

PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MẶN, SÓNG GIÓ ĐẾN QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN BÙN CÁT KHU VỰC CỬA SÔNG VEN BIỂN ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Lê Xuân Tú, Trần Bá Hoàng, Lê Thanh Chương

Viện khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố độ mặn, sóng gió đến quá trình vận chuyển bùn cát khu vực cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long sử dụng mô hình toán 3 chiều Delft 3D. Kết quả mô phỏng cho thấy với khu vực cửa sông độ mặn đóng vai trò quan trọng trong quá trình bồi lắng và đẩy bùn cát ra biển. Ngoài khu vực ven bờ thì sóng là yếu tố chính chi phối quá trình vận chuyển bùn cát. Kết quả cho thấy lượng bùn cát lơ lửng vận chuyển về phía Tây Nam chiếm ưu thế so với hướng vận chuyển lên phía Đông Bắc.

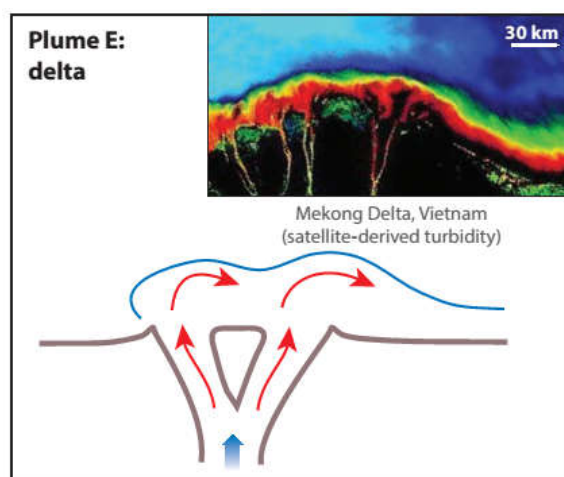
Từ khóa: Độ mặn, sóng gió, vận chuyển bùn cát, cửa sông, ven biển, đồng bằng sông Cửu Long

Summary: The results show the sensitivity analysis the effect of wind, wave and salinity on suspended sediment transport by Delft 3D in estuarine and coastal Mekong delta. The salinity influence significantly on suspended sediment transport and deposition at estuaries. However, the wave and wind effects play a crucial role in resuspended and transport sediment in shallow coastal water, a net longshore of suspended sediment transport towards the south-west is dominant than the north-eastward.

Keywords: Salinity, wave, wind, sediment transport, estuary, coastal zone, Mekong delta

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực cửa sông và ven biển đồng bằng sông Cửu Long, dòng chảy từ các cửa sông đổ ra biển tạo ra các dòng nước ngọt (river plumes) ngay tại khu vực này. Dòng nước ngọt được tạo ra nổi lên trên do sự chênh lệch mật độ giữa nước ngọt cửa sông và nước mặn ngoài biển. Nơi này bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi sự tương tác mặn ngọt và quá trình xáo trộn dòng chảy ở cửa sông (circulation). Quy mô và hình dạng của những dòng nước ngọt này được thể hiện dựa trên độ lớn hình thái bờ biển và độ lớn lưu lượng từ các cửa sông. Tuy nhiên, các lực tác động bên ngoài như gió sẽ là thay đổi hình dạng của các dòng này và chúng có thể bị chia ra thành nhiều dòng khác nhau dưới những điều kiện ngoại lực khác nhau (Alexander R. Horner-Devine, et al 2014).



Hình 1. Dòng chảy từ các cửa sông tương tác với nhau ở đồng bằng Mekong (Alexander R. Horner-Devine, et al 2014)

Dòng river flumes khu vực cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long (xem hình 1) được

Ngày nhận bài: 30/8/2018

Ngày thông qua phản biện: 20/9/2018

Ngày duyệt đăng: 12/10/2018

hình thành bởi sự tương tác của chế độ gió mùa (gió mùa Đông Bắc) và nước ngọt đổ ra biển từ các hệ thống cửa sông chính trong khu vực này như: cửa Đại, Cửa Tiểu, Ba Lai, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Định An, Trần Đề và Mỹ Thanh. Các dòng này hình thành bởi quá trình tương tác của các cửa sông lẫn nhau, trong trường hợp này, đặc tính và kết cấu dòng chảy phụ thuộc rất nhiều vào lưu lượng nước ngọt từ các cửa sông, lực tác động bên ngoài như sóng, gió và khoảng cách giữa các cửa sông. Sự hình thành dòng chảy này liên quan đến quá trình vận chuyển bùn cát ở khu vực cửa sông ven biển Mekong.

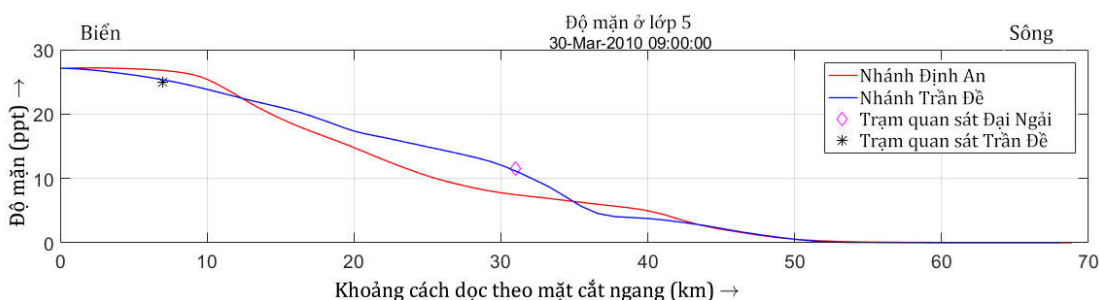
Quá trình vận chuyển bùn cát ở cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long bị chi phối bởi nhiều yếu tố trong đó độ mặn, sóng gió và thành phần bùn cát có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình vận chuyển bùn cát. Để xem xét yếu tố nào ảnh hưởng đến quá trình vận chuyển bùn cát và chiếm ưu thế ở các khu vực ven biển là rất quan trọng điều này sẽ làm tăng sự hiểu biết đến quá trình ven biển và từ đó đưa ra các giải pháp phù hợp để kiểm soát quá trình này và đề xuất các giải pháp phù hợp để bảo vệ bờ biển. Trong bài báo: “Nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát vùng cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long sử dụng mô hình toán 3 chiều Delft 3D” tác giả đã trình bày chi tiết quá trình thiết lập và kiểm định mô hình thủy lực và sóng. Trong bài báo này, tác giả sẽ trình bày kết quả phân tích ảnh hưởng của các yếu tố trên đến quá trình vận chuyển bùn cát.

2. QUÁ TRÌNH XÂM NHẬP MẶN Ở CÁC

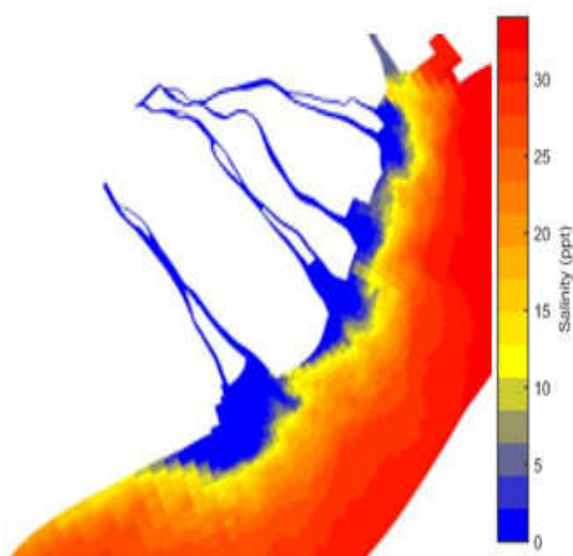
CỬA SÔNG

Để đánh giá quá trình xâm nhập mặn trên không gian 3 chiều tại các cửa sông trong mùa lũ và mùa kiệt, độ mặn (salinity) lớn nhất ở tầng đáy và độ mặn nhỏ nhất ở tầng mặt được đưa ra phân tích. Hình 3 thể hiện kết quả phân bố độ mặn khu vực cửa sông ven biển giữa mô phỏng và thực đo trong tháng 10 là khá phù hợp.

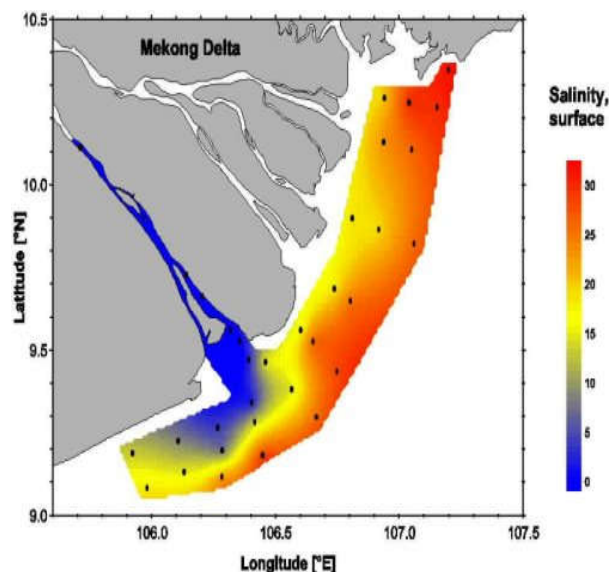
Hình 5 và hình 6 thể hiện độ mặn lớn nhất ở tầng đáy trong mùa lũ và mùa kiệt. Nó rất rõ ràng rằng độ mặn xâm nhập lớn nhất xảy ra tại thời điểm nước ngưng khi triều cao HWS (High water slack). Trong mùa lũ năm 2009 độ mặn cao nhất chỉ xâm nhập vào đến đầu các cửa sông (xem hình 5), lý do là trong mùa lũ lưu lượng nước ngọt lớn từ các con sông đổ ra biển đẩy nước mặn từ trong sông ra ngoài cửa. Tuy nhiên, trong mùa kiệt năm 2010 lưu lượng nước ngọt từ sông đổ ra giảm đáng kể do đó mặn xâm nhập sâu vào trong các cửa sông đặc biệt vào cuối mùa kiệt (Tháng 3,4,5), tại cửa sông Hậu độ mặn xâm nhập sâu vào trong nội địa khoảng 50 km tính từ cửa sông, hình 6, hình 7 và tại trạm Đại Ngãi trên sông Trần Đề độ mặn lớn nhất tại tầng giữa vào khoảng 10-12 ppt (xem hình 2). Hình 4 thể hiện sự phân tầng dòng chảy mặn ngọt tại cửa sông Định An trong mùa lũ, lớp trên mặt là nước ngọt chảy ra phía biển trong khi lớp nước mặn dưới đáy đang xâm nhập vào trong cửa sông tạo thành một circulation ở vùng cửa sông với chiều dài nêm mặn khoảng 10 km.



Hình 2. Sự xâm nhập mặn lớn nhất tại tầng giữa trên sông Định An và Trần Đề trong mùa kiệt năm 2010 giữa thực đo và mô phỏng

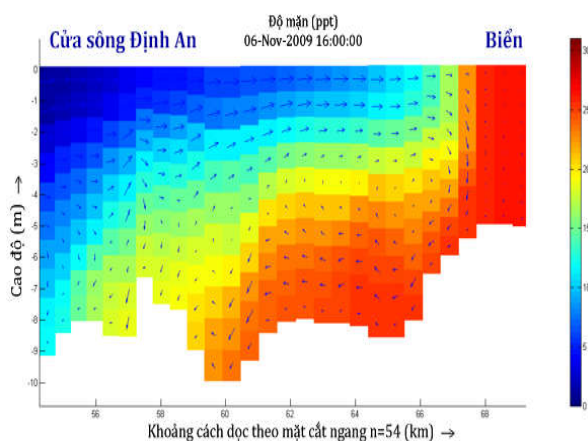


Độ mặn trên lớp mặt trong tháng 10/2010 bằng mô hình toán



Độ mặn trên lớp mặt trong tháng 10/1997 tại các vị trí thực đo (nguồn: TU Darmstadt)

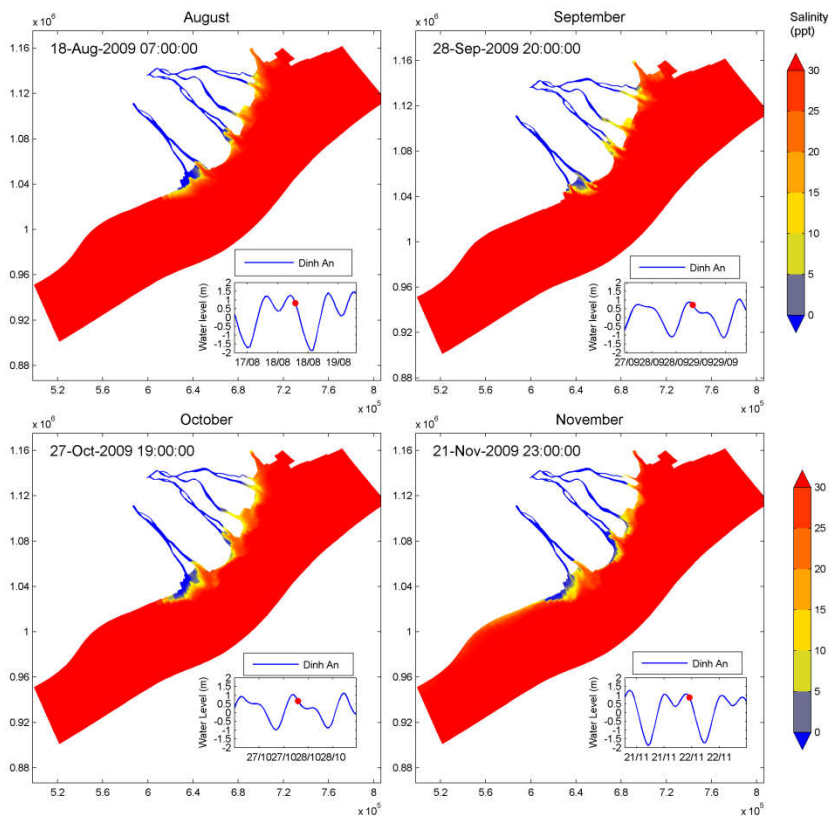
Hình 3. Phân bố độ mặn trên lớp mặt giữa mô phỏng (trái) và thực đo (phải) trong mùa lũ



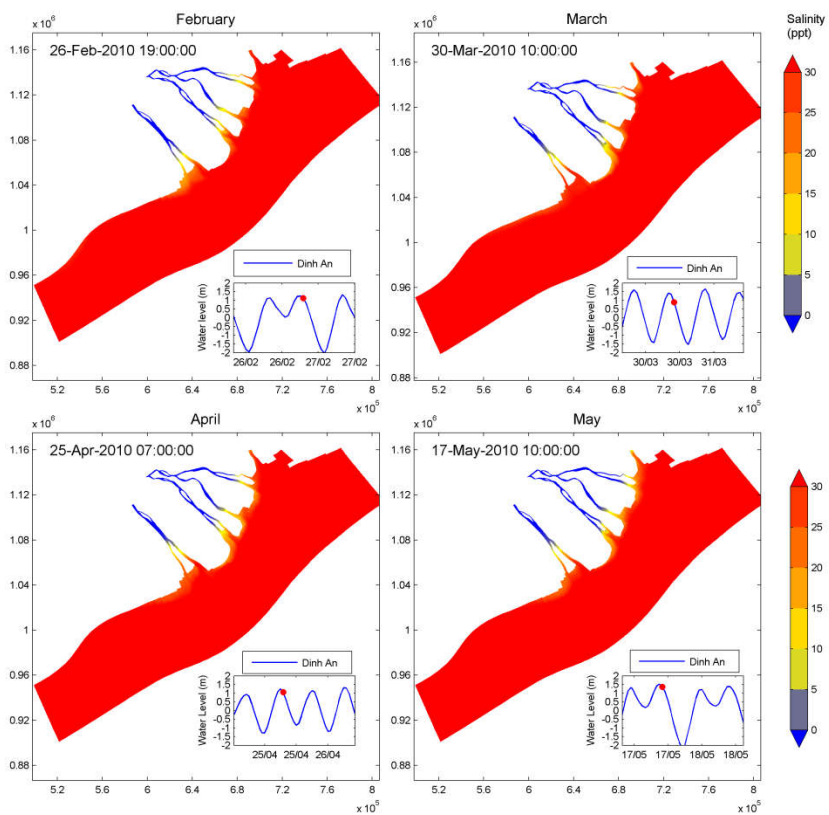
Hình 4. Mặt cắt dọc thể hiện nêm mặn tại cửa sông Định An (thang màu thể hiện độ mặn và mũi tên thể hiện hướng vận tốc dòng chảy)

Sự phân bố dòng nước ngọt đổ ra biển thì thay đổi theo mùa và chúng được thể hiện trong

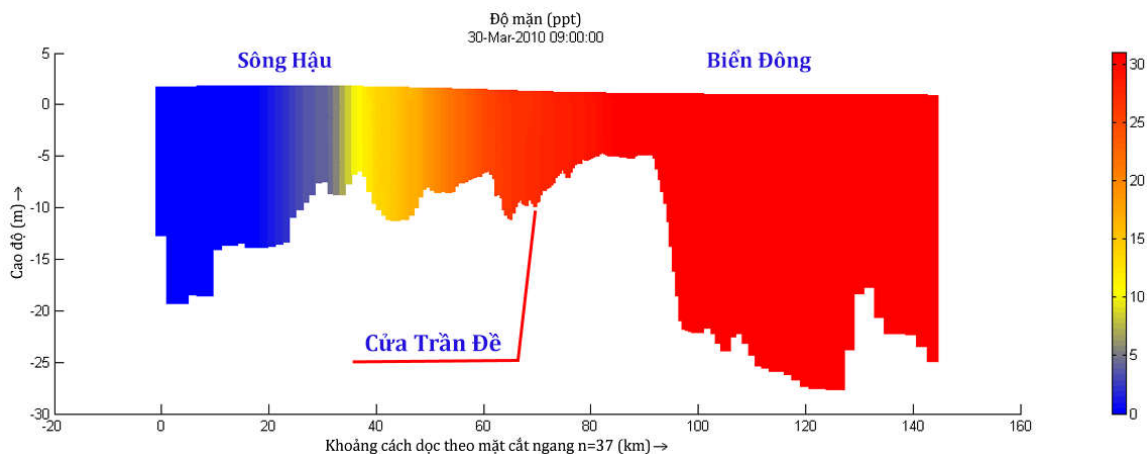
Hình, Hình, Hình bằng độ mặn nhỏ nhất trên lớp mặt. Rõ ràng rằng độ mặn nhỏ nhất xảy ra tại thời điểm nước ngưng khi triều thấp LWS (Low water slack) và tương quan với lưu lượng dòng chảy trong sông. Các dòng nước ngọt từ các nhánh sông tương tác với nhau và thể hiện rõ nhất là trong mùa lũ (xem hình 8Hình), sự phân bố theo không gian các luồng dòng chảy này thể hiện rõ nét theo gió mùa, trong mùa Tây Nam (tháng 8,9,10) hướng dòng chảy lệch về phía Đông Bắc và khi chuyển sang gió mùa Đông Bắc thì chúng chuyển hướng dòng chảy sang hướng Tây Nam (Tháng 11) và trở nên trung tính tại thời điểm cuối mùa khô (Tháng 5). Kết quả mô phỏng thể hiện dòng nước ngọt mở rộng ra biển lớn nhất khoảng 20 km từ cửa sông Hậu trong mùa lũ, tuy nhiên trong mùa khô thì nó chỉ dừng lại ở vị trí cửa sông.



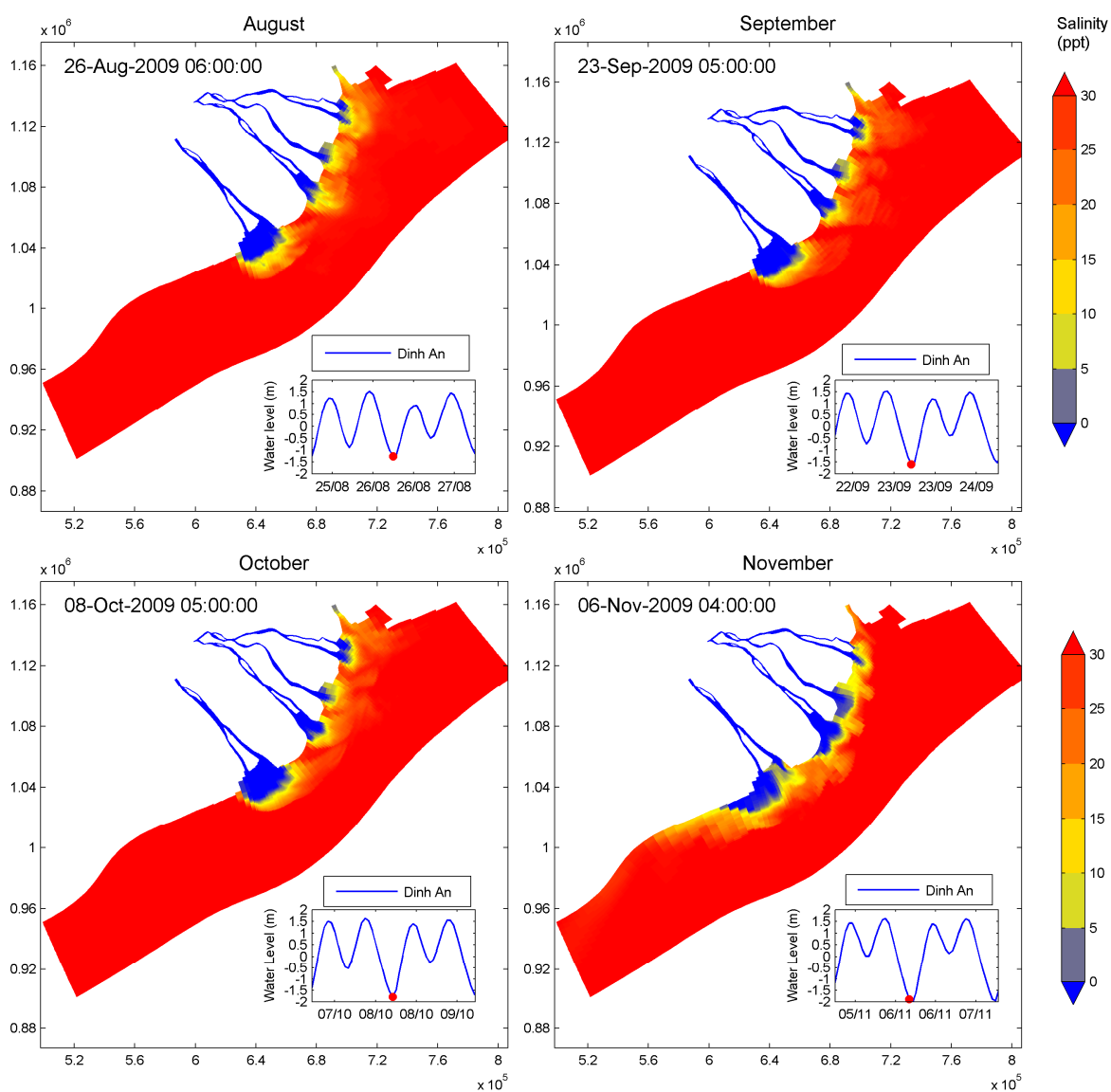
Hình 5. Độ mặn lớn nhất tháng 8,9,10,11 tại lớp đáy trong mùa lũ 2009



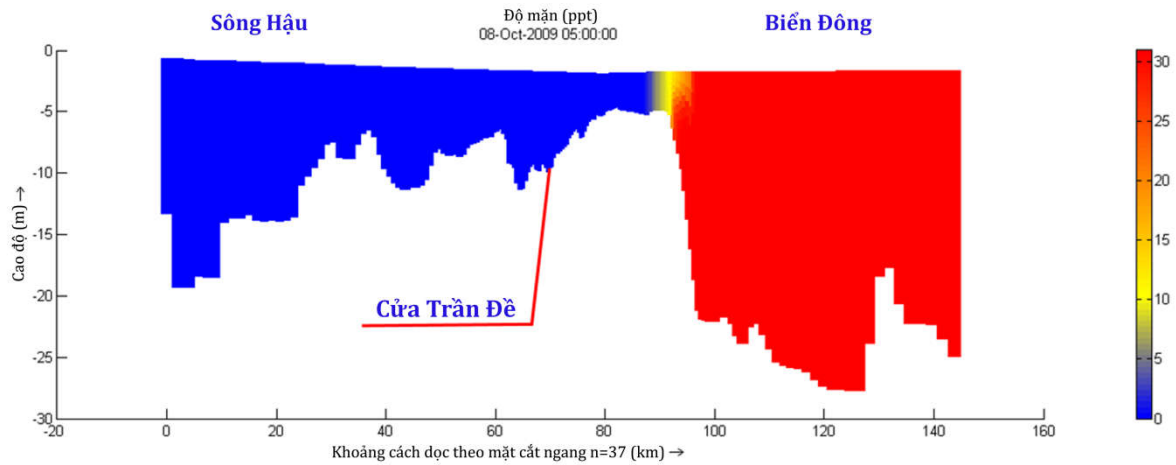
Hình 6. Độ mặn lớn nhất tháng 2,3,4,5 tại lớp đáy trong mùa khô 2010



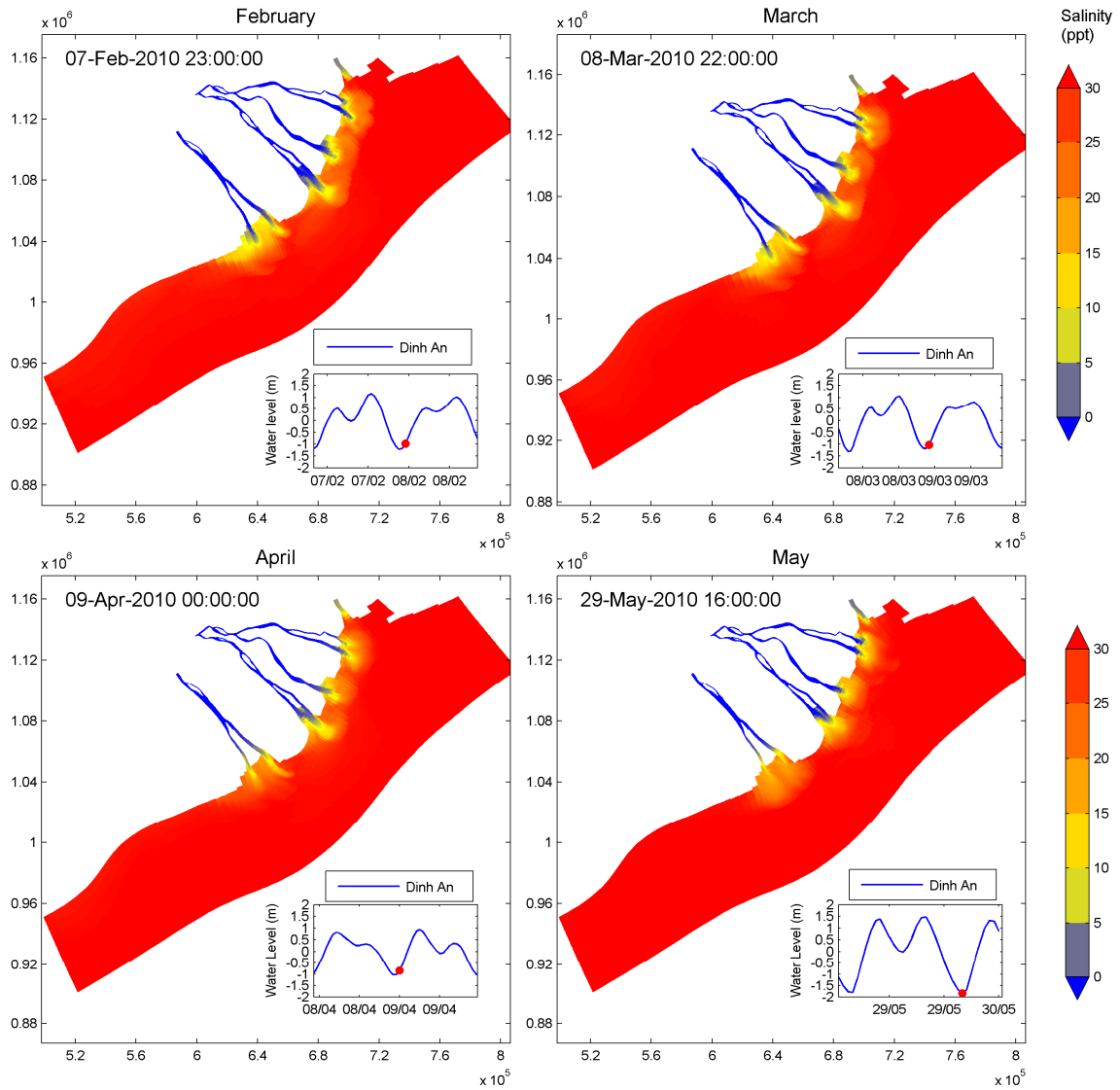
Hình 7. Xâm nhập mặn lớn nhất dọc theo mặt cắt của sông Trần Đề trong mùa khô 2010



Hình 8. Xâm nhập mặn nhỏ nhất tháng 8,9,10,11 trên lớp mặt trong mùa lũ 2009



Hình 9. Xâm nhập mặn nhỏ nhất dọc theo mặt cắt của sông Trần Đê trong mùa lũ 2009



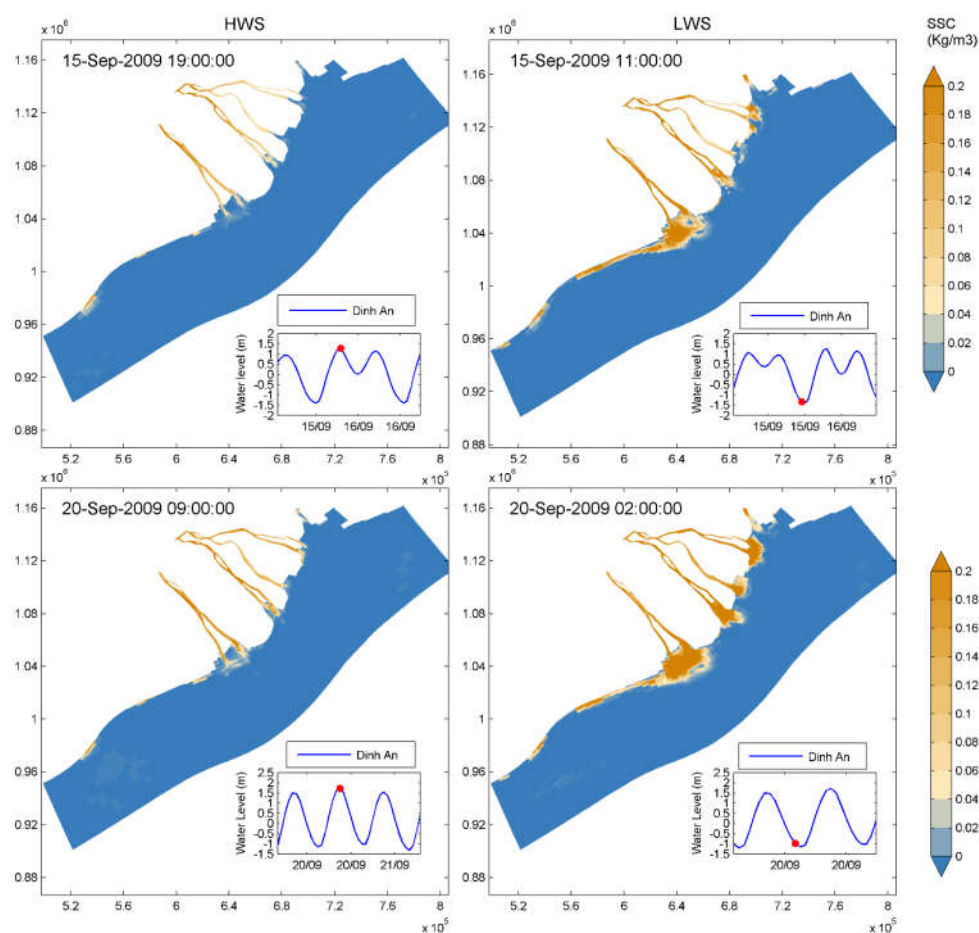
Hình 10. Xâm nhập mặn nhỏ nhất tháng 2,3,4,5 trên lớp mặt trong mùa khô 2010

3. ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN BÙN CÁT LƠ LŨNG THEO SỰ DAO ĐỘNG THỦY TRIỀU VÀ THEO MÙA KHÍ HẬU

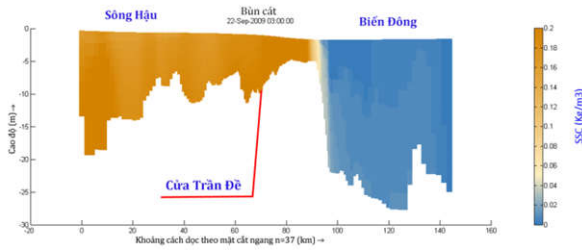
Dựa trên sự thay đổi biên độ thủy triều, biên độ triều lớn nhất (spring tide) và biên độ triều nhỏ nhất (neap tide) để phân tích. Với mỗi sự thay đổi biên độ triều thì sự phân bố bùn cát ở lớp trên mặt tại thời điểm nước ngưng triều cao là nhỏ nhất và lớn nhất tại thời điểm nước ngưng triều thấp.

Hình 11 thể hiện sự phân bố hàm lượng bùn cát lơ lửng (SSC) trong mùa lũ. Hàm lượng SSC ở trong sông và cửa sông đều cao tại thời điểm LWS trong cả hai trường hợp biên độ triều lớn nhất và nhỏ nhất. Hình 12 thể hiện sự phân bố bùn cát SSC trên mặt cắt dọc cửa sông Trần Đề

trong mùa lũ, lượng bùn cát trong sông với hàm lượng SSC lớn và đổ ra biển, hàm lượng SSC lớn nhất và phân bố rộng nhất ở cửa sông tại thời điểm LWS của biên độ triều nhỏ nhất, trong đó hàm lượng SSC khoảng 0.04 Kg/m^3 được đẩy ra xa khoảng 20km từ khu vực cửa sông Hậu, và hầu hết bùn cát lơ lửng tập trung ở trước cửa sông. Lý do, đây thời điểm mùa lũ lượng bùn cát đổ ra là lớn nhất mặt khác thời điểm này trùng với gió mùa Tây Nam, chế độ sóng tương đối lặng nên bùn cát không vận chuyển đi xa dọc bờ. Ngược lại, lượng SSC đổ ra cửa sông nhỏ nhất tại thời điểm triều cao (HWS) trong cả hai trường hợp biên độ triều lớn nhất và nhỏ nhất. Tuy nhiên, lượng bùn cát SSC trong sông lại tương đối cao trong cả hai trường hợp HWS.



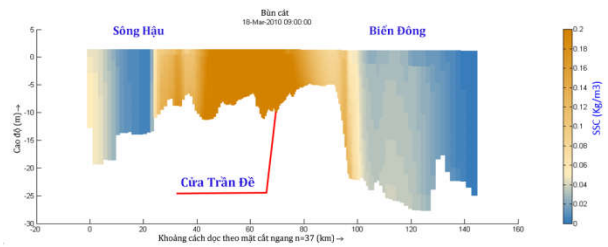
Hình 11. So sánh sự phân bố SSC trên lớp mặt tại HWS (trái) và LWS (phải) tại thời điểm neap tide (hình bên trên) và spring tide (hình bên dưới) trong mùa lũ 2009



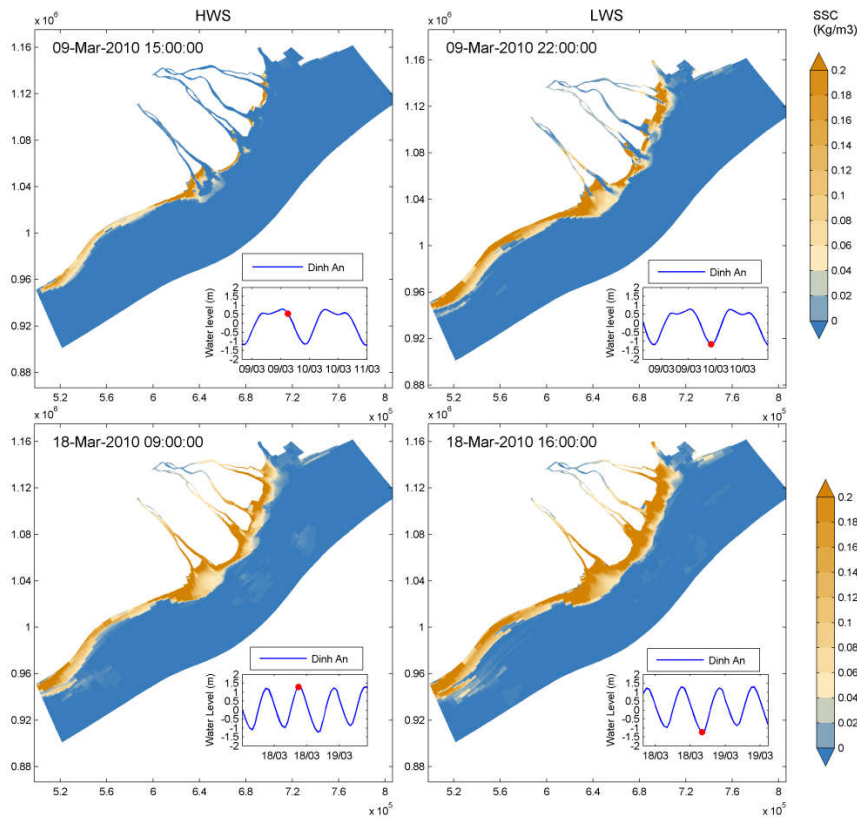
Hình 12. Phân bố SSC trên mặt cắt dọc cửa sông Trần Đề trong mùa lũ 2009

phù sa bồi lắng ven bờ trong mùa lũ trước được khởi động và lơ lửng hóa do, sóng và dòng ven bờ chiếm ưu thế trong thời điểm này là gió mùa Đông Bắc. Điều này làm cho bùn cát di chuyển dọc bờ biển về phía Tây Nam và một phần quay trở lại cửa sông. Hình 13 thể hiện sự phân bố SSC trên mặt cắt dọc cửa sông Trần Đề trong mùa kiệt năm 2010, mặc dù bùn cát từ sông đổ ra nhỏ hơn 0.04 Kg/m^3 , nhưng hàm lượng SSC gần cửa Trần Đề vẫn rất cao trên 0.2 Kg/m^3 .

Trong mùa kiệt, hình 14 thể hiện phân bố SSC tại thời điểm biên độ triều lớn nhất và nhỏ nhất. Tại thời điểm biên độ triều thấp, hàm lượng SSC đều thấp cả trong sông và cửa sông ngoại trừ khu vực ven bờ. Tuy nhiên, tại thời điểm biên độ triều cao hàm lượng SSC phân bố trong cả trong cửa sông và ven bờ đều cao mặc dù SSC trong sông lại thấp. Lý do là hàm lượng SSC trong sông đổ ra suy giảm đáng kể trong mùa kiệt, tuy nhiên hàm lượng bùn cát SSC ven biển vẫn cao là do lượng



Hình 13. Phân bố SSC trên mặt cắt dọc cửa sông Trần Đề trong mùa khô 2010



Hình 14. So sánh sự phân bố SSC trên lớp mặt tại HWS (trái) và LWS (phải) tại thời điểm neap tide (hình bên trên) và spring tide (hình bên dưới) trong mùa khô 2010

4. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ SÓNG GIÓ VÀ ĐỘ MẶN ĐẾN QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN BÙN CÁT

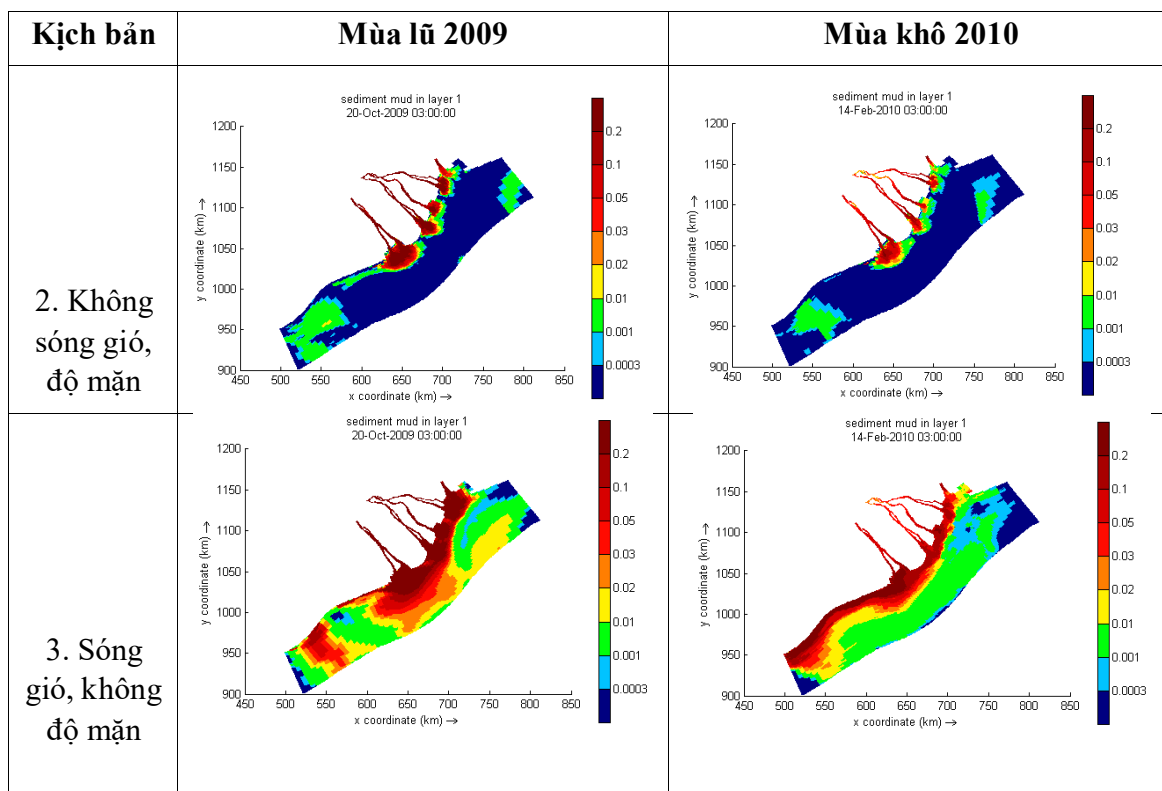
Để phân tích ảnh hưởng của các yếu tố độ mặn, sóng gió và thành phần bùn cát đến quá trình vận chuyển bùn cát khu vực này theo mùa 3 kịch bản được mô phỏng trong một năm từ 6/2009-5/2010:

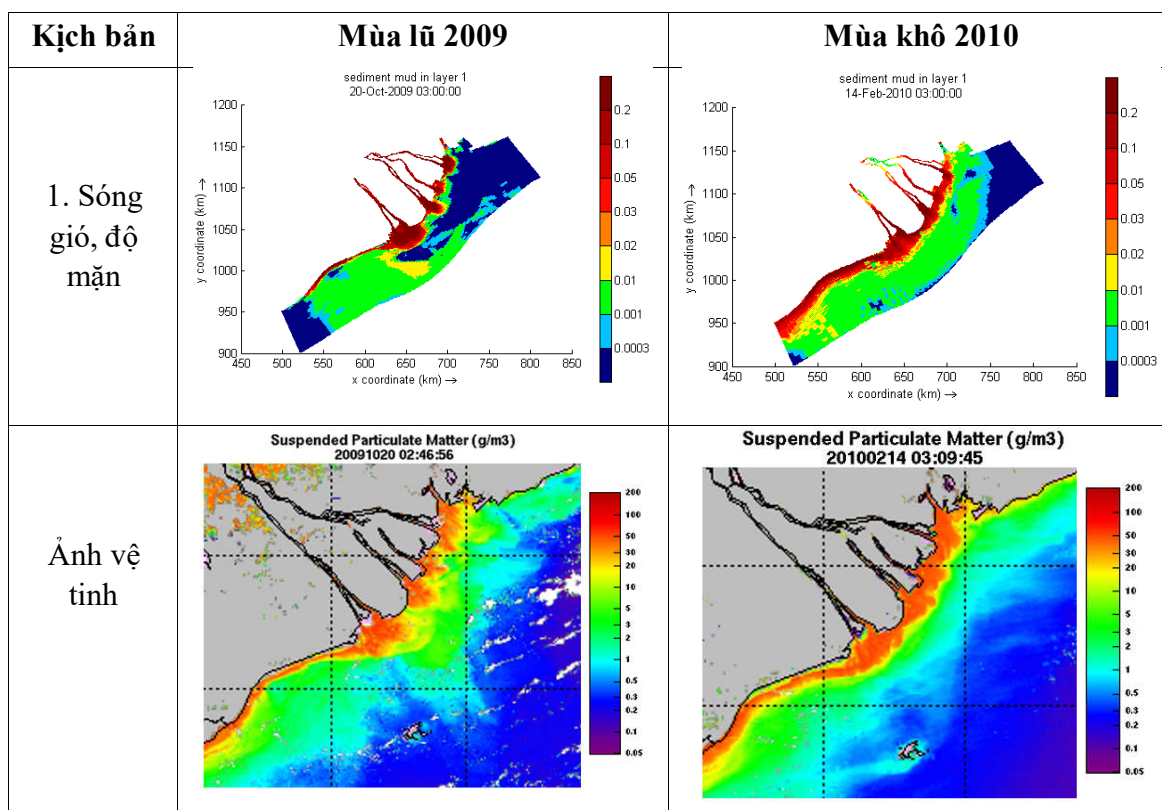
Tên kịch bản	Miêu tả
1. Sóng gió, độ mặn	Kịch bản hiện trạng với sóng gió, bùn cát lơ lửng và độ mặn.
2. Không sóng gió, độ mặn	Như kịch bản 1 nhưng bỏ qua ảnh hưởng của sóng gió
3. Sóng gió, không độ mặn	Như kịch bản 1 nhưng bỏ qua ảnh hưởng của độ mặn

Hình 15 thể kết quả mô phỏng các kịch bản so sánh sự phân bố bùn cát trong mùa lũ 2009 và

trong mùa kiệt 2010 giữa các kịch bản với nhau và so sánh với ảnh vệ tinh. Kịch bản 1. Sóng gió, độ mặn thể hiện sự phân bố bùn cát trên không gian và hàm lượng khá phù hợp so với ảnh vệ tinh. Trong mùa lũ hàm lượng SSC là lớn nhất và phân bố từ trong sông ra trước các cửa sông là chủ yếu, nó là kết quả vận chuyển bùn cát từ sông ra biển trong mùa lũ. Ngược lại, trong mùa kiệt sóng và gió mùa Đông Bắc chiếm ưu thế đã đẩy dòng bùn cát di chuyển xuống phía Tây Nam.

Ảnh hưởng của sóng gió là khá rõ nét khi so sánh kịch bản 1. Sóng gió, độ mặn và kịch bản 2. Không sóng gió, độ mặn, trong mùa khô 2010. Với ảnh hưởng của sóng gió trong kịch bản 1 thì sự phân bố bùn cát tại các cửa sông chúng tương tác với nhau và tạo thành một dải kéo dài từ cửa Soài Rạp xuống phí Nam với hàm lượng bùn cát khá lớn, trong khi ở kịch bản 2 sự phân bố bùn cát chỉ tập trung tại các cửa sông và hàm lượng là khá thấp bởi vì bùn cát không được khuấy động bởi sóng và gió.





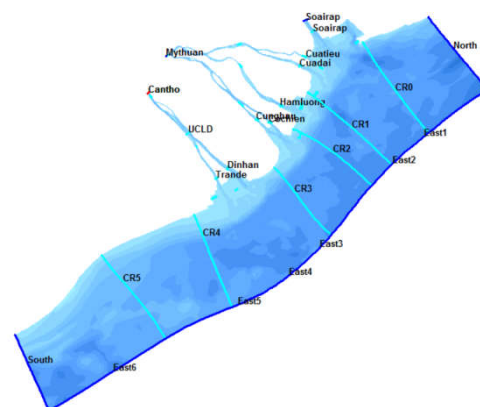
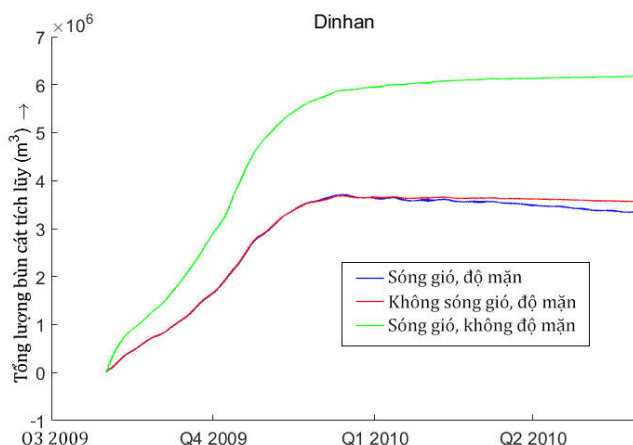
Hình 15. So sánh sự phân bố SSC (Kg/m^3) trên không gian trong các kịch bản mô phỏng và ảnh vệ tinh trong mùa lũ 2009 (trái) và mùa kiệt 2010 (phải)

Ảnh hưởng của độ mặn cũng thể hiện khá rõ nét khi so sánh kịch bản 1. Sóng gió, độ mặn và kịch bản 3. Sóng gió, không độ mặn. Khi không có độ mặn thì bùn cát từ các cửa sông được đẩy ra xa hơn thềm lục địa so với kịch bản 1, nguyên nhân là do khi không có độ mặn thì không có nêm mặn để cản trở dòng chảy nước ngọt từ sông ra, khả năng khuếch tán bùn cát trong nước ngọt là lớn hơn và không xem xét hiện tượng kết bông tại khu vực cửa sông.

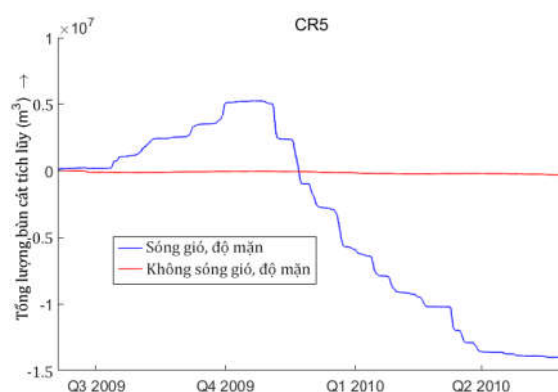
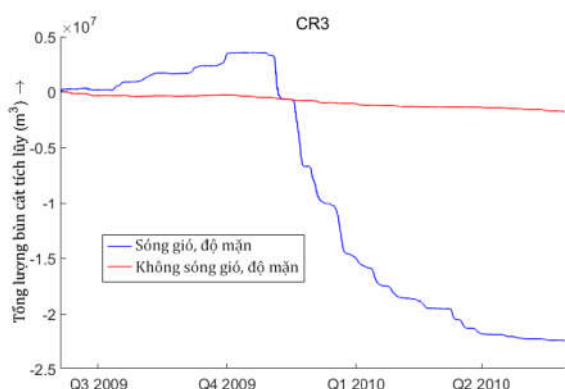
Hình 16 thể hiện lượng bùn cát vận chuyển qua mặt cắt cửa sông Định An ứng với các kịch bản khác nhau, bùn cát vận chuyển ra biển phần lớn là trong mùa lũ và giảm dần trong mùa kiệt. Ảnh hưởng của sóng gió là rất rõ ràng khi so sánh kết quả kịch bản 1. Sóng gió, độ mặn và kịch bản 2. Không sóng gió, độ mặn. Trong mùa

lũ ảnh hưởng của sóng gió không rõ nét giữa kịch bản 1 và 2. Tuy nhiên, trong mùa khô 2010 thì có sự khác biệt rõ rệt, khi có xét đến sóng gió thì kết quả cho thấy nhiều bùn cát đã được đẩy vào trong cửa sông trong mùa kiệt so với kịch bản 2.

Ảnh hưởng của độ mặn cũng khá rõ nét khi so sánh kịch bản 1 và kịch bản 3. Khi không có độ mặn thì lượng bùn cát từ cửa sông đổ ra biển trong mùa kiệt khá lớn gấp 1.5 lần so với kịch bản có xét đến độ mặn và trong mùa kiệt thì không có lượng bùn cát nào ngoài biển di chuyển vào trong cửa sông. Điều đó cho thấy ảnh hưởng của độ mặn là một yếu tố rất quan trọng khi xem xét quá trình vận chuyển bùn cát ở khu vực cửa sông đồng bằng sông Cửu Long.



Hình 16. So sánh lượng bùn cát vận chuyển qua cửa Định An từ tháng 6/2009-5/2010 trong các kịch bản mô phỏng (trái) và vị trí trích xuất kết quả trên mô hình (phải)



Hình 17. So sánh lượng bùn cát SSC vận chuyển qua mặt cắt CR3, CR5 từ tháng 6/2009-5/2010 trong trường hợp có sóng và không có sóng.

Để xem xét ảnh hưởng của sóng gió đến quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ chúng tôi trích xuất kết quả vận chuyển bùn cát tại 2 mặt cắt CR3 và CR5 (xem hình 17). Kết quả mô phỏng cho thấy ảnh hưởng của sóng gió đến quá trình vận chuyển bùn cát ven bờ là khá rõ nét. Trong mùa gió Tây Nam bùn cát ven bờ vận chuyển theo hướng Đông Bắc, ngược lại khi gió chuyển sang mùa Đông Bắc thì bùn cát vận chuyển ngược lại theo hướng Tây Nam. Về tổng lượng thì bùn cát vận chuyển theo hướng Tây Nam chiếm ưu thế hơn trong một năm khí hậu.

Điều này có thể kết luận rằng sóng gió đóng một vai trò quan trọng trong quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ ở đồng bằng sông Cửu

Long đặc biệt là sóng gió trong mùa Đông Bắc.

5. KẾT LUẬN

Quá trình xâm nhập mặn ở khu vực cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long được mô phỏng bằng mô hình 3 chiều số liệu mô phỏng đã được kiểm định với số liệu thực đo và ảnh vệ tinh thể hiện độ tin cậy của mô hình. Các quá trình xâm nhập mặn ở khu vực cửa sông được thể hiện rõ qua nêm mặn xâm nhập ở tầng đáy từ biển vào trong sông, trong mùa khô mặn xâm nhập từ cửa sông Hậu vào sâu đất liền khoảng 50km, độ mặn tại trạm Đại Ngãi khoảng 10-12 ppt. Ngược lại, trong mùa lũ lượng nước ngọt

đổ ra biển với khoảng cách cửa sông khoảng 20km.

Nghiên cứu đã phân tích được ảnh hưởng của các yếu tố sóng gió và độ mặn lên quá trình vận chuyển bùn cát khu vực cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long, các yếu tố này ảnh hưởng đáng kể đến quá trình vận chuyển bùn cát. Ở khu vực cửa sông đồng bằng sông Cửu Long thì ảnh hưởng của độ mặn là một yếu tố rất quan trọng khi xem xét quá trình vận chuyển bùn cát vì nó tạo ra nêm mặn đẩy bùn cát từ ven biển vào trong cửa sông trong mùa kiệt và tạo ra hiện

tượng kết bông tăng khả năng bồi lắng trong mùa lũ. Với khu vực ven biển sóng gió là một yếu tố quyết định trong quá trình tái lơ lửng bùn cát ở khu vực ven bờ và vận chuyển bùn cát xuống phía Tây Nam chiếm ưu thế hơn so với hướng Đông Bắc.

Để quản lý và sử dụng hợp lý dải ven biển đồng bằng sông Cửu Long cần phải hiểu biết sâu sắc các quá trình này từ đó đề xuất giải pháp quản lý phù hợp, đối với khu vực bị sạt lở bờ và bùn cát vận chuyển đi nơi khác thì cần có các công trình để kiểm soát sóng và dòng chảy ven bờ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Alexander R. Horner-Devine, Robert D. Hetland, and Daniel G. MacDonald. Mixing and Transport in Coastal River Plumes.
- [2] http://kalicotier.gis-cooc.org/data_access/mekong/SPM
- [3] <https://www.geo.tu-darmstadt.de/fg/allgeol/mitarbeiterseiten/landmann/mekong.de.jsp>
- [4] Lê Xuân Tú, 2018. Nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát vùng cửa sông ven biển đồng bằng sông Cửu Long sử dụng mô hình toán 3 chiều Delft 3D.
- [5] Trần Bá Hoàng, 2009-2010. Điều tra cơ bản các cửa sông Cửu Long cho nghiên cứu và phát triển bền vững.
- [6] Wolanski Eric, Huan, N.N., Dao, L.T., Nhan, N.H., Thuy, N.N., 1996. Fine-sediment dynamics in the Mekong River Estuary, Viet Nam. Estuary. Coast. Shelf Sci. 43, pp565–582.