

VAI TRÒ LÀM GIẢM TÁC ĐỘNG CỦA DÒNG CHẢY, SÓNG DO RỪNG NGẬP MẶN Ở KHU VỰC VEN BỜ BÀNG LA- ĐẠI HỢP (HẢI PHÒNG)

Vũ Duy Vĩnh, Trần Anh Tú, Trần Đức Thạnh, Vũ Đoàn Thái

Viện Tài nguyên và Môi trường biển. 246, Đà Nẵng, Ngô Quyền, Hải Phòng

Email : vinhvd@imer.ac.vn

Tóm tắt:

Bài viết này trình bày một số kết quả ứng dụng mô hình toán học (Delft3d) để mô phỏng các đặc điểm thủy động lực, lan truyền sóng và tương tác của các quá trình này ở điều kiện không có và điều kiện có rừng ngập mặn (RNM) bằng các công thức của Baptist (2005) và Collins (1972) nhằm đánh giá định lượng vai trò của RNM trong việc làm giảm tác động của sóng, dòng chảy ở vùng ven bờ Bang La- Đại Hợp. Các kết quả cho thấy: RNM đã làm giảm mạnh tốc độ dòng chảy trong các điều kiện bình thường và bão với giá trị suy giảm 40-70%. Khu vực RNM mới trồng mức độ suy giảm vận tốc do dòng chảy trong các điều kiện bình thường và bão khoảng 40-50%. Vận tốc dòng chảy ở điều kiện bình thường và bão nhỏ trong RNM hầu hết có giá trị dưới 0,15m/s và dưới 0,25m/s (đối với bão lớn). Độ cao sóng lớn nhất sau RNM trong các điều kiện bình thường chỉ còn khoảng 0,1-0,15m. Hệ số suy giảm độ cao sóng không biến động nhiều giữa các mặt cắt khác nhau ở khu vực này và có giá trị khoảng 0.2-0.45 (mùa khô) và 30-60% (vào mùa mưa). Trong điều kiện bão nhỏ, độ cao sóng lớn nhất sau RNM có giá trị khoảng 0,6-0,8m, hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0.4. Đối với bão lớn độ cao sóng sau RNM lớn nhất chỉ còn 0,8-1,1m, với hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0.28.

HYDRODYNAMICS AND WAVES ATTENUATION IN THE MANGROVE FOREST IN COASTAL ZONE OF BANG LA- DAI HOP (HAI PHONG).

Abstract:

In this paper, we present results applying a numerical model to simulate hydrodynamics and wave attenuation in the mangrove forest in coastal zone of Bang La- Dai Hop (Hai Phong). Base on Delft3d model and bottom friction formulas of Baptist (2005) and Collins (1972), scenarios in the case of mangrove and without mangrove were setup. The results gained show: current velocities in the mangrove area have decreased about 40-70% comparison to in the case of without mangroves. Current velocities in the mangrove forest

with in case of normal and small typhoon condition are almost below 0.1m/s and 0.15m/s (for big typhoon). Maximum wave height after mangrove forest in the normal condition only reach to 0,1-0,15m. Wave reduction coefficients are not so much change between different cross-section and their value about 0.20-0.45 (dry season) and 0.3-0.60 (wet season). In the case of small typhoon, maximum wave height after mangrove forest about 0.6-0.8m, wave reduction coefficients value is about 40%. In the case of big typhoon, maximum wave height after mangrove forest about 0.8-1.1m, wave reduction coefficients value is about 0.28.

I. MỞ ĐẦU

Làm giảm tác động của sóng, bảo vệ bờ biển là một trong những vai trò quan trọng của rừng ngập mặn (RNM). Một số nghiên cứu, đánh giá về vai trò làm giảm sóng, bảo vệ bờ biển của RNM đã được thực hiện gần đây [1, 5, 8, 9, 13] đã cho thấy điều đó. Tuy nhiên, những nghiên cứu về vai trò làm giảm ảnh hưởng của tác động sóng do RNM dựa trên các mô hình toán học ở Việt Nam còn rất mới mẻ mà phần nhiều mới chỉ dừng lại ở việc phân tích các số liệu quan trắc. Trong bài báo này chúng tôi trình bày một số kết quả ứng dụng mô hình toán học (dựa trên hệ thống mô hình tổng hợp Delft3d-Flow và Delft3d-Wave) để mô phỏng các đặc điểm thủy động lực, lan truyền sóng và tương tác của các quá trình này ở điều kiện không có và điều kiện có RNM bằng các công thức của Baptist (2005) và Collins (1972) nhằm đánh giá định lượng vai trò của RNM trong việc làm giảm tác động của sóng, dòng chảy ở vùng ven bờ Bãi La- Đại Hạp (Hải Phòng).

II. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Để thiết lập và phân tích vai trò của RNM trong việc làm giảm độ cao sóng ở các khu vực nghiên cứu tài liệu đã được thu thập trong khuôn khổ thực hiện đề tài [121] bao gồm:

- Các tài liệu về sinh thái RNM ở các khu vực nghiên cứu: đặc điểm cấu trúc, mật độ, đường kính thân, rễ, chiều cao của cây ngập mặn.
- Các tài liệu về khí tượng thủy văn, hải văn, địa hình vùng ven bờ Hải Phòng và các khu vực có RNM.

Phương pháp chủ yếu để thực hiện:

- Phương pháp phân tích thống kê: phân tích dựa trên số liệu quan trắc sóng giữa các khu vực có và không có cây ngập mặn.
- Phương pháp mô hình hóa: thiết lập các mô hình tổng hợp: thủy động lực- sóng trong các trường hợp có cây ngập mặn và không có cây ngập mặn. Tham số hóa hệ số ma sát trong mô hình thủy động lực bằng công thức của Baptist (2005) và mô hình sóng bằng công thức của Collins (1972). Mô hình được sử dụng là mô hình Delft3d của Hà Lan[14].
- Đánh giá ảnh hưởng của RNM trong việc làm giảm độ cao sóng, một số tác giả [4,

5,7,10, 11] đã sử dụng công thức:

$$r = (H_s - H_L) / H_s \quad (1)$$

H_s - độ cao sóng trước RNM, H_L – độ cao sóng ở khoảng cách L từ mép ngoài rừng.

- Để đánh giá ảnh hưởng của chỉ riêng yếu tố RNM trong việc làm giảm độ cao sóng, một số tác giả chúng tôi tính toán hệ số suy giảm độ cao sóng do RNM bằng công thức sau:

$$R = (h_{\text{không có RNM}} - h_{\text{có RNM}}) / h_{\text{không có RNM}} \quad (2)$$

trong đó: $h_{\text{không có RNM}}$, $h_{\text{có RNM}}$ lần lượt là độ cao sóng khi không và có RNM

Trong mô hình Delft3d-Flow, ảnh hưởng của cây ngập mặn được biểu thị chủ yếu qua hệ số nhám Chezy (Baptist, 2005):

$$C = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{C_b^2} + \frac{C_D n h_v}{2g}}} + \frac{\sqrt{g}}{\kappa} \ln\left(\frac{h}{h_v}\right) \quad (3)$$

Trong công thức trên: C_b - hệ số nhám Chezy khi không có cây ngập mặn (hệ số nhám tự nhiên): $n=m.D$; trong đó m - mật độ cây; D - đường kính cây; h - độ sâu; h_v - chiều cao của cây; κ - hằng số Von Karman (=0,4); C_D - hệ số cản (0,9-1,0).

Một số tính toán về suy giảm sóng trong RNM đã được thực hiện [3,13]. Theo những kết quả đó, cây ngập mặn có thể được xem như một thành phần ma sát mở rộng - thành phần gây ra sự tiêu tán năng lượng sóng. Trong mô hình sóng Delft3d-Wave, có thể mô tả ảnh hưởng của cây ngập mặn qua hệ số ma sát Collins (1972), sự phát tán năng lượng sóng S:

$$S(\omega, \theta) = -C_{\text{bottom}} \frac{\omega^2}{g^2 \sinh^2(kh)} E(\omega, \theta) \quad (4)$$

trong đó: S-năng lượng sóng phát tán; ω -tần số sóng ($2\pi/T$); θ -hướng sóng; C_{bottom} -hệ số ma sát, k-số sóng; h-độ sâu; E-năng lượng tổng cộng.

Collins đã liên hệ hệ số ma sát đáy C_{bottom} với quỹ đạo vận tốc sóng U_{orb} và hệ số ma sát Collins c_f , như sau:

$$C_{\text{bottom}} = c_f g U_{\text{orb}} \quad (5)$$

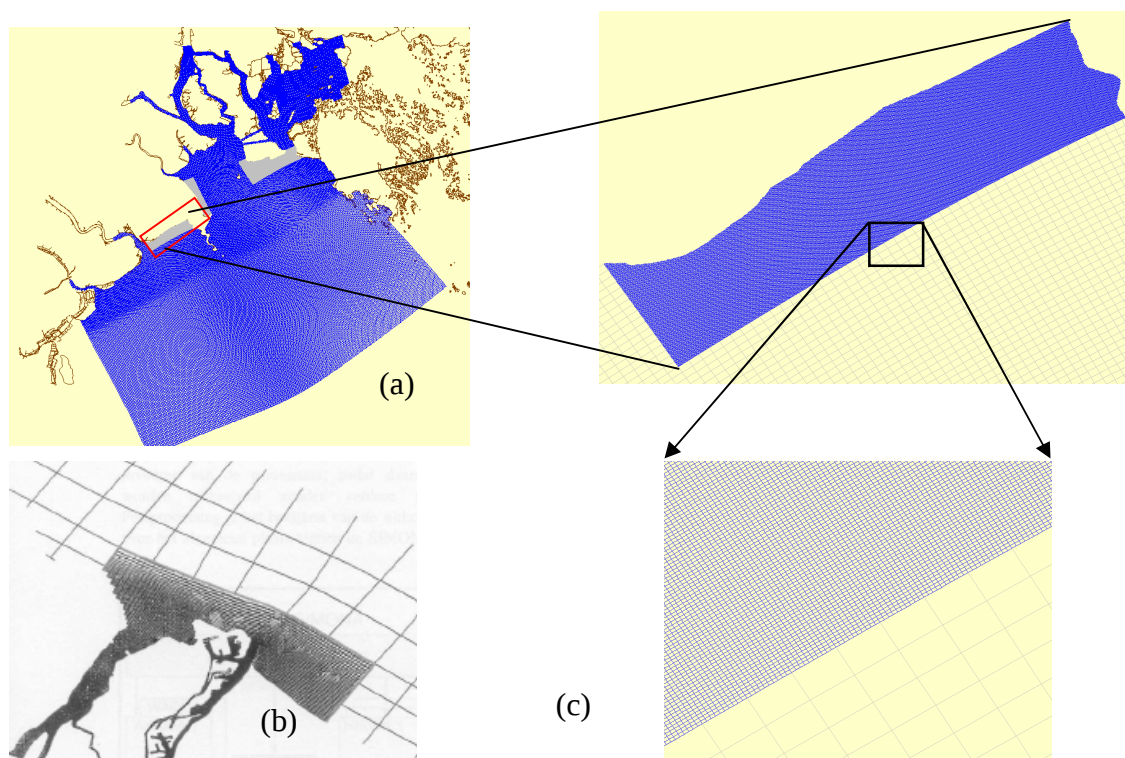
Thay vào phương trình trên ta có năng lượng tiêu tán S, được biểu diễn như sau:

$$S = -\frac{1}{2} c_f \rho U_{\text{orb}}^3 \quad (6)$$

De Vries và Roelvink (2004) cho thấy có thể thay hệ số ma sát Collins c_f bằng hệ số của cây ngập mặn c_v . Hệ số ma sát của cây ngập mặn biểu diễn đặc trưng của cây ngập mặn:

$$c_v = f_w D n dz \quad (7)$$

Ở đây: f_w -là thành phần ma sát; D-đường kính thân cây; n-số thân cây trên mét vuông và dz là chiều cao thân cây.



Hình 1. Lưới tính của các mô hình (a)-vùng ven bờ Hải Phòng; (b)- một ví dụ về phương pháp phân ly miền tính; (c)- khu vực Bàng La- Đại Hới

II. THIẾT LẬP MÔ HÌNH THỦY ĐỘNG LỰC- SÓNG

Trên cơ sở phân tích đặc điểm cấu trúc RNM ở các khu vực nghiên cứu, chúng tôi đã tính toán các hệ số ma sát theo các công thức của Baptist (thủy động lực), Collins (sóng) và đưa vào các mô hình ở dạng file với các định dạng như các file địa hình.

Để thiết lập các mô hình thủy động lực và lan truyền sóng cho vùng ven biển Hải Phòng và các khu vực ven biển Đại Hới - Bàng La, chúng tôi đã sử dụng kết hợp các phương pháp lưới lồng (nesting) và phân ly miền tính (Domain Decomposition). Theo phương pháp này, 3 nhóm mô hình đã được thiết lập như sau:

Mô hình cho toàn bộ vùng ven biển Bắc Bộ. **Nesting** - Mô hình vùng ven biển Hải Phòng **Domain Decomposition** - Mô hình cho khu vực nghiên cứu.

Lưới tính ở các khu vực nghiên cứu là các lưới rất chi tiết với biên phía ngoài là miền tính của mô hình cho toàn bộ vùng cửa sông Hải Phòng, phía trong là miền tính chi tiết của khu vực cần quan tâm, các kết quả của mô hình lưới tính thưa sẽ được dùng làm điều kiện biên cho lưới tính chi tiết. Các mô hình lưới tính thô và chi tiết chạy đồng thời. Phương pháp này được gọi là phương pháp phân ly miền tính (hình 1-b, c).

Lưới tính: Lưới tính của các mô hình thủy động lực, sóng là các lưới cong trực giao. Miền tính chi tiết phía trong cho ven bờ Bàng La - Đại Hới là lưới tính rất chi tiết với kích

thước 6,8 km theo chiều dọc bờ và khoảng 1,45 km theo chiều vuông góc từ bờ ra phía ngoài. Toàn bộ vùng tính của miền này được chia làm 489 x 182 điểm tính, với kích thước của các ô lưới biến đổi trong khoảng 7m đến 9m (hình 1-c).

Thời gian tính toán: Để đảm bảo cho mô hình chạy ổn định, đối với mỗi kịch bản, thời gian chạy mô hình là 30 ngày, bước thời gian tính cho các mô hình đều đặt cùng một giá trị là 0,2 phút.

Hiệu chỉnh kiểm chứng kết quả của các mô hình: Đối với mô hình phía ngoài của các khu vực nghiên cứu (hình 1 - a), chúng tôi đã sử dụng kết quả tính toán mực nước, sóng của mô hình tại Hòn Dấu so sánh với các giá trị quan trắc. Sau lần hiệu chỉnh cuối, đã có sự phù hợp tương đối giữa kết quả mô hình tính và số liệu quan trắc.

Các kịch bản tính toán dự báo bao gồm: mùa mưa, mùa khô, bão nhỏ (cấp 8-9) và bão lớn (cấp 11-12).

III. VAI TRÒ CỦA RỪNG NGẬP MẶN

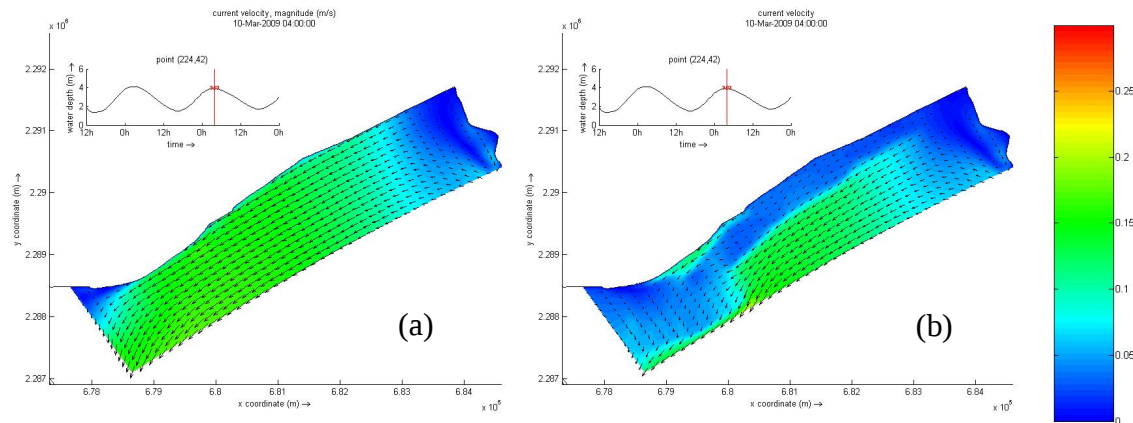
1. Tác động đến điều kiện thủy động lực

Các kết quả tính toán mô phỏng cho thấy đặc trưng dòng chảy ở khu vực ven bờ Bàng La - Đại Hợp do địa hình ở vùng RNM khá nông nên dao động mực nước triều vừa là nguyên nhân trực tiếp tác động đến điều kiện thủy động lực vừa là yếu tố tác động gián tiếp (làm thay đổi độ sâu). Tác động của RNM đến trường dòng chảy ven bờ Bàng La - Đại Hợp đã được thể hiện rõ qua các kết quả tính toán.

Mùa khô: Trong thời điểm nước lớn, ảnh hưởng của các dải RNM đã tạo thành các khu vực vận tốc có giá trị nhỏ đột ngột theo không gian (hình 2). Mặc dù xu hướng chảy của trường dòng chảy vẫn không thay đổi nhiều so với trường hợp không có RNM nhưng giá trị vận tốc dòng chảy giảm mạnh ở những nơi có RNM. Vào thời điểm triều xuống, xu hướng tương tự cũng được thể hiện nhưng do trường vận tốc dòng chảy trong pha triều này nhỏ hơn thời điểm nước lớn nên không thể hiện rõ như thời điểm nước lớn và mức độ suy giảm của vận tốc dòng chảy cũng có vẻ nhỏ hơn so với thời điểm nước lớn. Phân bố không gian của trường dòng chảy vào thời điểm nước ròng và triều lên cũng thể hiện ảnh hưởng do cây ngập mặn với xu hướng tương tự như trong các pha triều khác.

Mùa mưa: Vào mùa mưa, ảnh hưởng của cây ngập mặn đến điều kiện dòng chảy ở vùng ven bờ Bàng La - Đại Hợp cũng tương tự như trong mùa khô tuy mức độ suy giảm vận tốc dòng chảy do cây ngập mặn khác nhau.

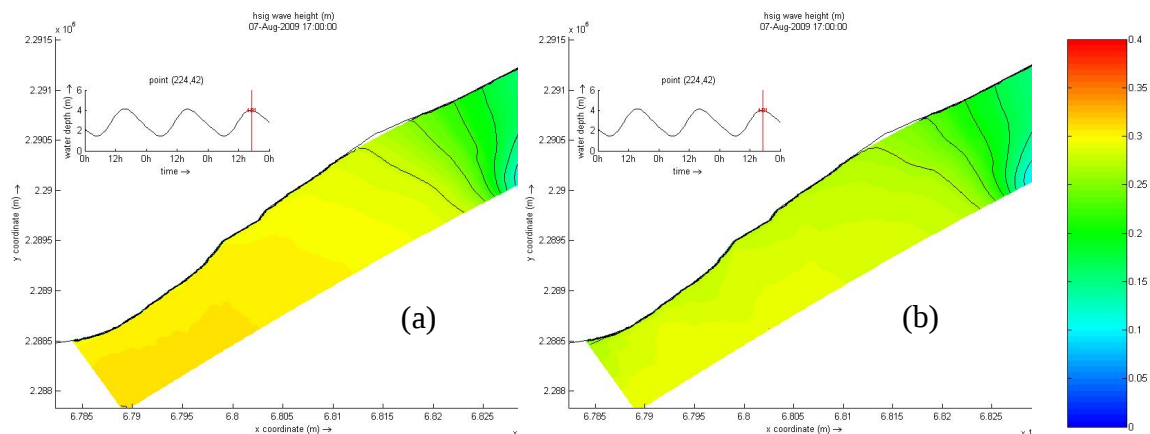
Kết quả tính biến động của giá trị vận tốc dòng chảy tại các mặt cắt khác nhau (vuông góc với bờ). Các kết quả phân tích tổng hợp cho thấy do RNM, vận tốc dòng chảy đã suy giảm với giá trị khoảng 40-70% so với trường hợp không có RNM. Giá trị độ lớn dòng chảy giảm mạnh ở khoảng 100-500m đầu tiên, sau đó ít thay đổi. Theo pha triều, mức độ suy giảm do RNM cũng khác nhau với xu thế là giảm mạnh ở thời điểm nước ròng và giảm ít hơn ở thời điểm nước lớn. Mặc dù phụ thuộc nhiều vào kiểu cấu trúc và độ rộng của dải RNM nhưng vị trí và địa hình cũng ảnh hưởng đến mức độ suy giảm này.



Hình 2. Trường dòng chảy ven bờ Bàng La –Đại Hợp, mùa khô
(a- không có RNM; b- có RNM)

2. Ảnh hưởng đến lan truyền sóng

Các kết quả tính toán mô phỏng cũng cho thấy các đặc trưng sóng ở khu vực ven bờ Bàng La - Đại Hợp thể hiện sự ảnh hưởng tương tác với dao động mực nước. Đây là yếu tố tuy không ảnh hưởng trực tiếp đến chế độ sóng nhưng tác động gián tiếp qua tương tác sóng - dòng triều và sự thay đổi độ sâu của khu vực nghiên cứu. Trong thời điểm nước lớn vào *mùa khô*, ảnh hưởng của các dải RNM đã tạo thành các khu vực có độ cao sóng có giá trị nhỏ hơn khi không có RNM theo không gian (hình 3). Mặc dù xu hướng phân bố theo không gian của trường độ cao sóng vẫn không thay đổi nhiều so với trường hợp không có RNM nhưng giá trị độ cao sóng đã giảm đáng kể với giá trị phổ biến dưới 0,1m. Vào thời điểm triều xuống, xu hướng tương tự cũng được thể hiện nhưng độ cao sóng giảm mạnh hơn so với thời điểm nước lớn. Trong *mùa mưa*, tuy độ cao sóng trường hợp không có RNM khá lớn so với mùa khô nhưng các xu hướng ảnh hưởng của RNM đến trường sóng ở khu vực này cũng thể hiện và biến động theo các pha triều tương tự như trường hợp mùa khô đã phân tích ở trên.



Hình 3. Trường sóng khu vực Bàng La - Đại Hợp, mùa mưa
(a- không có RNM; b- có RNM)

Tính biến động của độ cao sóng tại các mặt cắt khác nhau ở vùng ven bờ Bàng La-Đại Hợp cho thấy vào mùa khô ở khu vực ven bờ Bàng La-Đại Hợp có thể thấy sự suy giảm độ cao sóng do RNM ở đây không nhiều, có thể do vị trí của khu vực này tương đối khuất đối với trường sóng-gió hướng đông bắc nên chính bản thân độ cao sóng khi không có RNM cũng không lớn (dưới 0,2m ở ven bờ). Độ cao sóng và mức độ suy giảm độ cao sóng khác nhau ở các mặt cắt khác nhau phụ thuộc vào kiểu cấu trúc và độ rộng của dải RNM, vị trí, địa hình. Ngoài ra, biến động của mực nước triều cũng có những tác động nhất định với mức độ suy giảm độ cao sóng lớn nhất vào các thời điểm nước ròng. Hệ số suy giảm độ cao sóng vào mùa khô, phổ biến trong khoảng 0,2-0,45 Trong khi vào mùa mưa hệ số suy giảm độ cao sóng do RNM lớn hơn (khoảng 0,3-0,6). Hệ số suy giảm độ cao sóng ở khu vực này cũng giảm dần qua các mặt cắt từ mặt cắt từ phía tây nam lên phía đông bắc.

Liên hệ với kết quả tính của các tác giả khác (bảng 1), ta thấy có sự sai khác nhất định, tuy nhiên trong hệ số suy giảm sóng của các tác giả này tính đến cả ảnh hưởng của cả địa hình và hệ số suy giảm sóng ở đây bao gồm cả RNM và địa hình đáy.

Bảng 1. So sánh với các kết quả tính hệ số suy giảm sóng của một số tác giả khác

Tác giả	Khu vực	r
Mazda và nnk (1997)	Thụy Hải (Thái Bình)	0.05-0.2 *
Quartel (2000)	Đồ Sơn (Hải Phòng)	0.5-1.1 *
Massel và nnk (1999)	Lạch Cocoa (Úc) và đảo Iriomote (Nhật)	0.375 *
Schiereck và Booij (1995)	Mô hình	0.3-0.5 *
Vũ Đoàn Thái (2005)	Vinh Quang (Tiên Lãng)	0.77-0.88**

* Hệ số suy giảm độ cao sóng qua 100m rừng ngập mặn (tính từ công thức (1))

** Hệ số suy giảm độ cao sóng qua toàn bộ dải rừng ngập mặn (tính từ công thức (1))

3. Vai trò của RNM đến dòng chảy trong điều kiện bão

Ảnh hưởng của RNM đến các điều kiện thủy động lực và lan truyền sóng được thể hiện rõ hơn trong các điều kiện xuất hiện bão.

Với kịch bản bão nhỏ, các kết quả tính toán cho thấy trường dòng chảy tương tác với sóng vào thời điểm nước lớn ở vùng ven bờ Bàng La - Đại Hợp có phân bố khá phức tạp với hướng chảy chủ yếu là dọc bờ. Vận tốc dòng chảy phổ biến trong khoảng 0,15-0,3m/s. Cũng vào thời điểm đó nếu có RNM thì vận tốc dòng chảy giảm rất rõ rệt (còn dưới 0,1m/s ở khu vực có RNM), hướng dòng chảy chủ yếu vẫn là dọc bờ phía trong và ngoài vùng RNM. Vào các thời điểm khác xu hướng biến động của trường dòng chảy trong trường hợp có RNM và không có RNM trong bão nhỏ cũng tương tự như thời điểm nước lớn nhưng giá trị vận tốc nhỏ hơn (thấp nhất là vào thời điểm nước ròng).

Với kịch bản bão lớn, các kết quả tính toán cho thấy trường dòng chảy tương tác với sóng vào thời điểm nước lớn ở vùng ven bờ Bàng La - Đại Hợp cũng có phân bố khá phức tạp với hướng chảy chủ yếu là dọc bờ về phía tây nam và đông bắc. Vận tốc dòng chảy phổ

biển trong khoảng 0,15-0,35m/s. Cũng vào thời điểm đó nếu có RNM thì vận tốc dòng chảy giảm rất rõ rệt (còn dưới 0,15m/s ở khu vực có RNM), hướng dòng chảy chủ yếu vẫn là dọc bờ.

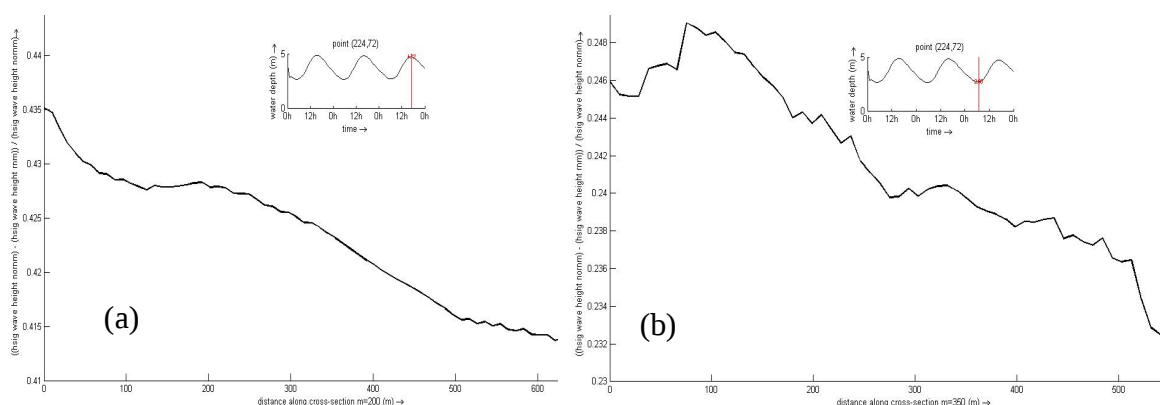
Vào các thời điểm khác xu hướng biến động của trường dòng chảy trong trường hợp có RNM và không có RNM trong bão lớn cũng tương tự như thời điểm nước lớn nhưng giá trị vận tốc không thay đổi nhiều so với thời điểm nước lớn (khác so với bão nhỏ và các kịch bản hiện trạng).

4. Vai trò làm giảm độ cao sóng của RNM trong điều kiện bão

Với kịch bản bão nhỏ, các kết quả tính toán cho thấy trường sóng cực đại khi không có RNM xuất hiện vào thời điểm nước lớn ở vùng ven bờ Bàng La-Đại Hợp phổ biến trong khoảng 1,2-1,5m. Cũng vào thời điểm đó nếu có RNM thì độ cao sóng ở vùng sát bờ chỉ còn 0,6-0,8m.

Vào các thời điểm khác trường sóng khi không có RNM có giá trị thấp hơn (thấp nhất là vào thời điểm nước ròng) và phổ biến dao động trong khoảng 0,8-1,2m. Khi có RNM độ cao sóng các thời điểm đó độ cao sóng chỉ còn 0,3-0,5m.

Tính toán hệ số suy giảm độ cao sóng do RNM ở khu vực này cho thấy hệ số suy giảm độ cao sóng trong trường hợp có bão cấp 8-9 dao động phổ biến trong khoảng 0,35-0,45 (hình 4-a), tùy thuộc vào vào vị trí các mặt cắt và trạng thái mực nước.



Hình 4. Hệ số suy giảm sóng do cây ngập mặn ở khu vực ven bờ Bàng La- Đại Hợp
(a- bão cấp 8-9; b- bão cấp 11-12)

Với kịch bản bão lớn, các kết quả tính toán cho thấy trường sóng cực đại khi không có RNM xuất hiện khi nước lớn ở vùng ven bờ Bàng La-Đại Hợp phổ biến trong khoảng 1,7-2,0m. Cũng vào thời điểm đó nếu có RNM thì độ cao sóng ở vùng sát bờ chỉ còn 0,8-1,1m.

Vào các thời điểm khác trường sóng khi không có RNM có giá trị thấp hơn (thấp nhất là vào thời điểm nước ròng) và phổ biến dao động trong khoảng 0,8-1,2m. Khi có RNM độ cao sóng các thời điểm đó độ cao sóng chỉ còn 0,4-0,7m.

Tính toán hệ số suy giảm độ cao sóng do RNM ở khu vực này cho thấy hệ số suy giảm độ cao sóng trong trường hợp có bão cấp 11-12 dao động phổ biến trong khoảng 0,23-0,30

(hình 5-b), tùy thuộc vào vị trí các mặt cắt và trạng thái mực nước.

Như vậy từ các kết quả phân tích trên cho thấy RNM ở khu vực ven bờ Bàng La- Đại Hợp đã làm giảm đáng kể độ cao sóng trong bão. Đối với bão nhỏ, độ cao sóng sau RNM ở gần bờ chỉ còn khoảng 0,6-0,8m, hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0,4. Đối với bão lớn độ cao sóng sau RNM lớn nhất chỉ còn 0,8-1,1m, với hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0,28.

III. KẾT LUẬN

Các dải RNM ở vùng ven biển Hải Phòng không chỉ có ý nghĩa to lớn về mặt sinh thái mà còn có vai trò quan trọng trong việc bảo vệ bờ biển. Trong đề tài này chúng tôi đã tiến hành thu thập tài liệu, khảo sát bổ sung và thiết lập mô hình thủy động lực-sóng để mô phỏng các đặc trưng thủy động lực và lan truyền sóng trong RNM bằng các công thức của Baptist (2005) và Collins (1972) dựa trên các đặc điểm cấu trúc RNM như đường kính thân, rễ, chiều cao cây, mật độ cây, từ các kết quả phân tích của mô hình theo các kịch bản khác nhau có thể thấy RNM ở khu vực Bàng La-Đại Hợp RNM đã làm giảm mạnh tốc độ dòng chảy trong các điều kiện bình thường và bão với giá trị suy giảm 40-70% giá trị tốc độ dòng chảy. Vận tốc dòng chảy ở điều kiện bình thường và bão nhỏ trong RNM hầu hết có giá trị dưới 0,1m/s và dưới 0,15m/s (đối với bão lớn).

Độ cao sóng lớn nhất sau RNM ở khu vực ven bờ Bàng-La Đại Hợp trong các điều kiện bình thường chỉ còn khoảng 0,1-0,15m. Hệ số suy giảm độ cao sóng không biến động nhiều giữa các mặt cắt khác nhau ở khu vực này và có giá trị khoảng 0,2-0,45 (mùa khô) và 0,3-0,6 (vào mùa mưa). Trong điều kiện bão nhỏ, độ cao sóng lớn nhất sau RNM có giá trị khoảng 0,6-0,8m, hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0,4. Đối với bão lớn độ cao sóng sau RNM lớn nhất chỉ còn 0,8-1,1m, với hệ số suy giảm độ cao sóng trung bình khoảng 0,28.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bastiaan 2005. *Wave Attenuation in Mangrove Forests*: Numerical modelling of wave attenuation by implementation of a physical description of vegetation in SWAN. M.Sc. Thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Hydraulic Engineering, Delft University of Technology.
2. Collins, J., 1972. *Prediction of shallow water spectra*. Journal of Geophysical Research 77 (15).
3. De Vries and M.B. de Vries and D. Roelvink, 2004. *Vegetation friction factor algorithm*, Delft Hydraulics, March 2004
4. Massel, S., 1999. *Surface wave propagation in mangrove forests*. Fluid Dynamics Research. 24, pp. 219-249.

5. Mazda, Y.; Phan Nguyen Hong, 1997. *Mangroves as a coastal protection from waves in the Tonkin delta, Vietnam*. Mangroves and Salt Marshes, vol.1, pp. 127-135.
6. M.J. Baptist, 2005. *Modelling floodplain biogeomorphology*, Delft University Press, Delft, ISBN: 90-407-2582-9.
7. S. Quartel, 2000. *Quantification of Wave attenuation in a Mangrove Forest*, Physical Geography, Utrecht University, December 2000.
8. Sato, K., 1984. *Studies on the protective function of the mangrove forest against erosion and destruction IV*. Science Bulletin Coll. Agro. Univ. Ryukyus, vol. 31, pp. 189-200.
9. Sato, K., 1989. *Studies on stilt root Rhizophora stylosa and properties of sedimentation in mangrove forest*. Galaxea, Univ. Ryukyus Vol. 8 pp. 43-48.
10. Schiereck and Booij, 1995. *Wave transmission in mangrove Forests*, paper presented on the international conference on coastal and port engineering in Developing Countries, September 1995 Brazil.
11. Vũ Đoàn Thái, 2005. *Bước đầu nghiên cứu một số kiểu cấu trúc RNM ven biển Hải Phòng ảnh hưởng đến khả năng chắn sóng bảo vệ bờ biển*. Tạp chí khoa học số 1 năm 2005, ĐHSP Hà Nội.
12. Trần Đức Thanh, Vũ Đoàn Thái, Vũ Duy Vĩnh và Trần Anh Tú, 2011. *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu tác dụng chắn sóng của rừng ngập mặn đến hệ thống đê biển ở Hải Phòng*. Lưu trữ tại Viện Tài nguyên và Môi trường biển.
13. Willem-Jan de Vos, 2004. *Wave attenuation in mangrove wetlands Red River Delta, Vietnam*. Master of Science thesis in Civil Engineering, Delft Delft University of Technology.
14. WL|Delft Hydraulics, 2010. *Delft3D-FLOW User Manual Version 3.14, Delft3D-Wave User Manual Version 3.04* WL| Delft Hydraulics, Delft, Netherlands.