. Okada, S., Mori, A., Umino, S., Kon, T., and Yainada, T. (2005), *Discharge Observation at Turumi River Using H-ADCP Auto Scanning System*, Advances in River Engineering, Vol. 11, pp.243-248.

7. Simpson, M.R. (2001), *Discharge measurement using a broad-band acoustic Doppler current profiler*, United States Geological Survey Open-File Report 01-1, Denver, USA.

## DETERMINING CROSS-SECTIONAL MEAN FLOW VELOCITY BY HYDROACOUSTICAL MEASUREMENT OF LOCAL VELOCITY IN CONJUNCTION WITH NUMERICAL SIMULATION OF VELOCITY DISTRIBUTION

**Duong Van Khanh** - Center for Meteorology, Hydrology and Environment

**Abstract:** *River discharge is a principal, and a significant hydrological quantity for river planning, management, and environmental conservation. To obtain precise measurements of discharge, techniques were developed for determining cross-sectional mean flow velocity by hydroacoustical measurement of local velocity in conjunction with numerical simulation of velocity distribution. This new discharge measurement system "ATENAS" was installed in the Tone River, and its measurement performance for a river 500m wide verified. The accuracy obtained is comparable to or better than that of the commonly used velocity profiler. Reverse flow discharge to 4.000 m<sup>3</sup>/s was continuously and stably measured by ATENAS, whereas estimated discharge obtained by floats was unstable during flooding. In the case of a high volume of discharge, the velocity profiler underestimated flow velocity. This was thought to be due to bed load motion.*

**Key words:** *ATENAS, Tone River, flow discharge.*

---

Ban Biên tập nhận bài: 17/04/2017

Ngày phản biện xong: 09/05/2017

# ĐÁNH GIÁ MỨC CĂNG THẰNG NGUỒN NƯỚC LƯU VỰC SÔNG MÃ

Hoàng Thị Nguyệt Minh<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Hà<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

<sup>2</sup>Trung tâm Quy hoạch và điều tra Tài nguyên nước Quốc Gia

**Tóm tắt:** Theo tiêu chuẩn quốc tế về "căng thẳng do khai thác nguồn nước", vào mùa khô mấy năm gần đây, 6 trong số 16 lưu vực sông cả nước ta được xếp loại là "căng thẳng trung bình", 4 lưu vực khác được xếp loại "căng thẳng mức độ cao" trong đó có sông Mã ở tỉnh Thanh Hóa. Trên lưu vực sông Mã, tỷ lệ nước khai thác lên đến gần 80%; trong khi đó nguồn nước mùa khô thấp hơn tiêu chuẩn quốc tế nên có thể xảy ra thiếu nước cục bộ và bất thường [1]. Bài báo này giới thiệu phương pháp đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước lưu vực sông dựa trên việc tính toán, xác định một số chỉ số cụ thể. Qua đó làm rõ bức tranh về mức độ căng thẳng nguồn nước trên lưu vực sông Mã năm 2010 và các năm tiếp theo đến 2020.

**Từ khóa:** Lưu vực sông Mã, Căng thẳng nguồn nước.

## 1. Giới thiệu

Sông Mã là một trong những sông lớn và quan trọng của Việt Nam, nằm trên lãnh thổ 2 quốc gia là Cộng hòa dân chủ Nhân Dân Lào và Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. Tổng diện tích lưu vực sông Mã khoảng 28.400 km<sup>2</sup>. Trên lãnh thổ Việt Nam, diện tích lưu vực sông Mã khoảng 17.653 km<sup>2</sup>, chiếm 62,16% tổng diện tích lưu vực. Lưu vực sông Mã có ý nghĩa hết sức quan trọng trong việc phát triển kinh tế-xã hội, bảo đảm an ninh-quốc phòng cho các tỉnh sông chảy qua là Sơn La, Điện Biên, Hòa Bình, Thanh Hóa và Nghệ An.

Lưu vực sông Mã có tiềm năng lớn về nông-lâm nghiệp, công nghiệp, du lịch và thủy sản. Tuy nhiên, cho đến nay các hoạt động khai thác tài nguyên nước trên lưu vực vẫn thiếu đồng bộ và quản lý thống nhất. Các hoạt động kinh tế-xã hội còn phụ thuộc vào chiến lược riêng của mỗi địa phương, chưa có quy hoạch thống nhất trong lưu vực và chưa thực hiện quản lý tổng hợp thống nhất theo lưu vực sông. Vì vậy, hiệu quả khai thác sử dụng tài nguyên còn rất thấp, đó đây trên lưu vực đã xuất hiện dấu hiệu suy thoái tài nguyên và môi trường.

Báo cáo của Hội đồng Quốc gia Tài nguyên nước vào tháng 2 năm 2009 [1] công bố rằng lưu vực sông Mã là một trong số ít các lưu vực sông rất nghèo, có cơ cấu kinh tế giống với cơ cấu kinh tế của Việt Nam 15 - 20 năm trước đây. Trong khi đó, tiềm năng nguồn nước và tỷ lệ dung tích trữ so với tổng lượng nước tự nhiên trên lưu vực lần lượt có điểm số gần như thấp nhất trong tổng số 16 lưu vực sông được đánh giá điểm số và xếp hạng, tỉ lệ khai thác nước trên lưu vực là lớn nhất nước. Lưu vực sông đã ở mức căng thẳng nghiêm trọng với 80% dòng chảy mùa kiệt được khai thác. Bài báo này giới thiệu phương pháp đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước lưu vực sông dựa trên việc tính toán, xác định một số chỉ số cụ thể. Qua đó làm rõ bức tranh về mức độ căng thẳng nguồn nước trên lưu vực sông Mã năm 2010 và các năm tiếp theo đến 2020.

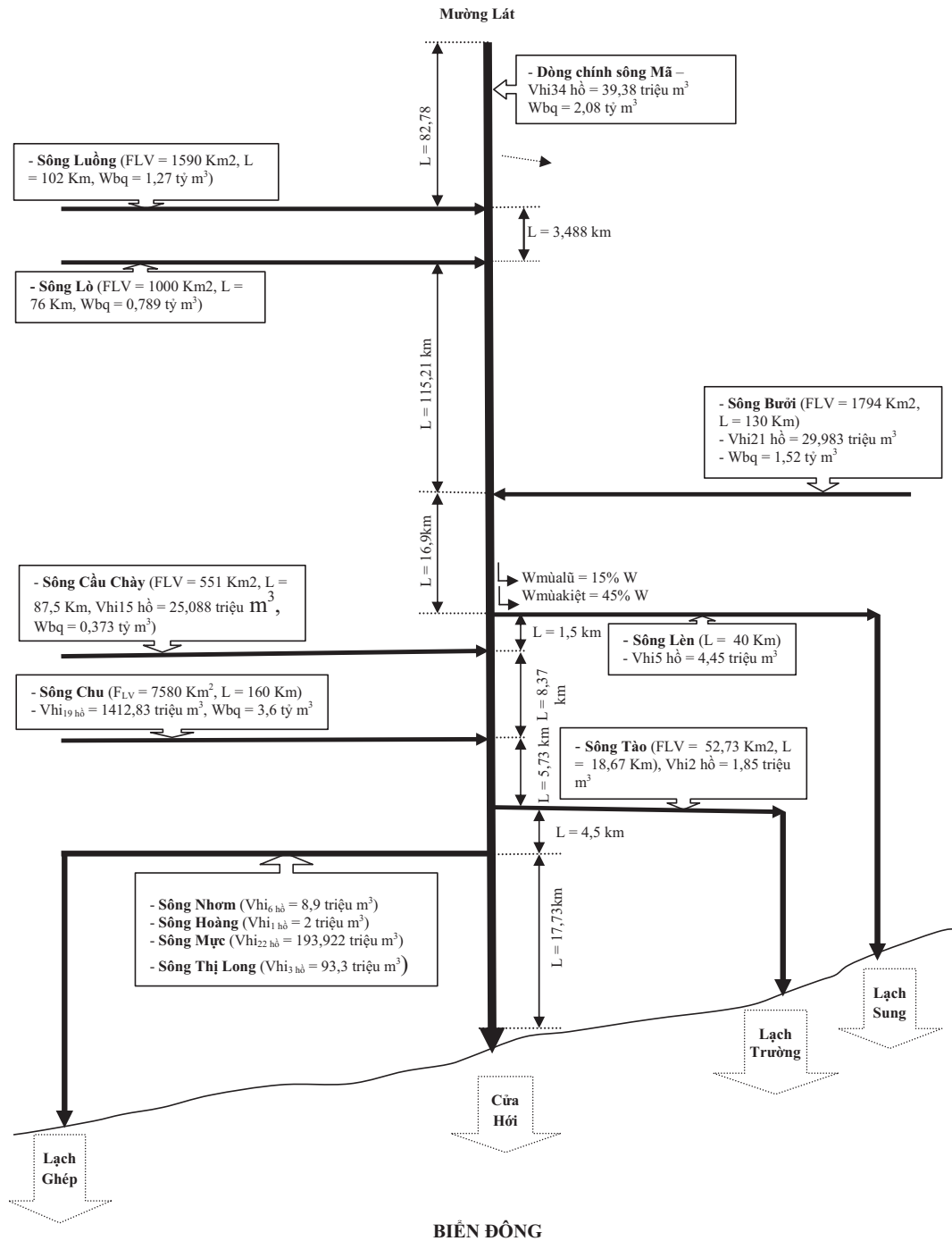
Toàn bộ lưu vực Sông Mã phần thuộc lãnh thổ Việt Nam với tổng diện tích 17,653 km<sup>2</sup>, với các đặc trưng thủy văn và tài nguyên nước được thể hiện trong hình 2. Lưu vực sông được chia thành 10 tiểu lưu vực [2] thể hiện trong bảng 1 và hình 1:

Bảng 1. Phân tiểu lưu vực quy hoạch tài nguyên nước trên lưu vực sông Mã

Ký hiệu tiểu lưu vực	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Đất đai thuộc các huyện, tỉnh
Vùng 1	Vùng thượng nguồn sông Mã	5,916	Điện Biên, Điện Biên Đông, Tuần Giáo (Điện Biên), Mai Sơn, sông Mã, Sốp Cộp, Thuận Châu
Vùng 2	Vùng Mộc Châu, Mường Lát	2,308	Mai Châu (Hòa Bình), Mộc Châu (Sơn La), Mường Lát, Quan Lát, (Thanh Hóa)
Vùng 3	Vùng sông Bưởi	1,582	Lạc Sơn, Tân Lạc, Yên Thủy (Hòa Bình)
Vùng 4	Trung lưu sông Mã	1,049	Bá Thước, Cẩm Thủy (Thanh Hóa)
Vùng 5	Vùng sông Luông	752	Quan Sơn (Thanh Hóa)
Vùng 6	Nam Mã - Bắc Chu	814	Lang Chánh, Ngọc Lặc (Thanh Hóa)
Vùng 7	Lưu vực sông Cầu Chày	944	Vĩnh Lộc, Yên Định (Thanh Hóa)
Vùng 8	Thượng nguồn sông Chu	326	Quế Phong (Nghệ An), Thọ Xuân, Thường Xuân (Thanh Hóa)
Vùng 9	Vùng sông Lèn	1,824	Bim Sơn, Hà Trung, Hậu Lộc, Hoằng Hóa, Nga Sơn (Thanh Hóa)
Vùng 10	Vùng Nam sông Chu	2,087	Đông Sơn, Nông Cống, Như Thanh, Như Xuân, Quảng Xương, Sầm Sơn, TP. Thanh Hóa, Thiệu Hóa, Triệu Sơn, Tĩnh Gia (Thanh Hóa)
	<b>Tổng cộng</b>	<b>17,600</b>	



Hình 1. Bản đồ phân chia tiểu lưu vực trên lưu vực sông Mã [2]



Hình 2. Một số đặc trưng thủy văn, tài nguyên nước lưu vực sông Mã (phần trung và hạ lưu) [2]

## 2. Phương pháp đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước lưu vực sông theo chỉ số

Tình trạng thiếu nước xảy ra khi nhu cầu sử dụng nước vượt quá khả năng nguồn nước trong một thời gian nhất định hoặc có nước nhưng chất lượng kém không đáp ứng các mục đích sử dụng. Khan hiếm, thiếu nước có thể là thường xuyên, liên tục do vấn đề bản chất vật lý của nguồn hình

thành cung cấp nước trên lưu vực. Khan hiếm, thiếu nước cũng có thể có nguyên nhân gây ra bởi các ràng buộc bởi những yếu tố kinh tế, xã hội, hoặc môi trường có tính chất bất thường hay cục bộ ở xảy ra ở những khu vực nhất định trên lưu vực mà không cho phép sự phát triển đầy đủ về tài nguyên nước - căng thẳng nguồn nước. Do vậy, căng thẳng về nước đề cập đến vấn đề kinh



tế, xã hội, hoặc môi trường gây ra bởi nhu cầu nước chưa được đáp ứng.

Để việc nghiên cứu có đầy đủ cơ sở khoa học trong việc xác định và đánh giá mức độ căng thẳng của nguồn nước lưu vực sông thì việc lựa chọn phương pháp tiệm cận là hết sức quan trọng bởi vì đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước được xem là thông tin quan trọng đầu tiên để có thể xem xét một quyết định về chính sách quản lý, quy hoạch và phát triển nguồn nước ở mỗi lưu vực sông. Trong đó xây dựng bộ chỉ số đánh giá là phương pháp hữu hiệu nhất để lượng hóa các vấn đề.

Các chỉ số liên quan được áp dụng rộng rãi để đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước có thể được nhóm lại như sau (P. Ahluwalia, 2012):

- (1) Chỉ số dựa trên yêu cầu nước cho sinh hoạt
- (2) Chỉ số dễ bị tổn thương tài nguyên nước,
- (3) Chỉ số kết hợp yêu cầu nước môi trường.

Trong khuôn khổ bài báo này không đi vào trình bày chi tiết các phương pháp trên, thay vào đó, bài báo trình bày một phương pháp tiếp cận khác, tương đối đơn giản và khá phù hợp trong công tác lập nhiệm vụ quy hoạch tài nguyên nước xét cho giai đoạn xác định vấn đề - xác định chỉ số mức độ căng thẳng nguồn nước trên lưu vực sông.

Chỉ số mức độ căng thẳng nguồn nước trên lưu vực sông đã được sử dụng bởi Liên Hợp quốc, tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (OECD) và Cơ quan Môi trường châu Âu sử dụng, về cơ bản chỉ số này được tính toán phái sinh dựa theo cách tính chỉ số lượng nước bình quân đầu người đã được Fakenmark giới thiệu lần đầu năm 1989 (và sau này được giải nước nước Stokhom 2000) được cộng đồng thế giới áp dụng theo.

Điểm căn bản của chỉ số mức độ căng thẳng nguồn nước là tỷ lệ % giữa tổng lượng nước sử dụng (hiện tại) hoặc yêu cầu (tương lai) so với tổng lượng nước hiện có trên mỗi vùng, lưu vực và được xác định như sau:

$$WSI = (\sum Wu / \sum Wo) * 100 (\%) \quad (1)$$

Trong đó:

WSI: là chỉ số căng thẳng nguồn nước (Water

Stress Index), %;

Wu: tổng lượng nước sử dụng ( $m^3$ );

Wo: tổng lượng nước hiện có ( $m^3$ ).

Để đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước, theo tiêu chuẩn quốc tế, mức độ căng thẳng được xác định theo các ngưỡng:

- + <10%: chưa có nguy cơ căng thẳng;
- + 10-20% bắt đầu căng thẳng;
- + 20-40%: căng thẳng từ trung bình tới cao;
- + >40% : căng thẳng nghiêm trọng.

Điểm đáng lưu ý ngưỡng 20% là ngưỡng báo động của giới hạn từ chỗ không căng thẳng chuyển sang căng thẳng về nước [Raskin et al., 1997, Lane et al, 2000].

### 3. Đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước lưu vực sông Mã

Để đưa ra các chỉ số đánh giá mức căng thẳng nguồn nước lưu vực sông Mã chi tiết đến từng tiểu lưu vực theo tiêu chuẩn quốc tế, quá trình thực hiện như sau:

- (1) Xác định tiềm năng nguồn nước trên lưu vực, các tiểu lưu vực.
- (2) Xác định hiện trạng (2010) sử dụng nước và dự báo nhu cầu sử dụng đến 2020.
- (3) Xác định chỉ số mức độ căng thẳng nguồn nước trên các tiểu lưu vực ở các năm 2010 và 2020 theo phương pháp trình bày ở trên.
- (4) Phân tích, nhận định, đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước trên lưu vực sông Mã
- (1) Đánh giá tiềm năng nguồn nước trên từng tiểu lưu vực

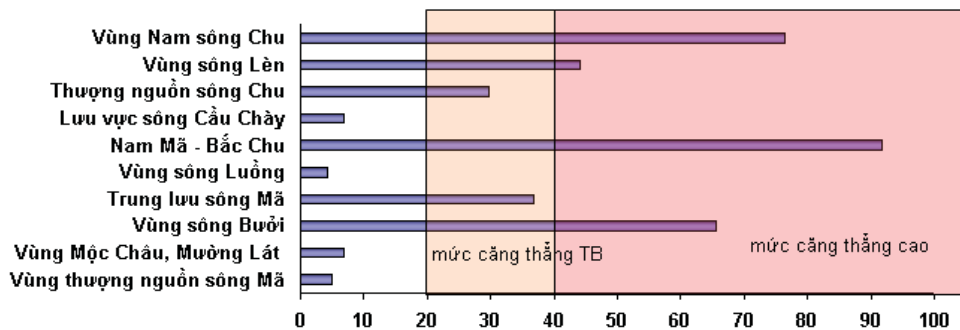
Dựa trên kết quả tính toán thủy văn trên lưu vực sông Mã [2], tổng lượng nước đến trên lưu vực trong lãnh thổ Việt Nam khoảng 17 tỷ  $m^3$  (trong đó trên thượng sông Mã khoảng 5,6 tỷ  $m^3$ , Mộc Châu – Mường lát khoảng 1,3 tỷ  $m^3$ , Sông Bưởi khoảng 1,6 tỷ  $m^3$ , trung lưu sông Mã khoảng 1,8 tỷ  $m^3$ , sông Luông - Lò khoảng 942 triệu  $m^3$ , Triệu Sơn – Đông Sơn khoảng 803 triệu  $m^3$ , sông Cầu Chày khoảng 313 triệu  $m^3$ , thượng sông Chu khoảng 2,7 tỷ  $m^3$ , sông Lèn khoảng 515 triệu  $m^3$  và Nam sông Chu khoảng 1,4 tỷ  $m^3$ ). Kết quả xác định tiềm năng nguồn nước trên các tiểu lưu vực được tổng hợp như bảng 2;

Bảng 2. Đánh giá tiềm năng nguồn nước trên lưu vực sông Mã (trên từng tiểu lưu vực)

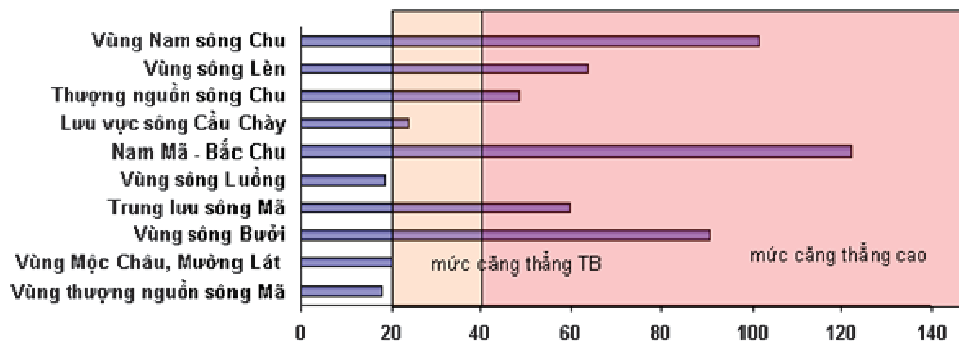
TT	Tên tiểu lưu vực	Dòng chính	L (Km)	F (Km <sup>2</sup> )	W <sub>0</sub> (triệu m <sup>3</sup> )	W mùa kiệt (triệu m <sup>3</sup> )	W tháng kiệt (Triệu m <sup>3</sup> )	W hồ (triệu m <sup>3</sup> )
1	Thượng sông Mã	Sông Mã	242	5,907	5,619	1,686	168	-
2	Mộc Châu, Mường Lát	Sông Mã	71	1,654	1,322	397	39	1
3	Sông Bưởi	Sông Bưởi	130	1,705	1,562	469	47	30
4	Trung lưu sông Mã	Sông Mã	167	1,504	1,802	541	54	34
5	Sông Luông, Lò	Sông Luông	102	1,178	942	283	28	-
		Sông Lò	76					
6	Triệu Sơn - Đông Sơn	Sông Chu	56	670	803	241	24	33
7	Sông Cầu Chày	Sông Cầu Chày	88	462	313	94	9	25
8	Thượng sông Chu	Sông Chu	104	2,258	2,708	812	81	1,408
9	Sông Lèn	Sông Lèn	35	761	515	154	15	4
		Sông Hoạt						
		Sông Tào (lạch trường)	27					
10	Nam sông Chu	Sông Mực	94	1,554	1,366	409	40	275
		Sông Hoàng	72					
		Sông Yên						
		Sông Thị Long	49					
		Sông Nhom	60					
11	<b>Tổng</b>			<b>17,653</b>	<b>16,952</b>	<b>5,086</b>	<b>505</b>	<b>1,810</b>

(2) Xác định hiện trạng (2010) sử dụng nước và dự báo nhu cầu sử dụng đến 2020 và (3) Xác định chỉ số mức độ căng thẳng nguồn nước trên

các tiểu lưu vực ở các năm 2010 và 2020 theo phương pháp trình bày ở Bảng 3, Hình 3, 4.



Hình 3. Tỷ lệ % nhu cầu sử dụng nước hiện tại năm 2010 với nước đến trên các tiểu lưu vực



Hình 4. Tỷ lệ % nhu cầu sử dụng nước tương lai (2020) với nước đến trên các tiểu lưu vực

Bảng 3. Chỉ số mức căng thẳng nguồn nước hiện tại năm 2010

Ký hiệu tiêu lưu vực	Lượng nước đến, Triệu m <sup>3</sup>	Nhu cầu sử dụng hiện tại, Triệu m <sup>3</sup>	W <sub>dùng</sub> /W <sub>đến</sub> (%)	Nhận xét
1	5,619	235	4,2	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
2	1,322	107	8,1	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
3	1,562	1.145	73,3	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
4	1,802	585	32,4	Chịu sức ép về tài nguyên nước
5	942	33	3,5	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
6	803	586	73,0	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
7	313	83	26,5	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
8	2,708	127	4,7	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
9	515	937	181,9	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
10	1,366	1.368	100,2	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước

Bảng 4. Chỉ số mức căng thẳng nguồn nước năm 2020

Ký hiệu tiêu lưu vực	Lượng nước đến, m <sup>3</sup>	Nhu cầu sử dụng 2020, triệu m <sup>3</sup>	W <sub>dùng</sub> /W <sub>đến</sub> (%)	Nhận xét
1	5,619	355	6,3	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
2	1,322	185	14,0	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
3	1,562	1.455	93,2	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
4	1,802	811	45,0	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
5	942	59	6,3	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
6	803	857	106,7	Chịu sức ép gay gắt về tài nguyên nước
7	313	192	61,3	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
8	2,708	195	7,2	Chưa chịu sức ép về tài nguyên nước
9	515	1,849	359,0	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước
10	1,366	2,412	176,6	Chịu sức ép cao về tài nguyên nước

(4) Đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước trình bày trong Bảng 5. trên các tiêu lưu vực ở hiện tại và tương lai được

Bảng 5. Tổng hợp chung các chỉ số căng thẳng nguồn nước hiện tại và tương lai

Ký hiệu	Tiểu lưu vực	Tỉ lệ (%)	
		Hiện tại, 2010	Tương lai, 2020
1	Thượng sông Mã	4,2	6,3
2	Mộc Châu, Mường Lát	8,1	14,0
3	Sông Bưởi	73,3	93,2
4	Trung lưu sông Mã	32,4	45,0
5	Sông Luông, Lò	3,5	6,3
6	Triệu Sơn - Đông Sơn	73,0	106,7
7	Sông Cầu Chày	26,5	61,3
8	Thượng sông Chu	4,7	7,2
9	Sông Lèn	181,9	359,0
10	Nam sông Chu	97,4	176,6

#### 4. Kết quả và thảo luận

Về đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước trên các tiểu lưu vực ở hiện tại năm 2010.

Có 6/10 tiểu lưu vực đã ở vào tình trạng căng thẳng về nguồn nước. Trong đó, 2 tiểu lưu vực 4 và 7 chịu sức ép về tài nguyên nước, với tỷ lệ  $W_{dùng}/W_{đến}$  lần lượt là 26,5% và 32,4%, điều này có nghĩa rằng các tiểu lưu vực này đã bị thiếu nước bất thường và cục bộ. Bốn tiểu lưu vực còn lại đã rơi vào tình trạng chịu sức ép cao về tài nguyên nước, cá biệt các tiểu lưu vực 9 và 10 đã ở vào tình trạng sức ép gay gắt về nguồn nước, với tỷ lệ  $W_{dùng}/W_{đến}$  đã vượt qua mức 100%, điều này có nghĩa rằng lượng nước dùng tại các tiểu lưu vực này đã vượt qua khả năng nguồn nước đến và đây là vấn đề cần có sự đặc biệt quan tâm trong bài toán quy hoạch quản lý nguồn nước cũng như cân đối cung - cầu nguồn nước trên các tiểu lưu vực này.

Về đánh giá mức độ căng thẳng đến năm 2020:

Chỉ còn duy nhất tiểu lưu vực 8 chưa chịu sức ép về tài nguyên nước, trong khi đó, cả 9 tiểu lưu vực còn lại đã rơi vào tình trạng chịu sức ép cao về tài nguyên nước (vượt qua 40% tỷ lệ  $W_{dùng}/W_{đến}$ ). Đáng chú ý là so với hiện trạng 2010, đến 2020 đã xuất hiện thêm hai tiểu lưu vực 3. Tiểu lưu vực 6 đã ở vào tình trạng sức ép gay gắt về nguồn nước. Những nhận định đánh giá trên đây hoàn toàn phù hợp với các công bố

trước đó về tình trạng căng thẳng nguồn nước trên lưu vực sông Mã (Báo cáo Hội đồng quốc gia tài nguyên nước năm 2008) và đã được cập nhật, phân tích, đánh giá một cách chi tiết hóa đến từng tiểu lưu vực và có xem xét dự báo đến năm 2020.

Đánh giá tài nguyên nước và các vấn đề liên quan thông qua việc xem xét, tính toán và xác định các chỉ số tài nguyên nước trong đó có chỉ số mức độ căng thẳng nguồn nước đã và đang được triển khai áp dụng rộng rãi, phù hợp xu hướng tiếp cận chung hiện nay của cộng đồng thế giới vì: (1) các chỉ số sẽ phản ánh tình trạng, tính chất, mức độ đặc trưng tài nguyên nước ở một thời kỳ hoặc thời điểm nhất định; (2) bản thân mỗi chỉ số mang tính chất khách quan, khoa học trong việc đánh giá vấn đề và phát hiện vấn đề liên quan đến nước; (3) Kết quả chỉ số tài nguyên nước giúp xác định tầm nhìn, mục tiêu và kết quả mong muốn đối với công tác quy hoạch và quản lý nguồn nước lưu vực sông

Kết quả tính toán chỉ số căng thẳng nguồn nước lưu vực sông Mã thông qua việc áp dụng tiêu chuẩn đánh giá về mức căng thẳng nguồn nước đã cho thấy tình trạng và mức độ căng thẳng nguồn nước trên 10 tiểu lưu vực sẽ là nguồn thông tin dữ liệu quan trọng, làm cơ sở đề xuất xây dựng chính sách quản lý, quy hoạch khai thác sử dụng và phát triển bền vững lưu vực sông Mã hiện tại cũng như trong tương lai.



**Tài liệu tham khảo**

1. Báo cáo tổng quan tài nguyên nước quốc gia, Hội đồng quốc gia tài nguyên nước, 2/2009
2. Lập nhiệm vụ Quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Mã, Cục Quản lý tài nguyên nước, 2010
3. Quyết định số 256/2003/QĐ-TTg ngày 02 tháng 12 năm 2003 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt Chiến lược bảo vệ môi trường quốc gia đến năm 2010 và định hướng đến năm 2020;
4. Nghị định số 120/2009/NĐ-CP, ngày 01 tháng 12 năm 2009 của Chính phủ về Quản lý lưu vực sông;
5. Thông tư số 15/2009/TT-BTNMT ngày 05 tháng 10 năm 2009 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về định mức kinh tế - kỹ thuật lập quy hoạch, điều chỉnh quy hoạch tài nguyên nước.
6. P. Ahluwalia, 2012, *Comprehensive Water Stress Indicator*, International SWAT Conference.

**ASSESSING WATER STRESS IN THE MA RIVER BASIN BY INDEXES****Hoang Thi Nguyet Minh<sup>1</sup>, Nguyen ngoc Ha<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Ha Noi university of natural Resourcer and Environment<sup>2</sup>National center for water resources planning and investigation

**Abstract:** *According to international standards on "stress due to water extraction", in the dry season in recent years, 6 of the 16 river basins throughout our country can be classified as "average stress", four other basins are probably rated "high stress level," including the Ma River in Thanh Hoa province. In the Ma River basin, water extraction rate is nearly 80%, water supply capability in dry season is lower than the international standard and water shortage can occur locally and unusually. This article introduces the method of Water Stress Index based for assessing Mã river basin water stress levels. Thereby draw the picture of the water stress level in the Ma River basin in the years of 2010 and the following years of 2020.*

**Key word:** *Ma river basin, water stress.*

Ban Biên tập nhận bài: 17/04/2017

Ngày phản biện xong: 3/05/2017

# ẢNH HƯỞNG CỦA THỦY TRIỀU VÀ SÓNG TỚI NƯỚC DÂNG BÃO TẠI VEN BIỂN BẮC BỘ

Nguyễn Văn Hưởng, Nguyễn Bá Thủy  
Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ được phân tích dựa trên kết quả của mô hình tích hợp nước dâng bão, sóng và thủy triều (mô hình 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 mô phỏng nước dâng trong 2 cơn bão đổ bộ vào ven biển Bắc Bộ trong 2 kỳ thủy triều khác nhau, đó là bão Frankie (7/1996) đổ bộ vào kỳ triều kiệt và Washi (8/2005) đổ bộ vào kỳ triều cường. Nước dâng bão được tính theo các phương án có và không xét đến ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển. Kết quả cho thấy thủy triều có ảnh hưởng đáng kể tới nước dâng khi bão đổ bộ vào thời kỳ triều cường. Trong khi đó nước dâng do sóng chiếm một phần đáng kể trong mực nước dâng tổng cộng trong bão kể cả khi bão đổ bộ vào kỳ triều cường và triều kiệt, và xét nước dâng do sóng đã làm tăng độ chính xác của kết quả tính toán nước dâng nhất là với lưới tính có độ phân giải cao.

**Từ khóa:** Bão, nước dâng bão, mô hình tích hợp nước dâng bão, thủy triều và sóng.

## 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 năm 2005, bão Nargis đổ bộ vào Myanmar tháng 5 năm 2008 và đặc biệt gần đây siêu bão Haiyan tháng 11/2013 với cấp 17 tràn vào Phillipin. Chính vì vậy, 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. Tại Việt Nam, nghiên cứu về tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão còn rất hạn chế. Gần đây, tác giả Đỗ Đình Chiến và cộng sự đã đánh giá tương tác giữa thủy triều, sóng và nước dâng tại ven biển Miền Trung, nơi có biên độ triều thấp. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng bão là không đáng kể, tuy nhiên nước dâng do sóng chiếm một phần đáng kể, trong một số trường hợp chiếm 35% mực nước dâng tổng cộng trong bão.

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ, nơi có biên độ triều lớn được phân tích dựa trên kết quả nước dâng trong bão Frankie tháng 7/1996 đổ bộ vào thời kỳ triều kiệt và Washi tháng 8/2005 đổ bộ vào thời kỳ triều cường tại khu vực. Kết quả của nghiên cứu sẽ góp phần nâng cao độ chính xác trong dự báo

nghiệp vụ nước dâng bão tại khu vực.

**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 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:

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

$$\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M N}{d} \right) + g d \frac{\partial \eta}{\partial x} = f N - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x + F_x) + A_h \left( \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \tag{2}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N M}{d} \right) + g d \frac{\partial \eta}{\partial y} = -f M - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y + F_y) + A_h \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \tag{3}$$

Với:  $\eta$  : mực nước bề mặt; M, N: thông lượng trung bình theo độ sâu, theo hướng x và y; f: tham số Coriolis; P: áp suất khí quyển; d: độ sâu tổng cộng  $d = \eta + h$ , với h là độ sâu mực nước tĩnh;  $\nu$  : hệ số khuếch tán rối theo phương ngang;  $\rho_w$  : mật độ nước;  $\tau_b^x, \tau_b^y$  : ứng suất ma sát đáy và bề mặt;  $F_x, F_y$ : ứng suất sóng được bổ sung để xét nước dâng do sóng, được tính từ mô hình SWAN theo các công thức dưới đây:

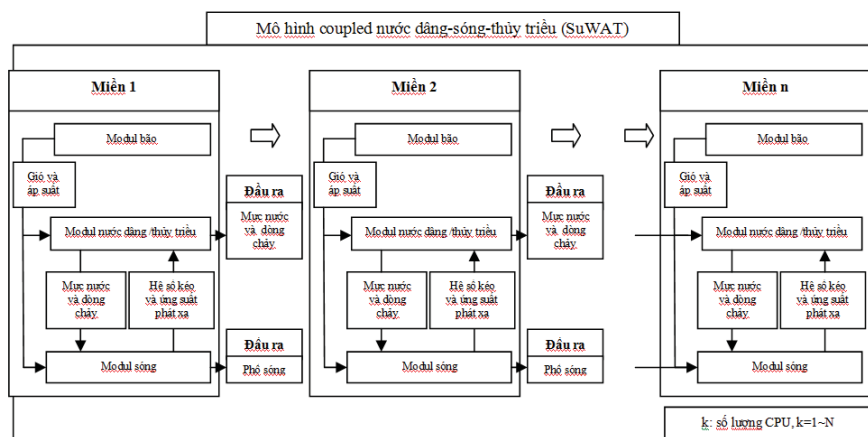
$$F_x = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}; F_y = -\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \tag{4}$$

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

$$S_{xy} = S_{yx} = \rho g \iint [\cos \theta \sin \theta] E d\sigma d\theta \tag{6}$$

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

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 Fujita, 1952 [4] được lựa chọn để mô phỏng trường gió, áp theo các tham số bão được lấy từ số liệu best track. Trường áp suất khí quyển được tính

theo công thức:

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

Trong đó:  $P_c$  là áp suất ở tâm bão,  $P_\infty$  : 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 gradien được tính theo mối liên

$$v = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} -V_g(\sin \alpha \cdot \cos \theta + \cos \alpha \cdot \sin \theta) \\ V_g(\cos \alpha \cdot \cos \theta - \sin \alpha \cdot \sin \theta) \end{pmatrix} + c_2 \begin{pmatrix} v_{tx} \\ v_{ty} \end{pmatrix} e^{-\frac{\pi r}{500}} \quad (11)$$

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 thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão

#### a) Miền tính, lưới tính và số liệu bão cho mô hình

Để nghiên cứu tương tác giữa thủy triều, sóng biển tới nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ,

hệ với phân bố của áp suất khí quyển như trong công thức (9). Vận tốc gió theo mỗi liên hệ với tốc độ di chuyển của tâm bão được tính theo công thức (10):

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

$$V_F = c_2 V_c e^{-\frac{\pi r}{500}} \quad (10)$$

mô hình SuWAT được thiết kế trên lưới vuông và lồng 5 lớp với miền tính và độ phân giải của lưới tính như trên bảng 1. Trong đó độ chi tiết của lưới tính chú trọng vào vị trí trạm Hòn Dấu. Với đánh giá ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng, kết quả tính toán trên lưới D3 được phân tích.

Bảng 1. Miền tính và độ phân giải lưới tính ven biển Bắc Bộ

TT	Lưới	Miền tính	Số điểm tính theo kinh & vĩ tuyến	Độ phân giải ( $\Delta x \times \Delta y$ )
Ven biển Bắc Bộ	D1	103°E- 120°E, 6-22°N	226 x 211	7400 x 7400
	D2	105.0°E- 110.5°E, 16.0°-21.5°N	181 x 241	1850 x 1850
	D3	106.0° - 107.5°E, 20.0° - 21.0°N	181 x 121	925 x 925
	D4	106.5° - 107.5°E, 20.3° - 21.0°N	241 x 169	462.5 x 462.5
	D5	106.5° - 107.3°E, 20.4° - 20.7°N	539 x 519	150 x 150



(a)



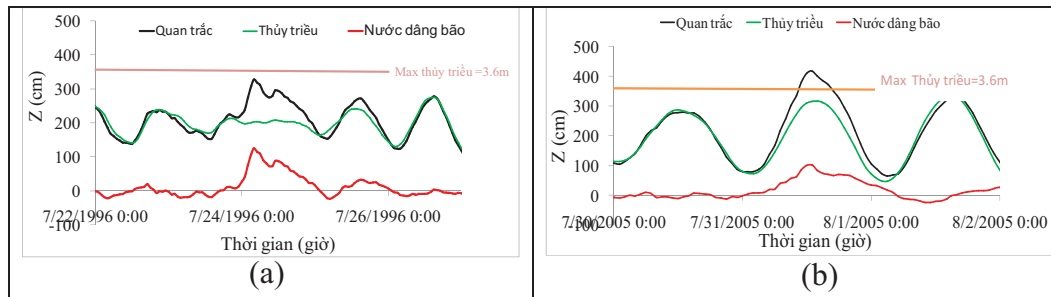
(b)

Hình 2. (a) Quỹ đạo bão Frankie (7/1996), (b) bão Washi (8/2005)



Để đánh giá ảnh hưởng của thủy triều và sóng tới nước dâng do bão tại khu vực ven biển Bắc Bộ, 2 cơn bão lịch sử gây nước dâng lớn đổ bộ vào khu vực được lựa chọn là bão Frankie (tháng 7/1996) đổ bộ vào lúc triều kiệt (đỉnh triều tại Hòn Dấu là 2,0 m) và Washi (tháng 8/2005) đổ bộ vào lúc triều cường (đỉnh triều tại Hòn Dấu là

3,2 m). Kết quả tính toán trên lưới D3 tại Hòn Dấu được đem ra phân tích. Quỹ đạo bão Frankie và Washi được thể hiện trên hình 2a và 2b. Trên hình 3a và 3b là biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều và nước dâng tại Hòn Dấu trong bão Frankie và Washi.

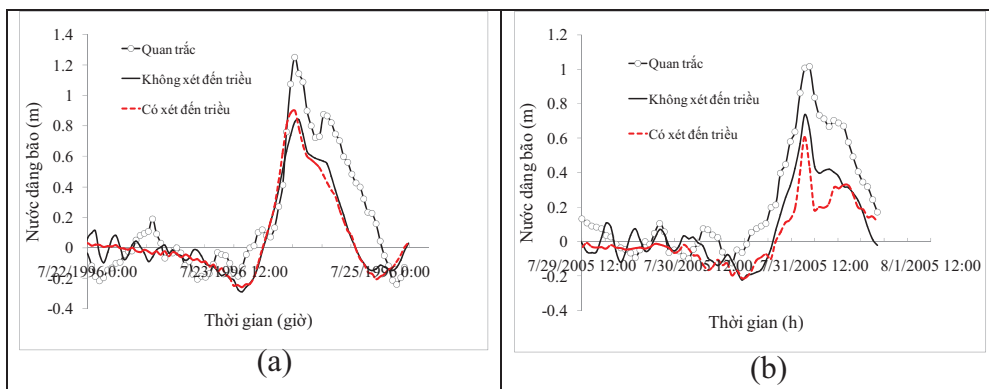


Hình 3. Dao động theo thời gian của mực nước quan trắc, thủy triều dự tính và nước dâng tại Hòn Dấu trong bão Frankie (7/1996) (a) và Washi (8/2005) (b).

**b) Ảnh hưởng của thủy triều tới nước dâng trong bão**

Ảnh hưởng của thủy triều tới nước dâng do bão được xem xét cho trường hợp mô phỏng có và không xét đến thủy triều. Trên hình 4a và 4b là so sánh nước dâng tính toán theo phương án có và không tính đến ảnh hưởng của thủy triều với số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu trong bão Frankie và Washi. Trong hai trường hợp này ảnh hưởng của sóng không được xét đến. Kết quả cho thấy, với bão Frankie không có nhiều sự khác biệt của nước dâng tính toán trong trường hợp mô hình có và không tính đến ảnh hưởng của thủy triều, với chênh lệch đỉnh nước dâng chỉ khoảng 0,05 m chiếm 5,6% mực nước dâng tổng cộng. Trong khi đó với bão Washi đổ bộ vào

lúc triều cường trong mô hình tính nước dâng có xét đến ảnh hưởng của thủy triều cho kết quả thấp hơn với trường hợp không xét đến thủy triều, với độ chênh lệch khoảng 0,14 m, chiếm 19,1% mực nước dâng tổng cộng. Như vậy, đã có sự khác biệt đáng kể kết quả của mô hình trong trường hợp bão đổ bộ vào thời điểm triều cường và triều kiệt. Trong trường hợp bão đổ bộ vào thời kỳ triều cường sẽ làm giảm độ cao nước dâng so với trường hợp đổ bộ vào lúc triều kiệt. Kết quả này phù hợp với lý thuyết về quá trình lan truyền của sóng dài trong vùng ven bờ, tức là sự giảm độ cao sóng khi độ sâu mực nước tăng lên, và ngược lại. Cả hai phương án tính toán nước dâng bão trong 2 cơn bão đều có kết quả thiên thấp so với số liệu quan trắc.

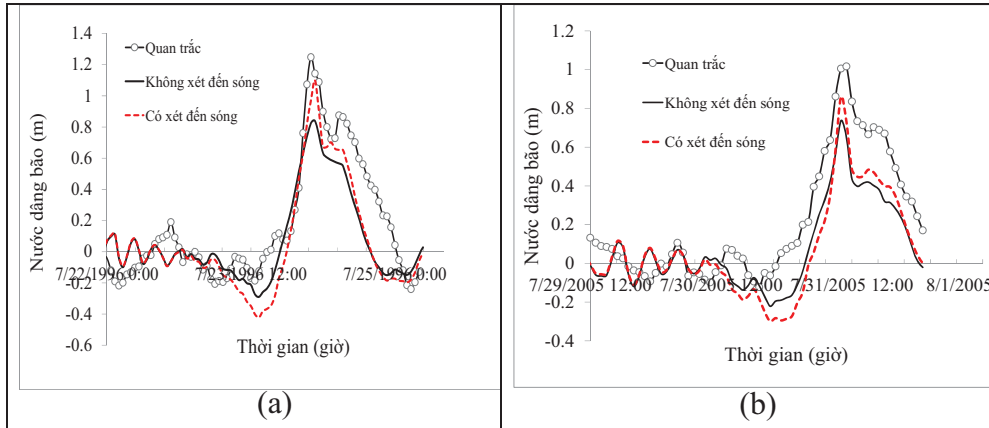


Hình 4. Dao động nước dâng bão tại Hòn Dấu trong trường hợp có và không xét đến ảnh hưởng của thủy triều (a) bão Frankie (7/1996), (b) bão Washi (8/2005)

**c) Ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng trong bão**

Trong trường hợp tính nước dâng có xét đến ảnh hưởng của sóng (không xét đến thủy triều), kết quả so sánh nước dâng tính toán với số liệu quan trắc trong bão Frankie và Washi được thể hiện trên hình 5a và 5b tương ứng. Kết quả cho thấy trong cả 2 cơn bão nước dâng do tác động

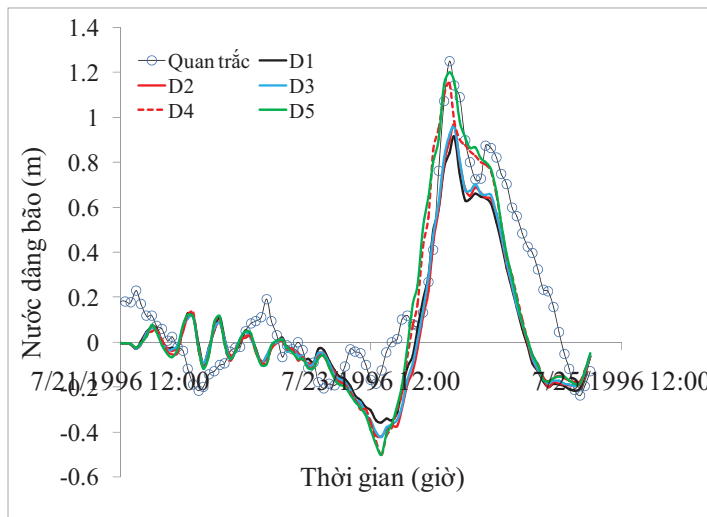
của sóng đã đóng góp một phần đáng kể trong mực nước dâng tổng cộng trong bão, với độ lớn khoảng 0,13 m, chiếm 11,8% mực nước dâng tổng cộng với bão Frankie và 0,14m, chiếm 19,1% mực nước dâng tổng cộng với bão Washi. Trong trường hợp xét đến sóng mô hình cho kết quả sát với số liệu quan trắc hơn trường hợp không xét đến ảnh hưởng của sóng.



Hình 5. Dao động nước dâng bão tại Hòn Dấu trong trường hợp có và không xét đến ảnh hưởng của sóng. (a) bão Frankie (7/1996), (b) bão Washi (8/2005)

Kết quả tính trên hình 5 cho thấy khi mô hình xét đến ảnh hưởng của sóng đã cải thiện đáng kể kết quả tính toán, tuy nhiên lưới tính D3 với độ phân giải 925m là chưa đủ để tính toán nước dâng do sóng. Trên hình 6 là kết quả tính toán

nước dâng trên 5 lưới tính trong bão Frankie. Kết quả cho thấy, khi độ phân giải lưới tính tăng đã làm tăng nước dâng do bởi lưới tính có độ phân giải càng cao thì nước dâng do sóng được tính toán đầy đủ hơn.



Hình 6. Dao động nước dâng bão tại Hòn Dấu trong bão Frankie (7/1996) theo 5 lưới tính trong trường hợp xét đến ảnh hưởng của sóng

Kết quả phân tích nước dâng tính toán trong 2 cơn bão cho thấy ảnh hưởng của thủy triều là đáng kể trong trường hợp bão đổ bộ vào thời kỳ triều, tác động của sóng đã làm tăng độ cao nước dâng trong bão và với lưới tính có độ phân giải cao nước dâng do sóng sẽ được tính toán đầy đủ hơn và làm tăng độ chính xác của mô hình.

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ được phân tích dựa trên các kết quả tính nước dâng theo các phương án có và không xét đến ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển bằng mô hình SuWAT. Hai cơn bão gây nước dâng lớn đổ bộ vào khu vực trong thời kỳ triều kiệt (Frankie/1996) và triều cường (Washi/2005) được lựa chọn để mô phỏng. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

- Thủy triều khu vực có ảnh hưởng đáng kể

*Lời cảm ơn:* Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài NCKH cấp bộ Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số 2015.05.07; Đề tài mã số 105.06-2017.07 Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED). Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

#### Tài liệu tham khảo

1. Đỗ Đình Chiên, Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Thọ Sáo (2014), *Nghiên cứu tương tác sóng và nước dâng do bão bằng mô hình số trị*, Tạp chí KTTV, số 14, trang 36-41.
2. Delf University of Technology, *SWAN Cycle III Verion 40.31, User Guide*, Delf, 2004.
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.

## THE EFFECT OF TIDE AND WAVE ON STORM SURGE ON THE NORTHEM COAST OF VIETNAM

Nguyen Van Huong, Nguyen Ba Thuy

National Centre for Hydro-Meteorological forecasting

**Abstract:** *In the present paper (In this study), the influence of the tides and waves on the storm surges in the northern coast of Vietnam were analyzed based on the results of the integrated model of storm surges waves and tides (models SuWAT-Surge, Wave and Tide). In that, tides and storm surges were simulated based on two-dimensional nonlinear shallow water equations that consider the surges due to wave stress simulated from the SWAN model, a component model in SuWAT. SuWAT is applied to surge simulation in two cases: The Frankie typhoon (7/1996) landed during low tide period and the Washi typhoon (8/2005) landed during high tide period. Storm surges were simulated for two scenarios with and without consideration of the effects of tides and waves. The results show the significant effect of tidal on storm surges when the Typhoon landed during high tide period. Meanwhile, wave set-up makes up a significant proportion of total storm surges even as typhoon landed during low tide and high tide period. Therefore, considering the influence of the wave increases the accuracy of the simulation results especially for high resolution grid.*

**Keywords:** *Typhoon, storm surge, a coupled model of surge, wave and tide, interaction of surge.*

---

Ban Biên tập nhận bài: 18/04/2017

Ngày phản biện xong: 15/05/2017



# ĐỊNH LƯỢNG PHÁT THẢI KHÍ MÊ-TAN TỪ HOẠT ĐỘNG CHÔN LẤP RÁC THẢI RẮN SINH HOẠT THÀNH PHỐ HÀ NỘI

Thái Thị Thanh Minh, Nguyễn Trung Anh

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp ước tính mê-tan phát sinh từ chất thải rắn sinh hoạt tại thành phố Hà Nội bằng mô hình FOD (phân hủy bậc 1) do IPCC đề xuất năm 2006. Tải lượng  $CH_4$  phát sinh đến năm 2015 được ước tính từ số liệu phát sinh CTRSH từ năm 2010. Ước tính tải lượng khí  $CH_4$  đến năm 2030 được thực hiện theo hai kịch bản: (KB1) Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 (KB2) Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 và Quy hoạch xử lý chất thải rắn thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050. Kết quả cho thấy lượng khí  $CH_4$  phát sinh từ CTRSH tại thành phố Hà Nội năm 2015 và 2016 lần lượt là 22.011 tấn/năm (tương ứng với 550.275 tấn  $CO_2$  eq/năm) và 24.219 tấn/năm (tương ứng với 605.475 tấn  $CO_2$  eq/năm). Dự báo đến năm 2030, tổng lượng phát thải của khí mê-tan là 60.370 tấn/năm (tương đương 1.507.675 tấn  $CO_2$  eq/năm) theo KB1 và 26.346 (tương đương 658.650 tấn  $CO_2$  eq/năm) theo KB2.

**Từ khóa:** Phát thải mê-tan, chôn lấp rác, Hà Nội,  $CO_2$  eq ( $CO_2$  tương đương), CRTSH (chất thải rắn sinh hoạt).

## 1. Mở đầu

Từ năm 2008 đến nay, Hà Nội có sự thay đổi về địa giới hành chính với 12 quận, 17 huyện, 1 thị xã, với dân số ước tính 7 triệu người chưa tính đến lượng dân cư từ các tỉnh đang sống và làm việc tại Hà Nội. Đồng nghĩa với địa bàn hành chính và dân số mở rộng, khối lượng chất thải đã và đang gia tăng nhanh chóng, đặc biệt là rác thải sinh hoạt, ảnh hưởng đến môi trường, gây nguy cơ ô nhiễm, ảnh hưởng đến sức khỏe người dân và khu vực xung quanh. Vì vậy, việc xử lý môi trường dựa trên việc khai thác các lợi thế nguồn nhân lực, điều kiện tự nhiên và xã hội của thành phố, nhằm nâng cao chất lượng sống của người dân, góp phần giảm sự gia tăng phát thải khí nhà kính và nhiệt độ trung bình toàn cầu [5].

Theo số liệu thống kê đầy đủ và chi tiết về khối lượng chất thải rắn trên địa bàn Hà Nội cho thấy, so với các loại chất thải khác, chất thải sinh

hoạt chiếm tỷ trọng lớn, khoảng 6.500 tấn/ngày [6]. Trong khi, hình thức xử lý cho loại rác thải sinh hoạt chủ yếu chôn lấp hợp vệ sinh, sản xuất phân hữu cơ vi sinh, tái chế 10% tại các làng nghề, nhưng chưa tính đến thu gom khí thải có giá trị kinh tế từ loại rác thải này.

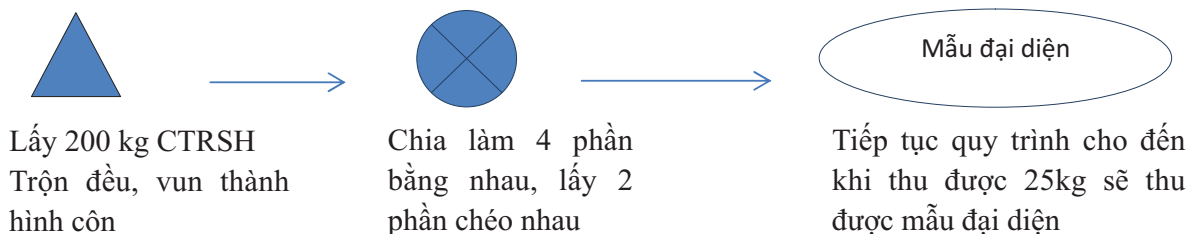
Một số công trình nghiên cứu trong nước có đề cập đến việc tính toán phát thải khí mê-tan từ rác thải sinh hoạt như Nguyễn Võ Châu Ngân (2014) [10], Võ Diệp Ngọc Khôi (2014) [9] định lượng khí mê-tan từ rác thải sinh hoạt bằng phương pháp USEPA's LANGEM (1998). Song ưu điểm trong công trình của Võ Diệp Ngọc Khôi (2014)[9] ước lượng được phát thải đến năm 2030 theo hai kịch bản gia tăng dân số và chất thải. Ngoài ra, một số công trình khác có đề cập đến việc thu gom khí mê-tan và chuyển sang phát điện như Phan Thị Anh (2015) [1], Nguyễn Văn Phước (2010) [14]. Đặc biệt, tại một số

nước như Hàn Quốc, Mỹ, Trung Quốc, Mexico, Châu Âu và Nga, .... quá trình thu gom khí mê-tan từ xử lý chất thải với quy mô rất lớn, lượng điện năng thu được từ 1,25 MW - 22.4 MW [7, 8, 4, 3, 11].

Như vậy, có thể thấy việc định lượng phát thải khí mê-tan trong quá trình xử lý rác thải sinh hoạt thật sự cần thiết trong bối cảnh hiện nay. Khi kỹ nguyên sử dụng năng lượng tái tạo, tái chế và giảm nhẹ phát thải khí nhà kính đủ nhanh để hạn chế nhiệt độ toàn cầu thấp hơn đáng kể so với ngưỡng 2°C, hướng tới ngưỡng 1,5°C.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Phương pháp xác định đặc điểm CTRSH



Hình 1. Phương pháp lấy mẫu chất thải rắn bằng kỹ thuật ¼

*c. Xác định độ ẩm của chất thải rắn sinh hoạt*  
Sấy chén đựng bằng sứ và nắp ở 105°C trong tủ sấy đến khối lượng không đổi, xác định khối lượng của chén và nắp. Cân 2,5 g mẫu chất thải sinh hoạt cho vào chén, đậy nắp hờ và tiến hành sấy mẫu ở trong tủ sấy ở mức nhiệt độ 105°C. Sau 3 giờ sấy, làm nguội mẫu trong bình hút ẩm 1 giờ, cân và ghi lại khối lượng chính xác của cả dụng cụ chứa và mẫu chất thải sinh hoạt. Lặp lại quá trình sấy thêm 1,5 - 2 giờ cho đến khi khối lượng không đổi. Độ ẩm của chất thải sinh hoạt được tính theo công thức của phương pháp khối lượng ướt như sau:

$$a = \frac{(w-d)}{w} \cdot 100\% \quad (1)$$

Trong đó: a: độ ẩm (% khối lượng); w: khối lượng mẫu ban đầu (kg); d: khối lượng mẫu sau khi sấy khô đến khối lượng không đổi ở 105°C (kg).

### 2.2 Phương pháp mô hình

Mô hình tính toán phát thải khí nhà kính của IPCC(2006) trong quá trình chôn lấp rác thải dựa

#### a. Lấy mẫu chất thải

Lấy 200 kg chất thải rắn sinh hoạt trực tiếp từ xe vận chuyển của các công ty thu gom rác thải sinh hoạt trên địa bàn các quận, huyện và thị xã của thành phố Hà Nội tại khu xử lý Nam Sơn trong hai đợt của tháng 10 năm 2016. Đợt 1 được lấy vào ngày 15 - 16/10/2016. Đợt 2 được lấy vào ngày 29 - 30/10/2016.

#### b. Phân loại và xác định thành phần rác

Mẫu chất thải rắn sinh hoạt được lấy theo phương pháp ¼ (Hình 2.1), sau đó mẫu đại diện được phân loại thành phần chất hữu cơ và vô cơ theo phân loại của IPCC (2006), bao gồm: giấy, vải, thực phẩm hữu cơ, gỗ, lá cành cây, bã lót, cao su và da, nhựa, kim loại, thủy tinh,...

theo phương pháp FOD (phân hủy bậc 1). Phương pháp này giả định rằng, các thành phần hữu cơ trong chất thải được chôn lấp (các-bon hữu cơ dễ phân hủy, được kí hiệu là DOC) phân hủy chậm trong vài thập niên, từ đó phát sinh các khí như CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O...v...v... Trong điều kiện không đổi, tỷ lệ phát sinh các khí trên chỉ phụ thuộc vào số lượng các-bon hữu cơ còn tồn tại trong chất thải. Trong những năm đầu của quá trình chôn lấp, lượng khí CH<sub>4</sub> phát sinh lớn nhất, sau đó giảm dần trong các năm tiếp.

Có ba cấp độ tính toán trong mô hình của IPCC:

Cấp độ 1: Ước lượng phát thải khí CH<sub>4</sub> của mô hình chủ yếu dựa trên các biến và số liệu mặc định của IPCC (FOD-1).

Cấp độ 2: Ngoài việc sử dụng một số biến và số liệu mặc định của IPCC (2006), để ước lượng phát thải khí CH<sub>4</sub>, mô hình yêu cầu sự chính xác và chất lượng trong số liệu đầu vào của từng quốc gia, bao gồm những số liệu trong quá khứ và hiện tại (FOD-2).

Cấp độ : Tính toán bậc 3 của mô hình yêu cầu sự chính xác và chất lượng của số liệu đầu vào mô hình. Bên cạnh đó, sử dụng phương pháp FOD cần tính tới yếu tố xây dựng các biến chính của từng quốc gia như tiềm năng phát sinh khí mê-tan ( $L_0$ ), tỷ lệ các-bon hữu cơ trong CTRSH (DOC), tỷ lệ DOC bị chuyển hóa ( $DOC_f$ ) và mô hình riêng cho từng quốc gia (FOD-3).

Lượng khí  $CH_4$  phát thải từ hoạt động chôn lấp CTRSH theo phương pháp FOD-1 được tính toán như sau:

$$E_{CH_4} = [L_{CH_4} - R_T] * (1-OX) \quad (2)$$

Trong đó:  $E_{CH_4}$ : Lượng khí  $CH_4$  phát thải trong năm (tấn/năm);  $L_{CH_4}$ : Lượng khí  $CH_4$  phát sinh trong năm (tấn/năm);  $R_T$ : Lượng khí  $CH_4$  thu hồi trong năm (tấn/năm);  $OX$ : Hệ số ôxi hóa lớp phủ bề mặt.

Quy trình ước tính phát thải khí  $CH_4$  từ hoạt động chôn lấp chất thải rắn trên địa bàn thành phố Hà Nội theo mô hình FOD-3 như sau:

Bước 1: Ước tính khối lượng CTRSH được chôn lấp trên địa bàn thành phố Hà Nội. Trong đó bao gồm: 1) Xác định hệ số phát thải CTRSH; 2) Xác định tổng lượng CTRSH chôn lấp.

Bước 2: Tính toán lượng các-bon hữu cơ dễ bị phân hủy trong CTRSH chôn lấp.

Bước 3: Xác định hệ số điều chỉnh mê-tan, tỷ lệ DOC bị chuyển hóa thành  $DOC_f$  và tỷ lệ khí metan trong bãi chôn lấp. Trong đó, xác định hệ số điều chỉnh metan (MCF) bãi chôn lấp được chỉ ra trên Bảng 2.1, tỷ lệ  $DOC_f$  được mặc định theo giá trị mô hình, tỷ lệ khí mê-tan trong bãi chôn lấp được xác định thông qua tỷ lệ khí  $CO_2$  đo trực tiếp tại các ô chôn lấp bằng máy đo  $CO_2$ .

Bảng 1. Giá trị hệ số điều chỉnh metan

Việc dự báo lượng khí  $CH_4$  phát sinh từ CTRSH tại thành phố Hà Nội đến năm 2030 được xây dựng theo hai kịch bản:

- Kịch bản 1 (KB1): Dựa vào Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030.

- Kịch bản 2 (KB2): Dựa vào Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 và Quy hoạch xử lý chất thải rắn thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050.

Trong đó, giả thiết quá trình tính toán tải lượng khí mê-tan phát thải tới năm 2030 với các thông số như DOC, MCF,  $DOC_f$ , OX không thay đổi.

Trên cơ sở các số liệu về mức tăng dân số

theo các kịch bản, định hướng phát triển kinh tế - xã hội của thành phố Hà Nội đến năm 2030 và các số liệu thống kê. Lượng rác thải sinh hoạt phát sinh tại các hộ gia đình trong từng giai đoạn tính toán xác định theo công thức:

$$W = \frac{365}{1000} \cdot N \cdot (1+q) \cdot g \quad (3)$$

Trong đó:  $N$ : số dân trong từng năm (người);  $q$ : là tỉ lệ tăng dân số (%);  $g$ : là lượng rác thải bình quân (kg/người/ngày đêm).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1 Quá trình phát sinh CTRSH tại thành phố Hà Nội và các đặc điểm

3.1.1 Thành phần và độ ẩm CTRSH chôn lấp: sau 2 đợt thực hiện phân loại, thành phần và độ ẩm của CTRSH được thể hiện cụ thể trong Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần và độ ẩm của CTRSH

Phân loại	% Khối lượng		% Độ ẩm	
	Khoảng dao động	Trung bình	Khoảng dao động	Trung bình
Giấy	1,32 - 3,05	2,182	45 – 56	50,5
Vải, sợi	1,75 - 4,25	3	32 – 55	43,5
Thức ăn	41,26 - 55,53	48,395	74 – 82	78
Gỗ	0,35 - 1,65	1	27 – 48	37,5
Rác vườn	6,83 - 8,21	7,52	41 – 62	51,5
Tã lót	0,29 - 1,38	0,835	48 – 72	60
Cao su và da	5,06 - 8,34	6,7	22 – 35	28,5
Nhựa	3,03 - 4,17	3,6	1 – 2	1,5
Kim loại	0,55 - 1,75	1,15	2 – 3	2,5
Thủy tinh	1,44 - 1,65	1,545	1 – 2	1,5
Những thứ khác	23,85 - 24,29	24,07	24 – 40	32

3.1.2 Hệ số phát sinh CTRSH:

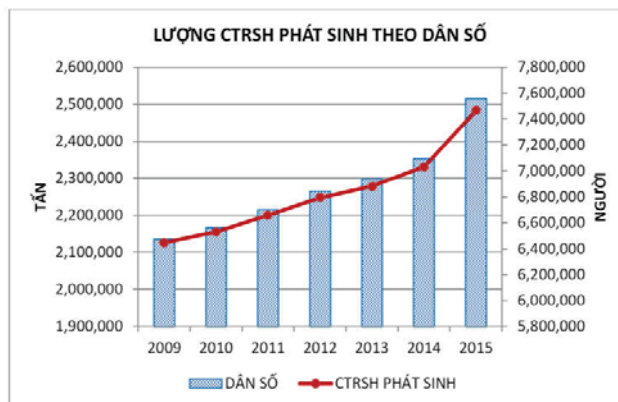
Theo báo cáo quy hoạch xử lý CTRSH thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, hệ số phát sinh CTRSH giai đoạn 2010 - 2015 với  $d=0,9$  kg/người/ngày.

3.2 Định lượng phát thải mê-tan giai đoạn 2010-2015

3.2.1 Các số liệu đầu vào của mô hình

a. Xác định khối lượng CTRSH phát sinh

Khối lượng CTRSH phát sinh phụ thuộc vào dân số của thành phố Hà Nội. Trong giai đoạn 2010 - 2015, khối lượng CTRSH phát sinh trên địa bàn thành phố Hà Nội gia tăng theo sự gia tăng dân số của thành phố. Hình 2 thể hiện mối tương quan giữa dân số và khối lượng CTRSH trong giai đoạn 2010 - 2015.



Hình 2. Lượng CTRSH phát sinh theo dân số tại thành phố Hà Nội, giai đoạn 2009 - 2015

b. Giá trị DOC:

Độ ẩm của CTRSH chôn lấp là 54,6%, nên giá trị DOC được tính theo công thức của IPCC (2006) với

CTRSH ẩm. Số liệu cụ thể cho thành phần CTRSH được lấy từ kết quả ghi trong bảng 3.



Bảng 3. Giá trị DOC cho từng thành phần CTRSH

STT	Ký hiệu	Thành phần CTRSH	Giá trị (%)
1	A	Giấy	2,182
2	B	Vải	3
3	C	Thức ăn	48,395
4	D	Gỗ	1
5	E	Rác vườn	7,52
6	F	Tã lót	0,835
7	G	Cao su và Da	6,7
$DOC = 0,4A + 0,24B + 0,15C + 0,43D + 0,2E + 0,24F + 0,39G$			16%

c. Hệ số điều chỉnh mê-tan MCF: Dựa trên điều kiện thực tế của các bãi chôn lấp trên địa bàn thành phố Hà Nội phần lớn nửa chìm nửa nổi, thân bãi > 5 m và CTRSH chôn lấp chưa được phân loại, do đó giá trị MCF được chọn là 0,6.

d. Hệ số phân hủy các-bon hữu cơ ( $DOC_f$ ):  $DOC_f = 0,5$  theo giá trị mặc định của mô hình.

e. Tải lượng khí mê-tan thu hồi (R): Trong quá trình thực hiện chôn lấp, các bãi chôn lấp trên địa bàn thành phố Hà Nội không tiến hành

thu hồi khí phát thải, do đó chúng tôi lựa chọn  $R=0$ .

f. Tỷ lệ khí mê-tan trong bãi chôn lấp (F): Sau khi tiến hành đo thực địa nồng độ  $CO_2$  tại các ô chôn lấp, kết quả được ghi trong Bảng 4:

Từ đó, tính toán được tỷ lệ khí  $CH_4$  trong bãi chôn lấp trên địa bàn thành phố Hà Nội, kết quả được đưa ra trong Bảng 5.

g. Hệ số phản ứng k: Hệ số phản ứng k được mặc định theo giá trị của IPCC với các giá trị cụ thể cho từng loại rác (bảng 6)

Bảng 4. Tỷ lệ khí  $CO_2$  trong bãi chôn lấp ở Hà Nội [20, 21]

STT	Nồng độ (ppm)	Khối lượng (gam)	Thể tích (lít)	% thể tích
1	1030	1,030	0.52	52
2	981	0,981	0.45	45
3	792	0,792	0.40	40
4	933	0,933	0.47	47
5	852	0,852	0.43	43

Bảng 5. Tỷ lệ khí  $CH_4$  trong bãi chôn lấp ở Hà Nội [20, 21]

STT	% Thể tích $CO_2$	% Thể tích $N_2$ và các khí khác	% Thể tích $CH_4$ (F)
1	52	3	45
2	45	3	52
3	40	3	57
4	47	3	50
5	43	3	54
TB	45,4	3	51,6

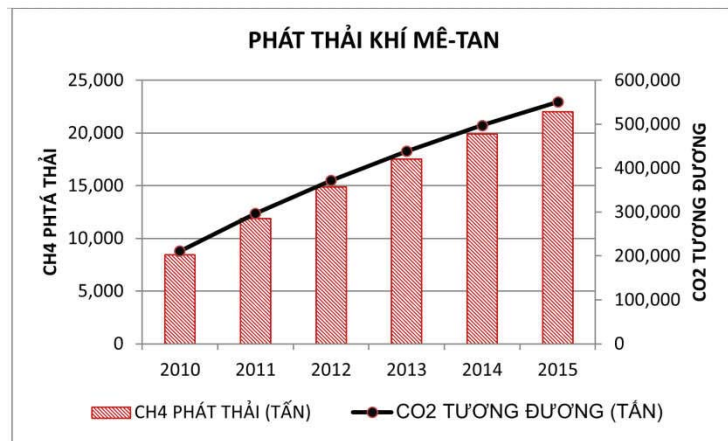
Bảng 6. Giá trị của hệ số phản ứng

STT	Loại rác	Hệ số phản ứng k
1	Giấy	0,06
2	Rác vườn	0,1
3	Thức ăn	0,185
4	Gỗ	0,03
5	Vải	0,06
6	Tã lót	0,1

h. Hệ số ô-xi hóa (OX): Các bãi chôn lấp trên địa bàn thành phố Hà Nội sử dụng lớp phủ bề mặt của các hồ chôn lấp là đất sét, giá trị của hệ số ô-xi hóa OX = 0

3.2.2 Tải lượng mê-tan phát thải giai đoạn 2010 - 2015

Tải lượng mê-tan phát thải tăng theo thời gian và sự gia tăng của lượng CTRSH phát sinh được chôn lấp tại các khu xử lý. Tải lượng CH<sub>4</sub> của năm thứ t là do sự phân hủy sinh học của thành phần hữu cơ tồn tại trong bãi chôn lấp ở các năm trước đó. Điều này lý giải vì sao tải lượng CH<sub>4</sub> tăng dần theo thời gian. Năm 2015, ước tính CH<sub>4</sub> phát sinh khoảng 22.011 tấn/năm (tương ứng với 550,275 tấn CO<sub>2</sub> eq/năm).



Hình 3. Tải lượng khí mê-tan phát thải từ năm 2010 - 2015

3.3 Dự tính tải lượng khí mê-tan phát sinh đến năm 2030

3.3.1 Dự báo khối lượng CTRSH phát sinh

Trong tương lai, hệ số phát sinh chất thải rắn sẽ gia tăng theo sự gia tăng GDP. Theo Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 lượng CTRSH bình quân đầu người được

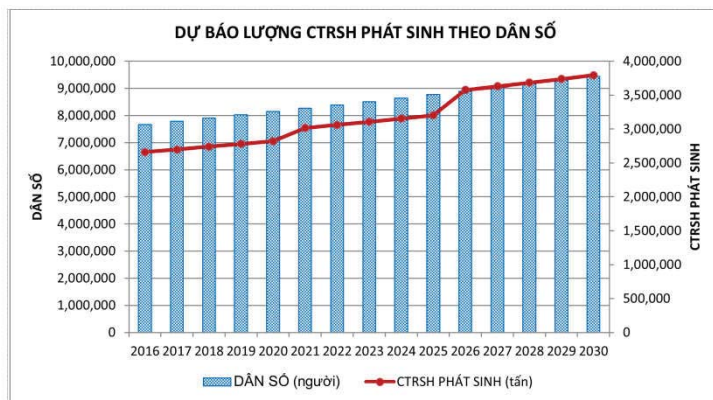
sự báo như sau:

Giai đoạn 2016 - 2020: d=0,95 kg/người/ngày

Giai đoạn 2021 - 2025: d=1,0 kg/người/ngày

Giai đoạn 2026 - 2030: d= 1,1 kg/người/ngày

Từ đó, dự báo được khối lượng chất thải rắn sinh hoạt phát sinh trên địa bàn thành phố Hà Nội. Kết quả thể hiện trên hình 3.



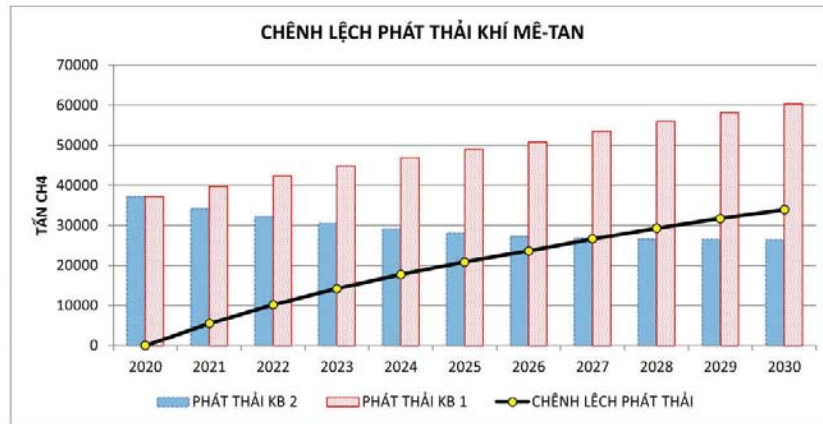
Hình 4. Lượng CTRSH dự báo phát sinh theo dân số tại thành phố Hà Nội giai đoạn 2016 -2020

3.3.2 Dự báo tải lượng khí mê-tan

Để dự báo tải lượng khí mê-tan phát sinh, chúng tôi đã đưa ra 2 kịch bản KB1 và KB2. Theo đó, sự khác nhau giữa hai kịch bản là tỷ lệ thu gom và xử lý CTRSH bằng phương pháp chôn lấp sau năm 2020 là 90% và sau năm 2030 là 100% ứng với KB1. Trong khi đó, tỷ lệ xử lý CTRSH bằng phương pháp chôn lấp sau năm

2020 là 35% và sau năm 2030 là 15% ứng với KB2.

Do sự khác nhau về tỷ lệ xử lý CTRSH bằng phương pháp chôn lấp giữa hai kịch bản, dẫn đến dự báo tải lượng mê-tan phát thải cũng khác nhau (hình 4). Theo đó, sau 2020 tải lượng mê-tan phát thải sẽ tiếp tục tăng theo KB1 và sẽ giảm mạnh theo KB2.



Hình 5. Mức độ chênh lệch phát thải khí mê-tan giữa 2 kịch bản

4. Kết luận

Qua phân tích và đánh giá chúng tôi rút ra được một số kết luận sau:

- CTRSH thành phố Hà Nội có thành phần hữu cơ chiếm tỷ lệ từ 68,14 - 71,13% (trung bình khoảng 69,6%) và độ ẩm trung bình 54,6%;
- Ứng dụng mô hình FOD bậc 1 của IPCC (2006) cho thấy tải lượng CH<sub>4</sub> năm 2014 và 2016 lần lượt là 22.011 tấn/năm (tương ứng với 550.275 tấn CO<sub>2</sub> eq/năm) và 24.219 tấn/năm (tương ứng với 605.475 tấn CO<sub>2</sub> eq/năm). Dự báo tải lượng CH<sub>4</sub> đến năm 2020 là 37.243 tấn/năm (tương đương 931.075 tấn CO<sub>2</sub> eq/năm), đến năm 2030 là 60.307 tấn theo KB1 (tương đương 1.507.675 tấn CO<sub>2</sub> eq/năm) và 26346 (tương

- đương 658.650 tấn CO<sub>2</sub> eq/năm) theo KB2. Trong khoảng thời gian từ năm 2021 đến năm 2030, tổng lượng phát thải khí mê-tan giảm 213.811 tấn (tương đương 5.345.275 tấn CO<sub>2</sub> eq). Đây là một dữ liệu quan trọng đóng góp vào việc cân bằng phát thải các-bon cho thành phố;
- Quản lý khí thải từ bãi chôn lấp CTRSH và lựa chọn phương pháp xử lý CTRSH theo hướng tận dụng, thu hồi thành phần hữu cơ trong CTRSH. Bên cạnh đó, việc thay thế công nghệ chôn lấp hiện tại ở khu xử lý chất thải Nam Sơn cần phù hợp với các kịch bản dự báo phát thải CH<sub>4</sub>, mục đích thu gom tối đa khí mê-tan phục vụ phát điện, giảm sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Thị Anh (11/2005), *Sự phát sinh và phát thải khí BCL, phương pháp giảm thiểu*, Trường Đại học Dân lập Văn Lang, số 5, Trường Đại học Dân lập Văn Lang.
2. Vũ Minh Anh và cộng sự (2011), *Ứng dụng công nghệ sinh thái trong thiết kế và vận hành BCL, Báo cáo khoa học*, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh.
3. Nguyễn Xuân Cường (2012), *Quản lý và xử lý chất thải rắn*, Đại học Huế - Phân hiệu Đại học Huế tại Quảng trị.

4. Lê Cương (2015), *Mô hình và giải pháp quản lý chất thải rắn sinh hoạt khu ven đô thị trung tâm thành phố Hà Nội đến năm 2030*, Luận án Tiến sĩ.
5. Báo cáo kiểm kê khí nhà kính năm 2010 của Việt Nam, Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu, trang 58.
6. Công ty TNHH một thành viên môi trường đô thị Hà Nội (2015), *Báo cáo hiện trạng công tác quản lý chất thải tại thành phố Hà Nội - Tính hình hoạt động của Khu Liên hiệp Xử lý Chất thải (LHXLCT) Nam Sơn*, 5 trang.
7. Công ty TNHH Hitachi Zosen (2015), *Xây dựng chu trình tái chế rác thải thực phẩm tại thành phố Hồ Chí Minh*, Dự án xác định hiệu quả của việc giảm phát thải khí CO<sub>2</sub> nhằm mở rộng ngành công nghiệp tái chế của Nhật Bản ra thị trường quốc tế năm 2014.
8. Nguyễn Thị Dung (2014), *Đánh giá khả năng thu hồi khí nhà kính (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) từ rác thải sinh hoạt hữu cơ theo cách tiếp cận phân tích dòng vật chất (MFA)*, Luận văn thạc sĩ khoa học
9. Võ Diệp Ngọc Khôi (2014), *Nghiên cứu tính toán phát thải khí Methane từ BCL chất thải rắn Khánh Sơn Thành phố Đà Nẵng đến năm 2030*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật.
10. Nguyễn Võ Châu Ngân và cộng sự (2014), *Tính toán phát thải khí Mê-tan từ rác thải sinh hoạt khu vực nội ô thành phố Cần Thơ*, Số 31, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, trang 99-105.
11. Nguyễn Thị Khánh Tuyền (2015), *Ứng dụng mô hình IPCC 2006 nhằm ước tính phát thải khí mê-tan từ chất thải rắn sinh hoạt tại thành phố Thủ Dầu Một tỉnh Bình Dương*, Số chuyên đề: Môi trường và biến đổi khí hậu, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, trang 183-192.
12. *Tổng luận về công nghệ xử lý chất thải rắn của một số nước và ở Việt Nam* (2007), Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia.
13. Võ Đức Toàn (2012), *Đánh giá ảnh hưởng của BCL rác Xuân Sơn, Hà Nội đến môi trường nước và đề xuất giải pháp*, Số 39, Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường.
14. Trịnh Ngọc Tuấn và cộng sự (2014), *Đánh giá giảm phát thải khí nhà kính của phương pháp ủ so với chôn lấp chất thải rắn ở thành phố Huế*, Tập 1, Số 1, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
15. Nguyễn Văn Phước và cộng sự (2010), *Công nghệ lên men mê-tan kết hợp với phát điện - giải pháp xử lý rác cho các đô thị lớn, góp phần giảm biến đổi khí hậu*, Tập 3, Số M2, Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ.
16. Báo cáo môi trường quốc gia 2011: *Chất thải rắn*, Bộ Tài Nguyên và Môi Trường.
17. Sở kế hoạch và đầu tư (2011), *Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030*, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội.
18. Sở xây dựng Hà Nội (2014), *Quy hoạch xử lý chất thải rắn thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến 205*, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội.
19. IPCC (2006), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change*.
20. George Tchobanoglous, Frank Kreith (2002), *Handbook of solid waste management*.
21. EPA (1998), *Final report: Green house gas emission from management of selected materials in municipal solid waste*.



## CALCULATING AND FORECASTING METHANE EMISSION FROM MUNICIPAL SOLID WASTE DISPOSAL FOR HA NOI CAPITAL

Thai Thi Thanh Minh, Nguyen Trung Anh

Ha Noi University of Natural Resources and Environment

**Abstract:** *Calculating methane emission from municipal solid waste disposal for Ha Noi capital is followed the calculation method of the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Methane emission was calculated by the Ha Noi's municipal solid waste data from 2010 to 2015. Forecasting methane emission is based on 2 scenarios: (KB1) The master plan of Ha Noi's socio-economic development until 2020, vision to 2030; (KB2) The master plan of Ha Noi's socio-economic development until 2020, vision to 2030, and the planning of solid waste treatment in Hanoi until 2030, vision to 2050. The result showed that total amount of methane emission was 22.011 tons/year in 2015 and 24.219 tons/year in 2016 (equivalent to 550.275 tons of CO<sub>2</sub>eq/year and 605.475 tons of CO<sub>2</sub>eq/year respectively). Forecasting to 2030, total amount of methane emission is 60.370 tons/year (equivalent to 1.507.675 tons CO<sub>2</sub> eq/year) following the scenario (KB1) and 26.346 tons/year (equivalent to 658.650 tons CO<sub>2</sub> eq/year) following the scenario (KB2).*

**Key word:** CO<sub>2</sub> eq (CO<sub>2</sub> equivalent)

---

Ban Biên tập nhận bài: 18/04/2017

Ngày phản biện xong: 01/05/2017

## TÌNH HÌNH KHÍ TƯỢNG, KHÍ TƯỢNG NÔNG NGHIỆP, THỦY VĂN THÁNG 12 NĂM 2016

**T**rong tháng 12/2016, trên Biển Đông đã xuất hiện 01 cơn bão và 01 áp thấp nhiệt đới, trong đó áp thấp nhiệt đới đầu tháng 12/2016 đã ảnh hưởng đến khu vực Bình Thuận - Bà Rịa Vũng Tàu. Ngoài ra trong tháng tại khu vực Trung và Nam Trung Bộ xuất hiện nhiều đợt mưa lớn và dồn dập gây lũ lớn diện rộng tại nhiều địa phương, ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống và sản xuất của người dân khu vực này.

Trái ngược với các tỉnh phía nam, khu vực Bắc Bộ mưa xảy ra ít, nhiều nơi phía tây Bắc Bộ cả tháng không có mưa; cùng với đó do không khí lạnh hoạt động yếu nên nhiệt độ trung bình tháng 12/2016 tại khu vực Bắc Bộ cao hơn nhiều so với trung bình nhiều năm.

### TÌNH HÌNH KHÍ TƯỢNG

#### 1. Hiện tượng thời tiết đặc biệt

+ Bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ)

Trong tháng đã xuất hiện 01 ATNĐ và 01 cơn bão trên Biển Đông, trong đó ATNĐ đầu tháng 12 đã ảnh hưởng đến khu vực Nam Trung Bộ và Nam Bộ, cụ thể:

- ATNĐ tháng 12: Chiều ngày 11/12, một vùng áp thấp trên vùng biển phía nam biển Đông đã mạnh lên thành áp thấp nhiệt đới. Đến sáng ngày 13/12, sau khi đi vào vùng biển các tỉnh Ninh Thuận - Bình Thuận, ATNĐ đã suy yếu thành một vùng áp thấp. Sức gió mạnh nhất ở trung tâm vùng áp thấp giảm xuống dưới cấp 6 (dưới 40km/giờ). ATNĐ đã gây gió mạnh cấp 6, giật cấp 7-8 trên vùng biển Ninh Thuận đến Bà Rịa Vũng Tàu. Do ảnh hưởng của ATNĐ kết hợp với nhiễu động gió đông nên ở các tỉnh từ Quảng Ngãi đến Bình Thuận đã có mưa vừa, mưa to.

- Bão số 10 (tên quốc tế là NOCK-TEN):

Từ ngày 21/12, một ATNĐ đã mạnh lên thành bão (tên quốc tế là Nock-ten) trên vùng biển tây Thái Bình Dương, bão chủ yếu di chuyển theo hướng tây tây bắc và mạnh dần lên, trước khi bão vào Biển Đông, khi đi qua khu vực miền Trung Phillipin, đã có gió mạnh nhất ở vùng gần tâm bão mạnh cấp 13,

giật cấp 16 -17. Đến sáng ngày 26/12 sau khi đi vào Biển Đông (thành cơn bão số 10), bão tiếp tục di chuyển theo hướng tây tây bắc và suy yếu dần về cường độ; đến sáng ngày 27/12 bão số 10 suy yếu thành ATNĐ và đổi hướng di chuyển về phía tây nam và tiếp tục suy yếu thêm. Đến chiều ngày 28/12, sau khi đi vào vùng biển Tây Bắc quần đảo Trường Sa, ATNĐ đã suy yếu thành một vùng áp thấp và không ảnh hưởng đến đất liền nước ta.

+ Không khí lạnh

Trong tháng đã diễn ra 6 đợt không khí lạnh (KKL), bao gồm 3 đợt gió mùa đông bắc và 2 đợt KKL tăng cường, cụ thể như sau:

- KKL tăng cường đêm 5, ngày 6/12 ở vịnh Bắc Bộ đã có gió đông bắc mạnh cấp 6, giật cấp 8. Khu vực bắc Biển Đông (bao gồm cả vùng biển quần đảo Hoàng Sa) có gió đông bắc mạnh cấp 6 - 7, giật cấp 8 - 9; biển động mạnh. Từ đêm ngày 6, ở các tỉnh Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ trời chuyển rét, vùng núi có rét đậm với nhiệt độ thấp nhất phổ biến 14 - 17°C, vùng núi 10 - 13°C, vùng núi cao 6 - 9°C.

- Đợt gió mùa đông bắc từ đêm 13 ngày 14/12: vịnh Bắc Bộ và vùng biển ngoài khơi Trung Trung Bộ và khu vực Bắc Biển Đông (bao gồm cả vùng biển quần đảo Hoàng Sa) có gió đông bắc mạnh cấp 6 - 7, giật cấp 8 - 9;

biển động mạnh. Do ảnh hưởng của KKL, từ đêm 14, ở các tỉnh Bắc Bộ trời chuyển rét, vùng núi có nơi rét đậm với nhiệt độ thấp nhất phổ biến 15 -18°C, vùng núi 12 - 15°C, vùng núi cao có nơi dưới 12°C.

- Không khí lạnh tăng cường vào đêm 21, sáng 22/12: vịnh Bắc Bộ và vùng biển phía Bắc khu vực Bắc Biển Đông có gió đông bắc mạnh cấp 6, giật cấp 7; biển động. Từ ngày 22/12, ở các tỉnh Bắc Bộ trời chuyển rét với nhiệt độ thấp nhất phổ biến 15 - 18°C, vùng núi 13 - 16°C.

- Đợt gió mùa đông bắc từ đêm 26, ngày 27/12: Vịnh Bắc Bộ, khu vực Bắc Biển Đông (bao gồm cả vùng biển quần đảo Hoàng Sa), vùng biển ngoài khơi các tỉnh Trung Bộ có gió đông bắc mạnh cấp 6 - 7, giật cấp 8 - 9; biển động mạnh. Ở các tỉnh miền Bắc trời chuyển rét.

- KKL tăng cường ngày 29/12: Do ảnh hưởng của KKL tăng cường, vùng biển ngoài khơi Trung Bộ tiếp tục có gió đông bắc mạnh cấp 6, có lúc cấp 7, giật cấp 8, khu vực Bắc Biển Đông (bao gồm cả vùng biển quần đảo Hoàng Sa) tiếp tục có gió đông bắc mạnh cấp 7, giật cấp 8 - 9; biển động mạnh. Ở các tỉnh Bắc Bộ, Bắc và Trung Trung Bộ trời rét và khô, vùng núi Bắc Bộ có nơi rét đậm.

## 2. Tình hình nhiệt độ

Trong tháng 12, do KKL có cường độ không mạnh và thời gian tác động không dài, chủ yếu gây trời rét về đêm và sáng ban ngày có nắng và nhiệt độ tăng cao, thời tiết khô hanh sau khi tác động của KKL, vì vậy nền nhiệt tại các khu vực trên phạm vi toàn quốc phổ biến ở mức cao hơn so với TBNN từ 1,0 - 2,0°C, riêng khu vực Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ cao hơn từ 2,0 - 3,0°C.

Nơi có nhiệt độ cao nhất là Tân Sơn Hòa (Tp. Hồ Chí Minh): 34,6°C (ngày 22).

Nơi có nhiệt độ thấp nhất là Sìn Hồ (Lai

Châu): 3,0°C (ngày 31).

## 3. Tình hình mưa

- Trong tháng 12, khu vực Trung Bộ đã liên tiếp diễn ra những đợt mưa lớn kéo dài diện rộng gây lũ lớn và ngập lụt ở nhiều nơi, cụ thể:

+ Đợt 1: Do ảnh hưởng của KKL tăng cường kết hợp với nhiễu động trong đới gió đông trên cao nên từ ngày 1 - 8/12 khu vực Trung và Nam Trung Bộ đã có mưa diện rộng, tâm mưa lớn tập trung tại các tỉnh từ Thừa Thiên Huế đến Khánh Hòa, khu vực này liên tục có mưa vừa, mưa to đến rất to, tại một số nơi đã xuất hiện lượng mưa ngày trên 200 mm như An Nhơn (Bình Định- ngày 1): 202 mm, Nam Đông (Huế- ngày mùng 3): 292 mm. Sáng ngày 9, ngày 10, mưa tạm thời giảm hơn. Sau đó từ ngày 11, khu vực này lại tiếp tục chịu tác động của nhiễu động của đới gió đông, riêng ngày 13 còn ảnh hưởng kết hợp vùng thấp suy yếu từ áp thấp nhiệt đới, nên mưa lại có xu hướng tăng nhanh, đặc biệt từ các tỉnh Quảng Trị đến Khánh Hòa tiếp tục có mưa to đến rất to từ ngày 13 đến ngày 16. Từ ngày 17, mưa giảm dần về lượng sau đó đợt mưa lớn kết thúc vào ngày 21/12. Do mưa lớn dồn dập nên tổng lượng mưa tính đến ngày 21/12 tại một số nơi thuộc Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định đã đạt từ 1000 - 1600 mm, riêng tại Ba Tơ (Quảng Ngãi): 2027 mm.

+ Khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ do ảnh hưởng của rìa phía bắc của rãnh xích đạo kết hợp với nhiễu động trong đới gió đông nên có nhiều ngày mưa trong tháng, riêng ngày 1 - 2/12, 6 -7/12, 13 - 6/12 đã có mưa vừa, có nơi mưa to và dông.

Tổng lượng mưa trong tháng 12, tại khu vực Bắc Bộ và khu vực Thanh Hóa – Nghệ An phổ biến ít mưa với lượng mưa phổ biến thiếu hụt từ 70 - 90%, thậm chí một số nơi ở khu Tây Bắc không có mưa. Khu vực Trung và Nam Trung Bộ có tổng lượng mưa cao hơn rất

nhiều so với TBNN, riêng từ Quảng Trị đến Khánh Hòa tổng lượng mưa tháng phổ biến từ 1000 -1600 mm, Tây Nguyên và Nam Bộ tổng lượng mưa phổ biến từ 50 - 150 mm, gấp 2 - 3 lần so với TBNN.

Nơi có tổng lượng mưa tháng cao nhất là Ba Tư (Quảng Ngãi): 2165 mm, cao hơn TBNN là 1556 mm.

Một số nơi ở Lai Châu, Điện Biên, Sơn La cả tháng không có mưa.

#### **4. Tình hình nắng**

Tổng số giờ nắng trong tháng 12/2016 tại khu vực Bắc Bộ phổ biến ở mức cao hơn TBNN cùng thời kỳ, các tỉnh Trung Bộ trở vào phía nam phổ biến ở mức thấp hơn so với TBNN cùng thời kỳ.

Nơi có số giờ nắng cao nhất là Bắc Yên (Sơn la): 199 giờ, cao hơn TBNN là 41 giờ.

Nơi có số giờ nắng thấp nhất là A Lưới (Thừa Thiên Huế): 12 giờ, thấp hơn TBNN là 74 giờ.

### **KHÍ TƯỢNG NÔNG NGHIỆP**

Nhìn chung, trong năm 2016 sản xuất nông nghiệp ở phần lớn các khu vực gặp nhiều khó khăn. Diễn biến thời tiết phức tạp từ đợt rét đậm, rét hại đầu năm tại các tỉnh miền Bắc và Bắc Trung Bộ, hiện tượng El nino kéo dài từ đầu năm dẫn đến hạn hán trên diện rộng ở miền Trung, Tây Nguyên, xâm nhập mặn kéo dài ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đến những đợt mưa lũ liên tục trong những tháng cuối năm tại các tỉnh miền Trung đã gây ảnh hưởng không nhỏ đến kết quả sản xuất nông nghiệp của các địa phương. Ngoài ra, dịch bệnh trên cây trồng và vật nuôi vẫn xảy ra ở một số nơi,... đã ảnh hưởng mạnh đến kết quả hoạt động và thực hiện kế hoạch của toàn ngành.

Điều kiện khí tượng trong tháng 12/2016 không hoàn toàn thuận lợi cho sản xuất nông nghiệp do nhiệt độ xuống thấp ở miền Bắc;

lượng mưa ít; số giờ nắng rất thấp, đặc biệt ở miền Trung. Tuy nhiên do phần lớn các địa phương vẫn đang trong thời kỳ chuyển vụ nên không bị ảnh hưởng nhiều.

Trong tháng 12/2016, các địa phương miền Bắc tập trung chăm sóc và thu hoạch một số cây vụ đông trồng sớm, tiếp tục cày lật đất, gieo mạ và tích cực chuẩn bị các yếu tố cần thiết cho vụ sản xuất đông xuân 2016 - 2017. Các tỉnh miền Nam tiếp tục thu hoạch lúa mùa và thu đông, rau màu vụ mùa và tập trung xuống giống đại trà lúa đông xuân.

#### **1. Đối với cây lúa**

Trong tháng 12, nền nhiệt ở một số khu vực Tây Bắc, Việt Bắc không thuận lợi cho một số diện tích lúa đông xuân đang thời kỳ mọc mầm, ở một số khu vực tốc độ sinh trưởng của cây, mạ sinh trưởng kém đến trung bình.

Lượng mưa tháng 12 ở hầu hết các khu vực đều giảm tuy nhiên do được tích nước và công tác thủy lợi được chuẩn bị tốt nên giảm khó khăn về nước cho Đồng bằng sông Hồng và Bắc Trung Bộ đang kỳ đổ ải, chuẩn bị bước vào gieo cấy vụ đông xuân. Lúa đông xuân ở miền Trung đang kỳ mọc mầm - cấy, sinh trưởng trung bình trong điều kiện số giờ nắng rất thấp.

- Lúa đông xuân: Diện tích gieo trồng lúa đông xuân trên cả nước năm 2016 đạt 3,08 triệu ha, năng suất bình quân đạt 63 tạ/ha, giảm 5,3%, sản lượng chỉ đạt 19,4 triệu tấn, giảm 6,2%. Tính riêng tại miền Bắc, diện tích gieo trồng đạt 1,16 triệu ha, năng suất đạt 62,8 tạ/ha. Các tỉnh miền Nam, diện tích gieo trồng đạt 1.93 triệu ha; năng suất đạt 63 tạ/ha; sản lượng đạt gần 12,2 triệu tấn. Sản lượng giảm là do xâm nhập mặn và hạn hán ở vùng ĐBSCL với mức độ nghiêm trọng khiến nhiều diện tích phải bỏ không sản xuất hoặc có gieo trồng nhưng năng suất giảm mạnh.

-Lúa hè thu: Sản xuất lúa hè thu 2016 tiếp

tục diễn ra trong điều kiện thời tiết bất lợi, đầu vụ nắng nóng khô hạn ở hầu hết các địa phương làm cây lúa sinh trưởng, phát triển kém dẫn đến năng suất chỉ đạt 53,9 tạ/ha, bằng 99,3% cùng kỳ; trong khi diện tích chỉ tăng nhẹ (tăng 3,1 nghìn ha, tương ứng tăng 0,1%) nên sản lượng lúa hè thu chỉ đạt 11,34 triệu tấn, giảm 61 nghìn tấn so hè thu 2015. Các tỉnh Bắc Trung Bộ, diện tích gieo trồng đạt 171,1 nghìn ha, tăng 2,4% so với cùng kỳ năm trước; năng suất đạt 49 tạ/ha, bằng 99,5% cùng kỳ; sản lượng đạt 838,5 nghìn tấn, tăng 1,9% so với cùng kỳ năm trước. Các tỉnh miền Nam, diện tích gieo trồng đạt 1,93 triệu ha, tương đương cùng kỳ năm trước; năng suất bình quân (đạt 54,3 tạ/ha) và sản lượng (đạt 10,5 triệu tấn) đều giảm 0,7% so với cùng kỳ năm trước.

- Lúa thu đông: Tổng diện tích xuống giống vụ thu đông vùng ĐBSCL đạt 701 nghìn ha, năng suất đạt 52,2 tạ/ha, sản lượng đạt hơn 3,66 triệu tấn. So với vụ trước, diện tích tăng 3,1% nhưng sản lượng chỉ tăng 2,7% do năng suất giảm 0,4% so với cùng kỳ. Một số tỉnh chịu ảnh hưởng không tốt của thời tiết làm cho năng suất giảm, trong đó Vĩnh Long giảm 1,2 tạ/ha và An Giang giảm 2,3 tạ/ha. Cả 2 địa phương này đều có phần lớn diện tích xuống giống muộn hơn kỳ trước, thời kỳ lúa trở bông gặp mưa bão kéo dài làm suy giảm khả năng thụ phấn, tỷ lệ lép hạt cao, sâu bệnh nhiều.

- Lúa mùa: Tổng diện tích gieo trồng cả nước đạt 1,9 triệu ha, năng suất bình quân đạt 48,4 tạ/ha, sản lượng ước đạt 9,2 triệu tấn; so với năm trước diện tích giảm 1,7%, năng suất giảm 0,9%, sản lượng giảm 2,6%. Các tỉnh miền Bắc, diện tích lúa mùa năm nay chỉ đạt 1,15 triệu ha, giảm 1,2%; năng suất đạt 50,1 tạ/ha, tương đương cùng kỳ; sản lượng đạt gần 5,77 triệu tấn, giảm 1,2% so với cùng kỳ năm trước. Nguyên nhân của sự sụt giảm là do thời tiết diễn biến bất thường, hạn hán, thiếu

nước ở đầu vụ khiến nhiều diện tích ở các tỉnh không cấy được (Cao Bằng, Thanh Hóa). Bên cạnh đó, một số diện tích người dân chuyển sang trồng cây ăn quả như ổi, quýt, chuối,... hoặc chuyển sang nuôi trồng thủy sản cho thu nhập cao hơn (Hà Nội, Hưng Yên, Ninh Bình) hoặc bỏ ruộng không cấy (Hưng Yên, Nam Định, Thanh Hóa). Tại các tỉnh phía Nam, do ảnh hưởng của hạn hán lâu ngày và xâm nhập mặn nên diện tích lúa mùa chỉ đạt 748,5 nghìn ha, giảm 2,5%; năng suất thu hoạch ước đạt 45,7 tạ/ha, giảm 2,4%; sản lượng đạt 3,4 triệu tấn, giảm 4,8% so với cùng kỳ.

- Lúa cả năm: Tính chung, sản xuất lúa cả năm 2016 sụt giảm cả về diện tích và năng suất so với năm 2015, đặc biệt là khu vực phía Nam. Diện tích gieo trồng lúa đạt 7,8 triệu ha, giảm 0,5%; năng suất ước đạt 56 tạ/ha, giảm 2,8%, là mức giảm năng suất mạnh so với bình quân hàng năm; do vậy sản lượng ước đạt 43,6 triệu tấn, giảm 3,3% so năm 2015. Miền Bắc: Diện tích gieo trồng đạt gần 2,5 triệu ha, năng suất đạt 55,9 tạ/ha.

## 2. Đối với các loại rau màu và cây công nghiệp

Tại các địa phương phía Bắc tranh thủ thời tiết thuận lợi, nắng ấm trong tháng bà con tiếp tục gieo cấy hoa màu vụ đông 2016 - 2017, nhiều diện tích gieo trồng bị chậm so với cùng kỳ do đầu vụ gặp mưa bão. Tính đến trung tuần tháng 12 đã gieo cấy được 127,3 ha ngô, khoai lang đạt 33,6 ha, đậu tương đạt 17,7 ha, lạc 6,6 ha, rau đạt 166,4 ha.

Điều kiện tương đối thuận lợi trong tháng 12 góp phần tiếp tục phát triển các cây vụ đông, đặc biệt là các cây rau vụ đông ưa lạnh.

Lạc tại Yên Định đã thu hoạch

Chè lớn ở Mộc Châu sinh trưởng kém, độ ẩm đất trung bình. Chè lớn ở Phú Hộ, Ba Vì ngừng sinh trưởng.

Cà phê ở Tây Nguyên ra nụ, sinh trưởng



tốt, đất ẩm trung bình. Ở Xuân Lộc cà phê đâm chồi, sinh trưởng trung bình, độ ẩm đất tương đối khô.

## **TÌNH HÌNH THỦY VĂN**

### **1. Bắc Bộ**

Mức nước các sông trên thượng lưu hệ thống sông Hồng và Thái Bình tiếp tục biến đổi chậm theo xu thế xuống dần; mức nước hạ lưu chịu ảnh hưởng mạnh bởi thủy triều và sự điều tiết của các hồ chứa.

Lượng dòng chảy tháng 12 so với TBNN trên thượng lưu sông Đà đến hồ Lai Châu cao hơn 25%; đến hồ Sơn La hụt -14%; hồ Hòa Bình cao hơn 30%; trên sông Thao tại Yên Bái nhỏ hơn khoảng -24%, trên sông Gâm đến hồ Tuyên Quang nhỏ hơn -27%; hạ lưu sông Lô tại Tuyên Quang nhỏ hơn -53%; hạ lưu sông Hồng tại Hà Nội nhỏ hơn khoảng -28%.

Trên sông Đà, mức nước cao nhất tháng 12 tại Mường Lay là 213,26 m (13h ngày 01); thấp nhất là 209,90 m (01h ngày 24), trung bình tháng là 211,41 m; tại Tạ Bú, mức nước cao nhất tháng đạt 117,45 m (19h ngày 22); thấp nhất là 114,78 m (10h ngày 31), trung bình tháng 116,65 m. Lưu lượng lớn nhất tháng đến hồ Sơn La là 1670 m<sup>3</sup>/s (23h ngày 25), nhỏ nhất tháng là 200 m<sup>3</sup>/s (3h ngày 17); trung bình tháng 583 m<sup>3</sup>/s, nhỏ hơn TBNN (675 m<sup>3</sup>/s) cùng kỳ. Lưu lượng lớn nhất tháng đến hồ Hoà Bình là 2760 m<sup>3</sup>/s (19h ngày 20), nhỏ nhất tháng là 10 m<sup>3</sup>/s (1h ngày 24,25) do điều tiết của hồ Sơn La; trung bình tháng 797 m<sup>3</sup>/s, cao hơn TBNN (714 m<sup>3</sup>/s). Mức nước hồ Hoà Bình lúc 19 giờ ngày 31/12 là 114,80 m, thấp hơn cùng kỳ năm 2015 (116,22 m).

Trên sông Gâm, lưu lượng lớn nhất tháng đến hồ Tuyên Quang là 120 m<sup>3</sup>/s (01h ngày 21), nhỏ nhất tháng là 65 m<sup>3</sup>/s (13h ngày 28); trung bình tháng 89 m<sup>3</sup>/s, nhỏ hơn TBNN (126 m<sup>3</sup>/s) cùng kỳ.

Trên sông Thao tại trạm Yên Bái, mức nước

cao nhất tháng là 26,31 m (13h ngày 08); thấp nhất là 24,84 m (07h ngày 30), trung bình tháng là 25,48 m, cao hơn TBNN cùng kỳ (24,96 m) là 0,52 m.

Trên sông Lô tại Tuyên Quang, mức nước cao nhất tháng là 16,12 m (07h ngày 12); thấp nhất là 15,01 m (01h ngày 13) đạt giá trị thấp nhất cùng kỳ, trung bình tháng là 15,53 m, thấp hơn TBNN cùng kỳ (16,33 m).

Trên sông Hồng tại Hà Nội, mức nước cao nhất tháng là 2,11 m (13h ngày 17), thấp nhất là 0,60 m (01h ngày 28) đạt giá trị thấp nhất cùng kỳ, trung bình tháng là 1,31 m, thấp hơn TBNN (3,44 m) là 2,13 m, thấp hơn cùng kỳ năm 2015 (1,50 m).

Trên sông Thái Bình tại Phả Lại mức nước cao nhất tháng là 1,58 m (12h ngày 17), thấp nhất là -0,07 m (23h ngày 27), trung bình tháng là 0,70 m, thấp hơn TBNN cùng kỳ (0,97 m) là 0,27 m.

### **2. Trung Bộ và Tây Nguyên**

Trong tháng trên các sông ở khu vực ở khu vực Trung, Nam Trung Bộ và khu vực Tây Nguyên xuất hiện 2 đợt lũ lớn.

Trận 1: Từ ngày 30/11-9/12, trên các sông từ Thừa Thiên Huế đến Ninh Thuận và khu vực bắc Tây Nguyên xuất hiện một đợt lũ vừa và lớn. Đỉnh lũ trên các sông phổ biến từ BĐ2-BĐ3, riêng đỉnh lũ trên sông Vệ tại trạm Sông Vệ (Quảng Ngãi), sông Kôn tại Thạch Hòa (Bình Định) cao hơn BĐ3 từ 0,5 - 1 m. Do mưa kéo dài nhiều ngày nên lũ kép xảy ra trên các sông tại Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên; riêng mức nước trên sông Trà Khúc và sông Vệ ở mức trên BĐ2 kéo dài 9-10 ngày.

Đỉnh lũ cao nhất trên các sông trong đợt lũ này như sau:

Sông Hương tại Kim Long 2,12 m (19h ngày 3), trên BĐ2 0,12 m;

Sông Trà Khúc tại Trà Khúc 6,23 m (04h ngày 06), dưới BĐ3 0,27 m;

Sông Vệ tại trạm Sông Vệ 5,55 m (10h ngày 08), trên BĐ3 1,05 m;

Sông Kôn tại Thạnh Hòa 8,33 m (10h ngày 07), trên BĐ3 0,33 m;

Sông Ba tại Củng Sơn 32,29 m (23h ngày 07), trên BĐ2 0,29 m; tại Phú Lâm 2,58 m (01h ngày 08), dưới BĐ2 0,12 m;

Sông Cái Ninh Hòa tại Ninh Hòa 4,97 m (01h ngày 08), trên BĐ2 0,17 m;

Sông Cái Phan Rang tại Tân Mỹ 37,53 m (18h ngày 07), trên BĐ2 0,53 m; tại Phan Rang 3,02 m (20h ngày 07), dưới BĐ2 0,48 m.

Trận 2: Từ ngày 12 - 18/12, trên các sông từ nam Quảng Bình đến Ninh Thuận và Gia Lai đã xuất hiện lũ lớn, riêng tại Quảng Ngãi và Bình Định đã xuất hiện lũ đặc biệt lớn. Đỉnh lũ trên các sông đều ở trên mức BĐ3 từ 0,2 - 1,5 m, riêng đỉnh lũ trên sông Vệ tại trạm Sông Vệ và sông Kôn tại Thạch Hòa ở xấp xỉ mức lũ lịch sử năm 2013.

Trong đợt lũ này, các hồ chứa trên địa bàn các tỉnh từ Thừa Thiên Huế đến Phú Yên và Gia Lai đã tiến hành xả lũ trên diện rộng. Lưu lượng xả về hạ du lớn nhất của hồ Bình Điền là 2347 m<sup>3</sup>/s, Hương Điền 1980 m<sup>3</sup>/s, Tả Trạch 1080 m<sup>3</sup>/s, sông Tranh 2 3127 m<sup>3</sup>/s, Sông Bung 4 1612 m<sup>3</sup>/s, Ba Hạ 6200 m<sup>3</sup>/s, An Khê 2450 m<sup>3</sup>/s, Định Bình 2450 m<sup>3</sup>/s. Đợt mưa lũ đã gây ngập lụt nghiêm trọng (ngập sâu trên diện rộng) nhiều vùng thuộc các tỉnh Thừa Thiên Huế, Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên, Gia Lai.

Đỉnh lũ cao nhất trên các sông trong đợt lũ này như sau:

Sông Hương tại Kim Long 2,91 m (19h ngày 15), dưới BĐ3 0,59 m;

Sông Bồ tại Phú Ốc 4,45 m (17h ngày 15), xấp xỉ BĐ3;

Sông Vu Gia tại Ái Nghĩa 9,44 m (24h ngày 15), trên BĐ30,44 m;

Sông Thu Bồn tại Giao Thủy 8,44 m (2h ngày 16), dưới BĐ3 0,16 m, tại Câu Lâu 4,29 m (8h ngày 16), trên BĐ3 0,29 m;

Sông Trà Khúc tại Trà Khúc 7,03 m (17h ngày 16), trên BĐ3 0,53 m;

Sông Vệ tại trạm Sông Vệ 5,90 m (8h ngày 16), trên BĐ3 1,4 m; dưới lũ lịch sử năm 2013 0,13 m.

Sông Kôn tại Thạnh Hòa 9,52 m (19h ngày 16), trên BĐ3 1,52 m; dưới lũ lịch sử năm 2013 0,16 m;

Sông Ba tại An Khê 408,1 (20h ngày 16), trên BĐ3 1,6 m, tại Ayunpa 156,76 m (22h ngày 16), trên BĐ3 0,76 m; tại Củng Sơn 35,39 m (18h ngày 13), trên BĐ3 0,89 m; tại Phú Lâm 4,01 m (22h ngày 13), trên BĐ3 0,31 m;

Sông Cái Ninh Hòa tại Ninh Hòa 5,66 m (19h ngày 16), trên BĐ3 0,16 m;

Sông Cái Nha Trang tại Đồng Trăng 11,70 m (16h ngày 13), trên BĐ3 0,7 m;

Sông Cái Phan Rang tại Tân Mỹ 38,6 m (20h ngày 16), trên BĐ3 0,6 m; tại Phan Rang 3,88 m (23h ngày 16), dưới BĐ3 0,62 m.

Trong tháng, trên các sông khác ở Trung Bộ và khu vực Tây Nguyên xuất hiện 1 - 2 đợt dao động và lũ nhỏ, đỉnh lũ trên các sông ở mức thấp.

Lượng dòng chảy trên các sông chính ở Thanh Hóa Nghệ An thiếu hụt từ 20 - 50% so với TBNN cùng kỳ; các sông khác ở Trung Bộ và khu vực Tây Nguyên ở mức xấp xỉ và cao hơn từ 20 - 45% so với TBNN cùng kỳ.

Tình hình hồ chứa đến ngày 31/12:

Hồ chứa thủy lợi: Dung tích chứa trên phần lớn các hồ chứa thủy lợi khu vực Trung Bộ và khu vực Tây Nguyên đều đạt trung bình từ 85-100% dung tích thiết kế (DTTK), nhiều hồ đang tràn nước; riêng một số hồ ở Thanh Hóa chỉ đạt 75% DTTK.

Hồ thủy điện: Mực nước hầu hết các hồ chứa ở Trung Bộ và khu vực Tây Nguyên đều ở mức xấp xỉ hoặc thấp hơn mực nước dâng bình thường (MNDBT) từ 0,2 - 0,8 m, một số hồ cao hơn MNDBT từ 0,5 - 1,1 m như Vĩnh Sơn A, Vĩnh Sơn B, Vĩnh Sơn C. Các hồ Bản Vẽ, Sê San 4A, Thác Mơ thấp hơn MNDBT từ 1,3 - 3,0 m.

### 3. Khu vực Nam Bộ

Trong tháng, mực nước sông Cửu Long dao động theo triều với xu thế xuống dần. Mực

nước cao nhất tháng, trên sông Tiền tại Tân Châu: 2,16 m (ngày 01/12), sông Hậu tại Châu Đốc: 2,13 m (ngày 15/12), ở mức xấp xỉ và thấp hơn khoảng 0,15 m so với TBNN cùng kỳ.

Trên sông Sài Gòn chịu ảnh hưởng của 1 kỳ triều cường mạnh, mực nước cao nhất tháng tại Phú An 1,6 m (trên BĐ3 0,1).

Trong tháng, mực nước trên sông Đồng Nai xuất hiện 2 đợt dao động nhỏ. Mực nước cao nhất tháng tại Tà Lài là 111,14 m (ngày 15/12).

ĐẶC TRƯNG MỘT SỐ YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG

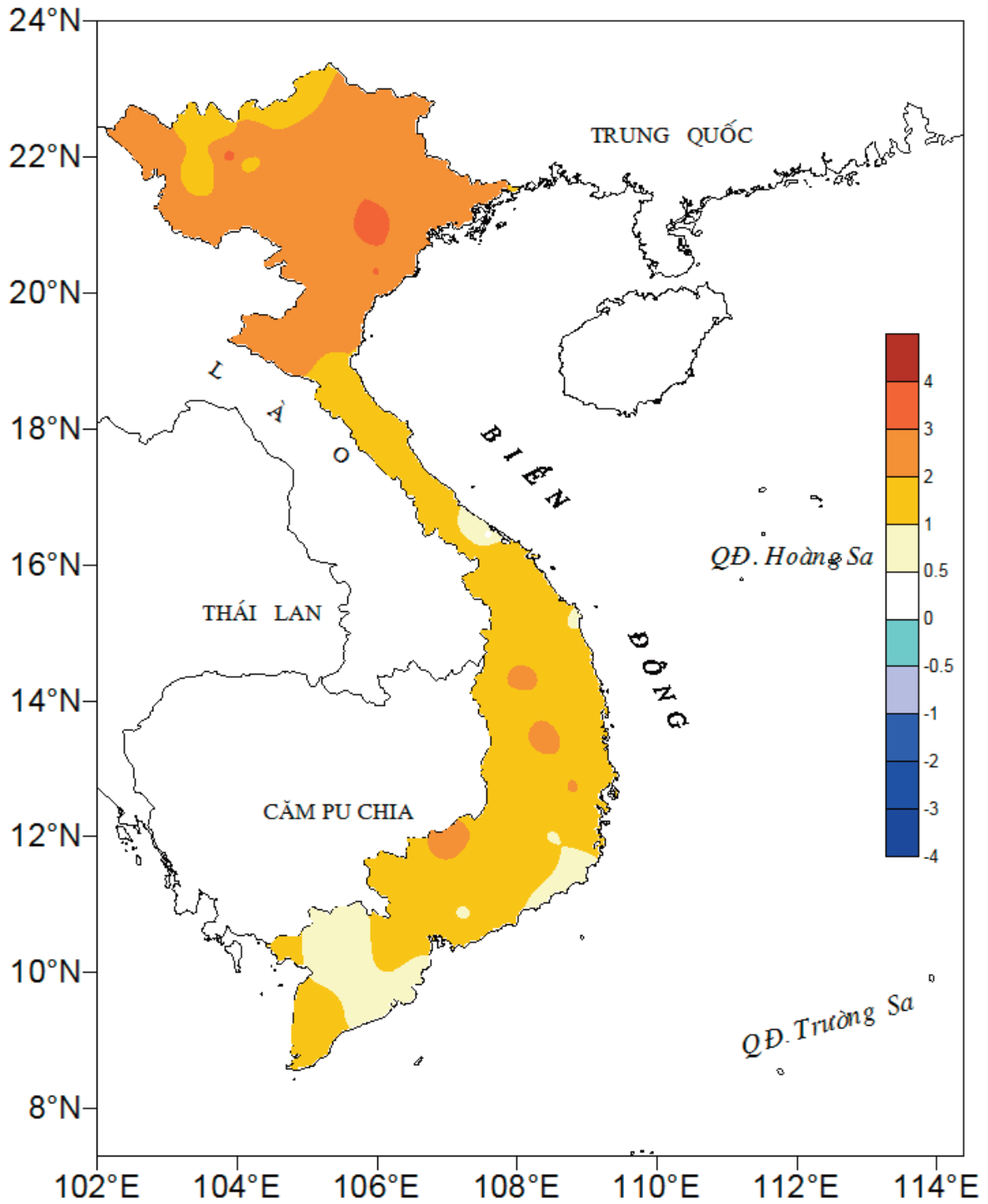
Số thứ tự	TÊN TRẠM	Nhiệt độ (°C)								Độ ẩm (%)		
		Trung bình	Chuẩn sai	Cao nhất			Thấp nhất			Trung bình	Thấp nhất	Ngày
				Trung bình	Tuyệt đối	Ngày	Trung bình	Tuyệt đối	Ngày			
1	Tam Đường	15.2	1.6	20.6	25.4	25	11.7	7.0	31	78	45	12
2	Điện Biên	18.0	1.8	26.2	30.2	26	13.4	9.8	30	81	38	8
3	Sơn La	17.1	2.1	24.1	28.8	25	12.4	8.5	30	76	39	9
4	Sa Pa	11.0	1.5	14.3	19.1	12	8.8	4.7	30	90	50	8
5	Lào Cai	19.3	2.0	23.8	28.5	21	16.8	12.0	30	82	47	7
6	Yên Bái	19.1	2.1	23.8	28.4	13	16.2	11.5	29	85	39	6
7	Hà Giang	18.6	1.9	23.6	28.1	13	15.7	10.2	30	82	31	6
8	Tuyên Quang	19.6	2.4	24.5	29.2	26	16.0	13.0	18	76	40	28
9	Lạng Sơn	17.2	2.4	23.0	29.2	21	13.3	6.5	30	74	33	30
10	Cao Bằng	17.3	2.3	24.4	30.1	26	13.2	6.7	28	79	38	6
11	Thái Nguyên	20.3	3.0	25.1	29.2	13	17.0	11.9	28	72	33	8
12	Bắc Giang	20.0	2.3	25.1	29.8	21	16.8	10.8	29	71	38	6
13	Phú Thọ	19.7	2.1	24.6	28.8	13	16.4	11.0	29	79	32	6
14	Hoà Bình	19.9	2.4	26.1	32.3	12	16.4	11.1	29	78	39	6
15	Hà Nội	21.5	3.3	25.5	29.5	12	19.0	14.9	28	64	32	8
16	Tiên Yên	18.9	2.5	23.6	28.2	5	15.9	8.7	29	80	38	8
17	Bãi Cháy	20.3	2.8	23.9	27.3	5	17.7	12.0	29	72	34	6
18	Phù Lĩn	20.2	2.1	25.0	29.0	12	17.5	12.1	29	81	53	8
19	Thái Bình	20.1	2.4	24.3	28.9	12	17.6	12.0	28	77	32	8
20	Nam Định	20.5	2.1	24.6	28.6	13	17.8	12.0	28	75	32	8
21	Thanh Hoá	20.6	2.0	24.1	27.8	5	18.3	14.0	28	77	28	8
22	Vinh	20.4	1.5	23.2	26.5	26	18.6	13.6	17	84	49	8
23	Đồng Hới	21.0	1.1	23.1	26.5	21	19.3	15.0	17	86	57	8
24	Huế	21.2	0.4	23.2	27.5	26	19.8	16.3	29	98	71	26
25	Đà Nẵng	23.3	1.4	25.6	28.7	21	21.8	18.0	30	89	63	10
26	Quảng Ngãi	23.3	0.9	26.2	30.3	3	21.7	18.3	29	92	65	26
27	Quy Nhơn	25.0	1.3	26.6	29.8	3	23.6	20.2	30	87	63	9
28	Plây Cù	21.1	1.8	25.8	29.3	21	18.5	15.0	10	83	54	3
29	Buôn Ma Thuột	22.3	1.1	25.6	28.4	14	20.6	17.2	28	87	60	22
30	Đà Lạt	17.6	0.9	20.8	24.6	26	15.7	12.2	28	86	33	26
31	Nha Trang	25.4	1.5	27.4	29.3	26	24.1	20.9	30	86	59	27
32	Phan Thiết	26.3	1.0	29.6	32.6	30	24.1	21.7	28	84	56	17
33	Vũng Tàu	26.7	1.2	30.0	31.8	24	24.4	23.0	22	82	58	29
34	Tây Ninh	26.4	1.2	30.8	33.8	25	23.3	20.6	28	83	50	26
35	T.P H-C-M	27.3	1.6	31.4	34.6	22	24.6	23.0	28	78	48	17
36	Tiền giang	26.6	1.7	30.3	32.8	22	24.3	22.5	30	86	57	22
37	Cần Thơ	26.5	0.9	30.2	32.9	4	24.2	22.8	13	84	53	22
38	Sóc Trăng	26.5	0.9	29.9	32.5	24	24.2	22.7	29	84	56	22
39	Rạch Giá	26.8	0.9	30.2	32.0	21	24.4	22.7	28	82	58	28
40	Cà Mau	27.1	1.6	30.3	32.0	22	24.8	23.2	31	80	56	22

Ghi chú: Ghi theo công điện khí hậu hàng tháng

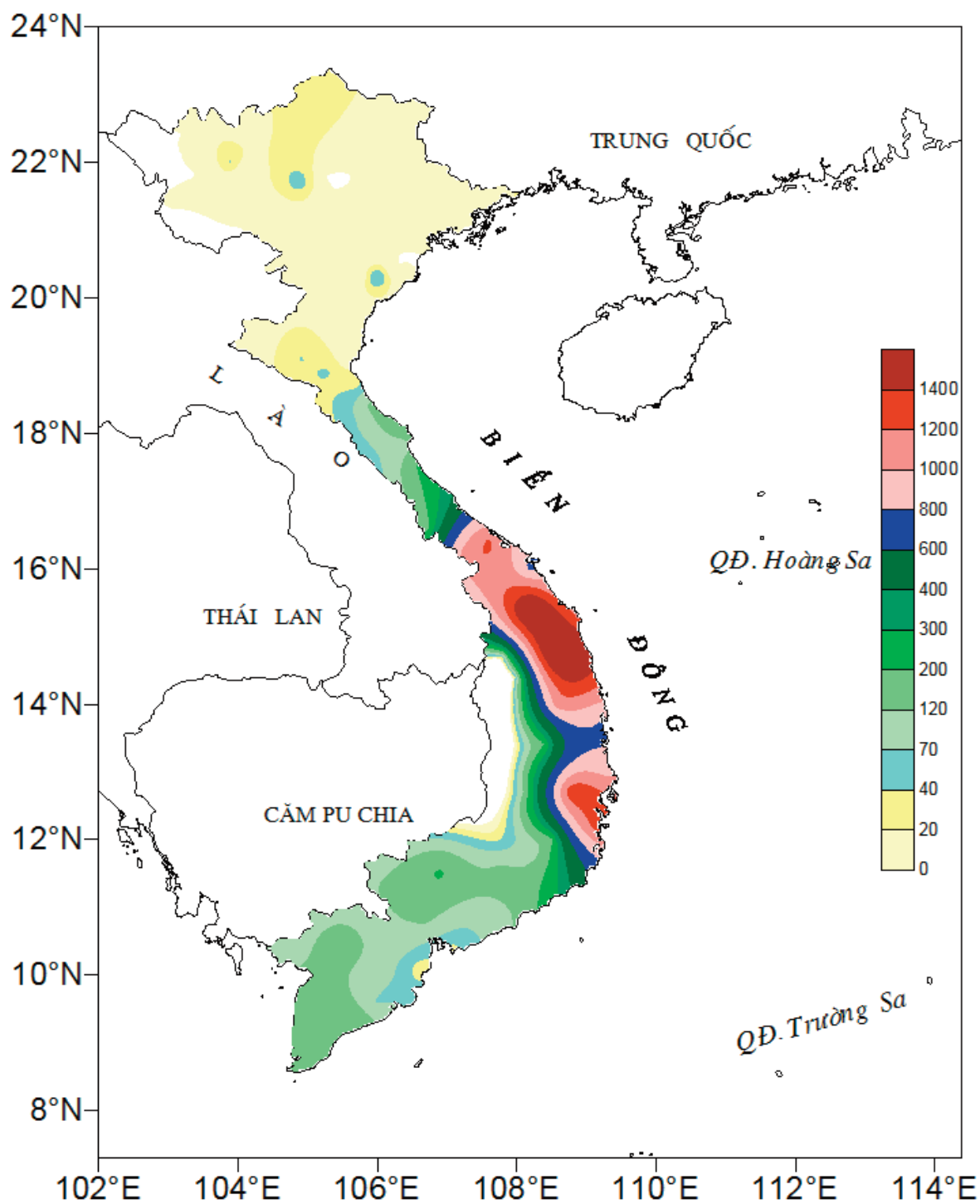
CỦA CÁC TRẠM THÁNG 12 NĂM 2016

Lượng mưa (mm)							Lượng bốc hơi (mm)			Giờ nắng		Số ngày				Số thứ tự
Tổng số	Chuẩn sai	Cao nhất	Ngày	Số ngày liên tục		Số ngày có mưa	Tổng số	Cao nhất	Ngày	Tổng số	Chuẩn sai	Gió tây khô nóng		Đông	Mưa phùn	
				Không mưa	Có mưa							Nhẹ	Mạnh			
0	-33	0	28	27	2	2	65	3	12	195	22	0	0	0	0	1
1	-20	1	16	30	1	1	65	5	29	178	23	0	0	0	0	2
2	-11	2	16	15	1	1	76	4	12	195	31	0	0	0	0	3
17	-38	6	15	10	5	16	26	6	12	101	-25	0	0	0	0	4
6	-19	2	27	9	1	5	70	3	12	100	-11	0	0	0	0	5
56	30	47	14	13	3	5	72	5	1	123	27	0	0	0	0	6
35	4	30	14	13	3	7	52	4	1	103	14	0	0	0	0	7
1	-18	0	15	16	1	2	72	5	27	151	48	0	0	0	0	8
5	-18	5	13	12	1	2	116	8	27	177	61	0	0	0	0	9
12	-7	5	13	12	3	4	69	6	27	153	43	0	0	0	0	10
2	-22	2	27	26	1	1	128	8	27	157	34	0	0	0	0	11
1	-17	1	27	20	1	1	110	6	27	149	18	0	0	0	0	12
3	-22	1	15	15	3	3	91	5	17	146	36	0	0	0	0	13
2	-10	1	16	14	2	3	73	4	6	165	43	0	0	0	0	14
9	-14	5	27	14	1	3	111	6	7	135	26	0	0	0	0	15
3	-21	1	27	24	3	3	86	6	1	114	-2	0	0	0	0	16
1	-18	1	31	30	1	1	122	10	29	114	-25	0	0	0	0	17
1	-31	1	26	12	3	4	88	5	6	123	-6	0	0	0	0	18
2	-21	1	22	15	1	4	89	6	1	105	-22	0	0	0	3	19
2	-27	2	22	17	1	2	87	6	1	96	-33	0	0	0	0	20
4	-25	1	20	9	1	5	77	5	1	86	-43	0	0	0	0	21
31	-38	12	15	9	4	9	55	3	6	38	-50	0	0	0	0	22
209	80	99	15	4	5	20	61	4	8	28	-51	0	0	0	0	23
1219	922	191	15	1	21	30	14	1	10	21	-54	0	0	0	0	24
758	559	109	3	2	10	28	35	2	3	39	-72	0	0	0	0	25
1475	1207	267	15	1	17	29	27	2	28	46	-55	0	0	0	0	26
804	634	134	15	1	11	27	61	4	27	54	-76	0	0	1	0	27
76	63	29	12	15	5	9	50	3	29	136	-97	0	0	0	0	28
114	92	39	13	11	6	15	57	4	22	104	-100	0	0	1	0	29
174	145	46	13	9	8	19	38	3	26	97	-132	0	0	0	0	30
1339	1172	259	13	4	10	22	86	6	17	59	-92	0	0	1	0	31
141	120	69	13	12	4	8	95	5	3	100	-152	0	0	0	0	32
34	11	9	3	9	3	11	69	4	3	108	-122	0	0	3	0	33
128	89	27	13	10	5	13	82	5	30	142	-107	0	0	2	0	34
129	81	22	9	10	6	12	76	4	29	95	-128	0	0	2	0	35
83	43	26	7	9	9	17	57	3	22	123	-96	0	0	8	0	36
106	65	27	15	9	4	15	64	3	29	129	-79	0	0	1	0	37
67	25	17	13	7	6	17	62	4	22	107	-99	0	0	1	0	38
125	80	40	1	4	4	15	75	4	29	137	-87	0	0	3	0	39
172	90	47	12	4	3	15	79	4	30	108	-93	0	0	2	0	40



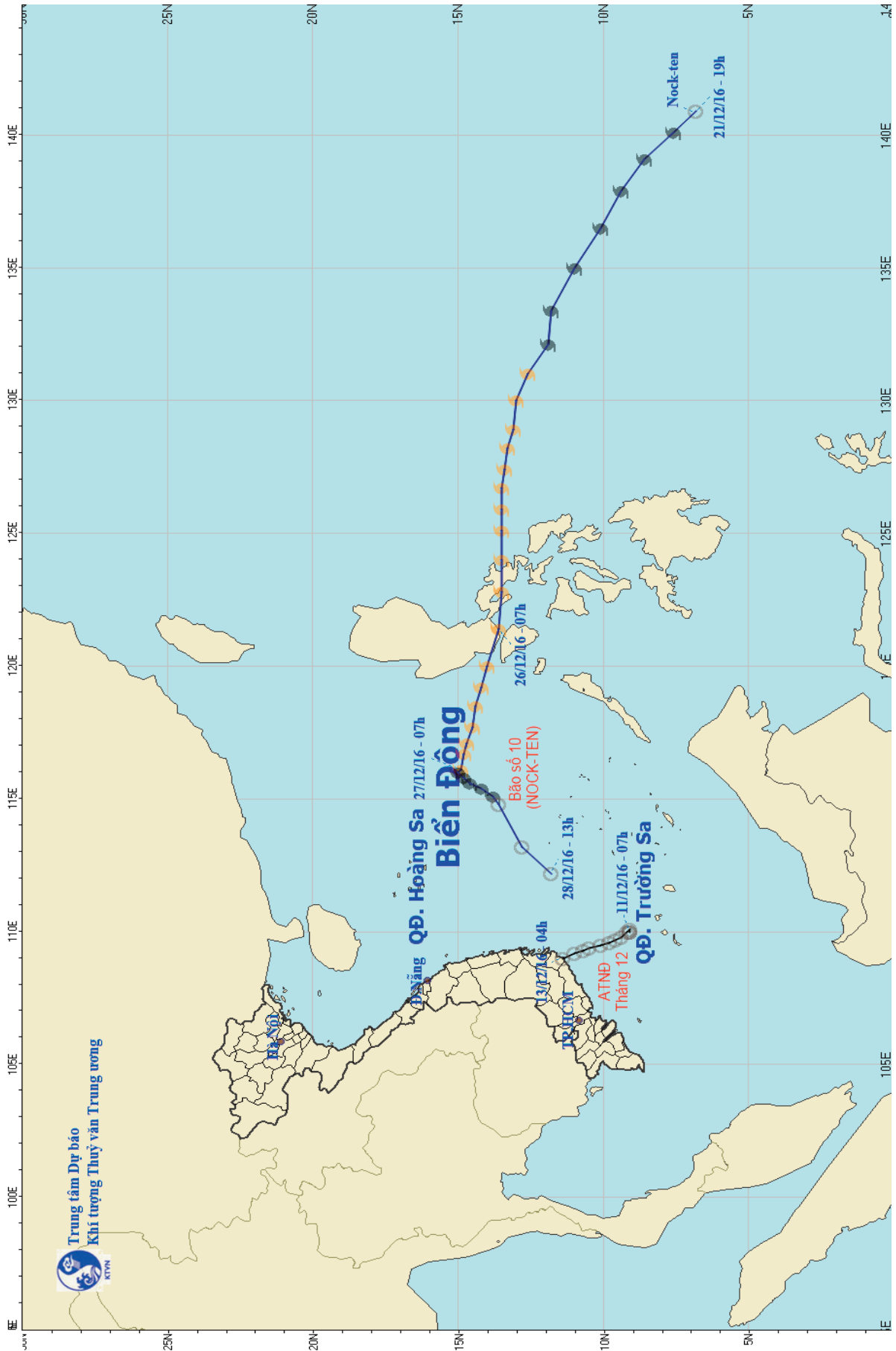


**Hình 1: Bản đồ chuẩn sai nhiệt độ tháng 12 - 2016 (độ C)**  
 (Theo công điện Clim hàng tháng)



**Hình 2: Bản đồ lượng mưa tháng 12 - 2016 (mm)**

*(Theo công điện Clim hàng tháng)*



THÔNG BÁO KẾT QUẢ QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TẠI MỘT SỐ TỈNH, THÀNH PHỐ

Tháng 12 năm 2016

I. SỐ LIỆU THỰC ĐO

Tên trạm	Phủ Liễn (Hải Phòng)			Láng (Hà Nội)			Cúc Phương (Ninh Bình)			Đà Nẵng (Đà Nẵng)			Pleiku (Gia Lai)			Nhà Bè (TP Hồ Chí Minh)			Sơn La (Sơn La)			Vinh (Nghệ An)			Cần Thơ (Cần Thơ)			
	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	Max	Min	TB	
SR (w/m <sup>2</sup> )	**	**	**	**	**	**	702	0	139	**	**	**	650	0	83	703	0	118	**	**	**	360	0	80	**	**	**	
UV (w/m <sup>2</sup> )	**	**	**	**	**	**	13,1	0	2,8	**	**	**	11,1	0	1,6	**	**	**	**	**	**	12,8	0	1,7	**	**	**	
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	**	**	**	157	15	69	**	**	**	**	**	88	16	51	86	86	12	22	59	11	30	162	28	45	38	5	18	
NO (µg/m <sup>3</sup> )	12	2	7	29	2	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	21	2	12	77	4	18	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
NH <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	14	5	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	8	2	5	**	**	**	
CO (µg/m <sup>3</sup> )	**	**	**	1237	424	1055	**	**	**	**	**	3642	450	962	1718	115	473	**	**	**	**	3892	592	916	3028	650	1045	
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	78	8	21	**	**	**	70	8	18	**	**	29	3	7	41	2	25	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
CH <sub>4</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
TSP (µg/m <sup>3</sup> )	**	**	**	157	19	47	**	**	**	**	**	**	**	**	**	218	7	52	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	**	**	**	137	14	26	**	**	**	**	**	**	**	**	**	86	2	23	**	**	**	**	**	**	**	**	**	

Chú thích:

- Các trạm Sơn La, Vinh, Cần Thơ không đo các yếu tố O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, TSP, PM10;
- Giá trị **Max** trong các bảng là số liệu trung bình 1 giờ lớn nhất trong tháng; giá trị **min** là số liệu trung bình 1 giờ nhỏ nhất trong tháng và **TB** là số liệu trung bình 1 giờ của cả tháng;
- Ký hiệu "\*\*\*\*": số liệu thiếu do lỗi thiết bị hồng ngoại, chưa xác định được nguyên nhân và chưa có linh kiện thay thế.

II. NHẬN XÉT

- Giá trị trung bình 1 giờ các yếu tố quan trắc được tại 09 trạm đều nằm trong quy chuẩn cho phép (giá trị tương ứng theo QCVN 05:2013/BTNMT).

TRUNG TÂM MẠNG LƯỚI KTTV VÀ MÔI TRƯỜNG

# Table this Issue

No 673\* January 2017

- 1** **Tran Hong Thai** - National Hydro-Meteorological Service  
**Vo Van Hoa** - Hydrometeorological Observatory Northern Delta Region  
**Du Duc Tien, Luong Thi Thanh Huyen** - National Center for Hydro-meteorology Forecasting  
Snow Forecast Over Bac Bo With High Resolution Regional Model
  
- 7** **Nguyen Dang Mau** - Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change  
**Nguyen Minh Truong** - Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam  
**Hidetaka Sasaki, Izuru Takayabu** - Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan  
Rainfall Projection For Seasonal Rainfall Over Vietnam By The End Of 21st Century Under Rcp8.5 Scenario By The Nhrcm Model
  
- 14** **Le Kim Dung** - Hong Duc University  
Climate Change and Natural Disasters in Thanh Hoa
  
- 22** **Nguyen Van Huong, Nguyen Ba Thuy** - National Center for Hydro-meteorology Forecasting  
The Effect of Tide And Wave on Storm Surge on The Northern Coast of Vietnam
  
- 28** **Hoang Thi Nguyet Minh** - Ha Noi University of Natural Resources and Environment  
**Nguyen ngoc Ha** - National Center for Water Resources Planning and Investigation  
Assessing Water Stress In The Ma River Basin By Indexes
  
- 36** **Duong Van Khanh** - Center for Meteorology, Hydrology and Environment  
Determining Cross-Sectional Mean Flow Velocity by Hydroacoustical Measurement of Local Velocity in Conjunction with Numerical Simulation of Velocity Distribution
  
- 43** **Thai Thi Thanh Minh, Nguyen Trung Anh**  
Ha Noi University of Natural Resources and Environment  
Calculating and Forecasting Methane Emission from Municipal Solid Waste Disposal for Ha Noi Capital
  
- 52** Summary of the Meteorological, Agro-Meteorological, Hydrological Conditions in December 2016 - **National Center of Hydro - Meteorological Forecasting and Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change**
  
- 64** Report on Air Environmental Quality Monitoring in some Provinces in December 2016 - **Hydro-Meteorological and Environmental Network Center**