

## MÔ PHỎNG DÒNG RIP VÀ DÒNG CHẢY VEN BỜ PHÁT SINH DO SÓNG THEO CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÁC NHAU CỦA PHẦN MỀM MIKE 21

Phùng Đăng Hiếu, Nguyễn Thị Khang, Lê Đức Dũng, Trần Đức Trứ<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày các kết quả tính toán mô phỏng hệ thống dòng chảy do sóng ven bờ và dòng rip trong điều kiện bãi biển có các cồn ngầm phía ngoài. Kết quả so sánh với các số liệu thí nghiệm vật lý trên thế giới cho thấy các phương pháp mô phỏng theo phần mềm MIKE 21 cho các kết quả khá khác nhau, trong đó phương pháp sử dụng MIKE 21-HD-EMS cho kết quả khả quan nhất khi so sánh với các số liệu thí nghiệm của Haller và nnk (1997). Từ kết quả nghiên cứu cho thấy để tính toán tốt dòng chảy sóng ven bờ bao gồm cả dòng rip cần thiết phải sử dụng mô hình toán đủ mạnh mô phỏng được tốt trường sóng ven bờ làm cơ sở tính toán ứng suất sóng và dòng chảy phát sinh do sóng. Kết quả tính toán bằng mô hình Boussinesq cho thấy có độ phù hợp tốt hơn cả khi so với số liệu thí nghiệm vật lý. Phương pháp thường dùng MIKE 21-FM HD -SW cho kết quả tính toán dòng rip sai nhiều về độ lớn cũng như độ rộng của dòng chảy này.

**Từ khoá:** Dòng rip; Dòng chảy ven bờ do sóng; Sóng ven bờ

### 1. GIỚI THIỆU

Dòng chảy trong khu vực ven bờ rất phức tạp và có vai trò rất lớn trong việc vận chuyển vật chất đáy, quyết định đến xu thế vận chuyển bùn cát ven bờ gây xói lở hay bồi tụ bãi biển, vùng bờ. Trong đó, dòng chảy phát sinh do sóng đóng một vai trò rất quan trọng và có ý nghĩa lớn trong những khu vực có sự tác động ưu thế của sóng. Dòng chảy phát sinh do sóng gọi tắt là “dòng chảy sóng” trong khu vực ven bờ thường được tạo ra do tác động phức tạp của trường sóng với địa hình và những vật cản (như công trình, đê, kè, ...) ở khu vực ven bờ. Hệ thống dòng chảy sóng này thông thường bao gồm dòng chảy ven dọc bờ và dòng theo hướng ngang bờ, do tác động của dạng địa hình và hướng sóng tới, đôi khi tồn tại dòng tách bờ ra khỏi trong phạm vi hẹp và có vận tốc lớn (dòng rip) rất nguy hiểm đối với con người tắm biển tại các khu vực bãi biển có dòng rip này. Chính vì vậy, việc mô phỏng, tính toán và đánh giá được hệ thống dòng chảy sóng ven bờ, bao gồm cả dòng rip rất có ý nghĩa vừa phục vụ cho tính toán dự báo xói lở, bồi tụ vùng ven bờ vừa cho phép cảnh báo sớm các khu vực có dòng rip nguy hiểm. Thực tế hiện nay, trên thế giới đã

phát triển rất nhiều mô hình và phương pháp mô phỏng tính toán dòng chảy sóng ven bờ trong đó có thể kể ra hai phương pháp chính đó là: phương pháp thứ nhất, mô phỏng sóng theo mô hình Boussinesq, sau đó, lấy trung bình dòng chảy trong chuyển động sóng để thu được dòng dư do sóng (dòng chảy sóng); phương pháp thứ hai, sử dụng phương trình nước nông truyền thống và ứng suất sóng (wave radiation stress) để mô phỏng hệ thống dòng chảy sóng ven bờ. Trong phương pháp thứ hai này, ứng suất sóng có thể được tính từ kết quả mô phỏng sóng bằng các mô hình khác nhau thí dụ như SWAN (dựa trên hệ phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng), MILDSLOPE (dựa trên hệ phương trình elliptic mild slope hay parabolic mild slope).

Ở nước ta, trong thời gian qua, đã có một số tác giả nghiên cứu và mô phỏng dòng rip cho một số bãi biển ven bờ sử dụng mô hình thương mại MIKE 21. Trong đó, chủ yếu các nghiên cứu sử dụng theo phương pháp thứ hai nêu trên với mô đun tính sóng dựa trên mô hình SWAN hay mô đun SW của bộ mô hình MIKE 21. Các nghiên cứu điển hình có thể kể ra của các tác giả như Nguyễn Bá Xuân (2009) sử dụng MIKE 21 với mô đun SW để tính toán dòng chảy sóng ven bờ và dòng rip cho bãi biển khu vực Vũng Tàu; Tác giả Lê Đình Mậu (2012) cũng sử dụng MIKE 21-FM HD-SW cho mô phỏng dòng rip

---

<sup>1</sup> Viện Nghiên cứu biển và hải đảo, 125 Trung Kính, Cầu Giấy, Hà Nội

tại bãi biển Nha Trang; Tác giả Phạm Văn Tiến và Lê Văn Khoa (2017) cũng sử dụng MIKE 21-FM HD-SW để mô phỏng tính toán dòng chảy sóng và rip tại bãi biển Mỹ Khê, Đà Nẵng.

Như vậy, trong hai phương pháp kể trên ở nước ta chủ yếu sử dụng phương pháp thứ hai và tính sóng theo phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng, còn phương pháp sử dụng phương trình mild slope chưa được sử dụng. Câu hỏi đặt ra là phương pháp nào có khả năng mô phỏng tốt hơn, tính toán phù hợp hơn đối với mô phỏng dòng chảy sóng ven bờ bao gồm cả dòng rip? Sử dụng mô hình MIKE 21 thì dùng mô đun tính sóng nào phù hợp hơn trong số các lựa chọn MIKE 21-FM HD-SW, MIKE 21-HD-EMS hay MIKE 21-HD-PMS?

Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng các phương pháp mô phỏng khác nhau của bộ mô hình MIKE 21 để mô phỏng dòng rip và dòng chảy sóng ven bờ, so sánh, đánh giá giữa các phương pháp với nhau, so sánh với các số liệu thí nghiệm vật lý đã xuất bản trên thế giới để thấy được mức độ phù hợp, tính đúng đắn của những phương pháp nêu trên.

## **2. CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG DÒNG PHÁT SINH DO SÓNG**

### **2.1 Phương pháp sử dụng mô đun thủy lực (hệ phương trình nước nông) và ứng suất sóng tính từ mô đun SW (hệ phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng)**

Đây là phương pháp kết hợp hai mô đun của bộ MIKE 21 (mô đun thủy lực và mô đun tính sóng SW). Mô đun SW tính trường sóng theo phương trình cân bằng năng lượng phổ sóng cho ra phân bố độ cao sóng và trường ứng suất sóng radiation stress. Trường ứng suất sóng này được đưa vào mô đun thủy lực MIKE 21 FM HD để tính toán dòng chảy phát sinh do sóng bao gồm cả dòng rip. Đặc điểm của phương pháp này là trường sóng và ứng suất sóng được tính toán không bao gồm tác động của sóng phản xạ, sóng tương tác phi tuyến với sóng và với trường dòng chảy phát sinh do trường sóng gây ra. Sóng đồ không được mô phỏng theo bản chất của quá trình mà được áp đặt theo một biểu thức bán thực nghiệm. Do đó, độ cao sóng thường bị giảm đi khi độ sâu giảm.

### **2.2 Phương pháp sử dụng mô đun thủy lực (hệ phương trình nước nông) và ứng suất sóng tính từ mô đun EMS (hệ phương trình elliptic mild slope)**

Khác với phương pháp nêu phần trên, trong phương pháp này, sóng được tính theo phương trình elliptic mild slope, đây là hệ phương trình cho đáy có độ dốc thoải nên việc biến đổi mạnh của địa hình sẽ dẫn đến sai số lớn. Tuy nhiên, theo phương pháp này thì mô hình sóng có thể mô phỏng được sóng phản xạ, nhiễu xạ, khúc xạ và hiệu ứng nước nông tác động lên trường sóng. Chính vì vậy, trường sóng và ứng suất sóng tính theo phương pháp này sẽ có tính ưu việt hơn phương pháp trên. Trường ứng suất sóng sẽ được đưa vào mô đun thủy lực MIKE 21 HD để tính toán mô phỏng trường dòng chảy phát sinh do sóng bao gồm cả dòng rip.

### **2.3 Phương pháp sử dụng mô đun thủy lực (hệ phương trình nước nông) và ứng suất sóng tính từ mô đun PMS (hệ phương trình parabolic mild slope)**

Phương pháp tính sóng bằng mô đun PMS thực chất vẫn dựa theo hệ phương trình mild slope nhưng đã được đơn giản hóa dưới dạng xấp xỉ parabolic nên thời gian tính toán nhanh hơn so với việc sử dụng mô đun EMS mà vẫn tính được các hiệu ứng nước nông, khúc xạ, nhiễu xạ. Tuy nhiên, phương pháp này có điểm yếu là không tính được tương tác với sóng phản xạ. Trường ứng suất sóng thu được từ mô đun PMS sẽ được đưa vào mô đun thủy lực MIKE 21 HD để tính toán mô phỏng trường dòng chảy phát sinh do sóng bao gồm cả dòng rip.

## **3. CÁC MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ**

### **3.1 Điều kiện mô phỏng dòng rip và dòng chảy ven bờ do sóng trên bãi thoải có hai cồn ngầm theo điều kiện thí nghiệm vật lý của Haller và nnk (1997)**

Bãi biển có các cồn ngầm phía ngoài và tồn tại các khoảng cách giữa hai cồn ngầm tạo thành một khe sâu hơn, là dạng địa hình thường gặp trên vùng bãi biển ven bờ trên thực tế. Để đánh giá khả năng xuất hiện dòng chảy ngược ra khơi giữa hai cồn ngầm dưới tác động của sóng tới, Haller và cộng sự đã thực hiện một thí nghiệm vật lý trên bể sóng tại Đại học Delaware và xuất bản công trình nghiên cứu về dòng chảy phát sinh do sóng vào năm 1997. Thí nghiệm của Haller và nnk (1997) đã trở nên rất nổi tiếng và được cộng đồng các nhà khoa học thế giới về

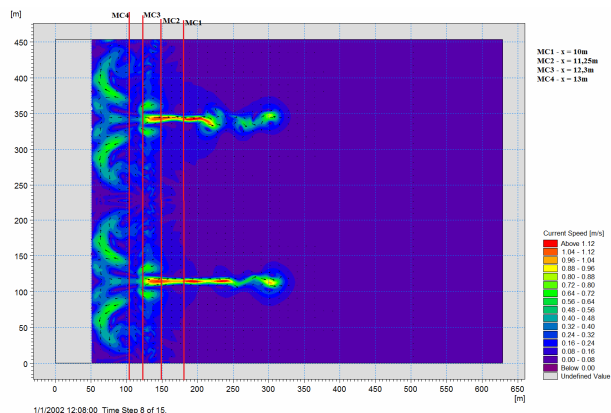
động lực học ven bờ đón nhận như là một trong những điều kiện tiêu chuẩn để nghiên cứu, đánh giá khả năng mô phỏng dòng rip của các mô hình toán. Thí nghiệm của Haller và cộng sự có thể được mô tả ngắn gọn như sau: Bãi biển thoải độ dốc 1/30 được thiết lập trên bể sóng có độ rộng 18,2m chiều dài bể 19m. Bãi biển thoải nối với vùng nước có đáy ngang phẳng ở độ sâu 0,373m. Trên bãi thoải có ba cồn ngầm thiết lập tạo thành hai khoảng cách hờ giữa ba cồn ngầm, mỗi khoảng hờ rộng 1,82m. Độ sâu tại chân phía ngoài của cồn ngầm là 0,1m, độ sâu tại đỉnh cồn ngầm là 0,048m, độ rộng chân cồn ngầm là 1,2m. Bảng tạo sóng tại  $x = 0\text{m}$  (trục x hướng từ bảng tạo sóng vào bờ, trục y song song với bờ), chân cồn ngầm phía ngoài tại  $x = 11,1\text{m}$ , đỉnh cồn ngầm xấp xỉ tại vị trí  $x = 12\text{m}$ , chân cồn ngầm phía bờ xấp xỉ tại  $x = 12,3\text{m}$ . Từ đường mép nước đến mép chân ngoài của cồn ngầm xấp xỉ 3m. Sóng tới được tạo ra có chu kỳ 1,0s, độ cao sóng 0,494m. Các thành phần vận tốc trung bình độ sâu tại các mặt cắt  $x = 10\text{m}$ ;  $11,25\text{m}$ ;  $12,3\text{m}$  và  $13\text{m}$  được đo đạc để đánh giá vận tốc dòng chảy phía trong cồn ngầm, tại khe hờ và phía ngoài cồn ngầm (chi tiết tham khảo Haller và nnk (1997)).

Trong nghiên cứu mô phỏng, điều kiện thí nghiệm tương tự như thí nghiệm của Haller và nnk (1997) được thiết lập với tỉ lệ phóng to là 25 lần (do mô hình MIKE 21 không cho phép thiết lập tính toán với quy mô nhỏ trong phòng thí nghiệm). Như vậy, theo đồng dạng số Froude thì có thể lấy độ cao sóng tới xấp xỉ  $H = 1\text{m}$ , chu kỳ  $T = 5\text{s}$ . Địa hình được thiết lập với kích thước phóng to 25 lần. Tính toán được thiết lập cho các mô đun MIKE 21-SW, MIKE 21-PMS, MIKE 21-EMS để thu được trường sóng và trường ứng suất. Sau đó, mô đun MIKE 21-FM HD và MIKE 21-HD được sử dụng với nguồn lực là trường ứng suất sóng tính từ các mô đun SW, PMS và EMS để tính toán xác định dòng chảy sóng ven bờ và dòng rip. Các giá trị vận tốc dòng chảy tại các mặt cắt tương ứng (vị trí được phóng theo tỉ lệ kích thước 25 lần) với mặt cắt trong thí nghiệm của Haller và cộng sự được xuất ra để so sánh, đánh giá giữa các phương pháp tính toán. Do tỉ lệ kích thước là 1/25 nên tỉ lệ vận tốc theo đồng dạng số Froude được điều chỉnh là 1/5. Trong các tính toán mô phỏng sóng

và dòng chảy đối với các mô hình sử dụng lưới cấu trúc (MIKE 21-EMS, MIKE 21-PMS, MIKE 21-HD), kích thước ô lưới được sử dụng thống nhất  $\Delta x = 1\text{m}$ ,  $\Delta y = 1\text{m}$ ; đối với mô hình sử dụng lưới phi cấu trúc (MIKE 21-SW, MIKE 21-FM HD) lưới tính được chia chi tiết hơn dựa trên địa hình của lưới cấu trúc  $\Delta x = 1\text{m}$ ,  $\Delta y = 1\text{m}$ . Phần dưới đây trình bày các kết quả thu được.

### 3.2 Các kết quả mô phỏng dòng chảy ven bờ do sóng trên bãi thoải có hai cồn ngầm theo điều kiện thí nghiệm vật lý của Haller và nnk (1997)

Kết quả mô phỏng tại các mặt cắt tương ứng với thí nghiệm của Haller và nnk (1997) được xuất ra. Trong đó, do trục tọa độ theo thí nghiệm của Haller đặt  $Ox$  có hướng từ bảng tạo sóng vào bờ, ngược với trong mô phỏng nên các giá trị vận tốc  $u$  trong mô phỏng sau khi xuất ra được đổi dấu để phù hợp với hướng của thí nghiệm của Haller và nnk (1997). Các mặt cắt xuất dữ liệu cũng được tính toán sao cho đúng với vị trí của nó trong thí nghiệm vật lý. Các kết quả dòng chảy tính theo các phương pháp khác nhau của bộ mô hình MIKE 21 với các mô đun tính sóng và ứng suất sóng theo SW, PMS và EMS được vẽ trên cùng đồ thị tại 4 mặt cắt cùng với số liệu đo đạc trong thí nghiệm của Haller và nnk (1997) để thuận tiện so sánh. Hình 1 trình bày phân bố trường dòng chảy tính bằng bộ MIKE 21-HD-EMS và vị trí của 4 mặt cắt tương ứng với thí nghiệm vật lý. Có thể thấy rõ dòng rip xuất hiện tại hai khe giữa các cồn ngầm.

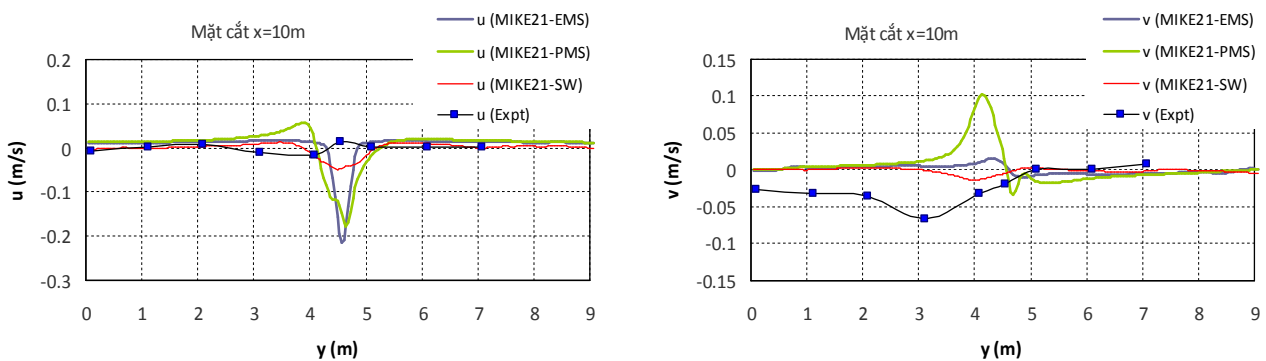


Hình 1. Phân bố trường dòng chảy tính theo MIKE 21-HD-EMS

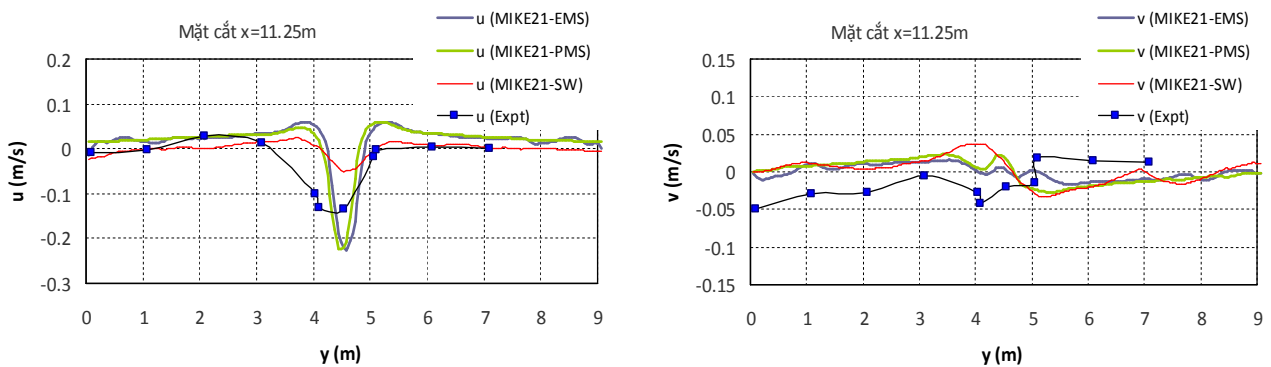
Hình 2 trình bày phân bố các thành phần vận tốc dòng chảy ngang bờ và dọc bờ tính theo các phương pháp khác nhau, so sánh với số liệu của thí nghiệm vật lý ta thấy, dòng chảy tại mặt cắt này khá khác biệt giữa số liệu thí nghiệm và kết quả tính toán. Vị trí  $x = 10\text{m}$  là mặt cắt song song với bờ cách cồn ngầm khoảng  $2\text{m}$ . Từ số liệu thí nghiệm cho thấy tại mặt cắt này thành phần dòng chảy  $u$  và  $v$  đều nhỏ, dòng chảy ngang bờ gần như bằng không. Trong khi đó, các thành phần vận tốc  $u$  tính theo mô hình MIKE 21 với các mô đun sóng EMS và PMS vẫn cho thấy dòng từ bờ ra khơi còn khá lớn xấp xỉ  $0,2\text{m/s}$ . Kết quả dòng chảy tính theo mô đun SW cho thấy tại vị trí mặt cắt này dòng khá yếu mặc dù vẫn tồn tại dòng chảy ra khơi có giá trị khá khác so với số liệu thí nghiệm vật lý. Đối với thành phần vận tốc  $v$ , các phương pháp tính theo PMS, EMS hay SW đều cho thấy sự sai khác khá lớn so với số liệu thí nghiệm, đặc biệt tại khu vực lân cận khe sâu giữa hai cồn ngầm. Nhìn chung, dòng rip tính theo mô đun EMS và

PMS có xu thế mạnh hơn tính theo mô đun SW và có khoảng cách ra khơi cũng lớn hơn.

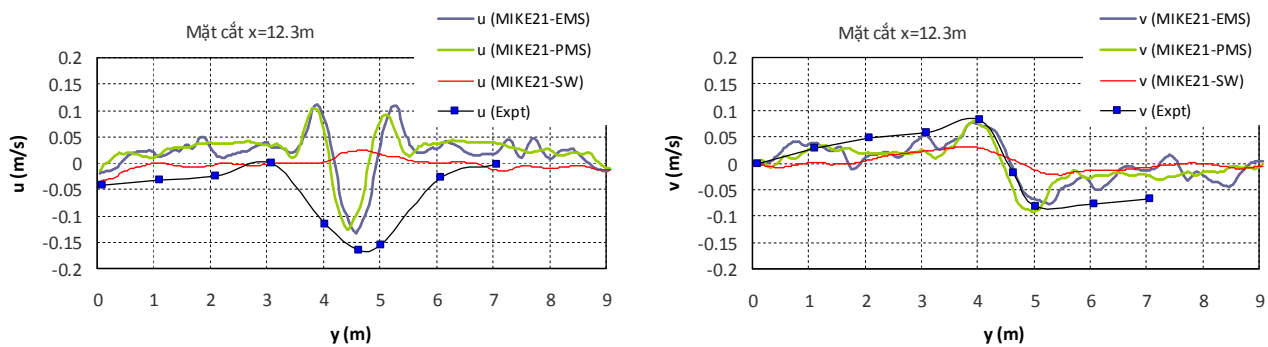
Tại mặt cắt  $x = 11,25\text{m}$ , đây là mặt cắt ngay phía ngoài cửa của khe sâu giữa hai cồn ngầm. Tại đây tồn tại dòng chảy từ bờ ra khơi (dòng rip) khá rõ và mạnh. Hình 3 cho thấy, có sự phù hợp giữa kết quả tính toán bằng các mô đun của MIKE 21 so với số liệu thí nghiệm. Thấy rõ tại vị trí  $y=4,5\text{m}$  là tâm của dòng rip, dòng chảy ngược ra khơi khá lớn, số liệu thí nghiệm là cỡ  $14\text{cm/s}$ , tính theo EMS và PMS cho giá trị tương đương nhau cỡ  $21\text{cm/s}$ , trong khi đó tính theo SW cho giá trị nhỏ hơn nhiều cỡ  $5\text{cm/s}$ . Thành phần vận tốc  $v$  tại mặt cắt này khá nhỏ và cũng khá phù hợp so với số liệu do tại đây, dòng chảy chủ yếu tồn tại ở khu vực khe hở giữa hai cồn ngầm và dòng chủ đạo là dòng hướng ra khơi của rip. Nhìn chung, tại mặt cắt này, dòng chảy tính theo phương pháp sử dụng mô đun EMS và PMS cho kết quả tốt hơn so với tính dòng rip khi sử dụng mô đun SW của bộ MIKE 21.



Hình 2. Phân bố các thành phần dòng chảy ngang bờ và dọc bờ tại mặt cắt  $x=10\text{m}$



Hình 3. Phân bố các thành phần dòng chảy ngang bờ và dọc bờ tại mặt cắt  $x=11,25\text{m}$

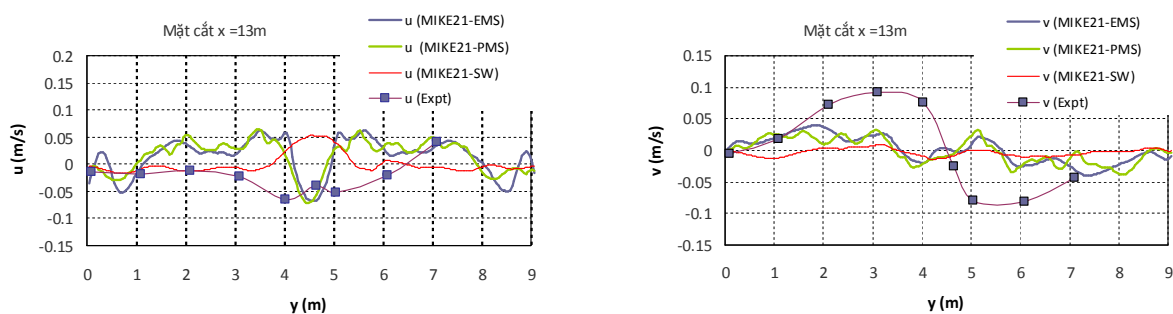


Hình 4. Phân bố các thành phần dòng chảy ngang bờ và dọc bờ tại mặt cắt  $x=12,3m$

Tại mặt cắt  $x = 12,3m$ , đây là mặt cắt ngay phía rìa trong của cồn ngầm, có thể nói đây chính là chân của dòng rip tại khu vực khe giữa hai cồn ngầm. Tại mặt cắt này, ta thấy kết quả mô phỏng theo phương pháp sử dụng mô đun EMS và PMS cho các giá trị vận tốc  $u$  và  $v$  khá phù hợp với kết quả thí nghiệm vật lý (xem hình 4). Trên hình 4 cũng thấy rõ, thành phần vận tốc  $v$  rất khớp giữa tính toán và thí nghiệm cả về xu thế và độ lớn. Tuy nhiên, đối với kết quả tính theo phương pháp sử dụng mô đun SW thì có sự khác biệt giữa tính toán và thí nghiệm lớn hơn. Đặc biệt, thành phần vận tốc  $u$  tính toán theo SW rất nhỏ và có xu thế ngược với số liệu thí nghiệm. Giá trị vận tốc dòng chảy tính theo mô đun SW, nhìn chung nhỏ hơn nhiều so với số liệu thí nghiệm. Từ kết quả này có thể thấy, do tại mặt cắt này là vị trí phía sau cồn ngầm (tính từ khơi vào bờ) nên chịu tác động mạnh mẽ của các quá trình nhiễu xạ, hiệu ứng nước nông,

phản xạ bờ, sóng đổ và tương tác sóng với dòng chảy. Chính vì vậy, do hạn chế của mô hình SW không tính đến phản xạ sóng, không tính đến hiệu ứng nước nông phi tuyến và tác động của sóng đổ, cũng như tương tác giữa sóng với sóng nên đã ước lượng không tốt ứng suất sóng, dẫn đến kết quả tính dòng chảy phát sinh do sóng có xu thế nhỏ hơn thực tế.

Trong khi đó, mô hình EMS, PMS giải phương trình mild slope cho phép mô tả tốt hơn tác động của phản xạ sóng, nhiễu xạ sóng và hiệu ứng nước nông nên cho kết quả khả quan hơn. Tuy nhiên, do EMS và PMS đều không tính được tương tác phi tuyến sóng với dòng chảy cũng như tương tác sóng với sóng, hiệu ứng sóng đổ không được mô phỏng tốt nên dẫn đến còn nhiều sai khác về tính toán ứng suất sóng, dẫn đến kết quả tính dòng chảy sóng, tuy có tốt hơn SW, vẫn có sai khác khá lớn về độ lớn cũng như xu thế của dòng chảy so với thí nghiệm vật lý.



Hình 5. Phân bố các thành phần dòng chảy ngang bờ và dọc bờ tại mặt cắt  $x=13m$

Nhận định trên có thể thấy rất rõ tại mặt cắt  $x = 13m$ . Trên hình 5 cho thấy, cả ba phương pháp tính toán đều cho kết quả rất sai khác so với kết quả thí nghiệm vật lý tại mặt cắt  $x=13m$ . Nguyên nhân là do tại mặt cắt này, tính phi tuyến tăng mạnh và mức độ tương tác giữa các

thành phần tăng lên do độ sâu ở đây nhỏ hơn tại mặt cắt  $x=12,3m$  và nó nằm trong vùng sóng đổ, nơi chịu tác động mạnh mẽ của hiệu ứng nước nông lẫn phản xạ sóng từ bờ cũng như hệ thống dòng chảy phức tạp ven bờ. Chính vì vậy, do các mô hình EMS, PMS đều chưa mô tả tốt



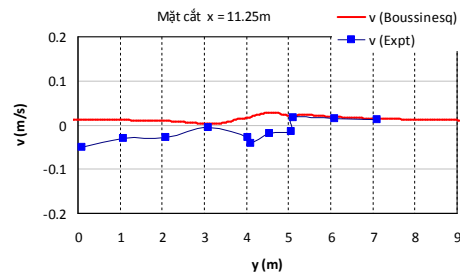
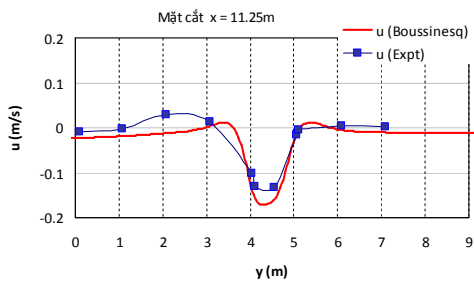
được tác động của sóng đồ, tương tác phi tuyến sóng với sóng, sóng phản xạ, nhiễu xạ, và tương tác sóng với dòng chảy, nên kết quả mô phỏng hệ thống dòng chảy phát sinh do sóng ở khu vực này gặp nhiều sai sót do việc tính toán chưa đúng ứng suất sóng.

### 3.3 Kết quả mô phỏng bằng mô hình Boussinesq

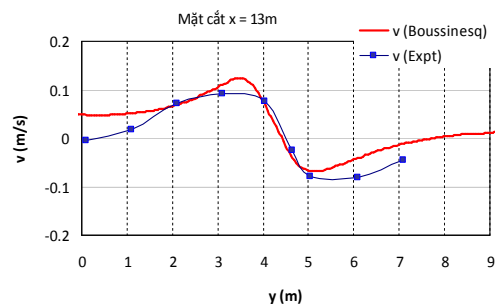
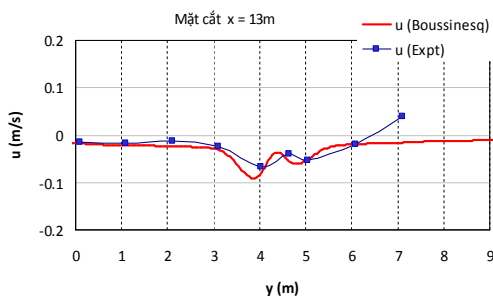
Từ các kết quả mô phỏng theo ba phương pháp của bộ MIKE 21 (SW, EMS, PMS) đối với dòng chảy phát sinh do sóng cho thấy, nếu không mô phỏng tốt trường sóng thì đối với các khu vực có địa hình phức tạp tồn tại tương tác phi tuyến mạnh, tồn tại công trình và đặc biệt có hệ thống dòng chảy sóng phức tạp thì việc mô phỏng dòng rip là rất khó cho kết quả tốt. Để thấy được những nhận định trên là có cơ sở, nhóm nghiên cứu đã thực hiện tính toán trường dòng chảy sóng với việc sử dụng hệ phương trình Boussinesq và các điều kiện tính toán giống hệt như đã tính bằng bộ MIKE 21, để mô phỏng cho điều kiện thí nghiệm của Haller và

nnk (1997). Các kết quả tại hai mặt cắt  $x = 13\text{m}$  và  $x = 11,25\text{m}$  để so sánh với số liệu thí nghiệm của Haller và nnk (1997).

Từ hình 6 ta thấy, kết quả mô phỏng dòng chảy sóng theo mô hình Boussinesq khá phù hợp với số liệu thí nghiệm của Haller và nnk (1997). Đặc biệt trên hình 6 thấy rõ độ lớn của dòng rip cũng như độ rộng của nó được mô hình Boussinesq mô phỏng khá tốt, có thể thấy tốt hơn hẳn phương pháp mô phỏng bằng EMS hay PMS ở trên. Mặc dù có sự sai khác về thành phần vận tốc  $v$  nhưng độ sai khác không lớn và xu thế của thành phần vận tốc này khá phù hợp với số liệu thí nghiệm. Các kết quả so sánh tại mặt cắt  $x=13\text{m}$  (xem hình 7) cho thấy sự phù hợp rất tốt giữa mô phỏng và thí nghiệm. Cả thành phần vận tốc  $u$  lẫn thành phần  $v$  đều cho xu thế rất phù hợp với kết quả thí nghiệm, độ lớn của dòng chảy cũng ở cùng bậc đại lượng, tuy nhiên, còn có sự sai khác nhưng về tổng thể là phù hợp và tốt hơn rất nhiều so với ba phương pháp tính toán theo MIKE 21 nêu trên.



Hình 6. So sánh kết quả mô hình Boussinesq với thí nghiệm vật lý tại  $x=11,25\text{m}$



Hình 7. So sánh kết quả mô hình Boussinesq với thí nghiệm vật lý tại  $x=13\text{m}$

## 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả mô phỏng dòng rip và dòng chảy ven bờ do sóng theo ba phương pháp thông dụng của bộ mô hình MIKE 21 cho bài toán sóng phát sinh dòng rip giữa hai cồn ngầm trên bãi thoải theo điều kiện thí nghiệm của Haller và nnk (1997). Kết quả cho thấy, cả

ba phương pháp sử dụng trong bộ MIKE 21 (MIKE 21-FM HD-SW; MIKE 21-HD-EMS; MIKE 21-HD-PMS) đều ước lượng sai lệch dòng rip và hệ thống dòng chảy phía trong vùng sóng đồ. Đặc biệt, độ lớn của dòng rip và độ rộng của nó được ước lượng thiên lớn đối với phương pháp sử dụng MIKE 21-HD-EMS và

MIKE 21-HD-PMS, trong khi đó, phương pháp sử dụng MIKE 21-FM HD-SW cho kết quả kém hơn hai phương pháp trên và ước lượng độ lớn cũng như độ rộng của dòng rip là thấp hơn nhiều so với số liệu thí nghiệm. Nguyên nhân có thể chỉ rõ đó là việc tính trường sóng và ứng suất sóng theo các mô hình tính sóng EMS, PMS hay SW còn bỏ sót nhiều yếu tố tác động trực tiếp đến trường sóng ven bờ dẫn đến tính toán xác định trường ứng suất sóng chưa đúng, chính điều này dẫn đến hệ quả là trường dòng chảy phát sinh do sóng được mô phỏng sai lệch nhiều so với thực tế. Tuy vậy, đối với ba phương pháp trên thì sử dụng phương pháp MIKE 21-HD-EMS là khả quan hơn cả, cho kết quả phù hợp hơn các phương pháp còn lại.

Tính toán thử nghiệm với mô hình Boussinesq đã cho thấy tính ưu việt khi sử dụng mô hình này mô phỏng dòng rip và dòng ven bờ

do sóng. Kết quả so sánh với thí nghiệm vật lý cho thấy có sự phù hợp tốt về xu thế cũng như độ lớn. Đặc biệt là kết quả mô phỏng độ lớn và độ rộng của dòng rip.

Qua kết quả nghiên cứu ở đây, khuyến nghị khi tính toán, mô phỏng dòng rip, hay dòng chảy sóng ven bờ nên sử dụng mô hình MIKE 21-HD-EMS thay cho việc sử dụng MIKE 21-FM HD-SW. Cách tốt nhất hiện nay để mô phỏng, tính toán dòng chảy phát sinh do sóng khu vực ven bờ bao gồm cả dòng rip là sử dụng mô hình Boussinesq. Tuy nhiên, tính toán theo mô hình Boussinesq đòi hỏi thời gian tính toán lâu hơn nên với bài toán thực tế, cần cân nhắc những trường hợp sử dụng được Boussinesq thì cần sử dụng triệt để, để đảm bảo tính đúng đắn của kết quả tính toán.

**Lời cảm ơn:** Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài TNMT.2016.06.09. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Bá Xuân (2009). *Nghiên cứu hiện tượng dòng rút (rip current) khu vực bãi biển Nha Trang và Cam Ranh, đề xuất giải pháp cảnh báo và phòng tránh phục vụ hoạt động du lịch biển*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Viện KH&CN VN.
- Lê Đình Mậu (2012). *Điều tra đánh giá hiện tượng dòng rip (rip current) tại các bãi tắm Khánh Hòa, xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp phòng tránh*. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp tỉnh.
- Phạm Văn Tiên, Lê Văn Khoa (2017). *Nghiên cứu dòng rip ven biển Đà Nẵng bằng mô hình MIKE couple*, Tạp chí KH&CN ĐHQĐN, số 5(114).2017, Quyển 1, Tr. 52-56.
- Haller M.C., R.A. Dalrymple, I.A. Svendsen (1997). *Experimental modeling of rip currents system*. In Proceedings of WAVE'97, Virginia Beach, VA, 750-764, ASCE.

### Abstract:

#### SIMULATION OF WAVE INDUCED CURRENTS AND RIP USING VARIOUS MODULES OF MIKE 21 SOFTWARE

*The paper presents the simulated results of wave-induced current in the nearshore areas and rip currents on a beach with submerged dunes. Simulated results were compared with physical experiment data. The comparison between the simulated results and physical experiment data of Haller et al. (1997) showed that the best method among the three methods provided with MIKE 21 in this study, was MIKE 21-HD-EMS. The results also show that it is necessary to use a strong mathematical model to simulate wave field, which is used to calculate the wave radiation stresses, for simulation of wave-induced currents including rip currents. Simulated results of the model using Boussinesq equation were the most suitable in all of methods used in this study and satisfactory agreement in comparison with the laboratory data given by Haller et al. (1997). The rip current results calculated by MIKE 21-FM HD-SW which is the most used before, have large discrepancies of current speed and range in comparison with experimental data.*

**Keywords:** Rip current; Wave induced current; Nearshore waves

---

Ngày nhận bài: 23/5/2018

Ngày chấp nhận đăng: 28/6/2018