

## **SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA MẬT ĐỘ THÂN CÂY NGẬP MẶN LÊN SỰ SUY GIẢM SÓNG**

*La Thị Cang, Võ Lương Hồng Phước*  
**Trường ĐH Khoa Học Tự Nhiên Tp. Hồ Chí Minh**  
**Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh**

**TÓM TẮT** Trong bài báo này, mô hình lý thuyết được xây dựng để dự báo sự suy giảm sóng ngẫu nhiên do gió tạo ra khi truyền vào vùng rừng ngập mặn. Kết quả tính toán cho thấy tốc độ suy giảm năng lượng sóng phụ thuộc mạnh vào mật độ phân bố của rừng ngập mặn, đường kính của thân cây ngập mặn.

## **INFLUENCE OF TRUNKS DENSITY ON WAVE ATTENUATION**

*La Thi Cang, Vo Luong Hong Phuoc*  
**University of Natural Sciences, Ho Chi Minh city**  
**Vietnam National University, Ho Chi Minh city**

**ABSTRACT** In this paper, the theoretical attempt to predict the attenuation of wind-induced random surface waves in mangrove forests is presented. The resulting rate of wave energy attenuation depends strongly on the density of the mangrove forest, diameter of mangrove roots and trunks.

### **I. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Rừng ngập mặn (RNM) là rừng có những loại cây đặc biệt, thường mọc ở ranh giới giữa những phần đất tiếp giáp bờ biển và biển; ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, vùng trũng ven sông nằm sâu trong nội địa. RNM đóng vai trò quan trọng trong nuôi trồng thủy hải sản và trong cân bằng ổn định các vùng ven biển nhiệt đới, bảo vệ cuộc sống và đất đai của người dân miền biển và vùng đảo xa...Các quá trình sinh hóa, động lực dinh dưỡng trong RNM có liên quan chặt chẽ đến

chuyển động nước do sóng và triều gây ra. RNM rất có hiệu quả trong việc làm giảm năng lượng sóng và có thể được xem như rào chắn môi trường hữu hiệu dọc theo bờ biển bùn cát để bảo vệ sự xói mòn vùng biển.

Chính vì tầm quan trọng của RNM trong việc cân bằng hệ sinh thái bền vững nên đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về RNM trong và ngoài nước theo các lĩnh vực khác nhau như sinh thái, hóa học, động thực vật...(Phan Nguyên Hồng, 1999; Lê Thị Ngọc Ân, 1998; Jackson và Winant, 1983; Qureshi, 1990). Tuy

nhiên, các nghiên cứu về quá trình vật lý trong vùng đầm lầy ngập mặn nhiệt đới và trong vùng cửa sông ven vùng ngập mặn còn ít. Chỉ có hoàn lưu nước trong rừng ngập mặn ven sông gồm các con lạch triều và vùng đầm lầy ngập mặn nước nông là được nghiên cứu khá nhiều so với các hướng nghiên cứu khác về rừng ngập mặn (Wolanski và cộng sự, 1992; Furukawa và Wolanski, 1996; Furukawa và cộng sự, 1997).

Việc nghiên cứu đầu tiên về rừng ngập mặn ven biển trong việc bảo vệ bờ biển tránh sự xói mòn do sóng triều gây ra do Madza và cộng sự (1997) thực hiện. Họ đo tỉ lệ suy giảm sóng  $r$  của sóng sau khi truyền được 100 m theo hướng lan truyền sóng trong rừng ngập mặn như sau:

$$r = (HS-HL)/HS$$

Trong đó HS và HL lần lượt là độ cao sóng tại bờ rừng ngoài biển và tại 100 m trong rừng ngập mặn.

Các đo đạc thực nghiệm được thực hiện tại bờ biển thuộc tỉnh Thái Bình, Việt Nam (Madza và cộng sự, 1997a). Trong đó có xét đến sự xuất hiện của sóng lừng với chu kỳ 5-8 giây đi vào vùng rừng cây trang (*Kandelia Candel*) được trồng với khoảng cách một mét. Madza và cộng sự (1997b) cũng đã chỉ ra giá trị lực kéo rất lớn đối với các cây vẹt (*Bruguiera* sp.) và cây đước (*Rhizophora* sp.) khi dòng triều đi vào khu rừng ngập mặn, còn cây trang có lực ma sát kém hơn do loại cây này cản dòng chảy yếu hơn (Madza và cộng sự, 1997a). Như vậy ảnh hưởng của rừng ngập mặn trong việc bảo vệ bờ biển tránh sự xói mòn do sóng gây nên

cũng biến đổi tùy theo loại cây. Tuy vậy, các nghiên cứu này đều không miêu tả được phương thức và nguyên nhân tại sao năng lượng sóng lại giảm rất nhanh chóng.

Massel và cộng sự (1998) nghiên cứu sóng sinh ra do bão trong rừng ngập mặn. Trong các cơn bão và các xoáy nhiệt đới, năng lượng của sóng mặt cơ bản đạt đến năng lượng thủy triều. Do tính phức tạp của các cấu trúc cây ngập mặn, sự di chuyển sóng sinh ra do gió xoáy đi qua rừng ngập mặn vẫn chưa được hiểu hết. Gần đây, Stan Massel và cộng sự (1999) đã tìm được rằng sóng ngắn suy giảm nhanh hơn sóng dài. Sự tiêu tán năng lượng theo miền tần số được xác định bằng cách xem rừng ngập mặn như là môi trường ngẫu nhiên với các đặc tính được xác định qua dạng hình học của thân cây ngập mặn và vị trí trồng của cây. Phương pháp chủ đạo phi tuyến ban đầu được tuyến tính hóa bằng cách sử dụng khái niệm cực tiểu hóa theo hướng ngẫu nhiên và sự tương tác giữa thân cây ngập mặn và rễ cây qua sự biến đổi hệ số lực cản. Họ dùng phương pháp số trị và các kết quả khảo sát thực nghiệm tại Townsville (Úc) và đảo Iriomote (Nhật Bản) để chứng minh năng lượng sóng bị suy giảm tại các xoáy nhỏ theo kích thước của cây (khoảng vài cm) khi có dòng chảy ngược do sóng tạo nên quanh gốc cây. Tuy nhiên, độ sâu nước vùng khảo sát được giả sử là không đổi trong quá trình khảo sát.

Trong bài viết này, mô hình lý thuyết được xây dựng để dự báo sự suy giảm sóng ngẫu nhiên do gió tạo ra khi truyền vào vùng rừng ngập mặn có địa

hình đáy thay đổi chậm. Kết quả tính toán cho thấy tốc độ suy giảm năng lượng sóng phụ thuộc mạnh vào mật độ phân bố cây trong rừng ngập mặn hoặc đường kính của thân cây ngập mặn.

## II. PHƯƠNG TRÌNH CHỦ ĐẠO VÀ ĐIỀU KIỆN BIÊN

### 1. Thiết lập bài toán

Xuất phát từ phương trình bảo toàn khối lượng và phương trình bảo toàn động lượng, phương trình chuyển động của sóng khi đi qua vùng rừng ngập mặn có xét đến lực cản của cây ngập mặn và độ sâu  $h$  thay đổi theo  $x$ ,  $y$  có dạng [La Thị Cang, Võ Lương Hồng Phước, 2001]:

$$\nabla^2 \varphi + \frac{\nabla(gh)\nabla\varphi}{gh} + k^2(1 + if_e)\varphi = 0 \quad (1)$$

Trong đó:

$g$  : Gia tốc trọng trường

$h(x,y)$  : Độ sâu nước xem như thay đổi theo  $x, y$

$\varphi(x,y)$ : Độ cao sóng không thứ nguyên theo phương ngang  $(x, y)$

$f_c$  : Hệ số tuyến tính hóa và

phụ thuộc vào momen bậc II và bậc III của vận tốc nước trong rừng ngập mặn. Để được một lời giải thực tế, trong công trình biển để xác định các lực tác dụng lên các cấu trúc xa bờ ta thường sử dụng hàm tuyến tính hóa (Gudmestad và Connel, 1983):

$$\frac{1}{\rho} \vec{F} \approx f_c \omega_p \vec{u} \quad (2)$$

với:

$\vec{F}$  : Lực cản của cây ngập mặn

$\omega_p$  : Tần số đỉnh

$\vec{u}(x,y)$  : Vận tốc sinh ra do sóng tại điểm đang xét trong rừng ngập mặn

Về ý nghĩa vật lý của đẳng thức (2) cho thấy: thay vì tính toán phức tạp ảnh hưởng của các thân và rễ cây ngập mặn, ta chỉ cần xét một giá trị trung gian, đó là sự tiêu tán năng lượng và được đặc trưng bởi số hạng  $f_c \omega_p \vec{u}$ .

### 2. Phương trình chủ đạo

Xét hệ trục tọa độ vuông góc  $O(x,z)$  đặt tại bề mặt tự do trung bình, trục  $x$  theo phương ngang hướng vuông góc với bờ, trục  $z$  theo phương thẳng đứng lên trên (Hình 1). Giả sử độ sâu của vùng khảo sát thay đổi chậm theo phương  $x$  là  $h(x)$ . Chiều dài của vùng khảo sát là  $L$ . (1.)

Thiết lập lời giải của bài toán giá trị biên tương ứng từ các lời giải riêng cho mỗi vùng sóng đi qua trong miền khảo sát.

Vùng  $I$  ( $x < 0; z < -h$ ) là vùng trước khi vào vùng rừng ngập mặn. Trường sóng bao gồm các sóng ngẫu nhiên và sóng phản xạ từ rừng ngập mặn. Giả sử độ sâu xem như không đổi và không có sự bề vỡ sóng tại vùng này.

Do đó, dạng nghiệm của bài toán là:

$$\phi_1(x,y,t) = -\frac{igH_i}{2\omega} e^{-i\omega t} A \quad (3)$$

với

$$A = e^{-ik_1(x \cos \theta_1 + y \sin \theta_1)} + K_r e^{ik_1(-x \cos \theta_1 + y \sin \theta_1)}$$

Trong đó:

$K_r$  : Hệ số khúc xạ

$\theta_1$ : Góc tới tuân theo định luật Snell

$k_1$  : Số sóng tuân theo định luật khúc xạ

$H_1$  : Độ cao sóng tới

$\omega$  : Tần số sóng

Vùng II ( $0 < x < L$ ;  $z > -h$ ) là vùng được phủ bởi cây ngập mặn. Trong vùng, có hai hệ thống sóng được khảo sát: các sóng lan truyền qua rừng ngập mặn và đi vào vùng III và sóng phản xạ từ biên ngoài của vùng rừng ngập mặn. Giả sử độ sâu xem như thay đổi chậm theo phương x và có sự bề vỡ sóng tại vùng này. Do đó, độ cao sóng  $\varphi_2(x, y)$  có dạng:

$$\varphi_2(x, y) = -\frac{igH_1}{2\omega} e^{-i\omega t} \varphi_2(x) e^{izy} \quad (4)$$

Với  $\chi^2$ : Hằng số phân ly và tuân theo định luật Snell (Berkhoff, 1973):

$$\chi = k \sin \theta.$$

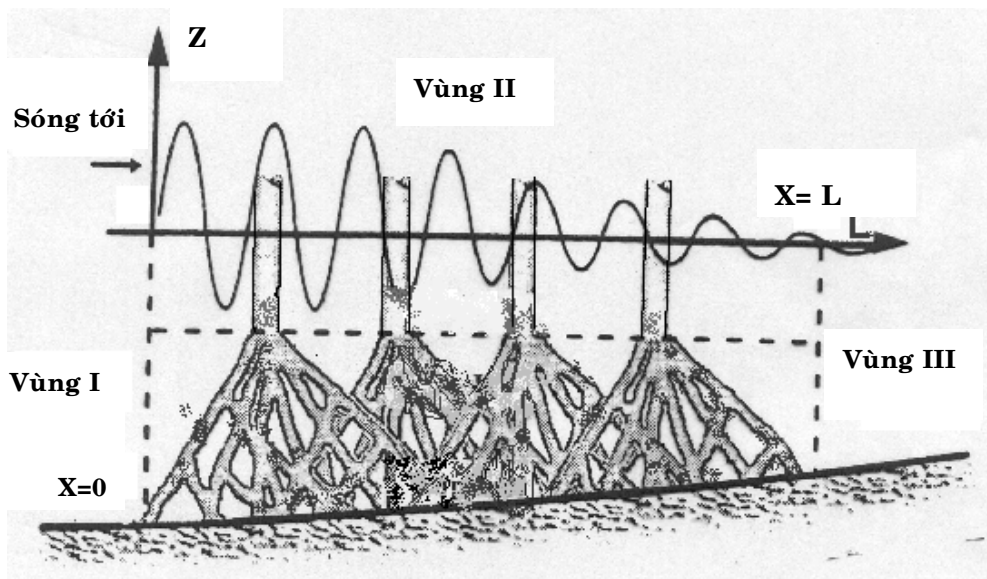
Độ cao sóng  $\varphi_2(x, y)$  trong vùng II được xác định khi độ cao sóng không thứ nguyên  $\varphi_2(x)$  xác định. Trong trường hợp này  $\varphi_2(x)$  được giải bằng phương pháp Cholesky.

Vùng III ( $x > L$ ;  $z > -h$ ) là vùng ở phía sau rừng ngập mặn chỉ có sóng tiến được khảo sát. Giả sử độ sâu xem như không đổi và bỏ qua ảnh hưởng sự tiêu tán năng lượng. Do đó, dạng nghiệm của bài toán là:

$$\phi_3(x, y, t) = -\frac{igH_1}{2\omega} e^{-i\omega t} K_T e^{ik_3(x \cos \theta_3 + y \sin \theta_3)} \quad (5)$$

Với  $K_T$  : Hệ số truyền qua

$\theta_3$  : Góc tới, tuân theo định luật Snell.



Hình 1: Hệ thống tọa độ vùng khảo sát

### 3. Điều kiện biên

Các hàm thế  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  và  $\phi_3$  phải thỏa các điều kiện biên đáp ứng (matching conditions), trong đó xét tính liên tục của áp suất và vận tốc nằm ngang tại hai biên  $x = 0$  và  $x = L$ .

Tại  $x = 0$ :

$$\begin{cases} \phi_1 = \phi_2 \\ \frac{\partial \phi_1}{\partial x} = n_p \frac{\partial \phi_2}{\partial x} \end{cases}$$

Hay,

$$n_p \varphi'_{2x}(0) + ik_1 \cos \theta_1 \varphi_{2x}(0) - 2ik_1 \cos \theta_1 = 0 \quad (6)$$

Với  $n_p$ : Độ rỗng bề mặt của rừng ngập mặn tại  $x=0$  (Hình chiếu của cây ngập mặn lên bề mặt  $x=0$ ). Để đơn giản, độ rỗng có giá trị (Massel, 1999):

$$n_p = 1 - \frac{V_t}{V_0}$$

Trong đó  $V_t$ : Thể tích của thân và rễ cây ngập mặn, phụ thuộc vào đường kính của thân cây ngập mặn.

$V_0$ : Thể tích của toàn vùng đang xét.

\*  $n_p = 1$  khi không có rừng ngập mặn

\*  $n_p = 0$  khi sóng tới bị phản xạ hoàn toàn.

Vậy, độ rỗng bề mặt  $n_p$  sẽ tỷ lệ nghịch với mật độ phân bố thân cây ngập mặn.

Tại  $x=L$ :

Ta có 
$$\begin{cases} \phi_2 = \phi_3 \\ \frac{\partial \phi_3}{\partial x} = n_p \frac{\partial \phi_2}{\partial x} \end{cases}$$

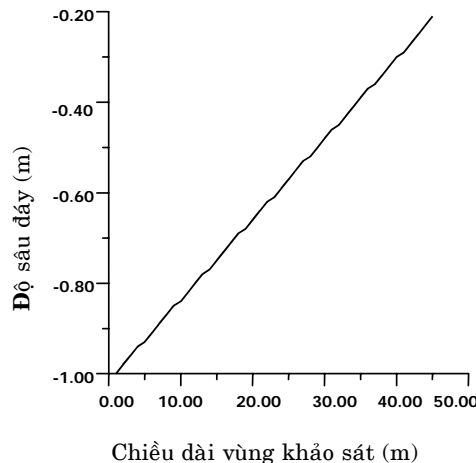
Vậy,  $n_p \varphi'_{2x}(L) = ik_3 \cos \theta_3 \varphi_{2x}(L) \quad (7)$

Biểu thức (6) và (7) là điều kiện biên của phương trình chủ đạo (4). Các điều kiện biên này cũng được tính theo phương pháp Cholesky.

### III. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

#### 1. Điều kiện tính toán

Vùng khảo sát được xét giả định có độ rộng  $L = 45\text{m}$ , độ sâu đáy vùng I  $h_1 = 1\text{m}$ , độ sâu đáy vùng III  $h_3 = 0,2\text{m}$  và độ sâu đáy vùng II thay đổi chậm theo phương  $x$  (Hình 2). Sóng được khảo sát trong khoảng chu kỳ  $T=0,5\text{s} - 6,5\text{s}$ .

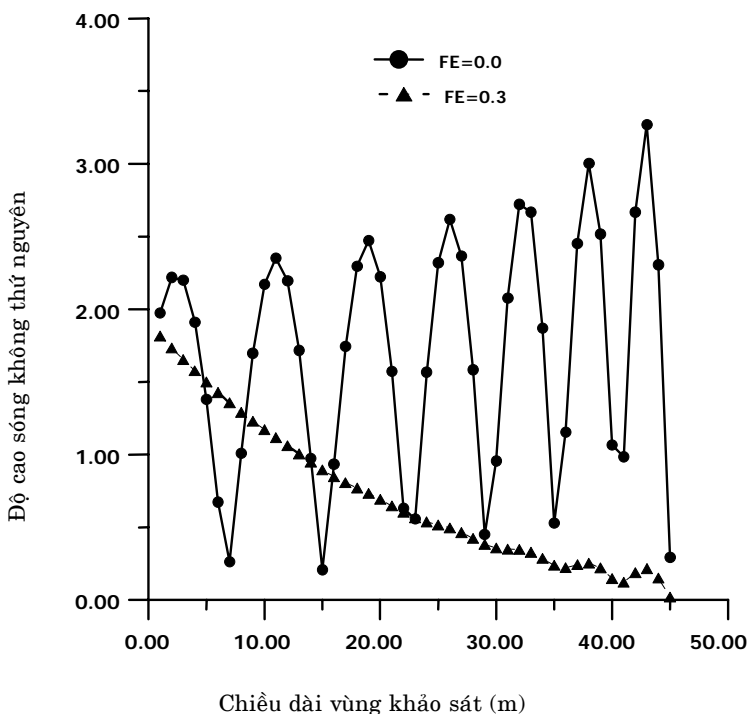


Hình 2: Địa hình đáy vùng khảo sát

## 2. Kết quả tính toán

Hình 3 biểu diễn sự thay đổi của độ cao sóng khi không xét đến lực cản của cây ngập mặn ( $f_e = 0$ ) và khi có xét đến lực cản ( $f_e = 0,3$ ) vào rừng ngập mặn. Trong trường hợp  $f_e = 0$ , phương trình (1) trở thành phương trình Berkhoff bỏ qua sự tiêu tán năng lượng

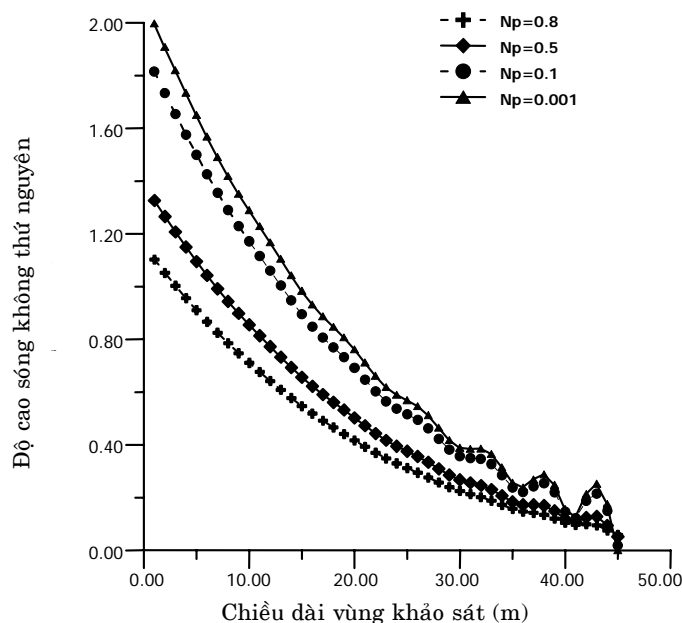
sóng. Vì vậy, độ cao sóng sẽ tăng dần khi sóng truyền vào vùng nước nông. Khi xét đến lực cản của cây ngập mặn ( $f_e = 0,3$ ), độ cao sóng giảm khi vào rừng ngập mặn do tương tác của cây ngập mặn với sóng đã làm suy giảm năng lượng sóng.



Hình 3: Sự thay đổi của độ cao sóng khi không xét đến lực cản của cây ngập mặn ( $f_e = 0$ ) và khi có xét đến lực cản ( $f_e = 0,3$ ) vào rừng ngập mặn

Hình 4 biểu thị sự thay đổi độ cao sóng khi đi vào rừng ngập mặn theo độ rỗng mặt  $n_p$  có các giá trị khác nhau  $n_p = 0,001$ ,  $n_p = 0,1$ ,  $n_p = 0,5$  và  $n_p = 0,8$ . Ta nhận thấy, độ cao sóng giảm dần khi vào rừng ngập mặn. Khi độ rỗng mặt

$n_p$  càng giảm, tức là số cây ngập mặn trong vùng khảo sát tăng lên hoặc đường kính của thân cây ngập mặn tăng lên thì độ cao sóng giảm càng nhiều hơn.



Hình 4: Sự thay đổi độ cao sóng khi vào rừng ngập mặn theo các độ rỗng mặt  $n_p$  khác nhau

#### IV. KẾT LUẬN

1. Độ cao sóng giảm khi vào rừng ngập mặn do tương tác của cây ngập mặn với sóng làm suy giảm năng lượng sóng.

2. Sự suy giảm năng lượng sóng phụ thuộc mạnh vào mật độ phân bố thân cây ngập mặn cũng như đường kính của thân cây ngập mặn: Số cây ngập mặn càng tăng hoặc đường kính cây ngập mặn tăng (tức độ rỗng bề mặt  $n_p$  giảm) thì độ cao sóng càng giảm. Điều này càng làm rõ thêm vai trò của thân cây ngập mặn trong việc bảo vệ bờ biển khỏi bị xói mòn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Berkhoff J.C.W., 1972. Computation of Combine Refraction - Diffraction. Proc. 13<sup>th</sup> Coastal Eng. Conf. 1. 271-272.
2. Kaplan W., 1991. Advanced Calculus. Addison - Wesley Publishing Company.
3. La Thị Cang, Võ Lương Hồng Phước, 2001. Ảnh hưởng của chuyển động sóng lên chuyển vận trầm tích và xói mòn bờ biển vùng rừng ngập mặn. Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản năm 2001.
4. Massel S. R., 1999. Fluid Mechanics for Marine Ecologists. Springer-Verlag - Berlin Heidelberg.
5. Massel S. R., Gourlay M. R., 2000. On the modeling of wave breaking

- and set-up on coral reefs. Coastal Engineering, 39, 1-27.
6. Wolanski E., Mazda Y., Furukawa K., Ridd P., Kitheka J., Spagnol S., Stieglitz T., 1998. Water circulation through mangroves and its implications for biodiversity. Filander Press.