VKHCNVN
VĐL

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM
VIỆN ĐỊA LÝ
18 Đường Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

BÁO CÁO TỔNG KẾT ĐỀ TÀI KHCN CẤP NHÀ NƯỚC

DỰ BÁO HIỆN TƯỢNG XÓI LỞ - BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VÀ CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG TRÁNH

PGS. TS. Phạm Huy Tiến

Hà Nội, 1 - 2005

5449
1578105

Bản quyền 2005 thuộc VĐL

Đơn xin sao chép toàn bộ hoặc từng phần tài liệu này phải gửi đến Viện trưởng VĐL trừ trường hợp sử dụng với mục đích nghiên cứu.

Danh sách các cán bộ tham gia thực hiện chính

TT	Họ và tên	Học hàm học vị	Chức vụ, cơ quan công tác	Chức danh trong đề tài
1.	*Phạm Huy Tiến*	*PGS.TS*	*Viện KH&CN Việt Nam*	*Chủ nhiệm*
2.	*Nguyễn Văn Cư*	*PGS.TSKH*	*Viện Địa lý - Viện KH&VN Việt Nam*	*P. chủ nhiệm*
3.	*Nguyễn Lập Dân*	*TS*	*Viện Địa lý - Viện KH&CN Việt Nam*	*Thư ký*
4.	*Đỗ Xuân Sâm*	*TS*	*-nt-*	*Thành viên*
5.	*Nguyễn Thị Thảo Hương*	*TS*	*-nt-*	*-nt-*
6.	*Hoa Mạnh Hùng*	*TS*	*-nt-*	*-nt-*
7.	*Lê Thanh Tâm*	*TS*	*-nt-*	*-nt-*
8.	*Lê Văn Công*	*NCS*	*-nt-*	*-nt-*
9.	*Vũ Thu Lan*	*NCS*	*-nt-*	*-nt-*
10.	*Bùi Thị Mai*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
11.	*Lý Minh Hải*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
12.	*Đặng Xuân Phong*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
13.	*Nguyễn Thái Sơn*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
14.	*Nguyễn Sơn*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
15.	*Nguyễn Diệu Trinh*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
16.	*Trịnh Ngọc Tuyến*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
17.	*Nguyễn Tá*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
18.	*Nguyễn Quang Thành*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
19.	*Lê Đức Hạnh*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
20.	*Nguyễn Văn Muôn*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
21.	*Đào Đình Châm*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
22.	*Hoàng Thái Bình*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
23.	*Trần Ngọc Ánh*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
24.	*Phạm Văn Ngạc*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
25.	*Trương Phương Dung*	*KS*	*-nt-*	*-nt-*
26.	*Trần Thị Thuyết*	*KTV*	*-nt-*	*-nt-*
27.	*Trần ĐứcThạnh*	*TS*	*Phân viện HDH Hải Phòng - Viện KH&CN Việt Nam*	*-nt-*
28.	*Nguyễn Hữu Cử*	*TS*	*-nt-*	*-nt-*
29.	*Đinh Văn Huy*	*TS*	*-nt-*	*-nt-*
30.	*Nguyễn Đức Cự*	*TS*	*-nt-*	*-nt-*
31.	*Đỗ Đình Chiến*	*NCS*	*-nt-*	*-nt-*
32.	*Trần Đình Lân*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*
33.	*Trần Văn Điện*	*Th.S*	*-nt-*	*-nt-*

34.	Nguyễn Thị Phương Hoa	Th.S	-nt-	-nt-
35.	Đỗ Trọng Bình	Th.S	-nt-	-nt-
36.	Lê Xuân Hồng	TS	Viện Cơ học - Viện KH&CN Việt Nam	-nt-
37.	Đặng Hữu Chung	TS	-nt-	-nt-
38.	Phan Ngọc Vinh	TS	-nt-	-nt-
39.	Lê Văn Thành	Th.S	-nt-	-nt-
40.	Nguyễn Văn Thư	TS	Trung tâm ĐTTV&CGCN - Viện KH&CN Việt Nam	-nt-
41.	Trần Gia Lịch	PGS.TS	Viện Toán học - Viện KH&CN Việt Nam	-nt-
42.	Đào Quang Tuyến	TS	-nt-	-nt-
43.	Vũ Văn Đạt	TS	-nt-	-nt-
44.	Phạm Thành Nam	CN	-nt-	-nt-
45.	Nguyễn Bá Quỳ	PGS.TS	Đại học Thuỷ lợi -Hà Nội	-nt-
46.	Nguyễn Văn Lai	PGS.TS	-nt-	-nt-
47.	Phạm Thị Hương Lan	TS	-nt-	-nt-
48.	Ngô Lê Long	NCS	-nt-	-nt-
49.	Nguyễn Phương Thảo	Th.S	-nt-	-nt-
50.	Nguyễn Hoàng Hà	Th.S	-nt-	-nt-
51.	Lê Thị Hải Yến	KS	-nt-	-nt-
52.	Trần Nghi	GS.TS	Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐH Quốc gia Hà Nội	-nt-
53.	Mai Trọng Nhuận	GS.TS	-nt-	-nt-
54.	Đinh Văn Ưu	PGS.TS	-nt-	-nt-
55.	Nguyễn Thọ Sáo	TS	-nt-	-nt-
56.	Đàm Quang Minh	NCS	-nt-	-nt-
57.	Hà Thanh Hương	Th.S	-nt-	-nt-
58.	Đinh Xuân Thành	Th.S	-nt-	-nt-
59.	Nguyễn Thanh Lan	KS	-nt-	-nt-
60.	Bùi Hồng Long	TS	Viện HDH Nha Trang - Viện KH&CN Việt Nam	-nt-
61.	Lê Đình Mầu	NCS	-nt-	-nt-
62.	Nguyễn Bá Xuân	KS	-nt-	-nt-
63.	Vũ Tuấn Anh	KS	-nt-	-nt-
64.	Nguyễn Thế Tưởng	TS	Trung tâm KTTV biển - Bộ TN&MT	-nt-
65.	Trần Hồng Lam	TS	-nt-	-nt-
66.	Chu Văn Ngợi	TS	-nt-	-nt-
67.	Trần Quang Tiến	NCS	-nt-	-nt-

MỤC LỤC

Nội dung Trang

Mở đầu **1**

Chương 1. Cấu trúc bờ biển, cửa sông Việt Nam và các phương pháp nghiên cứu xói lở - bồi tụ **17**

1.1. Vài nét về bờ biển, cửa sông việt nam 17

1.2. Tổng quan các công trình nghiên cứu xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông 21

1.3. Các phương pháp nghiên cứu xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông 24

Chương 2. Phân tích các nhân tố ảnh hưởng tới quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam **47**

2.1. Đặc điểm địa chất 48

2.2. Điều kiện địa hình 82

2.3. Đặc điểm trầm tích và thạch động lực 84

2.4. Yếu tố khí hậu 108

2.5. Đặc điểm thuỷ văn 120

2.6. Đặc điểm hải văn 153

2.7. Tính chất cơ lý của đất đá thành tạo bờ biển 164

2.8. Ảnh hưởng của các hoạt động dân sinh, kinh tế 194

Chương 3. Hiện trạng và nguyên nhân xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam **198**

3.1. Hiện trạng xói lở bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam 198

3.2. Hiện trạng xói lở bồi tụ một số khu vực trọng điểm bờ biển cửa sông Việt Nam 236

3.3. Những nhận định về nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam 271

3.4. Nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông miền Bắc
(từ Quảng Ninh đến Ninh Bình).....278
3.5. Nguyên nhân xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung
(từ thanh hoá đến Bình thuận).....308
3.6. Nguyên nhân xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông miền Nam
(từ Vũng tàu đến Hà Tiên).....323
Chương 4. Dự báo xu thế xói lở - bồi tụ một số khu vực trọng điểm bờ biển, cửa sông Việt Nam.....329
4.1. Cơ sở dự báo xu thế xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông.....329
4.2. Dự báo xu thế xói lở - bồi tụ một số khu vực trọng điểm
bờ biển cửa sông Việt Nam.....331
Chương 5. Đề xuất giải pháp khoa học công nghệ phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông.....423
5.1. Các giải pháp phi công trình.....423
5.2. Các giải pháp công trình.....425
5.3. Các giải pháp KHCN cho khu vực trọng điểm.....433
Kết luận và kiến nghị.....**481**
Tài liệu tham khảo.....**487**

MỞ ĐẦU

Thiên nhiên đã dành cho nước ta một ưu đãi rất lớn về biển, với đường bờ biển dài trên 3260 km và gần 3000 hòn đảo lớn nhỏ đã đưa nước ta trở thành nước có tiềm năng to lớn về kinh tế biển. Vùng ven biển nước ta có nhiều cửa sông đổ ra biển (trung bình cứ 20 km lại có một cửa sông) mang theo một nguồn dinh dưỡng khổng lồ từ trong lục địa nên nguồn lợi thuỷ hải sản rất phong phú và đa dạng với nhiều loài quý hiếm có giá trị kinh tế cao. Bên cạnh đó, do địa hình bị chia cắt mạnh với những dãy núi chạy sát ra tận biển đã tạo cho bờ biển nước ta có nhiều danh lam thắng cảnh đẹp với những bãi cát dài, phong cảnh sơn thuỷ hữu tình, là điều kiện lý tưởng cho du lịch và an dưỡng nghỉ mát. Tuy nhiên, bên cạnh những tiềm năng to lớn mà thiên nhiên ban tặng đó, hàng năm vùng ven biển nước ta luôn phải hứng chịu nhiều thiên tai như bão, áp thấp nhiệt đới, gió mùa, triều cường, nước dâng..., gây xói lở bờ, bồi lấp cửa sông, phá huỷ nhiều công trình dân sinh kinh tế ven bờ, phá vỡ cấu trúc hệ sinh thái ven biển, gây không ít khó khăn cho các hoạt động sản xuất, an ninh quốc phòng, phát triển kinh tế của đất nước và đời sống của những người dân ven biển. Trong những năm gần đây, các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra ngày càng dữ dội với xu hướng gia tăng cả về tần suất lẫn cường độ, cùng với việc khai thác tài nguyên của con người trên các lưu vực sông tăng mạnh nên hiện tượng xói lở - bồi tụ ở nhiều khu vực ven biển cửa sông nước ta đang ở mức báo động.

Đứng trước tình hình đó, Bộ Khoa học và Công nghệ đã giao cho Viện Địa lý - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam chủ trì đề tài KC-09-05: ***"Dự báo hiện tượng xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông và các giải pháp phòng tránh"***.

I. MỤC TIÊU VÀ NHIỆM VỤ CỦA ĐỀ TÀI

Đề tài được đặt ra nhằm giải quyết 2 mục tiêu sau:

- Đề xuất mô hình dự báo quá trình xói lở - bồi tụ cho dải ven biển và cửa sông ở qui mô vừa (mùa và năm).

- Đề xuất các giải pháp khoa học kỹ thuật phòng tránh xói lở, bồi tụ và bảo vệ các công trình ven biển cửa sông.

Để đáp ứng được các mục tiêu nêu trên, nhiệm vụ của đề tài là phải giải quyết một loạt vấn đề sau đây:

1. Thu thập, hệ thống hoá, xử lý toàn bộ các tài liệu đã có liên quan đến đề tài:

- Tài liệu điều tra khảo sát của các chương trình, đề tài, đề án từ trước tới nay có liên quan đến đề tài.
- Các tài liệu về các giải pháp khoa học kỹ thuật (KHKT) phòng chống xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông đã có trong và ngoài nước.
- Tài liệu về kinh tế - xã hội (KT - XH) dải ven biển liên quan.
- Tài liệu đo đạc tại các trạm Khí tượng - Thuỷ văn (KTTV) ven biển, cửa sông.
- Bản đồ địa hình các loại tỷ lệ từ tỷ lệ 1 : 10.000 đến 1 : 500.000.
- Ảnh vệ tinh, ảnh máy bay qua các thời kỳ.
- Cập nhật tài liệu và hoàn thiện bản đồ hiện trạng xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam.

2. Nghiên cứu tổng quan nhằm bổ sung, hoàn thiện cơ sở dữ liệu về hiện trạng xói lở, bồi tụ và lựa chọn các khu vực trọng điểm dựa trên nguyên tắc: Đặc trưng cho các vùng: miền Bắc, miền Trung, miền Nam với mức độ xói lở - bồi tụ lớn và ảnh hưởng nghiêm trọng đến dân sinh - kinh tế, đồng thời các kết quả nghiên cứu có thể phục vụ cho yêu cầu cấp bách và có thể triển khai cho các khu vực khác tương tự. Các khu vực trọng điểm được nghiên cứu như sau:

Miền Bắc:

Đảo Cát Hải (Hải Phòng) và cửa sông Cấm - Nam Triệu (luồng tàu vào cảng Hải Phòng) đặc trưng xói lở, bồi tụ vùng bờ biển cửa sông hình phễu.

Miền Trung:

- Bờ biển cửa sông Thuận An (Thừa Thiên - Huế) đặc trưng cho bờ biển, cửa sông đầm phá.

- Bờ biển cửa sông Ba - Tuy Hoà đặc trưng cho khu vực bờ biển cửa sông phẳng.

Miền Nam:

Bờ biển Gò Công, cửa sông Định An đặc trưng cho xói lở - bồi tụ vùng delta sông Cửu Long.

3. Khảo sát chi tiết và quan trắc giám sát xói lở - bồi tụ tại các khu vực trọng điểm để nghiên cứu diễn biến quá trình xói lở - bồi tụ tại các khu vực trọng điểm, nghiên cứu diễn biến quá trình xói lở - bồi tụ theo mùa và qua các năm, đồng thời cung cấp các số liệu đầu vào cho các mô hình tính toán dự báo.

- Quan trắc, đo đạc các yếu tố địa hình, địa mạo, trầm tích tầng mặt, các yếu tố khí tượng - hải văn - thuỷ văn; các yếu tố thạch động lực theo các mùa đặc trưng bằng thiết bị máy móc chính xác của Mỹ, Nhật, Anh, Nga và của khối SEV (cũ).
- Quan trắc đo đạc định kỳ biến dạng bờ, bãi, lòng dẫn cửa sông tại một số khu vực trọng điểm.

4. Xác định nguyên nhân xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông.

5. Lựa chọn, ứng dụng và hoàn thiện mô hình tính toán dự báo xói lở, bồi tụ.

6. Xây dựng qui trình công nghệ dự báo xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông tại các khu vực trọng điểm.

7. Xây dựng các phương án và giải pháp KHKT phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông.

- Phương án vĩ mô: Qui hoạch tổ chức và quản lý lãnh thổ, quản lý tổng hợp dải ven biển cửa sông; phương án vi mô: Cho các khu vực trọng điểm.
- Các giải pháp phi công trình, công trình và các giải pháp kết hợp.
- Các giải pháp KHKT cho các khu vực trọng điểm

8. Xây dựng cơ sở dữ liệu về xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.

- Dữ liệu về các tác nhân gây xói lở, bồi tụ.
- Dữ liệu về hiện trạng xói lở, bồi tụ kèm theo bản đồ hiện trạng đã số hoá.
- Dữ liệu về dự báo xói lở - bồi tụ ở các khu vực trọng điểm và toàn dải bờ biển, cửa sông.
- Các giải pháp KHKT.

9. Xây dựng báo cáo chuyên đề và báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu của đề tài.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Để thực hiện các mục tiêu, nhiệm vụ nêu trên, đề tài đã tiến hành xác định rõ các nội dung nghiên cứu khoa học thông qua các hội thảo khoa học và các hợp đồng nghiên cứu theo các chuyên đề.

Do tính đặc thù của đề tài là nghiên cứu xói lở - bồi tụ suốt dọc chiều dài bờ biển nước ta, phạm vi nghiên cứu rộng nên đề tài đã chia ra thành 3 khu vực do 3 cơ quan khác nhau chủ trì thực hiện nghiên cứu. Khu vực miền Bắc (từ Quảng Ninh đến Ninh Bình) do Phân viện Hải dương học Hải Phòng chủ trì; Khu vực miền Trung (từ Thanh Hoá đến Bình Thuận) do Viện Địa lý - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam chủ trì; Khu vực miền Nam (từ Vũng Tàu đến Hà Tiên) do Viện Hải dương học Nha Trang thực hiện.

Sau đây là các hoạt động của đề tài:

2.1. Các hoạt động nghiên cứu của đề tài tại khu vực miền Bắc

Nhiệm vụ thứ nhất của đề tài nghiên cứu khu vực miền Bắc là đánh giá hiện trạng bồi tụ và xói lở cửa sông ven biển phía Bắc từ Quảng Ninh đến Thanh Hoá, trọng điểm là khu vực xói lở bờ Hải Hậu và sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng. Nhiệm vụ thứ hai là xác định nguyên nhân bồi tụ và xói lở, đặc biệt quan tâm đến quan hệ bồi - xói như là hai mặt đối lập của một quá trình thống nhất là giải phóng - vận chuyển - và lắng đọng trầm tích ven bờ. Từ đó đề xuất các giải pháp phòng chống tai biến bồi - xói, coi trọng quan điểm kết hợp để mang lại hiệu quả cao. Trong quá trình thực hiện, căn cứ vào yêu cầu của thực tiễn và nhận thức, đề tài

bước đầu quan tâm và đánh giá đến vai trò của đập Hoà Bình đối với quá trình bồi - xói ven bờ. Đề tài đã bước đầu đánh giá khả năng sa bồi ở vùng Tây Nam Đồ Sơn, nơi đã có những đề xuất về khả năng xây dựng cảng nước sâu để có những nhận định về vấn đề quan trọng này. Mặc dù chỉ là đánh giá bước đầu, nhưng những vấn đề nêu trên có thể coi là một trong những kết quả nổi bật của đề tài qua 3 năm thực hiện.

Thực hiện nhiệm vụ được giao, trong các năm 2001 - 2004, phần đề tài nghiên cứu khu vực miền Bắc đã thực hiện được những công việc sau:

✦ ***Năm 2001:***

- Thu thập và phân tích, đánh giá những tư liệu đã có liên quan đến nội dung chuyên môn bồi - xói bờ biển cửa sông phía Bắc.

- Giải đoán ảnh viễn thám để hoàn chỉnh thêm một bước đánh giá biến động bờ biển, cửa sông phản ánh cả hai quá trình bồi tụ và xói lở.

- Tổ chức hai chuyến thực địa tổng quan trên toàn dải ven biển phía Bắc để bổ sung tư liệu thực tế và kiểm định tư liệu giải đoán ảnh viễn thám.

- Điều tra thu thập tài liệu KT - XH khu vực trọng điểm huyện Hải Hậu và hiện trạng xói sạt đê kè tại địa phương này.

- Phối hợp với cảng vụ cảng Hải Thịnh đo sâu địa hình để đánh giá biến động sa bồi cửa sông Ninh Cơ ảnh hưởng tới luồng vào cảng.

- Điều tra khảo sát hiện trạng bồi tụ xói lở bờ đảo Đình Vũ, một địa điểm quan trọng, có tình hình xói lở tương tự đảo Cát Hải, nhưng ở mức độ thấp hơn. Vị trí này có vai trò rất quan trọng, nhất là khi đường xuyên đảo Đình Vũ- Cát Hải - Cát Bà đi vào hoạt động.

✦ ***Năm 2002, 2003 và 2004:***

Trên cơ sở kết quả thực hiện nhiệm vụ trong năm 2001 và được sự chỉ đạo chặt chẽ của ban chủ nhiệm đề tài, nhiệm vụ năm 2002, 2003 và 2004 đã tập trung vào trọng điểm xói lở - bồi tụ đoạn bờ Hải Hậu - vùng cửa sông Ninh Cơ và vùng bờ Nghĩa Hưng với các nội dung chính sau:

- Khảo sát chi tiết hiện trạng địa hình khu vực, tình trạng xói lở, bồi tụ đoạn bờ Hải Hậu, vùng cửa sông Ninh Cơ và đoạn bờ Bắc Nghĩa Hưng (Nam Định), đánh giá biến động địa hình toàn khu vực trên cơ sở xử lý kỹ thuật số ảnh vệ tinh cập nhật và ảnh vệ tinh bay chụp ở các thời điểm khác nhau trong quá khứ kết hợp với các loại bản đồ địa hình.

- Khảo sát đánh giá các đặc trưng khí tượng - thủy văn, bùn cát, trầm tích... theo 2 mùa: mùa mưa, mùa khô tại vùng cửa sông Ninh Cơ (luồng vào cảng Hải Thịnh) và khu vực ven biển từ Nam Hải Hậu đến cửa Đáy, gồm:

+ Khảo sát thuỷ văn tại 3 trạm liên tục ngày đêm (02 trạm trong sông Ninh Cơ và 01 trạm ngoài cửa sông) đo đạc tốc độ và hướng dòng chảy, thu mẫu trầm tích lơ lửng, độ mặn tần suất 1lần/h tại tầng mặt và tầng đáy. Tại các trạm đo liên tục đã tiến hành lấy mẫu trầm tích đáy. Quan trắc khí tượng (gió) được tiến hành tại trạm liên tục hạ lưu sông Ninh Cơ và quan trắc sóng tại trạm cửa sông.

+ Khảo sát 02 mặt cắt ngang sông Ninh Cơ tại vị trí các trạm đo liên tục, đo sâu mặt cắt, đo đạc các thông số: dòng chảy, độ đục, độ mặn (2 tầng), lấy mẫu trầm tích đáy dọc mặt cắt tại vị trí bờ trái và phải sông.

+ Khảo sát đo đạc ngoài biển từ khu vực cửa sông Ninh Cơ đến cửa Đáy theo các mặt cắt, các yếu tố: dòng chảy, độ mặn, độ đục (2 tầng), đo sâu hồi âm theo các mặt cắt.

- Khảo sát, lấy mẫu và phân tích thành phần cơ học trầm tích, thành phần khoáng vật nặng trong trầm tích làm chỉ thị động lực di chuyển bồi tích và lắng đọng trầm tích, đánh giá khả năng bồi tụ - xói lở bờ và đáy

- Thu thập bổ sung các tài liệu đo sâu hồi âm, địa hình, các tài liệu quan trắc KTTV tại khu vực.

- Tiếp tục thu thập và khảo sát tình hình KT - XH khu vực, chú trọng các hậu quả KT - XH liên quan tới hiện tượng bồi tụ - xói lở bờ biển cửa sông.

- Đánh giá bước đầu về chế độ thuỷ thạch động lực và động lực tiến hoá vùng bãi bồi ven biển Nghĩa Hưng.

2.2. Các hoạt động nghiên cứu của đề tài tại khu vực miền Trung

Từ quí IV năm 2001, đề tài đã triển khai thực hiện các nội dung nghiên cứu:

- Thu thập, hệ thống hoá, xử lý các tài liệu đã có về điều kiện tự nhiên, KT - XH đã được nghiên cứu trên địa bàn liên quan đến sạt lở bờ biển miền Trung (địa chất, địa mạo, địa động lực, khí hậu, thuỷ văn, địa chất thuỷ văn, địa chất công trình, địa lý thổ nhưỡng, diễn biến lớp phủ bề mặt, các hoạt động KT - XH).

- Đề tài đã xây dựng bộ bản đồ nền tỷ lệ 1/500.000 và 1/250.000 dải ven biển miền Trung dựa trên tư liệu bản đồ nền 1/100.000 UTM của Cục Đo đạc bản đồ Nhà nước phục vụ cho việc điều tra khảo sát thực địa và xây dựng các bản đồ chuyên đề.

- Đề tài đã tổ chức nhiều đợt hội thảo khoa học, với sự tham gia đông đảo các cán bộ khoa học chuyên ngành của các cơ quan nghiên cứu phối hợp với đề tài (Viện Cơ học, Viện Toán học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Thuỷ lợi...) nhằm thống nhất về phương pháp và các nội dung nghiên cứu khoa học cho địa bàn sạt lở bờ biển miền Trung.

- Đề tài đã tổ chức triển khai 7 chuyến thực địa khảo sát tại các khu vực trọng điểm nhằm bổ sung, đánh giá hiện trạng và các nhân tố gây sạt lở bờ biển cửa sông bao gồm: Đợt 1: tháng XI/2001; đợt 2: tháng VIII/2002; đợt 3: tháng X/2002; đợt 4: tháng XII/2002; đợt 5: tháng XII/2003; đợt 6: tháng VI-VII/2004; đợt 7: tháng XII/2004.

Các nội dung nghiên cứu đo đạc, khảo sát ngoài thực địa đã được triển khai, hoàn thành tốt bao gồm:

+ Đo đạc, khảo sát các yếu tố thuỷ - thạch - động lực liên quan đến xói lở bờ (dòng chảy, sóng, gió, bùn cát lơ lửng, trầm tích đáy...) tại các khu vực trọng điểm, nơi đang có tình trạng sạt lở bờ nghiêm trọng, tại vùng Thuận An - Hoà Duân (Thừa Thiên - Huế), Sa Huỳnh (Quảng Ngãi), Sông Cầu, Tuy Hoà (Phú Yên). Khảo sát đo đạc các yếu tố gây bồi lấp cửa sông Hương (cửa Thuận An); cửa sông Thạch Hãn (cửa Việt), cửa sông Ba (cửa Đà Rằng).

+ Đo đạc 6 yếu tố chất lượng nước bằng máy TOA, đồng thời lấy mẫu nước phân tích các thành phần hoá học nước trong phòng thí nghiệm.

+ Tiến hành đo đạc trắc địa biến dạng địa hình vùng cửa sông ven biển liên quan đến hiện tượng sạt lở bờ biển và bồi lấp cửa sông.

2.3. Các hoạt động nghiên cứu của đề tài tại khu vực miền Nam

Những hoạt động chính của đề tài bao gồm:

- Tiến hành khảo sát đo đạc các đặc trưng sóng, gió, dòng chảy, trắc diện ngang bãi và bờ theo mùa khu vực từ Vũng Tàu tới Cà Mau nhằm xác định hiện trạng, cường độ và nguyên nhân xói lở bồi tụ tại các khu vực bị xói lở - bồi tụ trọng điểm trong các năm 2001 - 2004.

- Trong quá trình khảo sát đo đạc đã tìm hiểu phỏng vấn cư dân địa phương về các đặc trưng xói lở - bồi tụ khu vực nghiên cứu.

- Xử lý và phân tích các số liệu thu thập được, kết hợp với phân tích ảnh vệ tinh để xác định diện tích và tốc độ bồi - xói các đoạn bờ ven biển cửa sông khu vực nghiên cứu.

Các kết quả hoạt động thực hiện trong 3 năm (2001 - 2004) của đề tài đã có những báo cáo đề mục và của các đợt điều tra khảo sát trên đất liền và dưới nước, hội thảo báo cáo khoa học của các đề mục với sự tham gia đông đảo các chuyên gia, cán bộ nghiên cứu khoa học.

2.4. Các báo cáo đề mục của đề tài

1. Đặc điểm cơ bản chế độ khí tượng, thuỷ văn biển ảnh hưởng đến quá trình xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông miền Trung do PGS. TSKH. Nguyễn Văn Cư - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002.
2. Đánh giá sự ảnh hưởng của yếu tố địa chất nội - ngoại sinh đến quá trình xói lở, bồi tụ vùng bờ biển Trung bộ - Nam bộ do GS.TS. Trần Nghi - Trường Đại học KHTN chủ trì thực hiện. Năm 2002.

3. Mô hình toán mô phỏng và dự báo bồi tụ và xói lở bờ biển Việt Nam (Tính thử nghiệm bờ biển từ Hoà Duân đến cửa Tư Hiền - Thừa Thiên Huế) do PGS. TS. Trần Gia Lịch - Viện Toán học chủ trì thực hiện. Năm 2002.

4. Số liệu dòng chảy, mực nước, khí tượng, địa hình luồng cửa Định An (Trà Vinh) và số liệu đo địa hình bãi, sóng khu vực Gò Công Đông (Tiền Giang) Viện Hải dương học Nha Trang thực hiện. Năm 2002.

5. Hiện trạng sạt lở bờ biển cửa sông Bắc Trung bộ Việt Nam và địa mạo động lực hình thái vùng cửa Thuận An do TS. Lê Xuân Hồng - Viện Cơ học chủ trì thực hiện. Năm 2002.

6. Điều tra xói lở bồi tụ dải ven bờ Nam bộ (từ Bình Thuận tới Hà Tiên) do TS. Bùi Hồng Long - Viện Hải dương học Nha Trang chủ trì thực hiện. Năm 2002.

7. Đánh giá quan hệ dòng chảy sông và lượng bùn cát vận chuyển từ sông ra biển tới xói lở bồi tụ cửa sông ven biển miền Trung do NCS. Vũ Thu Lan - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002.

8. Tính toán các quá trình động lực ở một số cửa sông ven biển miền Trung dựa trên việc xử lý và phân tích các số liệu điều tra khảo sát do NCS. Lê Văn Công - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002.

9. Một số kết quả tính toán nước dâng cho khu vực Gò Công Đông - Định An do cơn bão Linda gây ra (Tháng 11/1997) do TS. Bùi Hồng Long - Viện Hải dương học Nha Trang chủ trì thực hiện. Năm 2002.

10. Phân tích và đánh giá tác động của các yếu tố khí tượng thuỷ văn tới xói lở và bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung do TS. Trần Hồng Lam - Trung tâm KT - TV biển - Bộ Tài nguyên và Môi trường chủ trì thực hiện. Năm 2002.

11. Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc và giải pháp phòng chống do TS. Trần Đức Thạnh - Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng chủ trì thực hiện. Năm 2002.

12. Đánh giá các yếu tố tác động đến quá trình xói lở - bồi tụ vùng cửa sông ven biển (từ Thanh Hoá đến Bình Thuận) do PGS. TS. Nguyễn Bá Quỳ - Trường Đại học Thuỷ lợi chủ trì thực hiện. Năm 2002.

13. Hiện trạng sạt lở bờ biển, cửa sông từ Bình Thuận đến Kiên Giang do TS. Lê Xuân Hồng - Viện Cơ học chủ trì thực hiện. Năm 2002.

14. Đánh giá quá trình xâm thực bề mặt lưu vực liên quan đến quá trình xói lở bồi tụ cửa sông ven biển miền Trung do TS. Nguyễn Lập Dân - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002.

15. Chế độ dòng chảy sông và tác động của các công trình thuỷ lợi đến xói lở, bồi tụ vùng cửa sông ven biển miền Trung do TS. Nguyễn Thị Thảo Hương - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002.

16. Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông và các giải pháp phòng chống do TS. Nguyễn Thọ Sáo - Trường Đại học KHTN chủ trì thực hiện. Năm 2003.

17. Đặc điểm hình thái động lực và biến đổi địa hình đáy vùng cửa sông Định An do TS. Bùi Hồng Long - Viện Hải dương học Nha Trang chủ trì thực hiện. Năm 2003.

18. Một số giải pháp công trình nhằm ổn định bờ biển, cửa sông do PGS. TS. Nguyễn Bá Quỳ - Trường Đại học Thuỷ lợi chủ trì thực hiện. Năm 2003.

19. Đánh giá các yếu tố hải văn tác động đến bồi tụ, xói lở vùng cửa sông ven biển Trung bộ do KS. Nguyễn Quang Thành - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2003.

20. Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán 2D tính toán quá trình dòng chảy phục vụ tính toán xói lở, bồi tụ vùng cửa sông ven biển do PGS. TS. Nguyễn Văn Lai - Trường Đại học Thuỷ lợi chủ trì thực hiện. Năm 2003.

21. Quy trình công nghệ khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ cửa sông và bờ biển Việt Nam do TS. Nguyễn Thế Tưởng, Trung tâm KTTV biển - Bộ Tài nguyên và Môi trường chủ trì thực hiện. Năm 2003.

22. Cơ sở phương pháp tính và một số kết quả ban đầu tính toán dòng chảy 3D cho vùng cửa Định An do TS. Bùi Hồng Long - Viện Hải dương học Nha Trang chủ trì thực hiện. Năm 2003.

23. Hiện trạng bồi - xói bờ biển, cửa sông Nam Bộ (từ Vũng Tàu đến Kiên Giang) do TS. Lê Xuân Hồng chủ trì thực hiện. Năm 2003.

24. Xử lý số liệu điều tra khảo sát biến dạng bờ biển cửa sông, miền Trung, phân tích mối tác động của các yếu tố tự nhiên đến xói lở bồi tụ do KS. Đào Đình Châm - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2003.

25. Xử lý số liệu điều tra khảo sát địa hình đáy cửa sông ven biển miền Trung. Phân tích, xác định hiện trạng xói lở bồi tụ do KS. Hoàng Thái Bình - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002, 2003.

26. Phân tích đánh giá các tác nhân khí hậu - khí tượng ven biển tới xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung do ThS. Bùi Thị Mai - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2003.

27. Xây dựng và hoàn thiện quy trình dự báo bồi tụ - xói lở bờ biển, cửa sông khu vực Hoà Duân, tỉnh Thừa Thiên - Huế do PGS. TS. Trần Gia Lịch - Viện Toán học chủ trì thực hiện. Năm 2004.

28. Tính toán và dự báo xói lở bờ biển cửa sông Đà Rằng do PGS. TS. Đinh Văn Ưu - Trường Đại học KHTN chủ trì thực hiện. Năm 2004.

29. Hoàn thiện quy trình tính toán và dự báo xói lở bờ biển cửa sông Đà Rằng do PGS. TS. Đinh Văn Ưu - Trường Đại học KHTN chủ trì thực hiện. Năm 2004.

30. Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông miền Bắc và giải pháp phòng chống do TS. Trần Đức Thạnh - Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng chủ trì thực hiện. Năm 2004.

31. Đánh giá điều kiện địa chất công trình dải ven biển Nam Trung bộ và Nam bộ phục vụ nghiên cứu xói lở, bồi tụ bờ sông và bờ biển do. ThS. Đặng Xuân Phong - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2004.

32. Các giải pháp công trình cho các khu vực trọng điểm: cửa Định An, cửa Việt do PGS. TS. Nguyễn Bá Quỳ - Trường Đại học Thuỷ lợi chủ trì thực hiện. Năm 2004.

33. Mô hình toán mô phỏng và dự báo bồi tụ và xói lở bờ biển Việt Nam. Tính toán dự báo cho bờ biển từ Hoà Duân đến cửa Tư Hiền, bờ biển cửa sông Đà Rằng do PGS. TS. Trần Gia Lịch - Viện Toán học chủ trì thực hiện. Năm 2004.

34. Đánh giá đặc điểm địa chất công trình dải ven biển Bắc bộ phục vụ nghiên cứu xói lở, bồi tụ bờ sông và bờ biển do ThS. Lý Minh Hải - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2004.

35. Nghiên cứu, dự báo và đề xuất các giải pháp phòng chống sạt lở bờ biển, cửa sông nhằm khai thông luồng và bảo vệ cảng Cửa Việt do PGS. TSKH. Nguyễn Văn Cư - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2004.

36. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ vùng cửa sông ven biển miền Trung do KS. Lê Đức Hạnh - Viện Địa lý chủ trì thực hiện. Năm 2002, 2004.

III. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để đạt được những mục tiêu và nhiệm vụ đề ra, đề tài đã sử dụng tổng hợp nhiều phương pháp khác nhau và được thực hiện theo qui trình công nghệ của khối SEV (cũ) và các nước phát triển như: Nga, Mỹ, Nhật... Sau đây là các phương pháp đề tài đã sử dụng:

- Phương pháp thống kê, phân tích tổng hợp trong phòng.
- Phương pháp chuyên gia.
- Phương pháp đánh giá tác động môi trường (EIA).
- Phương pháp bản đồ - viễn thám và hệ thông tin địa lý (HTTĐL).
- Phương pháp điều tra theo phiếu "anketa".
- Phương pháp khảo sát thực địa.
- Phương pháp mô hình số trị thuỷ động.

IV. BỐ CỤC CỦA BÁO CÁO

Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu của đề tài ngoài phần mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục, báo cáo được trình bày trong 5 chương:

Chương I: **Cấu trúc bờ biển, cửa sông Việt Nam và các phương pháp nghiên cứu xói lở - bồi tụ.**

Chương II: **Phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.**

Chương III: **Hiện trạng và nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.**

Chương IV: **Dự báo xu thế xói lở - bồi tụ một số khu vực trọng điểm bờ biển, cửa sông Việt Nam.**

Chương V: **Đề xuất giải pháp khoa học công nghệ phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.**

V. KẾT QUẢ ĐÓNG GÓP CỦA ĐỀ TÀI

Về khoa học:

- Đề tài đã sử dụng tổng hợp các phương pháp khác nhau từ các phương pháp truyền thống đến các phương pháp hiện đại để phân tích, đánh giá các yếu tố tự nhiên (nội sinh, ngoại sinh), môi trường và tác động của con người đến quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.
- Đã đánh giá được hiện trạng xói lở - bồi tụ toàn dải bờ biển, cửa sông Việt Nam và một số khu vực trọng điểm, xác định nguyên nhân trực tiếp và nguyên nhân sâu xa gây xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.
- Đề tài đã xây dựng được bản đồ hiện trạng và bản đồ cảnh báo xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam, tỷ lệ 1: 250.000, in ra ở tỷ lệ 1 : 500.000.
- Đã xây dựng được qui trình khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam.

- Đã xây dựng được qui trình công nghệ dự báo xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông tại các khu vực trọng điểm.

- Đã lựa chọn, ứng dụng và hoàn thiện một số mô hình tính toán dự báo xói lở - bồi tụ phù hợp với điều kiện nước ta, phần mềm tương thích và kết quả, dự báo, cảnh báo đạt độ chính xác cho phép. Đã dự báo được xu thế xói lở - bồi tụ một số khu vực trọng điểm bờ biển, cửa sông Việt Nam trên cơ sở phân tích, đánh giá các tác nhân gây xói lở - bồi tụ, hiện trạng và xu thế diễn biến, nguyên nhân xói lở - bồi tụ ở các đoạn bờ biển cụ thể.

- Đã đề xuất được các giải pháp KHCN phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông: Các giải pháp phi công trình và giải pháp công trình, các giải pháp kết hợp và các giải pháp KHCN cho các khu vực trọng điểm (phòng chống sa bồi luồng tàu vùng cảng Hải Phòng, xói lở bờ đảo Cát Hải - Hải Phòng, bờ biển Hải Hậu - Nam Định, bờ biển - cửa sông Cửa Việt - Quảng Trị, đoạn bờ biển Hải Dương, Hoà Duân, cửa Thuận An - Thừa Thiên Huế, Xuân Hải - Sông Cầu - Phú Yên, cửa Định An - Sóc Trăng).

- Xây dựng cơ sở dữ liệu về xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam: Dữ liệu về các tác nhân gây xói lở, bồi tụ, dữ liệu về hiện trạng xói lở, bồi tụ kèm theo bản đồ hiện trạng, bản đồ cảnh báo đã số hoá, dữ liệu về dự báo xói lở - bồi tụ ở các khu vực trọng điểm và toàn dải ven bờ biển, cửa sông, các giải pháp KHCN.

- Góp phần hoàn thiện phương pháp luận nghiên cứu động lực dải ven bờ biển, cửa sông Việt Nam.

- Góp phần nâng cao năng lực quản lý và tổ chức lãnh thổ dải ven biển dựa trên sản phẩm cơ sở dữ liệu xói lở - bồi tụ, nhằm bảo vệ và sử dụng hợp lý tài nguyên - môi trường dải ven biển nước ta.

Về đào tạo cán bộ:

Thông qua việc triển khai, đề tài đã góp phần:

1. Nâng cao trình độ cả về lý luận và thực tiễn cho các cán bộ tham gia thực hiện đề tài.

2. Nâng cao trình độ tổ chức, phối hợp giữa các cơ quan nghiên cứu khoa học và triển khai công nghệ. Đề tài đã tập trung được đông đảo các nhà khoa học có liên quan ở trong và ngoài cơ quan.

3. Góp phần xây dựng cơ sở vật chất, trang thiết bị, tạo điều kiện để sử dụng một số phương pháp hiện đại như: viễn thám, hệ thông tin địa lý, mô hình.

4. Trong 3 năm qua, đề tài đã có 2 NCS sử dụng các kết quả của đề tài để hoàn thành luận án tiến sĩ, 1 NCS bảo vệ thành công luận án Thạc sĩ.

VI. CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN

Đề tài đã công bố được 5 bài báo khoa học trên các tạp chí trong và ngoài nước:

1. Ứng dụng hệ phương pháp trắc địa, bản đồ và hệ thông tin địa lý (GIS) nghiên cứu quá trình sạt lở bờ biển cửa sông tỉnh Phú Yên. Tạp chí KH, Bộ GD & ĐT. Trường ĐHSP Hà Nội, số 5/2002.
2. Các kết quả chính nghiên cứu xói lở, bồi tụ vùng cửa sông ven biển Việt Nam. Tạp chí KH & CN biển, số 4, tập 2/2002.
3. Hiện trạng và biến động sạt lở bờ biển, cửa sông miền Trung Việt Nam trong 10 năm gần đây (1990 - 2000). Tạp chí Khoa học, ĐHQG Hà Nội, số 3, tập 9/2003.
4. Nghiên cứu mô hình thuỷ văn, thuỷ lực phục vụ cảnh báo ngập lụt đồng bằng cửa sông Thừa Thiên - Huế. Tạp chí Các KH về TĐ, số 4/2003.
5. Cửa sông Việt Nam, phức hợp các điều kiện tự nhiên và giới hạn của chúng (Tiếng Nga). Tạp chí ĐHQG Odessa, số 4, tập 9/2004.

Một số kết quả nghiên cứu của đề tài được được sử dụng để biên tập và xuất bản được 2 chuyên khảo:

1. Sạt lở bờ biển miền Trung, Việt Nam. Nxb. KH&KT, Hà Nội, 2003.
2. Các vùng cửa sông Việt Nam. Nxb. Nông nghiệp Odessa, 2004 (tiếng Nga).

Trong quá trình thực hiện đề tài, chúng tôi luôn nhận được sự chỉ đạo và giúp đỡ của Lãnh đạo và các Vụ chức năng thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ; Lãnh đạo Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Tập thể thực hiện đề tài cũng nhận được sự giúp đỡ tận tình có hiệu quả của Uỷ ban Nhân dân các tỉnh, các Sở, Ban, Ngành và Bộ chỉ huy Bộ đội Biên phòng các tỉnh thuộc dải ven biển, cửa sông từ Quảng Ninh đến Kiên Giang đã tạo điều kiện thuận lợi cho tập thể tác giả trong quá trình đi khảo sát thực địa bổ sung cũng như thu thập và xử lý tài liệu có liên quan. Nhân dịp này, tập thể tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành về sự giúp đỡ nhiệt tình và có hiệu quả đó.

Chương I

CẤU TRÚC BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU XÓI LỞ - BỒI TỤ

1.1. VÀI NÉT VỀ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

Hiện nay, có khá nhiều quan niệm về không gian phân bố của vùng tiếp giáp giữa đất liền và biển dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau như phạm vi ảnh hưởng của thuỷ triều, ranh giới xâm nhập mặn, thềm lục địa, giới hạn của vùng nước đục, nước trong của biển làm ranh giới của vùng ven bờ.

Trên quan điểm tổng hợp và hệ thống, V.I. Lymarev đã định nghĩa "Khu bờ hay còn gọi là đới tương tác hiện tại giữa lục địa và biển là một dải tiếp giáp đất - biển không rộng lắm có bản chất độc đáo, tạo nên một lớp vỏ cảnh quan của trái đất và là nơi xảy ra mối tác động tương hỗ rất phức tạp và đối lập giữa thạch quyển, khí quyển, thuỷ quyển và sinh quyển" [65],[90].

Bản chất của sự phát sinh, phát triển của bất kỳ một quá trình nào trong tự nhiên đều là sự vận động nhằm giải quyết mâu thuẫn nội tại trong mối quan hệ giữa các quyển của trái đất: thạch quyển, thuỷ quyển, khí quyển và sinh quyển (các hoạt động của con người). Sự tương tác giữa các đối tượng nhân tạo và các bộ phận thuộc các quyển đòi hỏi phải xem xét chúng trong một hệ thống. Một hệ thống gồm các đối tượng nhân tạo và các hợp phần thuộc địa quyển hợp thành một thể thống nhất gọi là địa hệ tự nhiên kỹ thuật (ĐHTNKT). Các tương tác trong ĐHTNKT làm cho thành phần, trạng thái và tính chất của môi trường tự nhiên bị biến đổi do hoạt động của con người.

Cũng như các quá trình khác trong tự nhiên, quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông là kết quả tương tác bên trong của hệ thống, là kết quả vận động của ĐHTNKT. Cấu trúc địa hệ này bao gồm các hợp phần tự nhiên là các quyển của trái đất (địa quyển) như cấu trúc địa chất, tân kiến tạo, chế độ thuỷ, hải văn... và hợp phần kỹ thuật chủ yếu là các hoạt động của con người. Không gian đới ven biển chính là đới tương tác của các hợp phần trong địa hệ. Những tương tác trực tiếp quyết định sự phát sinh, phát triển của quá trình là tương tác giữa thuỷ quyển

và thạch quyển. Biểu hiện cụ thể của sự tương tác thuỷ thạch đó là tác động sóng gió, thuỷ triều, nước dâng do bão... đến đất đá, địa hình thềm bờ. Ranh giới này xảy ra sự tương tác được xác lập thông qua độ sâu tương tác đối với hoạt động của sóng gió, nước dâng do bão, thuỷ triều.

Trong nghiên cứu xói lở - bồi tụ, độ sâu về phía biển thường được xác định dựa vào tác động động học của sóng tới đáy biển - đây là khu vực của đới ven biển xảy ra quá trình xói lở - bồi tụ mạnh nhất. Theo lý thuyết, sóng bắt đầu tác động đến đáy thềm bờ khi độ sâu của biển nhỏ hơn một nửa chiều dài sóng. Độ sâu giới hạn về phía biển xác định theo công thức [29],[90]:

$$h_{gh} = \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\frac{gT^2}{2\pi}\tanh(kh)$$

Trong đó: h_{gh}- độ sâu giới hạn, $k = 2/\pi\lambda$ (k- số sóng), λ - bước sóng

Còn về phía lục địa, thường được lấy tại đường sóng leo cực đại hàng năm.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, phạm vi xảy ra sự tương tác và sự phân bố của các yếu tố cấu thành hợp phần tương tác thường không trùng nhau, đặc biệt đối với một khu vực nhạy cảm, dễ biến động như ở đới ven biển cửa sông. Không gian phân bố các yếu tố cấu thành hợp phần tương tác thường rộng lớn gấp nhiều lần so với đới tương tác giữa chúng. Rất nhiều tác động chỉ xảy ra ở đới ven biển nhưng đó là kết quả tương tác của nhiều yếu tố khác nhau trên toàn bộ lưu vực sông như địa hình - địa mạo, dòng chảy sông ngòi, dòng bùn cát, lớp phủ thực vật... và hoạt động kinh tế của con người (khai thác rừng, canh tác trên đất dốc, xây dựng các công trình điều tiết trên thượng nguồn...). Do đó, phạm vi nghiên cứu của một số yếu tố tự nhiên, kỹ thuật của hợp phần trong địa hệ không chỉ bó hẹp trong đới ven biển mà mang tính chất khu vực rộng lớn hơn rất nhiều.

1.1.1. Đặc điểm của đới ven biển cửa sông

Ngoài tính chất chung của địa hệ như là tính biến đổi, tính không đồng nhất, tính bất đẳng hướng..., đới ven biển vẫn có khá nhiều điểm khác biệt so với các ĐHTNKT thuần tuý khác. Thể hiện sau:

a) Về tính chất

- *Tính đa dạng*: Địa hệ đới ven biển xảy ra sự tương tác phức tạp, đầy đủ giữa các quyển của trái đất: thạch quyển, thuỷ quyển, khí quyển và sinh quyển.

- *Tính nhạy cảm cao:* Địa hệ đới ven biển luôn biến biến đổi, vận động do sự thay đổi của các hợp phần, thậm chí chỉ một hợp phần hoặc do trao đổi, tác động của yếu tố bên ngoài hệ thống.

- *Tính tự điều chỉnh, thích ứng nhanh:* Nhằm thiết lập một cân bằng mới mỗi khi có sự thay đổi của các hợp phần trong địa hệ.

b) Về sự tương tác trong địa hệ

- Tương tác trực tiếp quyết định động thái của địa hệ và sự phát sinh, phát triển của hoạt động bồi - xói bờ biển không phải là tương tác giữa hai hợp phần tự nhiên và kỹ thuật như là các ĐHTNKT thông thường khác, mà giữa hai quyển chính trong hợp phần tự nhiên, thạch quyển - thuỷ quyển. Tương tác của các hợp phần khác trong địa quyển hoặc hợp phần kỹ thuật với thạch quyển đều là tương tác gián tiếp và chỉ có ý nghĩa khi thông qua hoạt động của thuỷ quyển. Chẳng hạn khi xây dựng công trình trên đới bờ, có thể làm thay chế độ thuỷ động lực, gây bồi xói bờ biển thông qua hoạt động của sóng. Trong trường hợp này, tác động trực tiếp của công trình đến thạch quyển (quá trình nén chặt đất đá dưới móng công trình) có ý nghĩa không đáng kể đến độ ổn định chung của khu vực.

- Tương tác các hợp phần trong địa hệ đều là tương tác đa chiều, có mối liên hệ nhân quả và chịu tác động tương hỗ lẫn nhau.

1.1.2. Cấu trúc của đới bờ biển cửa sông

Đường bờ biển Việt Nam được phát triển trên các cấu trúc địa chất khác nhau và chi phối bởi các yếu tố tự nhiên và con người. Chính vì vậy mà nó rất đa dạng về hình thái đường bờ, phụ thuộc vào những cấu trúc địa chất đã có lịch sử phát triển lâu dài. Đặc biệt giai đoạn tân kiến tạo từ Neogen trở lại đây, nó quyết định các kiểu kiến trúc hình thái cơ bản ở bán đảo Đông Dương nói chung và bờ biển Việt Nam nói riêng. Dựa trên các tài liệu đã công bố [14],[15],[17],[22],

[55],[58],63],[64],[88],[95] thì đường bờ biển Việt Nam từ Móng Cái đến Hà Tiên phát triển trên các kiểu kiến trúc hình thái cơ bản sau:

- Đoạn từ Móng Cái đến Đồ Sơn, với các kiểu đường bờ cliff, bờ đá thấp, bãi biển thấp, với đá cứng, cuội, sạn, sỏi, cát, bùn sét. Đá cứng ở đây gồm đá biến chất của tầng Tấn Mài, đá lục nguyên của các tầng Hòn Gai, Hà Cối và đá vôi. Chúng nằm trong vòng cung Đông Triều - Yên Tử thuộc đới Duyên Hải. Nhiều nơi đá cứng của các tầng trên kéo sát bờ biển tạo nên các kiểu đường bờ cliff và bờ đá thấp. Mặt khác các sông ngắn, lượng phù sa mang ra biển không lớn, chủ yếu hạt thô như cuội, sạn, cát. Ngoài khơi có những đảo đá vôi hoặc đá trầm tích chắn ở ngoài, nên các quá trình như sóng, bão, gió, ảnh hưởng ít tới các vùng biển kín bên trong, nên nhiều kiểu đường bờ bãi có thành phần bùn sét, cát. Ở đoạn bờ biển này, kiểu đường bờ cửa sông do thiếu hụt năng lượng phù sa đã tạo nên cửa sông dạng hình phễu. Song ở đây cũng có thể giải thích hiện tượng dâng mực nước hải dương, lượng phù sa thiếu hụt đã tạo nên dạng cửa sông hình phễu. Ở khía cạnh sụt lún tân kiến tạo hoặc địa động lực cũng có thể giải thích hiện tượng thành tạo các kiểu đường bờ cửa sông hình phễu. Điều đó cần được nghiên cứu có tính chất chuyên đề sâu hơn, kỹ hơn với việc thiết lập quan trắc thường xuyên nhiều năm.

- Đoạn đường bờ từ Nam Đồ Sơn đến Nga Sơn là kiểu đường bờ tích tụ trầm tích châu thổ. Đặc trưng cho kiểu đường bờ ở đoạn này là xu thế tích tụ lấn ra biển. Xu thế tích tụ lấn ra biển với tốc độ cực đại 100 m/năm ở cửa Đáy và 50 - 60 m/năm ở cửa Ba Lạt [15],[17],[21],[64]. Song trong phông chung là tích tụ, vẫn có nơi phát triển quá trình xói lở. Bồi tụ và xói lở đã tạo nên kiểu đường bờ có bãi cát, hoặc bãi thấp. Điều này giải thích do địa hình của đoạn này là đồng bằng châu thổ của các sông lớn như sông Hồng, hệ thống sông Thái bình. Lượng phù sa của sông Hồng rất lớn, kết hợp với điều kiện hải văn đã tạo nên kiểu đường bờ bãi thấp có bồi tụ. Ngược lại hệ thống sông Thái bình lại là phần châu thổ lấp đầy có xu thế phát triển bờ biển estuary.

- Đoạn đường bờ từ Nga Sơn đến đèo Hải Vân phát triển các kiểu đường bờ tích tụ bằng phẳng với các cồn cát ven biển, bãi cát ven biển hoặc đường bờ biển vũng vịnh. Ở đoạn này do cấu trúc địa chất, một số dãy núi chạy sát bờ biển tạo

phục xói lở - bồi tụ ở hầu hết các nước chủ yếu dựa vào giải pháp công trình và phi công trình. Trong đó, giải pháp phi công trình rất được coi trọng và ngày một nâng cao vấn đề cảnh báo, dự báo thiên tai bồi - xói.

Các công trình nghiên cứu về xói lở và bồi tụ bờ biển cửa sông được xuất bản trên các tạp chí định kỳ như: Jourual of coastal research (CERF - Mỹ), Natural disaster (Nhật), Proceeding của các hội thảo [107],[117]. Coastal Enginearing (Mỹ), Bordomer (Pháp). Trong nhiều chương trình, dự án quốc tế, vấn đề xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông được coi là trọng tâm như chương trình Land Ocean Interactions in the coastal zone (LOICZ), chương trình LOICZ - nghiên cứu tương tác giữa đại dương và lục địa ở dải ven biển, chương trình đối sánh địa chất Quốc tế (IGCP), ở khu vực (WESTPAC), chương trình APN... Hiện nay các nước Đông Nam Á đang phối hợp xây dựng mạng lưới quan trắc và từng bước triển khai dự án EA LOICZ trong đó quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển là một trong các nội dung ưu tiên. Ở nhiều nước trên thế giới, đặc biệt là Mỹ, Anh, Liên Xô (cũ), Pháp, Hà Lan, Bungari, Nhật... đã khá thành công trong việc sử dụng các giải pháp kỹ thuật để bảo vệ bờ biển, cửa sông, chống xói lở và bồi tụ. Song do điều kiện tự nhiên và kinh tế khác nhau, nên việc áp dụng các thành quả của các nước trên thế giới vào Việt Nam cũng còn nhiều hạn chế và khó khăn.

Đối với nước ta dải ven biển - cửa sông nước ta có vị trí địa lý đặc biệt, đa dạng và phong phú về tài nguyên, là nơi tập trung dân cư (chỉ tính riêng các huyện ven biển đã chiếm trên 24% tổng dân cư cả nước), các công trình dân sinh kinh tế, quốc phòng quan trọng.

Xói lở bờ biển, cửa sông là dạng thiên tai nặng nề xảy ra ở cả ba miền, diễn biến hết sức phức tạp gây thiệt hại rất lớn về người và của, để lại hậu quả lâu dài về KT - XH và môi trường sinh thái. Hàng năm Nhà nước phải chi một lượng kinh phí lớn để khắc phục, phòng chống và cứu hộ.

Bồi tụ bờ biển, cửa sông thành tạo nên các bãi bồi quí giá cho nhiều vùng, song nhiều nơi cũng trở thành tai biến nghiêm trọng, gây ra sa bồi luồng tàu, bến cảng, bồi lấp cửa sông làm giảm khả năng thoát lũ, gây ngập lụt trên diện rộng, ngọt hoá các đầm phá, vũng vịnh...

Nhận thức rõ tính bức xúc và tầm quan trọng của vấn đề xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông, Nhà nước và một số địa phương đã cho triển khai một loạt các chương trình đề tài, đề án nhằm điều tra, xác định hiện trạng xói lở, bồi tụ, theo dõi diễn biến ở các vùng trọng điểm, xây dựng các luận cứ khoa học cho các giải pháp phòng chống khắc phục [41]. Có thể nêu một số công trình tiêu biểu đã được triển khai là:

- Nghiên cứu thuỷ động lực, trầm tích vịnh Bắc bộ, Chương trình khảo sát hỗn hợp Việt - Trung, 1959 - 1961 [27].
- Nghiên cứu đặc trưng khí tượng - hải dương vùng ven biển từ cửa Thuận An đến Kiên Giang của Viện Hải Dương học Scrips (Mỹ) và Hải quân Hoa Kỳ, 1960 - 1974.
- Nghiên cứu chỉnh trị lòng dẫn sông Hồng từ Sơn Tây đến Ba Lạt. Viện Nghiên cứu Khoa học Thuỷ lợi, 1980 - 1990.
- Điều tra nghiên cứu quá trình sạt lở bờ sông Tiền - sông Hậu và kiến nghị giải pháp phòng tránh do Viện KH Thuỷ lợi phía Nam, Phân viện Địa lý tại TP. Hồ Chí Minh thực hiện trong các năm 1990 - 1998 [42],[98].
- Nghiên cứu nguyên nhân và giải pháp phòng chống sạt lở bờ biển Cát Hải, Hải Phòng do Viện Các KH về Trái đất thực hiện, 1982 - 1986 [13].
- Động lực các vùng cửa sông Việt Nam. Thuộc đề tài KT.02.01, (1985 - 1990) [14].
- Nghiên cứu phòng chống xói lở bờ biển Hải Hậu, Cảnh Dương, Gò Công (1990 - 1995). Báo cáo tổng kết đề tài KT.03.14 [55].
- Đặc biệt trong 2 năm 1999 - 2000, Nhà nước đã cho triển khai dự án: "*Nghiên cứu, dự báo phòng chống sạt lở bờ biển Việt Nam*" được chia thành 3 đề tài 5A (miền Bắc) do Phân viện Hải dương học Hải Phòng chủ trì thực hiện, 5B (miền Trung) do Viện Địa lý chủ trì thực hiện, 5C (miền Nam) do Viện Hải dương học Nha Trang chủ trì thực hiện [14],[50],[73].

- Một số đề tài thuộc chương trình nghiên cứu biển giai đoạn 1990 - 1995 và 1996 - 2000 cũng đề cập đến vấn đề điều tra nghiên cứu qui luật vận chuyển bùn cát ven bờ biển và dòng phù sa từ sông đổ ra [48],[92].

Các chương trình, đề tài, đề án nghiên cứu kể trên đã thu được nhiều kết quả có giá trị về mặt khoa học và thực tiễn góp phần không nhỏ vào việc chỉnh trị cửa sông, bờ biển giảm nhẹ thiên tai xói lở - bồi tụ. Song do hạn chế về mục tiêu, nội dung và kinh phí cũng như thiết bị nghiên cứu nên sự gắn kết giữa các vùng còn hạn chế, nhiều vấn đề về qui luật diễn biến cửa sông, bờ biển, cơ chế của quá trình bồi tụ, xói lở vẫn chưa được giải quyết thoả đáng. Cho đến nay chúng ta chưa có được qui trình thống nhất trong khảo sát đo đạc dòng bồi tích và quá trình vận chuyển bùn cát vùng ven bờ biển, cửa sông; Chưa có được qui trình công nghệ dự báo quá trình bồi tụ, xói lở cho các vùng biển cụ thể. Nhiều giải pháp công trình đưa ra còn mang nặng tính cục bộ, địa phương, phòng chống xói lở - bồi tụ ở khu vực này lại xảy ra tai biến ở các vùng khác lân cận... Đặc biệt đối với các cửa sông miền Trung nơi hứng chịu nhiều thiên tai lại ít được nghiên cứu.

1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU XÓI LỞ - BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG

Để đạt được những mục tiêu và nhiệm vụ đề ra, đề tài đã sử dụng tổng hợp nhiều phương pháp khác nhau và được thực hiện theo qui trình công nghệ của khối SEV (cũ) và các nước phát triển như: Nga, Mỹ, Nhật... Sau đây là các phương pháp đề tài đã sử dụng:

❖ *Phương pháp thống kê, phân tích tổng hợp trong phòng*

Phương pháp này nhằm xử lý, phân tích và đánh giá tổng hợp các số liệu thu thập được, để xây dựng được các bản đồ hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển tỷ lệ 1: 250000 với các nội dung thông tin chủ yếu sau:

+ Cấu tạo địa chất đường bờ

+ Vị trí, kích thước hiện trạng sạt lở

+ Cường độ và tốc độ sạt lở

+ Thời gian xảy ra sạt lở

❖ ***Phương pháp chuyên gia:*** Phương pháp chuyên gia thông qua các hội thảo khoa học lấy ý kiến đóng góp của các chuyên gia trong và ngoài nước về cách tiếp cận, thiết kế nghiên cứu. Luận cứ khoa học các vấn đề cần giải quyết, quy trình công nghệ dự báo diễn biến xói lở, bồi tụ, sản phẩm đầu ra và chuyển giao kết quả đề tài đến người sử dụng.

❖ ***Phương pháp đánh giá tác động môi trường (EIA):*** Nhằm đánh giá tác động của các hoạt động dân sinh kinh tế đến hiện tượng xói lở, bồi tụ. Đánh giá tác động của xói lở, bồi tụ đến môi trường sinh thái tại các khu vực trọng điểm.

❖ ***Phương pháp bản đồ - viễn thám và hệ thông tin địa lý (HTTĐL):***

Phương pháp viễn thám, bản đồ và hệ thông tin địa lý nhằm theo dõi, đánh giá hiện trạng và diễn biến xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông trên toàn dải từ Móng Cái đến Hà Tiên. Lưu trữ, cập nhật các thông tin kể cả dữ liệu bản đồ. Đây là phương pháp hữu hiệu để đánh giá hiện trạng và diễn biến xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông dựa trên các điểm nghiên cứu chìa khoá; các tư liệu ảnh viễn thám (ảnh vệ tinh, ảnh máy bay) qua các thời kỳ khác nhau. Công nghệ GIS giúp cho việc lưu trữ, cập nhật và sử dụng có hiệu quả các dữ liệu đã có về hiện tượng xói lở bồi tụ. Phương pháp bản đồ (mô hình không gian, trực quan) giúp cho việc thể hiện trực quan nhất các kết quả nghiên cứu, các điểm nóng về xói lở, bồi tụ.

Phương pháp này được dựa trên cơ sở các bản đồ địa hình trong các thời kỳ khác nhau với cùng tỷ lệ. Để nhận biết được sự biến động đường bờ, ta đối chiếu không ảnh hay bản đồ cùng tỷ lệ có các thời điểm đo vẽ và chụp khác nhau. Nếu bờ bị xói, thì đường bờ sẽ dịch chuyển về phía lục địa, còn nếu bồi thì đường bờ dịch chuyển ra phía biển.

Tư liệu viễn thám giúp nắm bắt nhanh các thông tin về biến động của đối tượng tự nhiên, đồng thời phối hợp với các hệ thông tin địa lý, chúng ta sẽ có được bức tranh đồng bộ toàn cảnh về môi trường tự nhiên. ứng dụng tổ hợp công nghệ viễn thám với HTTĐL nhằm nhanh chóng phát hiện sự biến động của môi trường theo thời gian, đặc biệt là môi trường ven biển, phát hiện những thay đổi do thiên nhiên hoặc con người nhờ các bản đồ dẫn xuất và số liệu thống kê lấy từ ảnh đa thời gian, qua đó có thể đánh giá các hoạt động kinh tế của con người và tác động

của nó đến thiên nhiên và môi trường, đề xuất hướng sử dụng hợp lý tài nguyên và qui hoạch phát triển bền vững. Bên cạnh những đánh giá về tác động của thiên nhiên và con người đến quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển khu vực nghiên cứu, nhờ sự trợ giúp của máy tính và một số phần mềm ứng dụng, những số liệu đồng bộ về bản đồ đánh giá giúp cho các nhà qui hoạch có được bức tranh toàn cảnh tương đối tổng hợp về đối tượng cần quan tâm.

Để có được bức tranh tổng quát về hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam, chúng tôi đã sử dụng ảnh đa thời gian thời kỳ 1973 - 1997 và 2000 - 2003 để nắm bắt những biến động về khu vực ven bờ biển cửa sông, thành lập bản đồ biến động đường bờ, sự xói lở và bồi tụ. Từ các kết quả giải đoán ảnh vệ tinh, chúng tôi đã tiến hành truy nhập các thông tin thu nhận được vào phần mềm hệ thông tin địa lý (HTTĐL) để tính toán số liệu thống kê về sự bồi tụ và xói lở thời kỳ 1975 - 1999 và 2000 - 2003.

- Trên cơ sở kết quả khảo sát và đo lặp trắc địa địa hình ven bờ biển, kết hợp với tư liệu bản đồ tỷ lệ 1:250.000, 1:50.000 và tư liệu ảnh LANDSAT-MSS, ảnh SOYUZ (Liên Xô cũ) thời kỳ 1975 - 1985, LANDSAT-TM (thời kỳ 1990 - 2003), ảnh MOS1-MESSR, ADEOS-AVNIR (thời kỳ 1990 - 1997) và ảnh SPOT (thời kỳ 1995 - 2000); thu thập các thông tin khác có liên quan đến sự biến động đường bờ ven biển cửa sông Việt Nam đã tiến hành giải đoán, khoanh định sự bồi tụ và xói lở của các đoạn bờ cụ thể.

- Truy cập kết quả giải đoán vào phần mềm HTTĐL. Chỉnh lý dữ liệu nhằm tiến hành đánh giá, phân tích số liệu thống kê, lập bản đồ biến động ở tỷ lệ 1: 250.000.

Ngoài những kết quả đánh giá về hiện trạng xói lở - bồi tụ chung cho toàn dải ven biển Việt Nam, đề tài cũng đã đi sâu nghiên cứu hiện tượng xói lở - bồi tụ tại các trọng điểm xảy ra ở các huyện ven biển. Sau khi lồng ranh giới hành chính tới cấp huyện đã tiến hành đánh giá, tính số liệu thống kê chung cho vùng nghiên cứu và số liệu diện tích biến động trong từng huyện.

Do mực nước biển "0" hải đồ được qui định trong trắc đạc thường không phải luôn luôn trùng với ranh giới giữa nước và đất, nhất là ở những nơi có bãi triều rộng

và thoải, ranh giới giữa nước và đất thường thay đổi theo mực nước triều. Nhưng khác với ảnh máy bay và các quan trắc mặt đất, ảnh vệ tinh điều tra tài nguyên như LANDSAT và SPOT thường thu được vào cùng một thời điểm trong ngày, bởi hai loại vệ tinh trên là các loại đồng quĩ đạo mặt trời (Sun synchronous). Vệ tinh LANDSAT thường qua lãnh thổ Việt Nam vào lúc 9h30' - 10h sáng và vệ tinh SPOT từ 10h30' - 11h sáng. Do ảnh hưởng của thuỷ triều nên mực nước thực tế có thể cao hơn hoặc thấp hơn mực "0" hải đồ nhưng do ảnh đa thời gian có cùng thời điểm chụp nên có thể lấy chúng so sánh với nhau để đưa ra kết luận khá chính xác về biến động đường bờ, đó cũng là ưu điểm nổi bật của viễn thám từ ảnh vệ tinh.

Đối với việc đánh giá biến động đường bờ, việc chuẩn hoá dữ liệu trong tỷ lệ, hệ chiếu đồng nhất là công việc đặc biệt quan trọng. Điều này có thể thực hiện dễ dàng nhờ sự trợ giúp của phần mềm HTTĐL. Các dữ liệu được nắn chỉnh hình học vào hệ chiếu UTM ở tỷ lệ chung 1: 250.000 để có được những nhận định chung về sự biến động đối với đường bờ ven biển cửa sông Việt Nam. Nguyên tắc nắn chỉnh hình học ở đây được thực hiện theo công thức biến đổi ảnh afine sau:

$$X = a_1x + a_2y + a_3; \qquad Y = b_1x + b_2y + b_3$$

Các giá trị tọa độ được chuyển ngay vào hệ chiếu mặt đất UTM nhằm hợp nhất các dữ liệu sau này, dễ dàng hiển thị trong hệ cơ sở dữ liệu chung toàn quốc và tính toán số liệu thống kê về sự biến động cũng như mức độ sử dụng tài nguyên thiên nhiên, đánh giá một phần tác động của con người lên quá trình biến động...

Dữ liệu viễn thám bao gồm:

Chỉnh lý ảnh và dữ liệu	Tiền xử lý và tăng cường chất lượng ảnh
Giải đoán bằng mắt theo phương pháp thông thường	Nắn chỉnh hình học vào hệ chiếu của bản đồ nền
Đưa lên bản đồ nền và hoàn thiện bản đồ tác giả	Phân loại ảnh theo mẫu đã lựa chọn
Số hoá bản đồ vào HTTĐL	Chuyển ảnh đã phân loại sang HTTĐL ở dạng raster
	Vector hoá ảnh đã phân loại trong phần mềm của HTTĐL
	Tiến hành sắp xếp lại đối tượng theo mục tiêu của bài toán đánh giá.
	Phân tích bản đồ theo mô hình đánh giá, xây dựng bản đồ đánh giá biến động và tính toán số liệu thống kê.
	Trang trí lại bản vẽ theo yêu cầu của bản đồ, chỉnh tọa độ, tỷ lệ.
	In bản đồ và viết báo cáo đánh giá

Quá trình giải đoán ảnh ở đây được tiến hành theo sơ đồ hình 1.1.



Hình 1.1 Sơ đồ phân tích ảnh

Qui trình công nghệ xử lý ảnh được biểu diễn trên sơ đồ hình 1.2.

		Yếu tố cơ sở		
- Thử nghiệm các giả thiết nêu ra	- Các mô hình phân tích	- Tông ảnh và màu	- Mẫu giải đoán	- Giải đoán theo mẫu bằng áp dụng thống kê
- Hướng phân tích cơ bản		- Các yếu tố không gian khác	- Các dữ liệu tham khảo	- Giải đoán theo mẫu bằng áp dụng phân tích tổng hợp
- Nghịch lý và các dẫn chứng	- Các dữ liệu tham khảo	- Kích cỡ - Hình dạng	- Các mô hình toán học	
	- Máy lập thể hoặc đa phổ	- Cấu trúc - Dạng mẫu		- Nêu hướng đi tới kết quả
		- Độ cao - Bóng - Vị trí		
	- Cách thức tìm kiếm	- Mối liên quan đến đối tượng xung quanh		- Mô hình kết quả

Hình 1. 2. Sơ đồ qui trình công nghệ xử lý ảnh

❖ ***Phương pháp điều tra theo phiếu "anketa"***

Phương pháp này có tính ưu việt là cập nhật được một lượng thông tin khá lớn trong một thời gian ngắn, đáp ứng thông tin nhanh, kịp thời, ít tốn kém, đồng bộ trên một lãnh thổ rộng lớn. Phương pháp này đã thu hút được một lực lượng đông đảo cán bộ khoa học kỹ thuật và cán bộ quản lý tại các địa phương tham gia.

Nội dung của phương pháp này là gửi phiếu điều tra với các câu hỏi dễ hiểu, ngắn gọn dễ trả lời về các thông tin cần thiết của hiện trạng xói lở - bồi tụ như vị trí, kích thước đoạn bờ, thời gian xói lở - bồi tụ, các công trình chỉnh trị chống xói lở - bồi tụ v.v... Ngoài ra còn đặt các câu hỏi kiểm tra chéo nhằm mục đích nâng cao độ tin cậy các thông tin.

Phương pháp điều tra theo phiếu *"anketa"* không chỉ cho ta các thông tin chi tiết về định tính cũng như về định lượng, mà còn biết thời gian xảy ra và diễn biến của quá trình xói lở - bồi tụ ở mỗi đoạn bờ khác nhau. Ngoài ra nó còn phát hiện được các đoạn bờ xói lở - bồi tụ với kích thước nhỏ mà phương pháp bản đồ viễn thám bỏ sót do độ phân giải ảnh không cao.

❖ ***Phương pháp khảo sát thực địa***

Phương pháp khảo sát thực địa là phương pháp truyền thống luôn được thực hiện trong công tác điều tra cơ bản về các hiện tượng tai biến tự nhiên. Phương pháp này được tiến hành khảo cứu các đoạn bờ đang xảy ra bồi tụ, xói lở nghiêm trọng. Đây là phương pháp có độ chính xác cao nhất, song cũng là phương pháp tốn kém nhất.

Các số liệu và kết quả thu được từ phương pháp này là cơ sở thiết yếu để xác định hiện trạng và nguyên nhân xói lở - bồi tụ. Nó là số liệu đầu vào cũng như số liệu kiểm chứng độ chính xác của các mô hình dự báo.

Phương pháp khảo sát thực địa còn nhằm mục đích kiểm tra và chính xác hoá các thông tin sai lệch hoặc mâu thuẫn nhau được phát hiện ra trong quá trình phân tích tổng hợp tài liệu điều tra theo phiếu thông tin qua các câu hỏi kiểm tra chéo.

Để có được bộ số liệu đủ độ tin cậy làm cơ sở cho việc đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và là dữ liệu đầu vào cho các mô hình dự báo, ngay từ đầu triển khai, đề tài đã xây dựng được *"Qui trình công nghệ khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ bờ biển và cửa sông Việt Nam"*[152]. Có thể tóm tắt qui trình công nghệ khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông như sau:

Mục tiêu và các đối tượng khảo sát: Nghiên cứu ngoại nghiệp có qui mô trong một vùng hay khu vực được tiến hành nhằm mục đích nghiên cứu khoa học cũng như theo dõi các tác động của cơ chế động lực, các yếu tố vật lý trong môi trường dẫn đến kết quả đối với biến động bờ biển cửa sông, đặc biệt là đối với các công trình ven bờ trước và sau khi tiến hành xây dựng thông qua quá trình bồi tụ hay xói lở.

Các công trình bờ ảnh hưởng mạnh đến địa hình ven bờ bao quanh công trình, tạo ra những hiệu ứng như gây bồi hoặc xói bãi biển cũng như gây ra bồi cảng và luồng tàu. Do đó, điều tra khảo sát đo đạc xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông đòi hỏi thời gian khảo sát đo đạc theo mùa và nhiều năm. Tuy vậy, để định lượng sự biến đổi địa hình trong tương lai, điều quan trọng là phải có những hiểu biết đầy đủ về các biến động cục bộ quy mô nhỏ và vừa, bao gồm các yếu tố động lực như: sóng, dòng chảy, mực nước và các hiệu ứng kèm theo như vận chuyển trầm tích và sự biến động địa hình đáy và đường bờ. Nhằm xác định rõ số lượng các đối tượng để công tác điều tra khảo sát đo đạc và lên kế hoạch khảo sát, mục tiêu của cuộc khảo sát. Tiến hành nghiên cứu cho một vùng thì mục đích của công việc phải được xác định rõ ràng, cụ thể.

Trong bảng 1.1 trình bày mối quan hệ giữa các quá trình bờ với những thông số tương ứng, các đối tượng khảo sát đo đạc. Các thông tin để lập lên bảng này được trích từ báo cáo kĩ thuật về công trình bờ xuất bản hàng năm tại Nhật. Dấu (Δ) chỉ ra rằng việc đo đạc là thiết yếu còn (o) chỉ ra rằng việc khảo sát được khuyến khích hoặc là thiết yếu trong một số mục tiêu giới hạn.

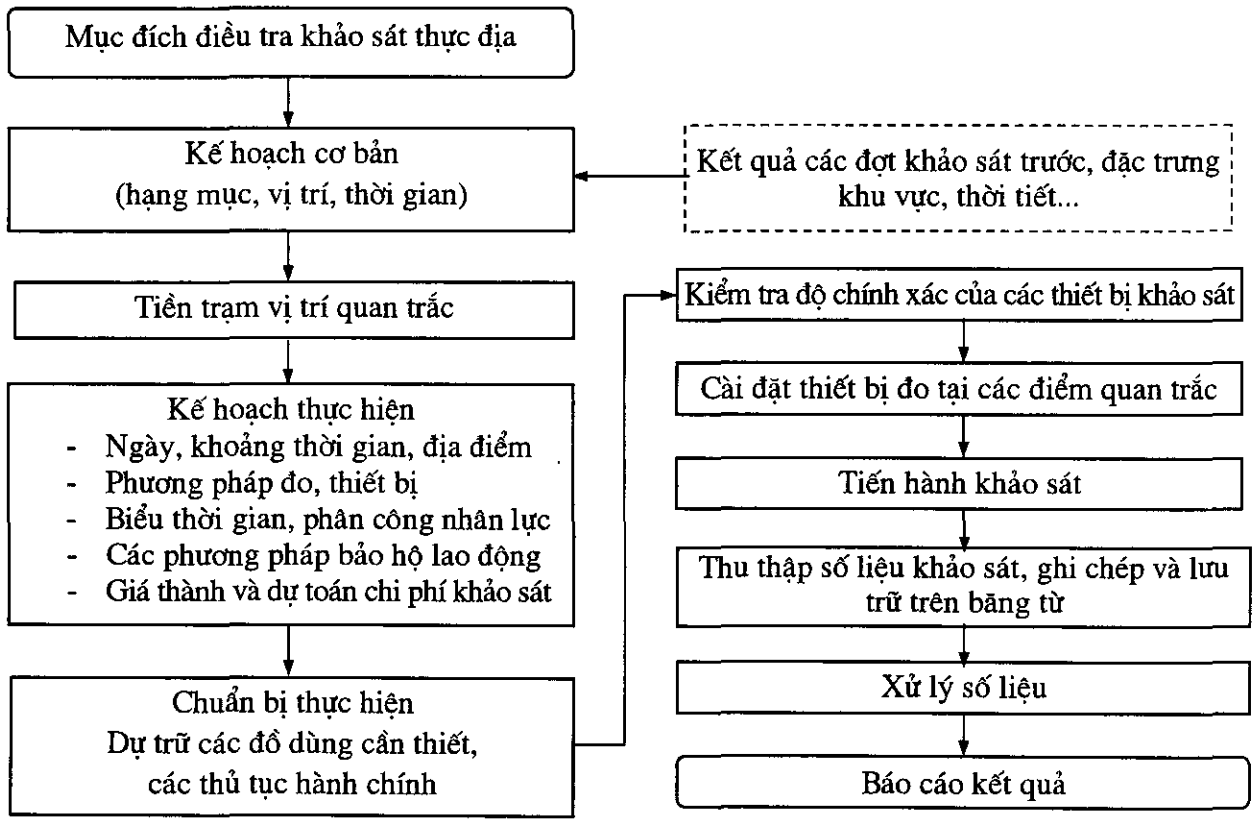
Bảng 1.1: Các quá trình bờ và các đối tượng đo của khảo sát ven bờ, cửa sông [107]

Các quá trình bờ biển, cửa sông / Các đối tượng đo			Sóng	Dòng chảy	Vận chuyển bùn cát	
			Sóng nước nông Sóng vùng ven bờ Sóng sát bờ Sóng chu kỳ dài	Dòng chảy ven bờ Phân bố ngang Ma sát đáy	Vận chuyển di đáy Vận chuyển lơ lửng Vận chuyển dọc ờ Vận chuyển ngang Vận chuyển dưới tác động sóng và dòng Cát di chuyển do gió	Biến động địa hình
Sóng	Sóng tới	Độ cao và chu kỳ (phổ tần số)	o o o o	Δ Δ Δ	Δ Δ o Δ Δ	o
		Hướng (phổ hướng)	o o o o	Δ Δ Δ	Δ Δ o Δ Δ	o
	Sóng tại vị trí đo	Biến đổi bề mặt nước	o o o o	o	Δ Δ Δ Δ	
		Phân bố độ cao	o o o	Δ	Δ	Δ
	Mực thuỷ triều		Δ o			
	Khác (độ cao sóng vỡ, . .)			Δ	Δ	Δ
Dòng chảy	Dòng chảy tại vị trí đo	Vận tốc trung bình	Δ	o	o Δ	
		Vận tốc tức thời	Δ Δ Δ	o o	o o Δ o	
		Phân bố vận tốc		o Δ	o Δ	Δ
		Phân bố theo màu		o		
	Dòng chảy ven bờ, dòng triều			Δ		
Vận chuyển bùn cát	Vận chuyển bùn cát tại vị trí đo	Sự lắng đọng của bùn cát lơ lửng			o	
		Bẫy bùn cát			o o o o o	
		Dấu hiệu quang học			o o Δ	
	Đặc tính của vật chất đáy		Δ	Δ	o o o o o o o	o
Địa hình	Sóng cát			o	Δ Δ	
	Thay đổi bề mặt cát				Δ Δ o	
	Độ nghiêng đáy biển				o	o
	Vị trí đường bờ					o
	Địa hình 2 chiều		Δ o o o	o o o	o o o o o	o
Khác	Khí tượng (gió, nhiệt độ, ...)		Δ Δ	Δ Δ	o	Δ
	Chất lượng nước			Δ		

Kế hoạch chung của khảo sát hiện trường:

Các đối tượng của khảo sát hiện trường hoặc thí nghiệm hiện trường là sóng, dòng chảy ven bờ, vận chuyển bùn cát và biến động địa hình mang tính chất động lực của vùng bờ. Các quy mô đặc trưng của chúng rất khác nhau về cả không gian lẫn thời gian. Trước khi tiến hành cuộc khảo sát, khu vực khảo sát, thời gian khảo

sát cũng như mùa trong năm và các thiết bị đo đạc cần phải được kiểm tra kỹ lưỡng theo mục tiêu và quy mô của cuộc khảo sát đề ra. Ngoài ra cần có người chỉ đạo, người làm việc, khối lượng thiết bị cũng cần được xác định hợp lý và có hiệu quả, trong đó có chú ý đến các vấn đề rủi do bất trắc, tai nạn và các vấn đề phát sinh khác. Nói cách khác, một số dự trù cần được đưa vào trong kế hoạch.



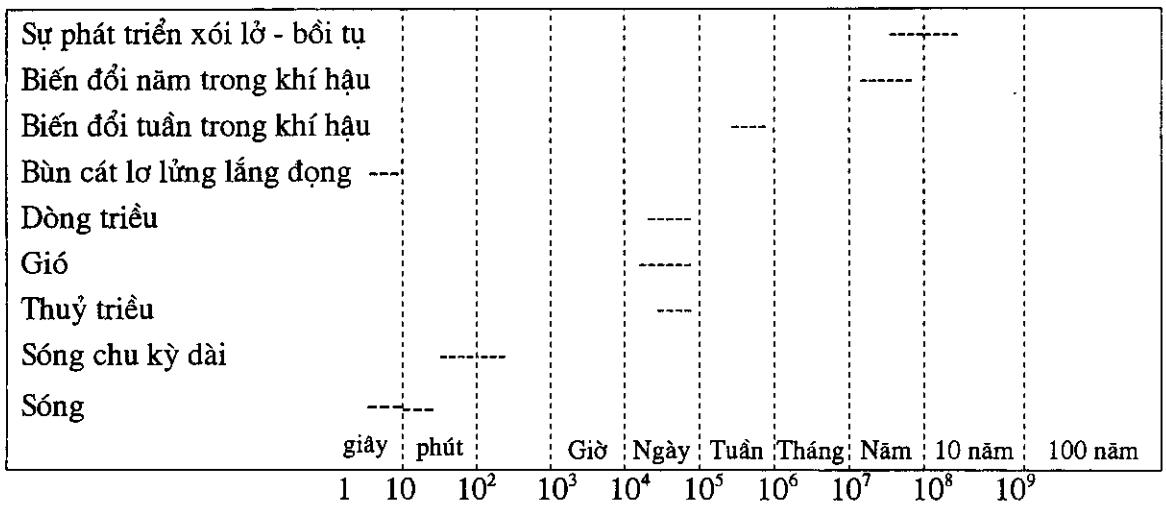
Hình 1.3: Sơ đồ một cuộc khảo sát ven bờ điển hình

Hình 1.3 trình bày sơ đồ cho một cuộc khảo sát bờ biển, cửa sông. Trước tiên kế hoạch cơ sở được sắp đặt để đáp ứng mục tiêu của cuộc khảo sát đo đạc thực địa. Sau đó việc thăm dò tiền trạm khu vực khảo sát được tiến hành để lập các kế hoạch cụ thể. Việc này được tiến hành theo từng bước một trong đó các thiết bị đo cần thiết, nhân công... được chuẩn bị sẵn sàng. Sự cho phép sử dụng đường sá, bãi bờ, khu vực khảo sát và các thủ tục luật pháp và hành chính khác cần được kiểm tra và đáp ứng.

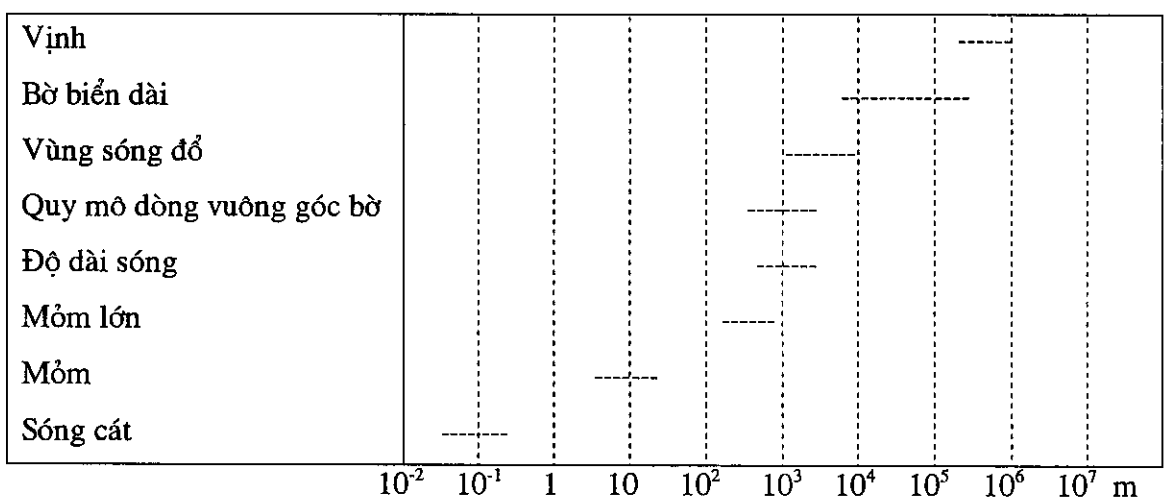
Phạm vi không gian và thời gian của khảo sát

Khoảng thời gian và khu vực tiến hành khảo sát cần chú ý đến quy mô về không gian va thời gian của các quá trình vật lý. Hình 1.4 và 1.5 trình bày các quy

mô chuẩn về không gian và thời gian của các quá trình vật lý liên quan tới chuyển động bùn cát và biến động ven bờ. Phạm vi quan trắc cả về không gian lẫn thời gian coi gần đúng bằng tỷ lệ 1/10 các quy mô đó.



Hình 1.4: Quy mô thời gian của các đối tượng khảo sát



Hình 1.5: Quy mô không gian của các đối tượng khảo sát

Phương pháp và thiết bị đo

Phương pháp và thiết bị đo được xác định theo mục đích nghiên cứu, quy mô về không gian và thời gian của các quá trình vật lý cần nghiên cứu, đặc điểm của bờ biển và đặc trưng của hệ thống đo lường được sử dụng. Bảng 1.2 liệt kê phương pháp nghiên cứu và cách thức đo đạc. Các thiết bị đo đạc kỹ thuật cao cho phép đo các yếu tố động lực ven bờ như sóng, dòng chảy với độ chính xác cao. Hiện nay, phương pháp đánh dấu và bẫy cát cũng được sử dụng.

Bảng 1.2: Các dạng phương pháp đo

Danh mục	Công nghệ	Phương pháp đo
Độ cao sóng	Quan trắc hướng WG: máy đo sóng	Thị giác, thước đo xa WG, đo nổi WG,... Điện từ WG, tự ghi WG, áp lực WG, siêu âm WG
Mực nước trung bình	Trắc quang học (Máy đo mực nước)	Ảnh nổi, camera ghi chuyển động, ... Máy thuỷ triều, thuỷ lực,...
Hướng sóng	Quan trắc hướng Đo điểm cố định Quan trắc bằng mắt	Máy đo sóng
Dòng chảy	Đo bằng đồng hồ đo (CM) Quan trắc hướng	Điện từ CM, Siêu âm CM,... Đánh dấu (phao, màu) và ảnh vệ tinh, theo dõi từ bờ biển,...
Vận chuyển bùn cát	Đánh dấu Tập hợp cát Lắng đọng Ảnh dưới nước	Dùng các bẫy lơ lửng,... Dùng các bẫy đáy, bơm hút,... Thiết bị đo tự động, đánh dấu,... Dùng camera quay dưới nước
Địa hình ven bờ	Mực đo (trực tiếp) Mực đo (gián tiếp) Đo sâu bằng sóng âm Quan trắc quang học	Trắc đạc trực tiếp Trắc đạc gián tiếp Máy siêu âm và tàu, đầu đo điện tử Chụp ảnh địa hình
Di chuyển cát	Quan trắc bằng mắt Đo gió Tập hợp cát Đánh dấu	Theo dõi luồng di chuyển bùn cát Thủ công, điện tử, tự động Bẫy cát Theo dõi mực cát
Các yếu tố khác		Đo nhiệt độ nước, đo độ dẫn điện, đo áp suất không khí, đo trọng lượng riêng,...

Biểu thời gian của cuộc khảo sát và triển khai nhân sự

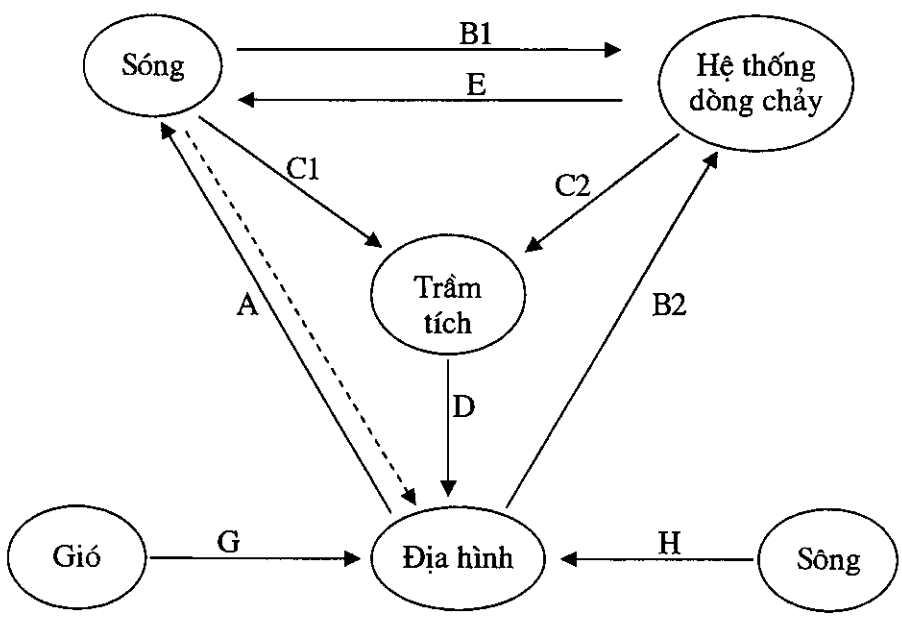
Thông thường công tác khảo sát ngoại nghiệp được tiến hành vào thời kỳ sóng trung bình để tránh nguy hiểm cho cán bộ khảo sát đo đạc. Tuy nhiên, do điều kiện thời tiết và sóng không thể dự báo được chính xác trong khi thực hiện kế hoạch. Vì vậy toàn bộ thời gian khảo sát phải tính đến khả năng trong khi thực hiện

gặp thời gian thời tiết xấu được xác định từ thống kê số liệu, hiện tượng của những năm trước đó. Nhìn chung, khi lập kế hoạch của một đợt khảo sát thường dự trù quỹ thời gian kéo dài khoảng 50% thời gian thực hiện. Hơn nữa dao động thuỷ triều và thời gian triều cường, triều kiệt có ảnh hưởng đến việc cài đặt, duy trì và thu các thiết bị. Thông thường việc cài đặt và thu các thiết bị được tiến hành vào thời gian triều kiệt. Do đó, biểu thời gian khảo sát nên lập ra với sự chú ý đến tất cả các nhân tố nêu trên.

Sau khi các tham số cần đo đạc và thời gian biểu được xác định, số cán bộ kỹ thuật và việc triển khai nhân công được tiến hành tuỳ theo mỗi nhiệm vụ đo đạc cụ thể.

Các phương pháp đo đạc đường bờ và địa hình vùng cửa sông và bờ biển

Những quá trình ven biển có quan hệ đa dạng và phức tạp giữa các hiện tượng vật lý như gió, sóng, dòng chảy ven bờ, sự biến động bờ biển và vận chuyển bùn cát (hình 1.6). Mối quan hệ tương tác qua lại với nhau và những đặc trưng riêng lẻ của chúng thay đổi trong không gian và thời gian.



Hình 1.6: Sơ đồ các quá trình ven bờ

A : Sự truyền sóng (khúc xạ, nhiễu xạ và phản xạ)

B1, B2: Hệ thống dòng ven bờ

C1, C2: Vận chuyển bùn cát (lơ lửng và di đáy)

D: Sự biến động của địa hình vì sự vận chuyển trầm tích

E: Sự tương tác giữa hệ thống dòng chảy với sóng

F: Sự xói mòn (trong những khu vực sóng đổ và sóng vỗ bờ)

G : Cát bay

H: Sự cung cấp bùn cát từ sông ra

Các hiện tượng có sự tương tác với nhau như quá trình truyền của sóng tác động lên hệ thống dòng ven bờ và ngược lại, sự chuyển động chất lỏng gây nên sự vận chuyển trầm tích từ đáy làm biến đổi địa hình đáy, địa hình đáy tác động trở lại quá trình truyền sóng và hệ thống dòng chảy. Địa hình đáy cũng thay đổi thông qua quá trình cát bay, cát nhảy do gió và quá trình vận chuyển bùn cát từ trong sông ra. Việc điều tra khảo sát đo vẽ địa hình cung cấp nhiều thông tin quý giá không chỉ về sự biến động bãi biển mà còn thể hiện hiệu quả của sự tác động theo thời gian và không gian của các cơ chế động lực và vật chất trong môi trường nước.

Tính hợp lý và khả năng áp dụng của những mô hình dự báo số trị của sự biến động đường bờ và địa hình đáy, và xác định những hệ số thực nghiệm trong những mô hình này thì thường được các số liệu điều tra khảo sát đo đạc kiểm nghiệm và trợ giúp.

Phân loại những phương pháp khảo sát đo đạc địa hình và đường bờ

Sự khảo sát đo đạc bằng phép đo độ sâu của biển và phép đo vẽ bản đồ đầy đủ được bắt đầu với những phương pháp mà được xuất pháp từ những mốc chuẩn trên đất liền dùng để làm giá trị so sánh trong quá trình khảo sát đo đạc địa hình đáy biển. Trong quá trình khảo sát đo đạc trên đất thì công nghệ đo đạc theo phương pháp truyền thống sử dụng tuyến đo thường là đơn giản. Những phép quy chiếu chi tiết của phép đo vẽ địa hình ở dưới nước gồm có hạng mục và mức độ khác nhau trong sự đối chiếu và so sánh với một điểm chuẩn trắc địa định vị trên đất liền. Thao tác này được lặp lại từ mặt cắt này đến mặt cắt khác. Một số khó khăn như những vấn đề không thể tránh khỏi trong công tác khảo sát đo đạc ven biển là sự xuất hiện những điểm khảo sát trong khu vực sóng đổ, nơi mà bề mặt biển thay đổi mãnh liệt và địa hình đáy lại không đồng nhất.

Trong công tác khảo sát đo đạc địa hình và đường bờ thông thường sử dụng ba phương pháp như sau:

+ Phương pháp đo đạc theo tuyến đo
+ Phương pháp đo đạc sử dụng thiết bị điện tử (sóng âm)
+ Phương pháp đo đạc bằng phép trắc quang

Dựa trên cơ sở các phương pháp trên mà các công nghệ khảo sát đo đạc được sử dụng ba kỹ thuật:

+ Đo đạc trực tiếp bằng kỹ thuật laze.
+ Đo đạc bằng sóng âm.
+ Đo đạc bằng sử dụng ảnh nổi.

Trên đây là tổng quan về công nghệ đo đạc khảo sát xói lở và bồi tụ ven biển cửa sông. Các dạng công nghệ đo đạc cụ thể được sử dụng trong khảo sát đo đạc thực tế, đề tài xin phép không trình bày ở đây, có thể tìm hiểu các qui trình này trong báo cáo đề mục của đề tài *"Qui trình công nghệ khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ cửa sông và bờ biển"*.

❖ ***Phương pháp mô hình:*** Nhằm mô phỏng các quá trình thuỷ thạch động lực vùng ven bờ biển, cửa sông. Mô hình tính toán dự báo diễn biến xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông được sử dụng cho các khu vực trọng điểm. Ngoài ra, nếu điều kiện cho phép có thể sử dụng phương pháp mô hình vật lý để hiệu chỉnh các tham số của mô hình và tính toán các đặc trưng động lực vùng ven bờ biển cửa sông. Kinh nghiệm cho thấy phương pháp này rất tốn kém mà hiệu quả áp dụng cho vùng ven biển cửa sông không cao. Hiện nay phương pháp này chủ yếu sử dụng cho tính toán bồi xói trong sông.

Tính toán và dự báo bồi xói bờ biển và cửa sông là một vấn đề hết sức phức tạp đòi hỏi nhiều năm nghiên cứu nữa mới có thể xây dựng được một quy trình tính toán đáp ứng yêu cầu đa dạng của bài toán đặt ra.

Đối với những biến động hình thái có quy mô nhỏ từ một vài giờ đến một vài ngày thì nguyên nhân chủ yếu là các nhiễu động lớn như: bão, lũ, nước dâng trong bão, v.v... Quy luật biến động đó cần được nghiên cứu một cách chi tiết hơn,

thông thường cần đến các mô hình 3D, 4D về cấu trúc các trường thuỷ thạch động lực đới bờ. Những mô hình loại này hiện đang trong giai đoạn nghiên cứu và thử nghiệm và có thể đưa ra áp dụng thực tiễn nghiệp vụ trong những năm tới.

Trong khuôn khổ triển khai đề mục sử dụng phương pháp mô hình hoá nghiên cứu xói lở chúng tôi tập trung ưu tiên giải quyết vấn đề đối với quy mô vừa và lớn cho phép đưa ra các kết quả tính toán và dự báo hiện tượng xói lở cho khoảng thời gian hàng tháng và năm đáp ứng yêu cầu quy hoạch và quản lý đới ven biển. Với quy mô biến động này, các tác động chủ yếu là những đặc trưng chế độ thuỷ thạch động lực học biển. Kết quả của những tác động đó hình thành nên quy luật biến động theo tháng, mùa và giữa các năm.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu trước đây, đặc biệt các kết quả triển khai của đề tài từ năm 2002, quy trình tính toán và dự báo xói lở bờ biển và cửa sông quy mô vừa đã được cụ thể hoá từng công đoạn và được triển khai thử nghiệm cho vùng nghiên cứu là vùng bờ biển, cửa sông Thuận An (tỉnh Thừa Thiên - Huế) và vùng bờ biển cửa sông Đà Rằng (tỉnh Phú Yên). Những kết quả thử nghiệm đã cho phép từng bước hoàn thiện quy trình tính toán dự báo xói lở bồi tụ.

Có thể tóm tắt ***quy trình tính toán dự báo xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam*** theo một số bước cơ bản sau đây:

1. Thiết lập các dữ liệu đầu vào, các tác động chủ yếu lên quá trình bồi xói cho khu vực nghiên cứu.
2. Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực vùng cửa sông và đới bờ.
3. Tính toán và dự báo biến đổi bờ biển và cửa sông.

Một mặt, quy trình này cần được thiết lập trên cơ sở các yêu cầu khoa học phổ dụng đã được khẳng định trong những tài liệu hướng dẫn quốc tế, mặt khác, quy trình đưa ra cũng phải phù hợp với điều kiện thực tế số liệu và kết quả nghiên cứu của Việt Nam .

Với các bước nghiên cứu, triển khai và kiểm nghiệm quy trình chúng ta cũng có thể đánh giá được mức độ ảnh hưởng của các quy mô tác động khác nhau đến bức tranh xói lở thực tế của từng khu vực, từ đó cho phép hoàn thiện và bổ sung

quy trình theo hướng tham số hóa hoặc kết hợp các quá trình đa quy mô căn cứ theo yêu cầu và mức độ phát triển khoa học công nghệ biển của nước ta.

Sau đây là quy trình tính toán dự báo xói lở, bồi tụ biển cửa sông khu vực Thuận An - Hoà Duân, tỉnh Thừa Thiên Huế:

1.3.1. Các thông số đầu vào

1.3.1.1. Miền tính

Miền tính được xây dựng trên bản đồ 1:10.000 là hình chữ nhật giới hạn bởi các tọa độ địa lý: 107°40'31" - 16°32'54", 107°36'8"-16°32'54",108°36'08"-16°35'20". Gốc tọa độ tại 107°40'31"-16°32'54", trục ox dài 4450m, hướng NS , được chia 90 điểm(x=1,90), bước lưới 50m; trục oy dài 7800m, hướng EW, được chia 79 điểm(y=1,79), bước lưới 100 m .

1.3.1.2. Các thông số về động lực, độ nhám, thành phần hạt

- Chỉ số sóng đổ: $\gamma = 0,78$
- Hệ số nhám đáy: rc = 0,06m
- Đường kính hạt: $D_{50} = 0,28$mm
- Đường kính hạt: $D_{90} = 0,75$mm
- Mật độ nước biển: $\rho = 1027$ kg (m^{3})
- Tốc độ sa lắng w = 0,06 m/s ứng với $D_{50} = 0,4$ mm.

1.3.1.3. Các thông số khí tượng thuỷ văn biển

Các hướng mở của bờ đối với gió, sóng tính trong mô hình được trình bày ở bảng 1.3.

Bảng 1.3: Các hướng của gió, sóng được tính theo độ

Yếu Tố	Hướng								
	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE
Gió	-45	-23	0	23	45	67	90	112	135
Sóng	-80	-67	-45	-23	0	23	45	67	80

Các số liệu gió, sóng đưa vào được tính trung bình mùa, năm (lấy tại trạm khí tượng thuỷ văn biển Cồn Cỏ):

+ Tại bờ: áp dụng biên dính, không thấm, u = v = 0, $\frac{\partial \xi}{\partial n} = 0$

+ Tại biên lỏng hai bên hông : $\frac{\partial u}{\partial n} = 0$, $\frac{\partial v}{\partial n} = 0$, $\frac{\partial \xi}{\partial n} = 0$

+ Cửa sông Thuận An mùa đông U_b=-0.3 m/s, V_b=-0.3 m/s

c) Phương trình tính dòng bùn cát

- Kích thước miền tính
- Bản đồ địa hình đáy đã số hóa
- Thời gian tính t = 86400s
- Độ cao sóng H, góc α, độ dài sóng L, u, v, ξ đã tính được từ phương trình sóng, dòng.
- Các tham số dùng trong tính toán (mục 1.3.1.2)

d) Phương trình biến đổi đáy, bồi xói ngang bờ

- Kích thước miền tính
- Bản đồ địa hình đáy đã số hóa
- Thời gian tính(theo mùa, năm)
- Dòng vận chuyển bùn cát (đã tính ở mục c)

1.3.2. Chương trình tính

- Phương trình sóng: độ cao sóng H, góc sóng α, độ dài sóng L, bức xạ sóng S_x, S_y, S_{xy} ở tất cả các nút lưới tính.
- Phương trình dòng: trường tốc độ u, v, biến đổi mực nước ξ ở tất cả các nút lưới tính.
- Phương trình vận chuyển bùn cát: dòng vận chuyển bùn cát theo trục 0x, 0y, dòng vận chuyển dọc bờ, ngang bờ.
- Phương trình biến đổi đáy và bồi xói ngang bờ: biến đổi địa hình đáy, bồi - xói ngang bờ theo thời gian tính.

1.3.3. Hiệu chỉnh chương trình tính, kết quả mô phỏng định lượng biến đổi đáy, bồi xói ngang bờ trong năm

Chương trình tính đã được hiệu chỉnh với số liệu bồi - xói theo tài liệu khảo sát thực tế của đề tài trong các năm 2002 - 2004. Chương trình tính biến đổi địa hình đáy, bồi - xói ngang bờ theo 2 mùa trong năm: mùa gió mùa ĐB (tương ứng mùa đông), mùa gió mùa TN (tương ứng mùa hè).

Trên cơ sở số liệu thực tế thu thập, khảo sát, tính thử nghiệm rất nhiều lần, đã xây dựng được bộ chương trình tính mô phỏng và dự báo biến đổi đáy, biến đổi bồi xói ngang bờ sau:

- Đặc trưng cho mùa đông
  - + Dòng ven bờ hướng1: dongven1.exe
  - + Biến đổi đáy hướng 1:bx-day1.exe
  - + Bồi-xói ngang bờ: boi-xoi1.exe
- Đặc trưng cho mùa hè
  - + Dòng ven bờ hướng2: dongven2.exe
  - + Biến đổi đáy hướng 1:bx-day2.exe
  - + Bồi-xói ngang bờ: boi-xoi2.exe
- Đặc trưng cho năm (hai hướng)
  - + Dòng ven bờ hướng1,2: dongven12.exe
  - + Biến đổi đáy hướng 1,2:bx-day12.exe
  - + Bồi-xói ngang bờ: boi-xoi12.exe

Sau đây là những ***hướng dẫn thực hành mô phỏng và dự báo bằng các ví dụ***

Các chương trình tính gồm hai phần tính khác biệt theo hướng sóng:

❖ Hướng sóng NW-NE được tính theo các phần mềm sau

- Dòng ven bờ: dongven1.exe
- Biến đổi đáy: bx.day1.exe

- Bồi-xói ngang bờ: boi-xoi1.exe

❖ Hướng sóng ENE-SE được tính theo các phần mềm sau

- Dòng ven bờ: dongven2.exe
- Biến đổi đáy: bx-day2.exe
- Bồi-xói ngang bờ: boi-xoi2.exe

❖ Tính dòng tổng hợp hai hướng sóng

- Tổng hợp đáy: bx-day12.exe
- Tổng hợp bồi- xói ngang bờ: boi-xoi12.exe
- Tổng hợp dòng: congd1d2.exe

Thí dụ 1: mô phỏng biến đổi đáy, bồi tụ-xói lở

a) Tính dòng ven bờ

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file sldven1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23,0, ubien = -0,3, vbien = -0,3, vxy = 6,3, goch = 23,0.

- Vào chương trình tải dbos ấn enter

- Vào chương trình dongven1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả trường vận tốc theo ox: kqu1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1). Trường vận tốc theo oy: kqv1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file sldven2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, ubien = vbien = 0,0, vxy = 5,0, goch = 135,0

- Vào chương trình dongven2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả trường vận tốc theo ox: kqu2.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1). Trường vận tốc theo oy: kqv2.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Tính dòng hướng 1,2 (trung bình năm)

Vào chương trình tính congd1d2.exe, ấn enter được kết quả dòng theo ox:kqu12.dat, trích kết quả (x = 20-30, y = 1,55) (xem phụ lục 1); được kết quả dòng theo oy: kqv12.dat, trích kết quả (x = 20-30, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

b) Tính biến đổi địa hình đáy

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file slday1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23,0, kx = 113

- Vào chương trình bxday1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: bx-day1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file slday2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, kx = 109

- Vào chương trình bx-day2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy bxday2,dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Tính hướng 1,2 (trung bình năm)

Vào chương trình bx-day12. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy bxday12,dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

c) Tính biến đổi bồi-xói ngang bờ

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file slbx1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23,0, kx = 113

- Vào chương trình boi-xoi1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file slbx2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, kx = 109

- Vào chương trình boi-xoi2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi2.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Tính hai hướng (trung bình năm)

Vào chương trình boi-xoi12. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi12.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Thí dụ 2: Dự báo xu thế biến đổi đáy, bồi xói ngang bờ vào năm 2005

a) Dự báo biến đổi đáy

Bản đồ đường bờ là năm 2001, trung bình mùa đông là 113 ngày sóng hướng NNE, năm 2005 sẽ là 452 ngày. Tương tự tính cho mùa hè hướng E năm 2005 có 436 ngày.

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file slday1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23,0, kx = 452

- Vào chương trình bxday1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: bx-day1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file slday2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, kx = 436

- Vào chương trình bx-day2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy bxday2,dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Dự báo hướng 1,2 (trung bình năm)

Vào chương trình bx-day12. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy bxday12,dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

b) Dự báo biến đổi bồi - xói ngang bờ

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file slbx1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23.0, kx = 452

- Vào chương trình boi-xoi1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file slbx2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, kx = 436

- Vào chương trình boi-xoi2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi2.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Dự báo hai hướng (trung bình năm)

Vào chương trình boi-xoi12. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi12.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Thí dụ 3: Dự báo xu thế biến đổi đáy, bồi-xói ngang bờ vào năm 2010

a) Dự báo biến đổi đáy

Bản đồ đường bờ là năm 2001, trung bình mùa đông là 113 ngày sóng hướng NNE, năm 2010 sẽ là 1017 ngày. Tương tự tính cho mùa hè hướng E năm 2010 có 981 ngày.

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file slday1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23.0, kx = 1017

- Vào chương trình bxday1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: bx-day1.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file slday2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, kx = 981

- Vào chương trình bx-day2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy bxday2,dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Tính hướng 1,2 (trung bình năm)

Vào chương trình bx-day12. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy bxday12,dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

b) Dự báo biến đổi bồi-xói ngang bờ

Đặc trưng cho hướng 1 (mùa đông)

- Tạo file slbx1.dat, nội dung: h0 = 2,6, t = 7,6, g0 = -23,0, kx = 1017

- Vào chương trình boi-xoi1. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi1.dat, trích kết quả (x = 20,y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Đặc trưng cho hướng 2 (mùa hè)

- Tạo file slbx2.dat, nội dung: h0 = 2,04, t = 7,0, g0 = 45,0, kx = 981

- Vào chương trình boi-xoi2. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi2.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

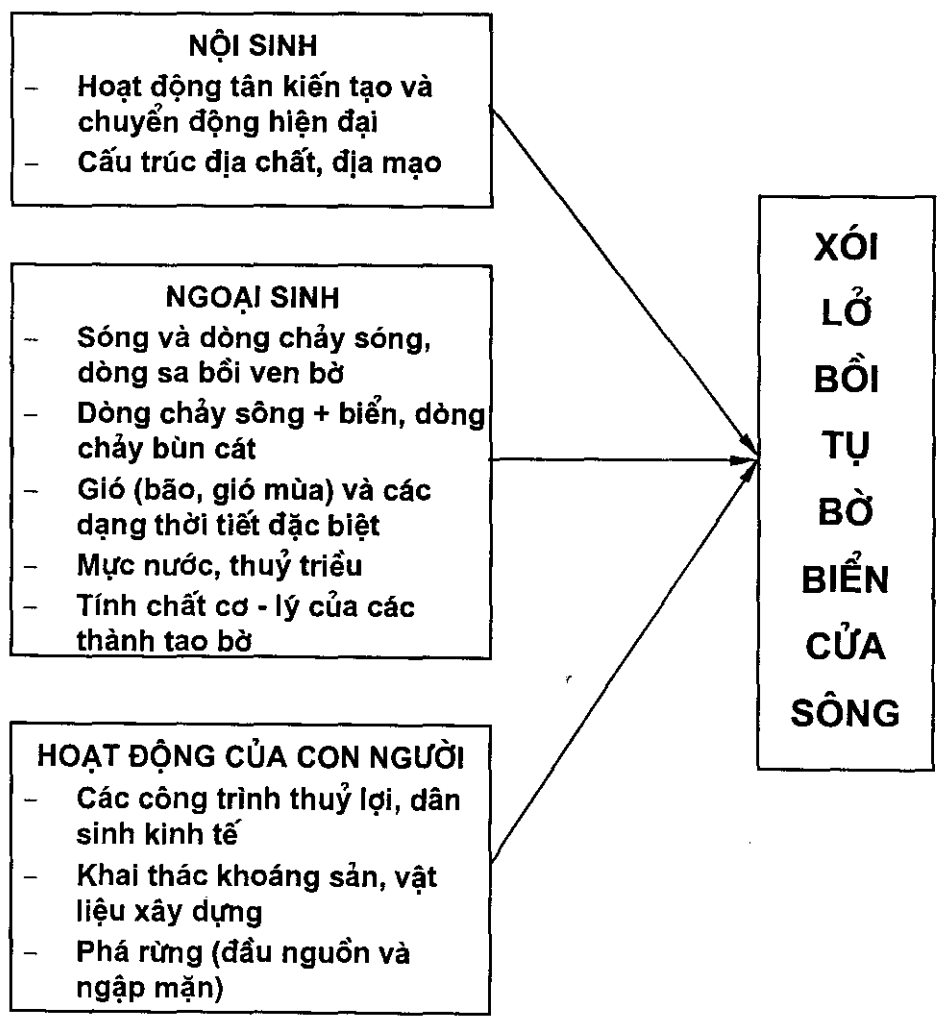
Tính hai hướng(trung bình năm)

Vào chương trình boi-xoi12. exe ấn enter, chương trình cho kết quả biến đổi đáy: boi-xoi12.dat, trích kết quả (x = 20, y = 1,55) (xem phụ lục 1).

Chương II

PHÂN TÍCH CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI QUÁ TRÌNH XÓI LỞ - BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG VIỆT NAM

Hiện tượng xói lở - bồi tụ xảy ra là do tổng hoà của các yếu tố tác động. Xói lở - bồi tụ là hai mặt của một vấn đề. Nghiên cứu xói lở - bồi tụ phải được đặt trên cơ sở đánh giá tổng hợp một cách có hệ thống các tác nhân gây xói lở - bồi tụ. Các tác nhân gây xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông có liên quan hữu cơ với nhau, tương tác qua lại lẫn nhau trong một hệ thống nhất, tuân theo qui luật tự nhiên và chịu sự chi phối sâu sắc của con người thiết lập nên sự cân bằng động giữa chúng (hình 2.1). Khi một hay một số các tác nhân thay đổi thì các tác nhân khác cũng thay đổi theo nhằm lập lại sự cân bằng mới.



Hình 2.1. Các tác nhân gây xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông

Sau đây chúng tôi xin đi sâu phân tích đặc điểm các tác nhân gây xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam (từ Móng Cái đến Hà Tiên).

2.1. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT

2.1.1. Khu vực miền Bắc (Từ Quảng Ninh đến Ninh Bình)

A. ĐỊA TẦNG

Theo các tài liệu đã công bố [3],[4],[5],[9],[10],[12],[28],[36],[60],[75] địa tầng khu vực nghiên cứu gồm:

I. ĐỊA TẦNG ĐÁ CỔ TRƯỚC ĐỆ TỨ

GIỚI PALEOZOI

Các thành tạo Paleozoi ở vùng ven biển và biển ven bờ miền Bắc Việt Nam bao gồm các trầm tích lục nguyên, trầm tích carbonat, phát triển không liên tục từ Cambri đến Pecmi. Gồm các phân vị địa tầng sau: Tấn Mài (O_3-S*tm*), hệ tầng Cô Tô (O_3-S*ct*), loạt Sông Cầu (D_1*sc*), hệ tầng Dưỡng Động (D_{1-2}*dđ*), hệ tầng Đồ Sơn (D_2*đs*), hệ tầng Bản Páp (D_2*bp*), hệ tầng Cát Bà (C_1*cb*), hệ tầng Bắc Sơn (C-P*bs*) và hệ tầng Bãi Cháy (P_2*bc*).

Ordovic thượng - Silur

1. Hệ tầng Tấn Mài (O_3-S*tm*)

Hệ tầng do A. Jamoida, A.E. Dojikov và nnk thành lập năm 1965, xác định tuổi Cambri thượng - Ordovic; năm 1977 Trần Văn Trị và nnk xác định tuổi Ordovic thượng - Silur.

Hệ tầng này phân bố thành một dải nhỏ hẹp trên đảo Cái Chiên, đảo Vĩnh Thực và đáy biển phía xung quanh hai đảo này. Thành phần gồm các trầm tích lục nguyên biến chất yếu, phần dưới hạt lớn, phần trên hạt nhỏ bị biến chất không đều theo đường phương, đá bị vò nhàu, uốn nếp và bị ép láng bóng.

Hệ tầng được chia làm hai phần, phần dưới mặt cắt có thể chia thành 5 tập từ dưới lên:

Tập 1: cát kết, bột kết, đá phiến sericit xen các lớp cát kết tuf, đá phiến sét silic và sạn kết màu xám, xám đen.

Tập 2: cát kết tuf xen lớp mỏng sạn kết, đá phiến sét sericit màu xám vàng.

Tập 3: bột kết, cát bột kết xen đá phiến sét sericit, đá phiến thạch anh sericit.

Tập 4: đá phiến sét sericit, đá phiến thạch anh sericit.

Tập 5: cát kết dạng quarzit, xen đá phiến sét sericit.

Mặt cắt tại đảo Vĩnh Thực - Cái Chiên thuộc phần này nhưng không đầy đủ 5 tập mà chủ yếu đá phiến thạch anh sericit. Chiều dày ≈ 200 m.

2. Hệ tầng Cô Tô (O_3-S*ct*)

A. Jamoida, Phạm Văn Quang và nnk, 1965 (Neogen), Trần Văn Trị và nnk, 1972 (Ordovic thượng - Silur hạ). Phân bố ở quần đảo Cô Tô - Thanh Lân - Lò Chúc San và một khu vực rộng lớn dưới đáy biển phía Đông Nam quần đảo Cô Tô. Dưới đáy biển bị phủ một lớp trầm tích Đệ tứ dày 5 - 60 m.

Mặt cắt ở đảo Cô Tô - Thanh Lân được chia làm hai phần:

Phần dưới quan sát được ở đảo Cô Tô gồm cát kết tuf hạt lớn, phân lớp dày, xen thấu kính sạn kết và lớp mỏng sét, bột kết có cấu tạo sọc dải, có tính phân nhịp rõ. Trong lớp bột kết tìm thấy hoá thạch bút đá. Dày ≈ 100 m.

Phần trên phân bố một phần ở Cô Tô và phần lớn ở đảo Thanh Lân gồm bột kết, sét kết phân lớp và xen kẽ rất nhịp nhàng với đá phiến silic và cát kết tuf. Ở đảo Thanh Lân trên đường mòn phía Đông Nam đảo đã tìm thấy hoá thạch bút đá. Dày ≈ 700 m.

Về tuổi của hệ tầng dựa vào các hoá thạch bút đá Graptolit về tổng quan cấu trúc và thành phần thạch học xếp tuổi Ordovic muộn Silur sớm là hợp lý.

Devon hạ

3. Loạt Sông Cầu (D_1*sc*)

Trong phạm vi vùng nghiên cứu trầm tích của Loạt Sông Cầu phân bố ở các đảo Thượng Mai, Ba Mùn, Phượng Hoàng, Sậu Nam, Thoi Xanh, một phần đảo Trà Bảo và dưới đáy biển ở khu vực này.

Mặt cắt được chia làm hai phần:

- Phần dưới là cuội kết hỗn tạp, cát kết xen bột kết màu tím, nâu vàng.

- Phần trên là bột kết xen cát bột kết, sạn kết thạch anh silic, cát kết thạch anh, cát kết dạng quarzit và trên cùng là đá phiến sét vôi màu xám đen được quan sát khá đầy đủ ở đảo Trà Bản.

Tổng chiều dày là 1200 - 1300 m.

Quan hệ phủ không chỉnh hợp lên hệ tầng Cô Tô qua tập cuội kết cơ sở. Dựa vào các hoá thạch thu thập ở những vùng lân cận, tuổi của hệ tầng được xếp vào Devon hạ.

Devon hạ - trung

4. Hệ tầng Dưỡng Động ($D_{1-2}dđ$)

Phân bố thành một dải kéo dài theo hướng Tây Bắc - Đông Nam ở các đảo Trà Bản, Thừa Bóng, Châu Dấp, Lũ Con và ở dưới đáy biển xung quanh khu vực các đảo này.

Mặt cắt quan sát thấy ở đảo Châu Dấp như sau:

- Tập 1: cát kết dạng quarzit

- Tập 2: cát kết xen bột kết màu xám

- Tập 3: cát kết thạch anh phân lớp dày

- Tập 4: bột kết màu xám

Chiều dày tổng cộng ≈ 100 -1300 m.

Tuổi dựa vào hoá thạch tay cuộn do E.P. Izokh phát hiện và hoá thạch *Atrypa* sp. do Trần Văn Trị phát hiện (1977), được xếp vào Devon.

Devon Trung

5. Hệ tầng Đồ Sơn ($D_2đs$)

Phân bố tập trung ở bán đảo Đồ Sơn và đáy biển quanh khu vực này.

Thành phần gồm: phần dưới cát kết dạng quarzit màu nâu đỏ phân lớp dày, nhiều chỗ có phân lớp xiên chéo, bột kết có thấu kính phiến sét. Phần giữa cát kết xám sáng xen bột kết màu nâu đỏ chứa hoá thạch cá cùng thực vật cây vảy tuổi Givet - Frasni. Phần trên là bột kết màu nâu đỏ xen cát kết và thấu kính đá phiến sét. Tổng chiều dày ≈ 650 m.

Việc định tuổi cho hệ tầng này còn nhiều tranh cãi, nhiều ý kiến vẫn nghiêng về tuổi Devon sớm. Song hiện nay tạm xếp vào Devon trung.

6. Hệ tầng Bản Páp (D_2bp)

Phân bố rất hạn chế ở đảo Bàn Sen, Đông Nam Cái Bầu và đáy biển khu vực này thuộc vùng biển Quảng Ninh.

Mặt cắt từ dưới lên như sau:

- Phần dưới đá vôi phân lớp mỏng màu xám tái kết tinh

- Phần giữa đá vôi phân lớp trung bình màu xám tái kết tinh có chứa san hô

- Phần trên đá vôi phân lớp trung bình đến dày màu xám nhạt, tái kết tinh yếu.

Tổng chiều dày ≈ 650 m.

Tuổi của hệ tầng được các tác giả bản đồ địa chất tỷ lệ 1/200.000 xếp vào Devon trung.

Carbon hạ

7. Hệ tầng Cát Bà (C_1cb)

Phân bố chủ yếu ở trên đảo Cát Bà. Mặt cắt gồm:

Phần dưới đá vôi màu xám đen phân lớp dày, đá vôi có chứa silic kẹp lớp mỏng đá phiến cháy, đá vôi xám trắng, đá vôi trứng cá chứa nhiều hoá đá.

Phần trên đá vôi xám sẫm phân lớp dày đến dạng khối chứa nhiều hoá đá. Chiều dày 450 m.

Quan hệ dưới không chỉnh hợp với hệ tầng Bản Páp và hệ tầng Phố Hàn. Dựa vào hoá thạch xếp vào tuổi Carbon hạ.

Carbon - Pecmi

8. Hệ tầng Bắc Sơn (C-P*bs*)

Phân bố tập trung chủ yếu ở dưới đáy biển và các đảo thuộc vịnh Hạ Long, Bái Tử Long và Đông Nam Cát Bà. Mặt cắt gồm 2 phần:

- Phần dưới đá vôi xám sáng, đá vôi trứng cá phân lớp dày đến dạng khối chứa nhiều hoá đá.

- Phần trên đá vôi xám sáng phân lớp dày đến dạng khối xen lớp mỏng đá vôi silic, silic vôi chứa hoá đá.

Dày 750 m. Dựa vào các hoá đá trùng lỗ xếp tuổi Carbon - Pecmi

Pecmi

9. Hệ tầng Bãi Cháy (P_2bc)

Phân bố tập trung thành một dải ở ven biển và biển ven bờ từ Cẩm Phả đến Bãi Cháy. Mặt cắt gồm hai phần:

- Phần dưới dăm kết silic xám đen, rắn dòn xen lớp mỏng cát bột kết.

- Phần trên silic xám đen xen các lớp mỏng đá vôi silic có chứa nhiều hoá thạch.

Chiều dày ≈ 250 - 300 m. Dựa vào các hoá đá xếp tuổi Pecmi muộn.

GIỚI MESOZOI

Trias

Trias thượng, bậc Nori - Ret

10. Hệ tầng Hòn Gai (T_3 n-r*hg*)

Pavlov, Dovjikov A. E, 1965 . Phân bố tập trung ở khu vực Hòn Gai - Cẩm Phả. Dưới đáy biển khu vực này chỉ chiếm một diện tích hạn chế ở ven bờ đảo Cái Bầu. Hệ tầng Hòn Gai là hệ tầng chứa than có trữ lượng lớn nhất nước, than antracit chất lượng tốt. Dựa theo độ chứa than phân ra 2 phân hệ tầng:

- Phân hệ tầng dưới gồm cuội kết, sạn kết thạch anh, đá phiến sét, sét than và các vỉa than đạt hàm lượng công nghiệp có chứa nhiều hoá thạch thực vật. Dày 1500 -1700 m.

- Phân hệ tầng trên gồm chủ yếu là các trầm tích hạt thô cuội kết, sạn kết thạch anh màu xám sáng xen bột kết màu xám đen có chứa những ổ sét than nhỏ không đạt hàm lượng công nghiệp. Dày 600 - 700 m.

Tổng chiều dày 2100 - 3400 m.

Dựa vào tập hợp phong phú các hoá thạch thực vật có tuổi Ret, Nori - Ret nên xếp hệ tầng vào tuổi này.

Jura hạ - trung

11. Hệ tầng Hà Cối (J_{1-2}*hc*)

Phân bố tập trung ở vịnh Hà Cối thuộc vùng biển Quảng Ninh, dưới đáy vịnh và các đảo nhỏ trong vùng. Đặc trưng là các trầm tích lục địa màu đỏ, thường thay đổi nhanh về thành phần độ hạt, thế nằm thoải. Được chia làm 2 phân hệ tầng:

- Phân hệ tầng dưới: cuội kết thạch anh, cát kết thạch anh xen cát kết dạng quarzit màu sáng, bột kết nâu, tím chứa vật chất than, phần trên cát kết dạng quarzit có chứa vôi màu xám nâu nhạt xen bột kết nâu tím. Dày ≈ 400 m.

- Phân hệ tầng trên: bột kết nâu tím, nâu đỏ đôi khi loang lổ phân lớp xiên, cát kết dạng quarzit nâu nhạt, xám sáng chứa kết hạch vôi. Dày ≈ 800 m.

Tổng chiều dày ≈ 1200 m. Hệ tầng Hà Cối phủ không chỉnh hợp lên nhiều hệ tầng cổ hơn. Dựa vào tập hợp hoá thạch thực vật xếp tuổi Jura hạ - trung.

GIỚI KAINOZOI

Giới Kainozoi ở khu vực nghiên cứu gồm:

Hệ Paleogen - Hệ Neogen

Các thành tạo Paleogen - Neogen trong vùng nghiên cứu ở phần lục địa không lộ ra trên mặt. Tuy nhiên chúng đã được phát hiện qua các lỗ khoan sâu ở Thái Bình, Hải Hưng, Hải Phòng và ngoài khơi thuộc vịnh Bắc Bộ (khoan sâu dầu khí ở bể sông Hồng và qua các băng địa chấn sâu). Diện lộ duy nhất bắt gặp ở quần đảo Bạch Long Vĩ với tên hệ tầng là Bạch Long Vĩ (N*bv*).

Hệ Paleogen

Thống Eocen

12. Hệ tầng Phù Tiên (P2 pt).

Hệ tầng Phù Tiên được Lê Văn Cự và nnk xác lập (năm 1985) dựa trên cơ sở các tài liệu thu thập ở lỗ khoan LK104 xã Đình Cao, Phù Tiên, Hải Hưng. Các thành tạo này phân bố theo dạng tuyến kẹp giữa đứt gãy Sông Lô và đứt gãy Sông Chảy, kéo dài ra biển, đặc trưng bởi các trầm tích lục địa. Dựa vào đặc điểm thạch học qua các lỗ khoan có thể phân ra hai phần:

Phần thấp của hệ tầng bao gồm: sét kết màu đen, bột kết màu xám đen, tướng hồ giữa núi, xen thấu kính nhỏ cuội kết, sỏi kết. Sét kết bị ép nén mạnh tạo đá argilit rắn chắc và bị biến đổi bởi các mạch thạch anh nhiệt dịch xuyên cắt. Phần trên của hệ tầng gồm cuội kết, sỏi kết, cát kết đa khoáng. Đá có màu tím, tím đỏ. Cuội sỏi đa khoáng: thạch anh, calcit, ryolit, quarzit, đá phiến, cát kết, bột kết và sét kết ... Kích thước hạt không đều (từ vài cm đến 10 cm), độ mài tròn tốt, chọn lọc kém. Cát kết từ hạt thô đến mịn, cát kết đa khoáng, cát kết arcoz và cát kết grauvac. Nhìn chung đá của hệ tầng gắn kết tốt.

Về quan hệ địa tầng: theo tài liệu lỗ khoan vùng trũng Hà Nội, hệ tầng Phù Tiên phủ không chỉnh hợp lên các thành tạo ryolit Tam Đảo tuổi Trias giữa và trên đá vôi Cacbon - Pecmi. Quan hệ trên: chúng bị hệ tầng Đình Cao ($P_3 đc$) phủ không chỉnh hợp lên trên.

Tuổi của hệ tầng: dựa vào tập hợp bào tử phấn hoa: *Verrucatos porites sp., Leotriletes sp., Striatricolpollenites sp., Subtriporopollenites sp.*, và quan hệ cấu trúc chúng được xếp vào Eocen không phân chia. Chiều dày 413 - 600 m.

Thống Oligocen

13. Hệ tầng Đình Cao (P3 đc)

Hệ tầng Đình Cao được Lê Văn Cự và nnk xác lập năm 1985, trên cơ sở tài liệu thu thập được ở lỗ khoan LK 104 xã Đình Cao - Phù Tiên - Hải Hưng, và lỗ khoan LK81 tại huyện Thái Thụy - Thái Bình. Khối lượng gần tương đương với "điệp Đình Cao" do Phạm Hồng Quế mô tả trước đó. Trong lục địa chúng phân bố trùng với diện phân bố của hệ tầng Phù Tiên và kéo dài ra biển.

Thành phần thạch học bao gồm: sét kết, bột kết màu tím phớt nâu, đôi chỗ xen các lớp mỏng cuội kết đa khoáng ở phần thấp. Ở phần cao chủ yếu là cát kết đa khoáng hạt trung đến thô, gặp ít dạng cát kết arcoz, cát kết dạng grauvac. Hạt vụn có độ mài tròn chọn lọc kém, xi măng gắn kết chủ yếu là sét và calit. Cuội kết có độ mài tròn tốt, độ chọn lọc kém, thành phần đa khoáng. Sét chủ yếu là xericit, nhiều oxyt sắt. Đá phân lớp dày và bị nén ép mạnh, gắn kết tốt.

Quan hệ địa tầng: theo tài liệu 2 lỗ khoan ở vùng trũng Hà nội và tài liệu dầu khí ở bể sông Hồng, hệ tầng Đình Cao phủ không chỉnh hợp lên hệ tầng Phù Tiên và bị hệ tầng Phong Châu phủ không chỉnh hợp lên trên.

Tuổi của hệ tầng: dựa vào các hoá thạch bào tử phấn gần giống các tập hợp bào tử phấn trong hệ tầng Phù Tiên, chỉ khác một chút do sự vắng mặt gần như hoàn toàn của các dạng *Bombacacidites, Foramea, Duplosporites* và sự xuất hiện phong phú của *Flarschuetzia*, kết hợp một số dữ kiện khác, hệ tầng Đình Cao được định tuổi là Oligocen. Chiều dày 100 - 400 m.

Hệ Neogen

Thống Miocen - Phụ thống hạ

14. Hệ tầng Phong Châu (N11 p.ch)

Hệ tầng Phong Châu do Polusstovic. B và Nguyễn Ngọc Cừ xác lập năm 1972, theo tài liệu thu được ở lỗ khoan LK100 xã Phong Châu - Đông Hưng - Thái Bình.

Trong vùng nghiên cứu các đá của hệ tầng Phong Châu phân bố khá phổ biến, chiếm hầu hết diện tích, thể hiện qua các lỗ khoan ven biển Thái Bình, Nam Hà, Hải Phòng và lỗ khoan 103-TG-1X..., của dầu khí (bể sông Hồng). Thành phần thạch học bao gồm: cát kết hạt mịn đến trung, màu trắng, trắng xám, sét bột kết màu xám đen, chứa nhiều ổ và các thấu kính than nâu. Trong cát kết chứa nhiều khoáng vật đồng sinh glauconit và các kết hạch siderit, đặc trưng cho môi trường trầm tích, tướng vũng vịnh, ven bờ. Đôi chỗ xen cát kết hạt thô, sạn kết, cuội kết có thành phần đơn khoáng. Cát kết chủ yếu là đa khoáng, thành phần hạt vụn gồm: thạch anh, calcit, mảnh đá magma, độ mài tròn chọn lọc từ trung bình đến tốt. Các lớp sét kết, bột kết phân lớp dày dạng khối, chứa nhiều ổ, thấu kính, vỉa than màu đen, thành phần khoáng vật chủ yếu là hydromica, kaolinit, xen các tập cacbonat rất mỏng tạo vân của đá. Đặc trưng của hệ tầng Phong Châu là sự xen kẽ giữa các lớp cát kết có chứa ổ pyrit và glauconit màu xanh lục với các lớp cát kết hạt mịn, cát lớp bột kết tạo thành những dải sọc.

Quan hệ địa tầng: Hệ tầng Phong Châu phủ không chỉnh hợp lên hệ tầng Đình Cao, và bị hệ tầng Phủ Cừ phủ không chỉnh hợp lên trên.

Tuổi của hệ tầng: Trong các lớp bột kết màu đen đã phát hiện được nhiều di tích thực vật, thuộc phức hệ đầu tiên trong lịch sử phát triển thực vật Neogen như: *Quecus labbii, Q.neriifolia, Q.Lamellosa, Ficus beauveriei,...* cùng hoá thạch động vật họ: *Viviparus, Unionidae...* bào tử phấn hoa *Betulaceae*, họ *Fagaceae* với *Quercus,...* Căn cứ vào các hoá thạch động thực vật, bào tử phấn hoa, vị trí địa tầng trong các mặt cắt, tuổi của hệ tầng Phong Châu được xếp vào Miocen sớm.

Chiều dày: 700 - 1000 m

Thống Miocen - phụ thống trung

15. Hệ tầng Phủ Cừ (N_1^2 pc)

Hệ tầng Phủ Cừ do Golovenoc. V.K và Lê Văn Chân xác lập năm 1970, dựa trên cơ sở tài liệu lỗ khoan LK2 thị trấn Phủ Cừ - Hải Hưng. Các đá của hệ tầng gặp hầu hết trong các lỗ khoan sâu ven biển và trong các lỗ khoan dầu khí ở bể sông Hồng. Đặc trưng bởi các trầm tích có độ hạt mịn hơn so với hệ tầng Phong Châu. Thành phần chủ yếu là cát kết hạt mịn - trung màu xám sáng, xen bột kết, tạo thành các lớp mỏng, sét bột kết màu xám đen cấu tạo khối, chứa nhiều hoá thạch thực vật. Trong trầm tích của hệ tầng Phủ Cừ có chứa nhiều vỉa than nâu và

có biểu hiện dầu khí. Dựa vào thành phần thạch học, hoá thạch động thực vật, Vũ Nhật Thắng và nnk (1995) đã chia các thành tạo của hệ tầng Phủ Cừ thành 3 phụ hệ tầng.

Phụ hệ tầng dưới: bao gồm cát hạt trung màu xám sáng, cát kết thạch anh, thạch anh felspat, phân lớp mỏng song song, lượn sóng. Độ mài tròn, chọn lọc trung bình đến tốt. Trong cát gặp khoáng vật đồng sinh glauconit màu xanh lục. Các lớp bột kết, sét kết phân lớp dày, chứa than và có biểu hiện của dầu.

Phụ hệ tầng giữa: bao gồm bột kết, sét kết màu xám đen, xám nhạt phân lớp dày, xen các lớp mỏng cát kết thạch anh màu xám, xám trắng gắn kết tốt. Trong phụ hệ tầng có biểu hiện rất khả quan về tiềm năng khí đốt của vùng.

Phụ hệ tầng trên: thành phần đặc trưng là cát kết hạt trung bình màu trắng xám, gắn kết từ trung bình đến tốt, xen các lớp bột kết, sét kết màu xám, xám đen, có tính phân nhịp rõ ràng. Thành hệ trầm tích thuộc loại đa khoáng điển hình: grauvac, grauvac litoit.

Quan hệ địa tầng: Hệ tầng Phủ Cừ phủ bất chỉnh hợp lên hệ tầng Phong Châu ở dưới, và chuyển tiếp từ từ lên hệ tầng Tiên Hưng ở phần trên.

Tuổi của hệ tầng: dựa vào sự phong phú của các hoá thạch thực vật, thực vật 2 lá, hoặc các vết in lá của thực vật ngập mặn, tập hợp hoá thạch trùng lỗ, các loại hoá thạch chân mềm đặc trưng cho vùng nước lợ, bào tử phấn hoa, đặc biệt là hoá thạch chỉ đạo *Ammonia tochisiensis*, tuổi của hệ tầng Phủ Cừ được xác định là Miocen giữa (N_1^2pc). Chiều dày ~ 750 m.

Thống Miocen - phụ thống thượng

16. Hệ tầng Tiên Hưng (N_1^3 th)

Hệ tầng Tiên Hưng do Golovenoc V.K và Lê Văn Chân thành lập năm 1970, trên cơ sở tài liệu thu thập ở lỗ khoan LK4 thị trấn Tiên Hưng - Thái Bình. Trong vùng nghiên cứu các thành tạo của hệ tầng này phân bố khá rộng rãi, dọc vùng ven biển (qua các lỗ khoan ven bờ) phát triển ra vùng ngập nước (qua các băng địa chấn sâu và lỗ khoan dầu khí). Thành phần thạch học bao gồm: sạt kết, cát kết, bột kết, sét kết, sét than và than nâu. Cát kết hạt thô đến mịn chiếm phần lớn trong trầm tích. Thành phần hạt vụn chủ yếu là thạch anh, ít felspat, đá phiến gneis, xi măng gắn kết là hỗn hợp calcit, oxyt sắt, sét. Khoáng vật phụ điển hình là granat, ngoài ra còn có zircon, tuamalin, epidot, inmenit, rutin. Nhìn chung đá gắn kết yếu.

Dựa trên kết quả nghiên cứu bào tử phấn hoa của Trịnh Dánh, Trần Đình Nhân (1969), Vũ Nhật Thắng và nnk chia hệ tầng này thành 3 phụ hệ tầng :

Phụ hệ tầng dưới: bột kết, sét kết màu xám, xám đen, cát kết hạt mịn đến thô, lẫn thấu kính sỏi, sạn, chứa nhiều vỉa than nâu, than lửa dài có giá trị công nghiệp. Đá phân lớp dày, tạo nhịp song song, lượn sóng. Trong trầm tích chứa nhiều khí đốt (hiện đang được khai thác).

Phụ hệ tầng giữa: cát kết hạt trung - thô màu xám trắng, bột kết, sét kết màu xám nâu, xám tro chứa than nâu. Đá có cấu tạo phân lớp dày xen các lớp cát mỏng cát bột kết phân lớp dạng sóng.

Phụ hệ tầng trên: cát kết hạt mịn - trung, lẫn sỏi, sạn, bột cát kết màu xám đen, cấu tạo phân lớp dày, chứa than nâu có giá trị công nghiệp.

Quan hệ địa tầng: theo tài liệu của Viện dầu khí, hệ tầng Tiên Hưng phủ chỉnh hợp lên hệ tầng Phủ Cừ và bị hệ tầng Vĩnh Bảo phủ không chỉnh hợp lên trên.

Tuổi của hệ tầng: trầm tích của hệ tầng Tiên Hưng chứa phong phú các hoá thạch động thực vật, bào tử phấn hoa: *Quercusnerrifolia.A.Br, Ficus, Anna, Litsea*... Dựa vào các tập hợp hoá thạch này kết hợp với vị trí của hệ tầng, hệ tầng Tiên Hưng được xếp vào Miocen thượng. Chiều dày 0 - 1000 m.

Thống Pliocen

17. Hệ tầng Vĩnh Bảo (N_2 vb)

Hệ tầng Vĩnh Bảo được Golovenoc xác lập năm 1965, trên cơ sở tài liệu lỗ khoan LK 3-36 tại thị trấn Vĩnh Bảo đến Hải Phòng. Trầm tích của hệ tầng này bắt gặp hầu hết trong các lỗ khoan sâu ven biển, chúng phát triển ra ngoài khơi với chiều dày trầm tích tăng dần đến bể sông Hồng (theo tài liệu dầu khí). Thành phần thạch học chủ yếu bao gồm: cát kết hạt nhỏ - thô xen các lớp bột kết, sét kết và cát sạn kết. Đá có cấu tạo phân nhịp không rõ ràng, mỗi nhịp bắt đầu từ sạn kết chuyển lên cát kết - bột kết, xen sét bột kết.

Thành phần của sét kết: sét xericit, clorit, muscovit, biotit, thạch anh, plagioclaz..., cát kết ít khoáng, với thành phần chủ yếu là thạch anh, ít plagioclaz, microlin, biotit - muscovit...

Nhìn chung đá của hệ tầng Vĩnh Bảo gắn kết yếu. Nhiều nơi sét bị phong hoá mạnh, có màu sắc loang lổ, khá mịn, dẻo. Bề mặt của chúng có lớp mặt phong

hoá laterit khá rắn chắc màu xám nâu, xám nâu vàng, thành phần gồm sạn, sỏi laterit, lẫn dăm sạn thạch anh silic sắc cạnh.

Quan hệ địa tầng: hệ tầng Vĩnh Bảo phủ bất chỉnh hợp lên hệ tầng Tiên Hưng ở dưới và bị hệ tầng Lệ Chi (Q_I lc) phủ bất chỉnh hợp lên trên.

Tuổi của hệ tầng: dựa vào tập hợp hoá thạch foraminifera ở LK37-NĐ Nguyễn Ngọc cho tuổi Pilocen. Ngoài ra ở các lỗ khoan khác (LK 34-NĐ,...) với các dạng *amonia sp., Globorotalia sp., Asterorotalia sp., pseudorotalia sp.,... và polipodium sp., Cyathea sp., Carya sp., taxodium sp.,...* Vũ Nhật Thắng và nnk xếp tuổi Pliocen. Chiều dày: 200 - 500 m.

18. Hệ tầng Bạch Long Vĩ (N*bv*)

Theo Trần Văn Trị và nnk, 1977. hệ tầng Bạch Long Vĩ phân bố hạn chế trên khu vực đảo Bạch Long Vĩ với diện tích vài km. Thành phần mặt cắt quan sát trên đảo cùng tên như sau:

- Phần dưới bột kết, sét kết xen kẽ chuyển lên là cát kết chứa vết in lá và bào tử phấn hoa. Dày 45 m.

- Phần trên bột kết, sét kết, cát kết hạt mịn có kết hạch siderit, cát kết arkos xen bột sét kết phân lớp xiên, sét kết phân lớp mỏng xen cát kết hạt vừa đến thô, trên cùng là sét kết màu xám xen bột kết và silic hữu cơ. Trong các tập này đều chứa phong phú di tích thực vật. Các hoá thạch thực vật và bào tử phấn đều cho tuổi Miocen muộn - Pliocen.

II. ĐỊA TẦNG ĐỆ TỨ:

Địa tầng Đệ tứ khu vực nghiên cứu gồm:

Thống Pleistocen

Pleistocen hạ (Q_I)

1. Trầm tích sông (aQ_I):

+ Trầm tích Pleistocen sớm (các văn liệu trước xếp vào phần dưới của hệ tầng Lệ Chi $aQ_I lc$) thường gặp trong các lỗ khoan, ở độ sâu khác nhau.

Mặt cắt tiêu biểu của trầm tích này có thể dẫn ra ở LK6HN (Gia Lâm - Hà Nội). Tại đây, trầm tích sông nằm ở độ sâu từ 55,5 đến 80 m, dày 24,5 m và được phân ra làm 3 tập:

- Tập 1 (80 - 60 m): cuội sỏi lẫn ít cát, bột sét màu xám nâu.

- Tập 2 (60 - 57 m): cát, bột vàng xám.

- Tập 3 (57 - 55 m): bột, cát, sét màu xám, xám đen lẫn mùn thực vật có chứa bào tử phấn hoa: *Lycopodium, Pteris, Pinus, Cedrus, Castanae, Ulmus, Tilia, Osmunda, Larix, Canabis...* và tảo nước ngọt *(Centrophyceae)* có tuổi Pleistocen sớm.

Về quan hệ địa tầng, trầm tích, nó nằm phủ bất chỉnh hợp trên tầng trầm tích biển của hệ tầng Vĩnh Bảo, tuổi Pliocen (N_2vb) và bị trầm tích hạt thô, nguồn gốc sông - lũ tuổi Pleistocen giữa - muộn, phần dưới *trước xếp vào phần dưới của hệ tầng Hà Nội* (apQ_{II-III}^1hn) phủ lên.

Ven biển Hải Phòng, Nam Định, Thái Bình trầm tích sông tuổi Pleistocen sớm (aQ_I) gặp ở độ sâu 175 - 199 m thuộc lỗ khoan LK1HP, dày 24 m nằm phủ bất chỉnh hợp trên các đá Neogen và cổ hơn. Thành phần của trầm tích hỗn hợp sông - biển tuổi Pleistocen sớm (amQ_I) tại LK1HP là chuyển tướng trầm tích.

2. Trầm tích hỗn hợp sông - biển (amQI):

Trước đây trầm tích amQ_I được xếp vào phần trên của hệ tầng Lệ Chi (amQ_I *lc*). Mặt cắt tiêu biểu của trầm tích này có thể dẫn ra tại LK2 HP ở độ sâu từ 116,5 đến 129 m dày 12,5 m, gồm bột, sét, cát màu xám (bột: 62%, sét: 16%, cát: 22%) trong chúng chứa phổ phấn: *Gleichenia, Taxodium, Cyathea, Sphagnum, Ilex, Quercus, Salix, Castanae,* và vi cổ sinh *Ammonia, Nonion, Bolivina, Cibicides, Quinqueloculina, Gastropoda, Ostracoda,* đặc trưng cho môi trường cửa sông tuổi Pleistocen sớm (amQ_I).

Trầm tích amQ_I ở đồng bằng Bắc Bộ bị trầm tích sông có tuổi Pleistocen giữa - muộn, phần sớm (aQ_{II-III}^1) phủ bất chỉnh hợp lên trên.

Pleistocen trung - thượng, phần dưới (Q_{II-III}^1)

3. Trầm tích hỗn hợp sông biển (amQ_{II-III}^1).

+ Trầm tích amQ_{II-III}^1 gặp trong các lỗ khoan, phân bố ở độ sâu từ 19 - 107 m với chiều dày thay đổi 2,1 - 38,3 m, diện phân bố bắt đầu từ Đông Anh kéo xuống Hải Dương - Ninh Giang - Đông Hưng - Tiền Hải (Thái Bình), Nam Ninh - Hải Hậu (Nam Định) và mở rộng ra phía biển.

Mặt cắt đặc trưng cho trầm tích này được mô tả tại lỗ khoan LK6TB (Đông Hưng, Thái Bình). Trầm tích amQ_{II-III}^{1} ở đây nằm ở độ sâu từ 41 đến 62 m với chiều dày 21 m gồm 2 tập từ dưới lên như sau:

- Tập 1 (62 - 45 m): cát hạt nhỏ và vừa lẫn ít bột sét màu xám, xám nâu. Dày 17 m. Trong đó cát sạn chiếm: 73 - 88,5 m, bột: 12,8 - 23,5%; sét: 0,9 - 1,8%. Thành phần khoáng vật cát gồm thạch anh: 85 - 95%, mảnh vụn đá: 5 - 13%, tảo mặn, lợ, ngọt gồm: *Thalassiosira, Coscinodiscus, Hantzschia, Navicula...* và bào tử phấn hoa*: Cyathea, Cycas, Sequoia, Taxus, Pinus...*

- Tập 2 (45 - 41 m): sét bột màu xám nâu, nâu gụ, xám lẫn ít lớp cát hạt mịn, mỏng. Dày 4 m. Thành phần sét chiếm: 46 - 51,3%, bột: 43,35 - 52,45%, cát: 1,55-4%. Trong tập chứa di tích bào tử phấn hoa: *Taxodium, Sequoia...*

Các di tích hoá thạch trên thuộc môi trường cửa sông ven biển, ứng với thời kỳ khí hậu khô nóng tuổi Pleistocen muộn, phần sớm (amQ_{II-III}^{1}).

Về quan hệ, trầm tích amQ_{II-III}^{1} nằm chuyển tướng trên trầm tích aQ_{II-III}^{1} và bị trầm tích aQ_{III}^{2} phủ lên trên.

Pleistocen thượng, phần trên (Q_{III}^{2})

4. Trầm tích sông (aQ_{III}^{2})

Tại mặt cắt LK4TB (Vũ Thư, Thái Bình), trầm tích (aQ_{III}^{2}) gặp ở độ sâu 67,5 - 56m. Thành phần trầm tích là cát lẫn sạn sỏi, cuội nhỏ, màu xám sáng, xuống sâu hàm lượng cuội sỏi tăng. Dày 12,5 m. Ở độ sâu 61,5 - 56,5 m có chứa bào tử phấn hoa: *Polypodium, Cyathea, Taxodium, Pinus, Laris, Podocarpus, Sequoia*, môi trường sông, tuổi Pleistocen muộn.

Về quan hệ dưới trầm tích sông phủ không chỉnh hợp trên trầm tích tuổi Q_{II-III}^{1}, còn phía trên chúng bị các trầm tích tuổi Holocen phủ lên.

Ven biển huyện Móng Cái (Quảng Ninh), trầm tích aQ_{III}^{2} gồm cuội sỏi thạch anh, kaolin màu trắng, trắng xám, kích thước cuội 3 - 7 cm, được mài tròn tốt. Có lẽ đây là sản phẩm được tái trầm tích trong điều kiện cửa sông ven biển của các trầm tích nguồn gốc sông - lũ (ap Q_{II-III}^{1}) phân bố ở các thềm cao 20 - 25 m nằm ở phía trên.

5. Trầm tích sông - biển (am Q_{III}^{2}).

Mặt cắt điển hình gặp ở LK34NĐ (Nam Ninh - Nam Định) ở độ sâu 53 - 42,6 m, trầm tích có thành phần hạt mịn gồm sét, sét bột màu xám tro, xám ghi đôi

chỗ xám vàng, vàng nhạt, bề mặt sét bị phong hoá loang lổ. Dày 10,4 m. Trong trầm tích chứa: *Cyathea, Pteris, Acrostichum, Acanthus, Sonneratia, Cycas, Graminae,* có tuổi Q_{III} thuộc môi trường cửa sông ven biển.

6. Trầm tích biển (mQ_{III}^2)

Trầm tích biển tuổi Pleistocen muộn, phần muộn phân bố ở vùng ven biển thuộc diện tích vùng Thái Bình - Nam Định. Trầm tích mQ_{III}^2 không lộ trên mặt, chỉ gặp chúng trong các lỗ khoan thuộc diện tích các huyện Nghĩa Hưng (Nam Định), Kim Sơn, Yên Khánh (Ninh Bình) và ven biển Tiền Hải, Thái Thụy (Thái Bình) ở độ sâu 18 - 59 m, bề dày thay đổi từ 5,5 đến 30 m.

Mặt cắt tại LK37NĐ (Kim Sơn, Ninh Bình), độ sâu 48 - 18 m, thành phần trầm tích chủ yếu là sét, sét bột màu xám xanh, xanh xi măng, xám tro nhạt, thỉnh thoảng có lẫn di tích thực vật màu đen, bề mặt bị phong hoá có màu sắc loang lổ và lẫn ít kết vón oxyt sắt khá rắn chắc. Dày 30 m, ở độ sâu 28,5 m có di tích tảo *Chara, Ammonia, Asanonella, Ostracoda.* Đặc biệt ở độ sâu 36,5 m gặp một tập hợp vi cổ sinh: phong phú về giống loài gồm: *Pseudoeponides, Alabemina, Elphidiella, Bolivina, Ammonia, Nonion, Discobis, Gyroidina...*, khẳng định nguồn gốc biển của trầm tích Q_{III}^2 ở đồng bằng Bắc Bộ. Bề mặt trầm tích mQ_{III}^2 thường bị phong hoá mạnh tạo màu sắc loang lổ.

Về quan hệ, trầm tích biển chuyển tướng trên trầm tích sông - biển (amQ_{III}^2).

Thống Holocen

Holocen hạ - trung (Q_{IV}^{1-2})

7. Trầm tích hỗn hợp sông - biển (amQ_{IV}^{1-2})

Trầm tích (amQ_{IV}^{1-2}) không lộ ra trên mặt chỉ gặp trong các lỗ khoan ở Nam Định, Ninh Bình ở độ sâu từ 18 đến 36,6 m với chiều dày thay đổi 3 - 9,6 m. Mặt cắt điển hình của trầm tích được mô tả tại lỗ khoan LK34NĐ (Nam Định) ở độ sâu từ 21,7 đến 30,8 m, dày 9,1 m gồm sét bột màu xám nâu nhạt, xám xen kẹp lớp cát hạt mịn, cấu tạo phân lớp xiên chéo.

Thành phần (%) cấp hạt: sét: 44,3 - 61,4%; bột: 38,3 - 85%; cát hạt mịn: 0,3 - 1,5%.

Thành phần khoáng vật sét gồm kaolinit, hydromica. Trong trầm tích có các dạng bào tử phấn hoa: *Polypodium, Cyathea, Pteris, Taxodium, Hibiscus, Atripex,* và vi cổ sinh: *Amnonia, Quinqueloculina, Ostracoda,* và một số dạng tảo mặn, lợ như: *Coscinodicus, Thalasiosira, Diploneis, Hantzschia, Cyclotella...*

Trên cơ sở cổ sinh, các thông số độ hạt và hoá lý môi trường nêu trên, trầm tích ở đây thuộc tướng cửa sông ven biển, tuổi Holocen sớm - giữa (amQ_{IV}^{1-2}).

Về quan hệ, trầm tích này nằm trên bề mặt loang lổ của trầm tích Q_{III}^{2} và bị chuyển tiếp lên trầm tích biển cùng tuổi (mQ_{IV}^{1-2}).

8. Trầm tích biển - đầm lầy (mbQ_{IV}^{1-2})

Trầm tích này cũng được hình thành trước giai đoạn biển tiến cực đại vào Holocen giữa với diện phân bố rất rộng. Hầu như chúng không lộ ra trên mặt mà thường bị phủ, nên chỉ gặp chúng trong lỗ khoan và hào hố.

Trầm tích này hầu như bắt gặp chúng trong hầu hết các hào, lỗ khoan ở độ sâu từ 4 đến 48m với bề dày thay đổi 26 - 24m (LK30NĐ). Mặt cắt đặc trưng của trầm tích được mô tả tại LK30NĐ ở độ sâu 48 - 20 m, dày 24 m gồm:

- Tập 1 (48 - 54 m): gồm sét bột, bột sét lẫn cát hạt mịn màu tím thẫm, xám, xám xanh, trong đó bột chiếm: 43,4 - 64,2%, sét chiếm: 2,8 - 56,1%, cát từ 1-12,5%, xen kẹp có những lớp mỏng di tích thực vật dạng lá và thân gỗ.

- Tập 2 (45,39 - 39,5 m): cát hạt nhỏ mịn xen bột, sét màu xám, xám phớt xanh trong đó cát chiếm: 49,5 - 68,1%, bột: 31,9 - 41,15%; sét: 6 - 9,2%. Thành phần khoáng vật cát: thạch anh: 68 - 85%, mảnh đá: 3 - 25%, felspat ít, khoáng vật nặng chủ yếu là siderit chiếm: 5 - 10%. Xen trong trầm tích này là những lớp rất mỏng chứa di tích thực vật phát triển trong vùng sình lầy ven biển như: *Nyphar, Cyperus.*

- Tập 3 (39,5 - 24 m): bột sét lẫn cát hạt mịn màu xám, xám nhạt có lẫn nhiều vỏ xác động vật biển và di tích thực vật màu đen. Thành phần (%) trầm tích như sau: bột chiếm: 58,8 - 68,9%; sét: 22 - 39,2%; cát: 5,25 - 19,4%.

Trong trầm tích này có chứa di tích vi cổ sinh: *Ammonia, Nonion, Quinqueloculina, Elphidium.* Tập hợp bào tử phấn hoa: *Polypodium, Nyphar, Pteris, Osmunda.* Ở độ sâu 25 - 27,5 m gặp di tích tảo mặn lợ: *Coscinodicus, Cyclotella, Diploneis, Thalassiosiosira, Hantzschia.*

Hệ số địa hoá môi trường như sau: Kt: 1,3 - 1,75 (môi trường biển Kt >1); pH: 7 - 7,6 (môi trường biển pH >7); Fe^{2+} S/Corg: 0,4 - 0,42. Eh: 51 - 70 mv.

Tại LK4TB (Thái Bình) trầm tích mbQ_{IV}^{1-2} ở độ sâu từ 47 đến 29 m với thành phần gồm bột sét lẫn cát hạt mịn, tàn tích thực vật màu xám, xám sẫm (bột ~ 50-57%; sét ~ 17 - 22%; cát hạt mịn: 15 - 29%) chứa tảo mặn, lợ, ngọt của môi trường đầm lầy ven biển: *Actinocychus Curoatulus, Eunotia,* và các dạng bào tử ngập mặn điển hình: *Hibiscus, Acrostichum, Acanthus, Avicenia.*

Ở Tân Khánh - Vụ Bản (Nam Định) trong trầm tích này có một lớp vỏ hầu dày 0,5 - 1 m, kích thước vỏ 20 - 45 cm và ở độ sâu cách bề mặt địa hình 0,5 - 1 m lấy một mẫu vỏ hầu phân tích tuổi tuyệt đối C^{14} là 6800 ± 50 năm.

Ở vùng Hải Phòng, mặt cắt của trầm tích trên cũng tương tự như ở Đông Anh, dày 5,7-13,4 m, với đặc trưng các thông số địa hoá môi trường trầm tích như sau:

- Phần dưới: pH: 7-7,77; Kt: 1,15. Dày: 3,5-8 m.

- Phần trên: pH: 7,71 ; Kt >1. Dày 2,2-5,4 m.

9. Trầm tích biển (mQ_{IV}^{1-2})

Trầm tích mQ_{IV}^{1-2} lộ ra trên một diện rộng ở vùng Ninh Bình dưới dạng thềm bậc I, độ cao phân bố 1,5 -5 m. Trầm tích có thành phần khá đồng nhất, chủ yếu là hạt mịn (sét bột) màu xám xanh, xám vàng bề dày mỏng chỉ từ 0,4 đến 5 m. Phần đáy của trầm tích có lẫn ít mùn thực vật.

Ở vùng phủ, thuộc vùng Nam Định, Thái Bình, Hải Phòng, trầm tích gặp ở trong các lỗ khoan, nằm ở độ sâu từ 0 đến 52,5 m (LK34TB) dày 0,4 - 40,5 m. Trầm tích thường phổ biến ở mặt cắt từ dưới lên trên với độ hạt mịn dần từ môi trường biển tướng bãi triều chuyển dần lên tướng vũng vịnh, biển nông ven bờ.

Mặt cắt tiêu biểu của trầm tích này được mô tả ở LK14HP - Hải Phòng, ở độ sâu 25 - 14,8 m. Trật tự đất đá từ dưới lên trên được mô tả như sau:

- Lớp 1 (25 - 17 m): cát hạt mịn đến nhỏ lẫn vảy muscovit ít tàn tích thực vật, dày 8 m. Độ pH: 7 - 7,7; Kt: 1,15.

- Lớp 2 (17 - 14,8 m): sét, sét bột, sét bột lẫn ít cát màu xám, xám vàng lẫn ít kết vón oxyt sắt, dày 2,2 m. Độ pH: 7,71; Kt: 1,15.

Vùng Làng Đống - Vụ Bản, Hà Nam tích tụ xác sinh vật biển nông xấp xỉ 1 km^2. Kết quả C^{14} của vỏ hầu tại đây cho 6800 ± 50 năm ứng với Q_{IV}^{1-2}.

Holocen trung - thượng (Q_{IV}^{2-3})

10. Trầm tích hỗn hợp sông - biển (amQ_{IV}^{2-3})

Trầm tích amQ_{IV}^{2-3} phân bố ở vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình dưới dạng các bề mặt trũng thấp nhưng khá bằng phẳng. Đây là vùng đồng bằng ven biển được tạo nên bởi trầm tích vùng cửa sông: sông Hồng, sông Thái Bình. Thành phần trầm tích chủ yếu là bột sét lẫn ít cát hạt mịn màu xám nâu, trong đó hàm lượng sét: 50 - 60%; bột: 40 - 50%; cát hạt mịn: 2 - 10%. Các chỉ số hoá lý môi trường: Kt: >1; pH ~ 7,64; Fe^{2+} S/Corg: 0,084 - 0,099

Trong trầm tích có chứa Foraminifera: *Ammonia beccarii, Nonion, Quinqueloculina,...* di tích tảo nước ngọt, mặn: *Hantzschia, Cyclotella, Gomphonema, Navicula,...* Tập hợp bào tử phấn hoa: *Polypodium, Morus, Cyathea, Pteris, Taxus,* các di tích trên xác định trầm tích nguồn gốc sông - biển, tuổi Holocen. Bề dày trầm tích 2 -17 m.

Trầm tích này thường phủ lên trầm tích Holocen sớm - giữa (Q_{IV}^{1-2}), hoặc trầm tích biển, biển đầm lầy, Holocen giữa - muộn (m, mbQ_{IV}^{2-3}).

11. Trầm tích hỗn hợp sông - biển - đầm lầy ($ambQ_{IV}^{2-3}$)

Trầm tích này phân bố ở các vùng cửa sông Bạch Đằng, Cửa Lạch, Cửa Đáy, Cửa Ba Lạt... thành phần trầm tích phần dưới là cát sét, màu nâu xám chuyển dần lên là bột sét lẫn ít cát hạt mịn và mùn thực vật trong đó bột chiếm: 60 - 70%, sét ~ 20 - 30%; cát hạt mịn: 5 - 10%. Trong trầm tích có chứa phong phú di tích vi cổ sinh: *Ammonia, Quinqueloculina...*, tảo chỉ gặp vài dạng: *Cyelotella, Thalassiosira, Coscinodiscus* và bào tử phấn hoa: *Polypodium, Larix, Osmunda, Taxodium...* Ở sông Ruột Lợn - Hải Phòng tầng sét bột màu nâu hồng kiểu nguồn gốc này đang được khai thác làm phối liệu xi măng.

Thành phần khoáng vật sét là hydromica, kaolinnit, clorit, ít thạch anh...

12. Trầm tích biển - đầm lầy (mbQ_{IV}^{2-3})

Trầm tích mbQ_{IV}^{2-3} không lộ ra trên mặt, chỉ bắt gặp trong các lỗ khoan từ độ sâu 2 đến 20m ở các vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Bình Lục, Kim Sơn, Phát Diệm... Theo đường bờ hiện tại bề dày trầm tích này vát mỏng về hai phía Hải

Phòng và Ninh Bình, bề dày lớn nhất bắt gặp ở lỗ khoan LK4TB - Thái Bình là 13m. Thành phần trầm tích này là bột sét lẫn ít cát màu xám, xám đen lẫn tàn tích thực vật thân cỏ sú vẹt bảo tồn kém. Bột chiếm: 60 -70%; sét: 20 - 25%; cát: 3-10%, mùn thực vật: 3 - 5%. Ở vùng Hải Phòng, Ninh Bình trong trầm tích có xen các thấu kính than bùn xong quy mô trữ lượng không lớn.

Trong trầm tích chứa khá nhiều di tích tảo mặn lợ: *Cyclotella, Coscinodiscus, Achnanthes...* bào tử phấn hoa: *Polypodium, Cyathea, Gleichenia, Sequoia,...*, vi cổ sinh: *Quinqueloculina, Ammonia, Virgulina...* thuộc môi trường đầm lầy - cửa sông ven biển, tuổi Holocen muộn (Q_{IV}^3) không loại trừ phần dưới có yếu tố Holocen giữa (Q_{IV}^2). Trầm tích này thường nằm trên trầm tích Holocen sớm - giữa (Q_{IV}^{1-2}) và chuyển tiếp lên trầm tích biển, sông biển hiện đại (mbQ_{IV}^{2-3}).

13. Trầm tích biển - gió (mvQ_{IV}^{2-3})

Trầm tích biển - gió trước Holocen giữa - muộn phân bố thành những dải hẹp không liên tục với các dải cát, đụn cát ven đường bờ biển.

Diện phân bố của các thành tạo này ở vùng nghiên cứu nhỏ hẹp. Các đụn, cồn cát thường cao hơn mức triều trung bình từ 0,5 đến 2 m thành tạo những dải hẹp 5 - 20 m, dài 10 - 100 m. Gồm cát hạt mịn lẫn bột màu xám, chọn lọc tốt lẫn nhiều sa khoáng ilmenit, zircon. Các kết quả phân tích độ hạt cho thấy cát chiếm 86 - 45%; bột 5 - 14%, thành phần khoáng vật cát đa khoáng: thạch anh ~ 60 - 80%, mảnh vụn đá, felspat và mica: 5 - 17%; khoáng vật quặng ilmenit, zircon, granit, magnetit, monazit: 3 - 5%. Một số nơi như ở Cát Hải, Thái Ninh, Hải Phòng, Văn Lý... hình thành những điểm sa khoáng ilmenit quy mô mỏ nhỏ bề dày biến đổi từ 0,5 - 2,5 m.

14. Trầm tích biển (mQ_{IV}^{2-3})

Sau biển tiến Flandrian là đợt biển lùi, xảy ra vào Holocen giữa - muộn, tạo nên trầm tích biển mQ_{IV}^{2-3} phân bố dọc theo bờ biển hiện tại của nước ta.

Ở vùng ven biển Bắc Bộ Việt Nam trầm tích này phân bố ở các tỉnh Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định. Ở tỉnh Quảng Ninh, trầm tích là các bãi triều có thành phần cát hạt thô, sạn cuội. Còn ở đồng bằng châu thổ Bắc Bộ tồn tại 2 kiểu mặt cắt :

+ Kiểu đụn cát của các bãi cát ven biển phân bố trong đới thủy triều có cát thạch anh hạt nhỏ 80 - 90% lẫn ít bột màu xám. Trong cát bột chứa phong phú hoá

vi cổ sinh: *Ammonia, Elphidium, Quinqueloculina*,... trầm tích biển ở sát mép nước thủy triều ở vùng Thái Ninh, Kinh Chinh, Cửa Lạch, Cồn Vinh, một số dải cát ở Tiền Hải, Cát Hải giàu ilmenit, zircon. Bề dày > 6 m.

+ Kiểu vũng vịnh bắt gặp trong các lỗ khoan ở Vĩnh Hảo, Thái Thụy, Tiền Hải, Xuân Thủy, Nghĩa Hưng, Phát Diệm. Độ sâu phân bố từ 0 đến 18 m. Bề dày lớn nhất là 18 m ở LK35TB - Tiền Hải. Thành phần gồm bột 63%, sét ~ 26%, cát 10 - 12% lẫn ít vỏ sò ốc, vảy mica và chứa vi cổ sinh: *Quinqueloculina, Seminulum, Elphidium, Ammonia*..., bào tử phấn hoa: *Polypodium, Acanthus, Hibiscus, Acrostichum, Avicenia*... thuộc môi trường biển vũng vịnh tuổi Holocen giữa- muộn (Q_{IV}^{2-3}). Trầm tích này chuyển tiếp trên trầm tích Holocen sớm - giữa (Q_{IV}^{1-2}).

B. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA ĐỘNG LỰC

I. CÁC ĐỚI CẤU TRÚC

Để xem xét đặc điểm địa động lực ảnh hưởng đến quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông, đề tài đã xem xét các dới cấu trúc và các đứt gãy chính trong khu vực. Trong khu vực nghiên cứu tồn tại các đới cấu trúc sau:

❖ ***Đới Quảng Ninh***

1. Khối Phượng Hoàng (BVI.1): trên bản đồ được ngăn cách bởi các đứt gãy Yên Tử - Cái Bầu - Quang Hanh ở phía Bắc (không đánh dấu trên bản đồ), F_{tb}-1, F_{tb}-3, F_{db}-7 có tâm là các đá phiến sét, quarzit, phiến silic - sét chứa tuf có cấu tạo flis với nhiều đới xáo trộn kiểu "khúc dồi" tuổi Ordovic - Silur sau chuyển sang các trầm tích lục nguyên màu đỏ Devon, các đá vôi xen lục nguyên Devon - Carbon, các tập phiến silic Permi.

Trầm tích Neogen. Điệp Đồng Ho lộ ra ở Cái Lân, Giếng Đáy, Nam đảo Thượng Mai và có mặt ở nhiều nơi dưới đáy biển với chiều dày nhỏ hơn 100 m.

2. Địa hào Hòn Gai (BV.I.2) (Dovjjikov, nnk, 1965): Ở đáy biển chỉ có một đoạn ở eo biển giữa Cửa Ông và đảo Cái Bầu.

3. Khối Đảo Trần (BV.I.3): nằm giữa các đứt gãy F_{tb}-3, F_{db}-3, F_{db}-7 gồm các đá tuổi Ordovic - Silur, Devon sớm và phủ trên đó là các trầm tích Đệ tứ có chiều dày 0 -20 m.

4. Địa hào Hải Ninh (BVI.4) (Nguyễn Biểu, nnk, 1999) nằm giữa các đứt gãy F_{tb}-1, $F_{đb}$-2, $F_{đb}$-3 được lấp đầy bởi trầm tích gắn kết yếu tương tự như trầm tích ở khối Bạch Long Vĩ và có thế nằm thoải 15 - 20° tạo nên hai nếp võng và hai nếp vồng có trục hướng á Đông. Dự báo đây là trũng tạo trong Creta muộn - Paleogen.

5. Khối Vĩnh Thực (BV.I.5) được ngăn cách bởi các đứt gãy $F_{đb}$-1, $F_{đb}$-2 và F_{tb}-1 được cấu tạo bởi các đá biến chất yếu hệ tầng Tấn Mài, trầm tích màu đỏ Devon và phủ trầm tích tảng, cuội sạn cát Đệ tứ mỏng (0 - 20 m).

6. Địa hào Hà Cối (BV.I.6) giới hạn bởi đứt gãy Tấn Mài - Dương Huy (không có trên bản đồ), $F_{đb}$-1 và F_{tb}-1 có đáy là trầm tích hệ tầng Tấn Mài, phủ trái khớp là trầm tích màu đỏ Jura và trên cùng là lớp phủ Đệ tứ (dày 0 - 30 m)... (Dovjikov, nnk, 1965).

Các cấu trúc vừa mô tả (3 - 6) nằm về phía phải đứt gãy Cao Bằng - Tiên Yên tạo nên 3 đới nghịch chờm về phía Tây Bắc như thể các vẩy. Từ đất liền ra ta có vẩy Tấn Mài (O - S - J_2), Vĩnh Thực (O - S - P) và vẩy Đảo Trần (O - S - D - N). Hay nói cách khác từ lục địa ra biển các địa hào có tuổi trẻ dần từ Jura sang Paleogen và Neogen theo cơ chế thành tạo các riftơ (?).

❖ ***Đới Bạch Long Vĩ***

1. Trũng Long Châu (BV.II.1) nằm giữa các đứt gãy F_{tb}2 , F_{tb}3, $F_{đb}$5, $F_{đb}$2, $F_{đb}$8... có dạng bán nguyệt gần vuông góc với trũng sông Hồng với trầm tích móng có tuổi Devon và phủ trên đó là trầm tích Eocen (?), Paleogen., Neogen., Đệ tứ có chiều dày thay đổi từ 0,5 - 1,0 km ở phần tâm đến 0,5 km ở phần rìa, riêng trầm tích Đệ tứ có chiều dày 200 - 100 m. Về phía đông bắc của trũng ngăn cách với trũng Beibuwan qua yên ngựa có chiều dày Đệ tứ khoảng 96 m và đứt gãy F_{tb}1.

2. Trũng Beibuwan (BV.II.2) được giới hạn bởi các đứt gãy $F_{đb}$5, F_{tb}2, $F_{đb}$8 và mở rộng về phía biển Trung Quốc. Trong địa phận Việt Nam trầm tích Kainozoi dày 1 - 2 km còn trầm tích Đệ tứ dày >112 m.

3. Khối Bạch Long Vĩ (BV.II.3) là một khối nâng có hình dáng phức tạp được bao quanh bởi các đứt gãy hướng Bắc Nam và Đông Bắc và được cấu tạo bởi các đá lục nguyên Devon, Creta (?) ở đáy, trên đó là các trầm tích Oligocen và có thể Neogen. sớm bị vò nhàu uốn nếp phức tạp. Các lớp trầm tích gắn kết này có thế nằm thay đổi từ 15 - 30° và bị cắt xén bởi nhiều đứt gãy. Theo tuyến địa chấn nông đã đo vẽ được 3 nếp võng và 4 nếp vồng có theo hướng Đông Bắc - Tây Nam

khoảng 45 - 50°. Các trầm tích uốn nếp này có tuổi là Oligocen (Nguyễn Mạnh Trung, nnk, 1999) và các trầm tích Miocen có thế nằm thoải hơn ở rìa khối nâng. Theo tài liệu địa chấn sâu thấy rõ đây là một khối bị dồn ép, trồi lên và hướng xiết ép về phía tây. Chiều dày trầm tích Đệ tứ trên khối chỉ đạt 0 - 64 m.

4. Trũng Nam Bạch Long Vĩ (BV.II.4) được ngăn cách bởi đứt gãy nam Bạch Long Vĩ có hình dáng phức tạp $F_{đb}9$, $F_{tb}4$ và kéo dài về phía biển Trung Quốc. Đáy của trũng là khối đá gốc có thể là các đá Devon, Creta (?) và trên đó là trầm tích Oligocen, Miocen, Pliocen, Đệ tứ có chiều dày > 3 km (theo lỗ khoan PAT 107). Riêng trầm tích Đệ tứ có chiều dày trên 120 m.

❖ Đới Sông Hồng (bồn trũng Sông Hồng)

Đới được ngăn cách bởi các đứt gãy Tiên Lãng ($F_{tb}4$) và sông Chảy (F_b6) đã được nghiên cứu khá chi tiết như đã nêu ở phần trên. Ở đới ven biển theo tài liệu địa chấn nông có thể chia ra các cấu trúc nhỏ: trũng Đông Quan, khối Cồn Vành và rìa trũng trung tâm sông Hồng.

1. Trũng Đông Quan (BV.III.1) nằm kẹp giữa đứt gãy Tiên Lãng ($F_{tb}4$) và Sông Lô ($F_{tb}5$) và về phía nam là $F_{đb}7$ nằm trên hai địa hào Kiến An và Thuỷ Nguyên (Phan Trung Điền và nnk, 1999). Nằm trên móng âm học trong các địa hào là trầm tích Oligocen bị chia cắt bởi nhiều đứt gãy và trên đó là trầm tích Miocen - Đệ tứ có thế nằm ổn định và có chiều dày tăng dần từ Đông sang Tây (1,0 - 4,0 km), gần đứt gãy sông Lô có chiều dày tăng cao. Trầm tích Đệ tứ có chiều dày thay đổi từ 100 đến 192 m và tạo nên 4 tâm có chiều dày lớn đồng thời đường đẳng dày 160 - 168 m cho ta thấy rõ hình thù của trũng có dạng kế thừa các trũng Kainozoi. Theo tài liệu địa chấn trầm tích Kainozoi có xu hướng cắm về phía Tây Bắc. Theo địa chấn nông ở cấu tạo này thấy nhiều vùng có túi khí nông.

2. Khối Cồn Vành (BV.III.2) có diện tích nằm trên vụng cổ Ba Lạt và được ngăn cách bởi các đứt gãy sông Lô ($F_{tb}5$, F_b3), sông Chảy (F_b5) còn về phía nam theo các tuyến địa chấn sâu T93 - 200, T93 - 34 của Total vạch theo đứt gãy $F_{đb}7$. Cấu tạo có điểm đặc trưng là các trầm tích Miocen - Oligocen bị biến dạng mạnh tạo nên nhiều nếp uốn và có hệ thống đứt gãy toả tia dạng cấu trúc hoa nở (Phan Trung Điền,..1999). Từ đông sang tây có thể thấy 4 nếp vồng và 5 nếp võng. Đá móng có thể là đá phiến, lục nguyên gắn kết Paleozoi (?) dày 2 - 4 km và trên đó là trầm tích lục nguyên Oligocen - Miocen biến dạng và trên mặt bào mòn của chúng

là trầm tích Pliocen - Đệ tứ dày 144 m ở tâm và 184 m ở rìa. Các đứt gãy của khối có xu thế cắm về phía Tây, một số cắm về phía Đông để tạo nên địa hào. Trong khối này có nhiều cấu tạo thuận lợi cho tích tụ dầu cho nên đã tiến hành 4 giếng khoan tìm dầu khí song chưa tìm dược dầu, khí thương mại.

Về phía Tây của đứt gãy Sông Chảy có vùng biển kéo dài từ Nam Xuân Thuỷ đến cửa sông Đáy Ninh Bình và ngăn cách đứt gãy $F_{tb}7$ có khối nâng, ở đó chiều dày trầm tích Đệ tứ 120 m ở tâm và 136 m ở rìa và trùng với dị thường từ khá đẹp. Đây có thể là phần Tây Nam của đới Sông Hồng (?) (Dovjikov,..., 1965). Trên bản đồ được đánh số BV.III.2b.

3. Trũng trung tâm Sông Hồng (BV.III.3). Trên bản đồ là vùng biển nằm giữa các đứt gãy Tiên Lãng ($F_{tb}3$), Nam Thanh Lam ($F_{đb}7$), sông Chảy (F_b5) và mở rộng về phía Nam, cấu trúc này đã được mô tả (Nguyễn Giao, nnk, 1985; Hồ Đắc Hoài, nnk, 1990...). Trên bản đồ thấy chiều dày trầm tích Đệ tứ đạt trên 184m và có xu thế tăng về phía hướng sông Chảy và được thể hiện rõ trên mặt cắt.

II.CÁC ĐỨT GÃY CHÍNH

Hệ thống Tây Bắc - Đông Nam (F_{tb})

F_{tb}.1. Đứt gãy Tiên Yên - Thạnh Lam

F_{tb}.2. Đứt gãy Quang Hanh - Thượng Mai

F_{tb}.3. Đứt gãy Tiên Lãng

F_{tb}.4. Đứt gãy Văn Úc - Nam Bạch Long Vĩ

F_{tb}.5. Đứt gãy Sông Lô

F_{tb}.6. Đứt gãy Vĩnh Ninh

F_{tb}.7. Đứt gãy Sông Đà

Hệ thống Đông Bắc - Tây Nam (F_{db})

F_{db}.1. Đứt gãy Hà Cối

F_{db}.2. Đứt gãy Nam Vĩnh Thực

F_{db}.3. Đứt gãy Bắc Đảo Trần

F_{db}.4. Đứt gãy Hải Hậu

F_{db}.5. Đứt gãy Ba Lạt

F_{db}.7. Đứt gãy Nam Thanh Lam

F_{db}.8. Đứt gãy Bắc Bạch Long Vĩ

F_{db}.9. Đứt gãy Nam Bạch Long Vĩ

Hệ thống Bắc Nam hoặc á Bắc Nam (F_b)

F_b.1. Đứt gãy Thanh Lam - Bạch Long Vĩ

F_b.2. Đứt gãy Tây Bạch Long Vĩ

F_b.3. Đứt gãy Tiên Yên - Phượng Hoàng

F_b.4. Đứt gãy Sông Lô (phần Nam)

F_b.5. Đứt gãy Vĩnh Ninh (phần Nam)

F_b.6. Đứt gãy Sông Chảy (phần Nam)

2.1.2. Khu vực miền Trung và miền Nam

Cấu trúc địa chất vùng nghiên cứu rất phức tạp và mang tính kế thừa các cấu trúc lục địa cũng như các bồn trầm tích Kainzoi của thềm lục địa Việt Nam.

A. ĐỊA TẦNG

I. ĐỊA TẦNG TRƯỚC ĐỆ TỨ

Địa tầng trước Đệ tứ khu vực nghiên cứu rất phong phú với các phân vị địa tầng có tuổi từ cổ đến trẻ trong đó thiếu giới Proterozoi - Neoproterozoi - Cambri hạ, trong đó các thành tạo này phân bố từ lục địa đến các đảo và dải biển ven bờ vùng nghiên cứu.

Giới Arkei

1. Phức hệ Kannăch: gồm các đá biến chất khu vực ở tướng granulit được Nguyễn Xuân Bao và Trần Tất Thắng xác lập năm 1979. Diện phân bố của các thành tạo này có dạng đẳng thước ở giữa khối Kon Tum. Thành phần thạch học gồm granulit mafic, gơnai, granat cordierit, hyperten, calciphyr, migmatit.

Giới Proterozoi

1. Hệ tầng Khâm Đức (PR_2)

Các thành tạo của hệ tầng này bao gồm các đá biến chất phân bố thành dải từ tây bắc Tam Kỳ đến Khâm Đức theo phương vĩ tuyến. Chúng có diện lộ tốt nhất ở khu vực Bắc Khâm Đức và dọc sông Thu Bồn, Nam Hiệp Đức. Thành phần thạch học giàu đá phiến amphibol, amphibolit, quaczit, graphit và đá phiến giàu nhôm và có mặt thường xuyên các tổ hợp cộng sinh chứa disthen

2. Hệ tầng Pô Kô (PR_2 - $\varepsilon_1 bk$)

Các đá của hệ tầng này phân bố rải rác thành các dải ở giữa khối Kon Tum theo phương Tây Bắc - Đông Nam. Nhìn chung chúng có cấu trúc dạng tuyến bị phá huỷ bởi những đứt gãy khác nhau. Thành phần vật chất gồn phần dưới là quaczit sạch xen các lớp mỏng đá phiến thạch anh - sericit và đá phiến muscovit. Phần giữa gồm đá phiến thạch anh - sericit, đá phiến sericit, đá phiến muscovit xen giữa các lớp quaczit màu trắng. Phần trên là đá cabonat gặp granit xuyên lên nên gặp cancilphyr và biểu hiện skarn.

Giới Paleozoi

1. Hệ tầng A Vương (ε_2 - O_1 av)

Phân bố dưới đáy biển ven bờ từ Nam Cửa Đại (Hội An) đến Bắc Chu Lai. Mặt cắt quan sát được phần trên: đá phiến sericit thạch anh, đá phiến thạch anh hai mica, đá phiến thạch anh biotit xen lớp mỏng quarzit, đá phiến silic, phiến carbonat - sericit, dày ≈ 900 m.

Tuổi dựa vào hoá thạch Graptolit ở các vùng lân cận.

2. Hệ tầng Sông Cả (O_3 - S_1 sc)

Phân bố ở ven biển Nghệ An - Thanh Hoá. Thành phần: phần dưới đá phiến thạch anh sericit màu xám lục, xám tro xen cát kết dạng quarzit và bột kết màu xám; phần giữa cát kết hạt nhỏ màu xám, chuyển lên là phiến sét sericit và cát kết; phần trên phiến sét sericit xen cát kết phân lớp trung bình màu xám tro, phớt lục xen kẽ nhịp nhàng, cấu tạo dạng sọc dải. Chiều dày ≈ 300 m.

3. Hệ tầng Long Đại (O_3-S_1 lđ)

Phân bố ở ven biển và đáy biển ven bờ từ nam Bố Trạch đến Lệ Thuỷ (Quảng Bình). Mặt cắt được mô tả ở vùng Rào Thượng - Lệ Kỳ bao gồm ba phân hệ tầng: phân hệ tầng dưới gneis biotit felspat silimalit, đá phiến thạch anh hai mica có cordierit, cát kết dạng quarzit có chứa carbonat màu xám sáng, cấu tạo phân dải; phân hệ tầng giữa cuội kết thạch anh sericit, đá phiến thạch anh sericit, bột sét, phiến sét bị sericit hoá cấu tạo sọc dải thanh chứa bút đá; phân hệ tầng trên cát sạn tuf, cát kết thạch anh, sét bột kết, sét kết màu xám tro, xám lục có chứa bút đá. Tuổi được xác định qua các hoá thạch bút đá và Trilobita. Dày tổng cộng ≈ 2000 m.

4. Hệ tầng Tân Lâm ($D_{1-2}tl$):

Được Đinh Minh Mộng xác lập năm 1978 gồm trầm tích lục nguyên phân bố lẻ tẻ ở nhiều nơi như Hương Trà, Đại Phước....Thành phần chủ yếu là cát kết hạt vừa đến hạt nhỏ xen bột kết và đá phiến sét phân lớp dày chuyển lên bột kết xen đá phiến màu đỏ, các lớp mỏng hoặc thấu kính đá vôi.

5. Hệ tầng Bản Giằng (D_2bg):

Thành phần chủ yếu là cát kết, phân bố rộng rãi ở Quy Đạt bắt đầu từ đèo Lý Hoà mở rộng ra vùng Quy Đạt. Thành phần vật chất gồm cát kết dạng quaczit màu xám, xám phớt vàng, cát bột kết, cát kết hỗn tạp chứa các mảnh vụn fenspat.

6. Hệ tầng Cô Bai ($D_{2-3}cb$):

Hệ tầng này do Nguyễn Xuân Dương xác lập năm 1971 để chỉ các trầm tích chứa cacbonat ở Cô Bai mà Dovjikov và nnk đã mô tả và xếp vào trầm tích Givet - Frasni. Trầm tích chủ yếu của hệ tầng là đá vôi, sét vôi, vôi silic, thấu kính silic phân lớp mỏng đến dày.

7. Hệ tầng La Khê (C_1lk)

Do Nguyễn Xuân Dương mô tả trên cơ sở hệ tầng La Khê của A.M. Marreichev (Dovjikov và nnk, 1965). Hệ tầng này phân bố ở Nam Quỳ Châu, Mường Lống, Con Cuông, La Khê, Quỳ Đạt....Thành phần gồm cát kết thạch anh, đá phiến sét, sét than, sét vôi và đá vôi màu xám đen chứa Trùng Lỗ. Tổng chiều dày của hệ tầng là 600 - 700 m.

8. Hệ tầng Mường Lống (C-Pml)

Do Nguyễn Văn Hoành xác lập trên cơ sở những mặt cắt đá vôi nằm chỉnh hợp lên hệ tầng La Khê, lộ ra ở vùng Mường Lống. Thành phần thạch học chủ yếu là đá vôi, chiều dày chung của hệ tầng khoảng 800 - 850 m.

Giới Mesozoi

1. Hệ tầng Đồng Trầu (T_2a đt)

Phân bố ở bốn khu vực chính, đảo Hòn Mê (Thanh Hoá) và đáy biển vùng lân cận, ven biển và biển Quỳnh Lưu, Cửa Lò (Nghệ An) và vùng biển Đèo Ngang (Hà Tĩnh - Quảng Bình). Mặt cắt có thể chia làm hai phần khá rõ: phần dưới trầm tích lục nguyên xen lớp mỏng hoặc thấu kính phun trào andezit gồm bột kết, cát

kết, cuội kết tuf, đá phiến sét màu đen chứa nhiều hoá đá; phần trên đá vôi mầu xám sáng, xám sẫm, xám tro phân lớp mỏng, trung bình đến dạng khối bị tái kết tinh yếu, sét vôi màu nâu đỏ phân lớp mỏng. Tổng chiều dày 1100 - 1600 m.

2. Hệ tầng Thọ Lâm ($J_{1-2}tl$):

Gồm các trầm tích biển ven bờ, biển nông chuyển tướng lên tướng lục địa màu đỏ phân bố ở võng Nông Sơn - Sông Bung, phía Tây Đà Nẵng. Thành phần thạch học gồm cát kết thạch anh hạt thô, dạng khối xen lớp mỏng chứa than, sét than, cuội kết, pudinh, sỏi kết, cát kết chứa cuội.

3. Hệ tầng Bản Đôn ($J_{1-2}bđ$)

Gồm các trầm tích lục nguyên chứa cacbonat, phần trên gồm bột kết chuyển lên một hệ xen kẽ cát kết, bột kết và sét kết phân bố rộng rãi ở Nam Trung bộ và Nam bộ. Bề dày chung của hệ tầng khoảng 1500 - 1600 m.

4. Hệ tầng Đèo Bảo Lộc (J_3 đbl)

Chỉ phân bố một diện tích nhỏ hẹp (1 km^2) ở phần trung tâm Côn Đảo, khu vực dốc Trâu Té. Đá gồm andezit pyroxen màu đen có cấu tạo dòng chảy, kiến trúc porphyr với nền kiến trúc andezit pilotakit ngoài ra còn gặp ít loại đá tuf andezit. Dày 100 m.

5. Hệ tầng Mường Hinh (J_3-K_1mh)

Phân bố chủ yếu ở vùng ven biển và biển phía Nam tỉnh Hà Tĩnh. Gồm: phần dưới cuội kết thạch anh xen cát kết, bột kết, lớp mỏng tuf mầu nâu đỏ, có các lớp tuf và phun trào ryolit xen kẽ, dày ≈ 400 m; phần trên chủ yếu là phun trào acit như dacit porphyr thạch anh, ryolit, dacit porphyr xám xanh cấu tạo khối xen vài lớp tuf, dày 500 m.

6. Hệ tầng Nha Trang (Knt)

Gặp ở các vùng Sơn Trà - Cà Ná và Cà Ná - Trà Vinh. Mặt cắt chia làm hai phần: phần dưới andezit, tuf andezit đôi nơi có dăm kết tuf, cấu tạo khối hoặc dòng chảy; phần trên dacit, ryodacit, ryolit, trachyryolit và tuf của chúng màu xám sáng, xám nâu cấu tạo dòng chảy, dạng khối đặc xít. Dày ≈ 600m.

7. Hệ tầng Đơn Dương ($K_2đd$)

Gồm các đá phun trào axit yếu và á kiềm xen kẽ các trầm tích lục nguyên màu đỏ phân bố khá rộng ở Nam Trung bộ và Đông Nam bộ.

Giới Kainozoi

Giới Kainzoi khu vực Trung bộ và Nam bộ được nghiên cứu qua hàng loạt các lỗ khoan bãi triều và tài liệu địa chấn nông độ phân giải cao. Trong đó gặp các thành tạo sau đây:

1. Hệ tầng Đồng Hới (Nđh)

Phân bố tập trung ở khu vực Đồng Hới . Dựa vào tài liệu khoan máy có thể chia làm hai phần: Phần dưới chủ yếu là trầm tích hạt thô gồm cuội kết, cát sạn kết, sét kết, kaolin. Phần trên gồm các tập trầm tích hạt mịn bột sét, cát kết màu xám, xám lục, xám xi măng, xám trắng. Chiều dày 283m.

2. Hệ tầng Di Linh (Ndl)

Thành phần thạch học bao gồm bột kết, sét kết, bazan, than nâu, bentonit, điatomit được H. Fontain mô tả năm 1975. Hệ tầng này phân bố chủ yếu ở Bảo Lộc, trong đó mặt cắt chuẩn xuất hiện ở vùng Di Linh với mặt cắt được chia làm 3 phần: phần dưới gồm trầm tích hạt mịn chứa than, phần giữa gồm các lớp bazan lỗ hổng và phần trên gồm sét, sét bentonit, bột và các lớp bazan xen kẽ. Bề dày chung khoảng 150 - 200 m.

3. Trầm tích N_2-Q_I

Các trầm tích tuổi Pliocen thượng - Pleistocen hạ tương ứng với "thềm Mavieck" (Saurin, 1962) và các "Trầm tích Mộ Tháp" (Lê Đức An, Phạm Hùng, 1976), "Hệ tầng Phan Thiết" (Nguyễn Đức Tùng, 1983). Các trầm tích tương tự còn mô tả ở Hòn Đỏ, hòn Đá Châu, và một số nơi khác với diện lộ rất hẹp. Trầm tích của hệ tầng này rất phong phú về nguồn gốc: sông, biển sông, biển và bazan. Tuy nhiên, trong đó hàm lượng cuội, sạn, cát có thành phần chủ yếu là thạch anh, silic và một ít đá phun trào. Dựa vào mức độ gắn kết và vị trí nằm dưới tầng cát đỏ và tectit có thể coi hệ tầng có tuổi tương ứng với các trầm tích Mộ Tháp và được xếp vào tuổi N_2-Q_I.

II. ĐỊA TẦNG ĐỆ TỨ

Địa tầng Đệ tứ được phân chia theo nguyên tắc tuổi và nguồn gốc. Về tuổi đã phân chia được 7 phân vị chính: Q_{III}^1, Q_{III}^2 , Q_{III}^2 - Q_{III}^3, Q_{III}^{3-1}, Q_{III}^{3-2}, Q_{IV}^{1-2} và Q_{IV}^3. Về nguồn gốc đã phân chia được các nguồn gốc sau: sông lũ (ap), sông (a),

sông biển (am), biển (m), biển sông (ma), biển đầm lầy (mb), biển sông đầm lầy (mab), vũng vịnh, đầm phá (bm), bazan (β).

Thống Pleistocen - Phu thống ha

1. Trầm tích sông lũ (ap Q_{III}^1)

Gặp ở tất cả các vùng biển trong các lỗ khoan bãi triều gồm các lớp trầm tích dăm sạn sỏi sét màu tím, dăm sạn sắc cạnh mài tròn kém, có mảnh đá phun trào phủ trên bề mặt đá gốc, trong các thung lũng giữa núi. Bề dày thay đổi từ 5 - 15 m.

2. Trầm tích sông (aQ_{III}^1)

Hiện tại mới chỉ gặp được ở vùng Nghệ An - Hà Tĩnh thông qua các tài liệu khoan biển Hà Tĩnh. Trầm tích chủ yếu là cuội sạn cát màu xám vàng, xám đen độ mài tròn tốt, chọn lọc trung bình đến kém. Thành phần cát sạn đa khoáng, giàu mảnh đá granit, phun trào. Dày 5 - 10 m.

3. Trầm tích sông biển (am Q_{III}^1)

Gặp trong tất cả các lỗ khoan bãi triều ở bốn vùng và các băng địa chấn nông. Mặt cắt chung có phía dưới là tầng trầm tích hạt thô: cuội sạn, cát màu xám vàng, mài tròn tương đối tốt, chuyển lên trên là trầm tích hạt mịn gồm bột sét, bột cát xám xanh loang lổ, xám vàng chứa các mảnh bột kết. Ở vùng biển Đèo Ngang, Huế phần trên của tầng gặp phân lớp xiên chéo, chiều dày đạt 10 - 30 m. Ở vùng Hội An Dung Quất và cửa sông Đà Rằng trong trầm tích có vỏ loại thân mềm (2 mảnh) và di tích thực vật, dày 10 - 30 m. Ở vùng Sóc Trăng, Gò Công còn gặp thêm các lớp mùn thực vật hoá than màu đen, chiều dày 5 - 30 m.

4. Trầm tích biển (m Q_{III}^1)

Gặp ở hầu hết các khu vực nghiên cứu. Thành phần trầm tích phía dưới là cát hạt trung - thô màu trắng đục chứa pyrit thứ sinh chuyển lên là các lớp bột sét, bùn sét xen cát màu xám xanh chứa mảnh vụn Mollusca, đá vôi. Một số nơi (ở phía trên) là tầng sét bột xám xanh phong hoá loang lổ. Chiều dày 70 -100 m. Ở vùng Cửa Đại, Dung Quất mặt cắt chủ yếu là sét bột, bột sét xen cát mịn phân lớp mỏng, chiều dày 10 - 80 m. Ở vùng biển Vũng Tàu - Trà Vinh trầm tích của tầng gặp ở độ sâu dưới 150 m. Phía dưới là cát, cát sạn chuyển lên trên là các lớp bột sét xen cát, bùn sét màu xám xanh, một số nơi có vật liệu núi lửa. Bề dày thay đổi từ 20 - 70 m.

Thống Pleistocen - Phu thống trung (Q_{III}^2)

1. Trầm tích sông biển (am Q_{III}^2)

Gặp được hầu hết trong các lỗ khoan bãi triều, khoan biển và trên các băng địa chấn nông độ phân giải cao của vùng nghiên cứu. Mặt cắt chung của tầng gồm hai phần: phía dưới là cuội sạn sỏi, cát ít khoáng tới đa khoáng trên là cát bột xám xanh, sét bột xám nâu tới xám tối, phần trên cùng bị loang lổ màu vàng, xám vàng. Chiều dày của tầng thay đổi 5 - 20 m. Ở nhiều nơi trên bề mặt của tầng này là sét bột phong hoá loang lổ. Ở vùng biển Gò Công gặp các lớp mùn thực vật hoá than.

2. Trầm tích biển (mQ_{III}^2)

Gặp hầu hết ở các vùng biển nông ven bờ. Trầm tích phía dưới là cát trung thô chuyển lên phía trên là bột sét, bùn sét màu xám, xám xanh. Chiều dày 10 - 75 m. Có nơi gặp sét màu xám trắng loang lổ, xám xanh với các lớp than bùn giàu bào tử phấn hoa (vùng Sơn Trà). Ở vùng Trà Vinh - Vũng Tàu trầm tích chủ yếu là loại hạt mịn xám xanh chứa nhiều hoá thạch Foraminifera, Nanoplantonk, Diatomea, bề dày 10 - 40 m. Lớp trên cùng bị phong hoá tạo sét loang lổ và kết vón laterit. Chiều dày ở vùng biển Hà Tiên - Cà Mau chỉ đạt 7 - 7,5 m.

Thống Pleistocen - Phu thống trung - thượng (Q_{III}^2 - Q_{III}^3)

Phun trào bazan (β Q_{III}^2 - Q_{III}^3): Không gặp lộ trên mặt, chúng được phát hiện qua giải đoán các băng địa chấn nông độ phân giải cao ở các vùng biển Huế - Quảng Trị và vùng Dung Quất - Hội An. Ở vùng biển Huế - Quảng Trị, trên nhiều mặt cắt địa chấn nông đã gặp các dấu hiệu của tầng phun trào bazan xuyên vào tầng trầm tích Q_I^2 và Q_I^3 thường bị phủ bởi tầng trầm tích Q_I^{3-2}. Chúng có thế nằm theo kiểu bazan dạng cột, ống. Ở vùng biển Hội An - Dung Quất cũng gặp được tầng bazan trên nhưng diện phân bố rộng hơn kéo dài từ khu vực đảo Lý Sơn tới vụng Dung Quất. Chiều dày có thể đạt vài chục mét tới hàng trăm mét.

Thống Pleistocen - Phu thống thương, phần dưới (Q_{III}^{3-1})

1. Trầm tích sông biển (am Q_{III}^{3-1})

Trong các lỗ khoan bãi triều và khoan biển (Hà Tĩnh, Huế, Bình Thuận), hầu hết đều gặp tầng trầm tích này. Mặt cắt gồm hai phần, phía dưới là cát, cát sạn, sạn sỏi màu xám xanh, xám vàng, phía trên là bột sét xám xanh, xám đen. Bề dày thay đổi từ 5 - 20 m.

2. Trầm tích đầm lầy ven biển (mbQ_{III}^{3-1})

Tương đối phổ biến ở biển Đông Nam bộ chúng được phát hiện trong các lỗ khoan bãi triều, khoan biển. Trầm tích chủ yếu là sét, sét bột màu xám xanh, xám đen giàu mùn thực vật, chứa cát ở lớp than bùn mỏng. Chứa phong phú bào tử phấn hoa của thực vật ngập mặn. Dày 2 - 15 m.

3. Trầm tích biển (mQ_{III}^{3-1})

Chỉ gặp phân bố ở một số vùng biển Huế - Quảng Trị, Cà Ná - Vũng Tàu, Vũng Tàu - Trà Vinh. Gồm các lớp cát bột mịn, sét bột xám xanh bị loang lổ nhẹ. Bề dày thay đổi theo từng vùng từ 5 - 20 m. Chứa nhiều tảo vôi Foraminifera, kết hạch vôi sét và thực vật hoá than.

Thống Pleistocen - Phụ thống thượng, phần trên (Q_{III}^{3-2})

1. Trầm tích sông biển (am Q_{III}^{3-2})

Tầng trầm tích này chủ yếu gặp trong các lỗ khoan máy bãi triều, lỗ khoan biển, liên quan tới các cửa sông lớn đổ ra biển như sông Lam, và hệ thống sông Cửu Long. Trầm tích gồm hai phần, phía dưới là sạn sỏi, cuội sạn, chuyển lên trên là bột sét loang lổ màu xám vàng, hoặc là bùn cát, bột cát, màu nâu hồng phớt tím. Chiều dày 6 - 10 m.

3. Trầm tích biển (mQ_{III}^{3-2})

Đây là loại trầm tích lần đầu tiên được phát hiện trên đáy biển mang tính phổ biến từ miền Trung đến miền Nam và bắt gặp trong tất cả các lỗ khoan bãi triều cũng như khoan biển.

Trong vùng biển từ Nghệ An đến Đà Nẵng, trên đáy biển chỉ gặp lộ một diện tích nhỏ quanh đảo Cồn Cỏ, còn phần lớn gặp trong lỗ khoan bãi triều. Trầm tích gồm phía dưới là sét, sét bột màu xám xanh chuyển lên trên là bột cát, cát bột loang lổ đỏ (ở một số nơi gặp cát đỏ). Bề dày 10 - 30 m. Ngoài ra, còn gặp xung quanh khu vực đảo Lý Sơn, Mũi Ba Làng An, Sa Huỳnh, Qui Nhơn. Trầm tích gồm chủ yếu là cát, cát sạn màu vàng, vàng sẫm; sét bột loang lổ màu vàng. Bề dày thay đổi từ 10 - 40 m.

Trong các lỗ khoan biển vùng Bình Thuận và trên đáy biển còn tầng cát đỏ tuổi Pleistocen muộn ở vùng biển nam Hố Tràm, vụng Phan Thiết, ngoài khơi Phan Rang (độ sâu 17 - 25 m nước). Trầm tích chủ yếu là cát mịn trung đến thô màu đỏ,

vàng đỏ mài tròn trung bình, ngoài ra vùng biển Cà Ná còn gặp lộ tầng cát sạn kết vôi sinh vật (40% vôi sinh vật) còn bảo tồn nhiều hoá thạch Foraminifera... Dày 5 - 40 m. Ở khu vực Trà Vinh - Côn Đảo trầm tích biển Pleistocen thượng phần trên còn lộ ra ở đáy biển. Thành phần trầm tích chủ yếu là bột sét màu xám xanh loang lổ vàng đến nâu đỏ, chứa kết vón laterit. Một số nơi có chứa vật liệu núi lửa (tro bụi, tuf) (LK 2000-1). Dày 10 - 60 m.

Thống Holocen

Phun trào bazan (βQ_{IV}). Lộ ra ở khu vực ven biển Vĩnh Linh, đảo Cồn Cỏ, Dung Quất, gặp trong lỗ khoan biển vùng Kê Gà, vùng biển Vĩnh Linh, Cồn Cỏ, Tam Kỳ, Lý Sơn.Thành phần chủ yếu là bazan olivin màu xám đen, bazan bọt màu xám đen. Chiều dày có thể đạt vài mét đến vài chục mét.

Thống Holocen - Phụ thống ha-trung

1. Trầm tích sông (aQ_{IV}^{1-2})

Rất phong phú ở khu vực Trà Vinh - Vũng Tàu và Nghệ An - Hà Tĩnh. Chúng là sản phẩm của những thành tạo các dòng sông cổ (sông Lam, hệ thống sông Cửu Long). Trong một số lỗ khoan biển vùng Hà Tĩnh (LK 30) gặp cuội sạn sỏi màu xám sáng, xám vàng, đa khoáng độ mài tròn tốt, còn trước cửa sông Tiền theo băng địa chấn là cát và sạn dày 10 - 20 m.

2. Trầm tích biển sông (maQ_{IV}^{1-2})

Là những di chứng đường bờ biển cổ còn sót lại ở vùng biển ven bờ tạo nên các cồn ngầm, bãi cạn ở độ sâu 20 - 30 m nước như, bãi cạn Cửa Vạn, bãi cạn Cửa Sót, bãi cạn Cửa Nhượng, bãi cạn Cửa Việt, bãi cạn Thuận An... Trầm tích chủ yếu là cát, cát sạn màu xám vàng, độ chọn lọc và mài tròn tốt, thành phần chủ yếu là thạch anh, mảnh silic, có nơi giàu cuội sạn sỏi laterit, chiều dày 5 - 10 m.

3. Trầm tích biển (mQ_{IV}^{1-2})

Đây là tầng trầm tích phổ biến nhất trên đáy biển chúng lộ ra dưới đáy biển độ sâu ngoài 10 - 20 m nước. Thành phần trầm tích: phía dưới là cát sạn bùn, cát bùn, cát sạn màu xám đến xám xanh, giàu vụn sinh vật và vi cổ sinh, phía trên là bùn cát, bùn sét màu xám xanh. Trầm tích được thành tạo vào kỳ biển tiến Flandrian. Dày 0,5 - 25 m.

Thống Holocen - Phụ thống thượng

1. Trầm tích biển (mQ_{IV}^3)

Phân bố ven bờ 0 - 15 m nước gồm cát xám trắng, xám vàng, cát bùn màu xám phớt xanh chứa vụn sinh vật, ở vùng xa các cửa sông thường giàu sét và bùn hơn, còn ở vùng đồi núi và đảo có cát lẫn sạn. Chiều dày thay đổi từ 5 - 15 m.

2. Trầm tích biển sông (maQ_{IV}^3)

Đó là tầng trầm tích được thành tạo trước các cửa sông lớn như hệ thống sông Hồng - vịnh Bắc Bộ, sông Cửu Long và các sông khác. Thành phần chính: cát, cát bùn, bùn cát, bùn sét phù sa màu nâu, xám nâu (đỏ phù sa). Dày 5 - 46 m.

3. Trầm tích biển sông đầm lầy ($mabQ_{IV}^3$)

Phân bố ở các vùng Trà Vinh - Vũng Tàu. Đó là những tầng trầm tích được hình thành trên các vùng châu thổ được bồi tụ và phát triển các rừng ngập mặn và một số trũng. Trầm tích là bùn cát, bùn sét màu xám đến xám tối, xám đen, giàu rễ cây, thân cây. Chiều dày từ 2 - 5 m.

4. Trầm tích vịnh biển, đầm phá (bmQ_{IV}^3)

Trầm tích của hệ Đầm Phá Tam Giang- Cầu Hai gồm cát, cát bùn, bùn cát, bùn sét màu xám đến xám đen, xám nâu chứa mùn thực vật, vật chất hữu cơ. Dày từ 3 - 15 m. Trầm tích vũng vịnh kín (vịnh Văn Phong, Bến Gội, vịnh Cam Ranh) gồm cát, cát bùn màu xám xanh, xám sáng, giàu vụn sinh vật, san hô. Phần trên là bùn sét, bùn cát, màu xám đến xám tối. Dày 2 - 10 m.

c) Magma

Vùng nghiên cứu kéo dài từ Bắc Trung bộ đến Nam bộ nên các thành tạo macma với thành phần vật chất rất phong phú và đa dạng.

1. Phức hệ Chu Lai - Ba Tơ (γ_2cb)

Các thành tạo được xếp vào phức hệ Chu Lai - Ba Tơ gồm các kiểu granitoit Ba Tơ, granitotit vùng Sa Huỳnh và Chu Lai. Chúng chỉ gặp trong phạm vi của địa khối Kon Tum, trước đây chúng được xếp vào các thành tạo biến chất tuổi trước Cambri, trong đó đá mạch chủ yếu là pegmatoit, aplit, mạch thạch anh - tuamalin. Các thành tạo của phức hệ này xuyên qua và gây biến chất hệ tầng Khâm Đức và phần phía Bắc khối granitoit Chu Lai bị các thành tạo trầm tích phun trào hệ tầng A Vương phủ lên trên.

2. Phức hệ Đại Lộc ($\gamma aD_1 đl$)

Được Huỳnh Trung, Nguyễn Xuân Bao xác lập năm 1981. Chỉ thấy lộ thành một đảo nhỏ (Hòn Khô) trong quần đảo Cù Lao Chàm (Quảng Nam) và dưới đáy biển quanh đảo. Các đá thuộc pha 1 của phức hệ gồm granit biotit sẫm màu, granit hai mica. Kết quả tuổi đồng vị (K - Ar) 250, 290 và 310 triệu năm, được xếp vào Devon sớm.

3. Phức hệ Trường Sơn ($\gamma_3^3 ts$)

Phức hệ Trường Sơn gồm các khối Trường Sơn, Đồng Hới và các khối nhỏ vệ tinh của chúng, thành phần từ điorit thạch anh, granođiorit đến granit. Thành phần hoá học phức hệ này gồm các đá từ trung tính chuyển dần sang axit, giàu nhôm, độ mafic thường cao khá giống với các đá thuộc phức hệ Phia Bioc.

4. Phức hệ Bến Giằng - Quế Sơn (δ_4^1-$\gamma_4^1 bq$)

Các thành tạo này phân bố ở Kon Tum và phần Nam Bắc Trung Bộ. Granitotit gồm nhiều khối lớn nhỏ xuyên qua các thành tạo trầm tích với 3 pha xâm nhập: pha 1 gồm gabrođiorit, điorit horblen - biotit, pha 2 gồm granođiorit, điorit thạch anh, pha 3 plagiogranit, pha đá mạch - plagiogranit porphyr và lamprophyr.

5. Phức hệ Sông Mã ($\gamma\iota_4^2 sm$)

Các đá granitoit á núi lửa thuộc phức hệ Sông Mã lộ ra trên phạm vi Bắc Trung bộ, gồm hàng loạt các khối kích thước khác nhau. Thành phần thạch học gồm granitbiotit, granit biotit - horblen, plagiogranit, granođiorit, điorit thạch anh dạng porphyr, granit aplit, điabas, điabas thạch anh.

6. Phức hệ Núi Chúa ($\nu_4^3 nc$)

Phức hệ này bao gồm các khối Núi Chúa, Khao Quế, Tam Tao và một số khối nhỏ khác. Cấu thành nên phức hệ này là gabro olivin, gabronorit, troctolit, pyroxenit, anorthosit và cùng với các thân quặng, các dải xâm tán quặng hoá sufua, titanomanhetit với cấu tạo phân dải rất đặc trưng.

7. Phức hệ Phia Bioc ($\gamma aT_3 n\ pb$)

Phân bố tập trung ở vùng Núi Ông (Hà Tĩnh) và đáy biển ngoài khơi ở độ sâu 0 - 25 m nước khu vực này. Thành phần gồm granit biotit sáng màu cấu tạo khối rắn chắc. Có quan hệ xuyên cắt đá vôi tuổi C - P tạo đới skarn chứa quặng manhetit hàm lượng cao (Thạch Khê - Hà Tĩnh).

8. Phức hệ Bản Chiềng (γ_5^3bc)

Phức hệ này bao gồm một số khối Bản Chiềng, Phu Lôi, Sông Chu, Bù Rình, Bà Nà, Trà Mi, Nam Khâm Đức... ở Bắc Kon Tum và Bắc Trung Bộ với pha xâm nhập chính gồm granosyenit và granit biotit dạng porphyr, granit porphyr, syenit - điorit, điorit thạch anh - amphibol - biotit. Pha xâm nhập phụ: granit hạt nhỏ....

9. Phức hệ Vân Canh (γT_2vc)

Phân bố tập trung ở dải ven biển, đáy biển vùng Sông Cầu, Tuy An và đảo Ma Nha (Phú Yên). Gồm ba pha: pha 1 chủ yếu là đá granodiorit biotit, granomonzonit biotit và monzonit thạch anh biotit màu xám hồng, cấu tạo khối; pha 2: granosyenit biotit, granit biotit màu hồng hạt thô, cấu tạo khối, pha 3: granit biotit, granosyenit màu hồng. Tuổi được xếp vào Trias giữa.

10. Phức hệ Hải Vân (γaT_3hv)

Nguyễn Xuân Bao, Huỳnh Trung, 1979-1981. Phân bố rải rác từ Cửa Tư Hiền (Thừa Thiên Huế) vào đến Sơn Trà (Đà Nẵng) và xung quanh Cù Lao Chàm. Dưới đáy biển gặp ở độ sâu 0 - 20 m nước, ở những khu vực này qua các băng địa chấn nông độ phân dải cao thấy chúng bị phủ một lớp trầm tích Đệ tứ mỏng. Thành phần thạch học gồm ba pha: pha 1: granit biotit sẫm mầu hạt lớn dạng porphyr; pha 2: granit sáng màu; pha 3: aplit và pegmatit.

11. Phức hệ Định Quán (γJ_3đq)

Phân bố tập trung ở các đảo và đáy biển vùng Côn Đảo (pha 1), ở vùng biển ven bờ Ninh Hoà, Nam vịnh Cam Ranh, đáy biển quanh đảo Hòn Tre và khu vực ven biển Hòn Đất (pha 2). Pha 1 gồm diorit, gabrodiorit, diorit thạch anh chứa pyroxen và amphibol, hạt nhỏ đến vừa, sẫm màu. Pha 2 gồm granodiorit biotit - horblend, tonalit biotit - horblend. Đá hạt vừa, màu xám trắng có đốm đen, cấu tạo khối.

12. Phức hệ Đèo Cả ($\gamma\xi K$đc)

Phân bố thành từng khối rải rác dọc ven biển và đáy biển từ Phù Cát (Bình Định) đến Hòn Rái (biển Tây). Phức hệ này phổ biến nhất ở vùng biển Trung và Nam Trung bộ. Gồm 3 pha xâm nhập chính và pha đá mạch đều có mặt đầy đủ trong vùng. Pha 1 gồm granodiorit biotit - horblend, granomonlonit biotit - horblend màu xám đốm hồng, cấu tạo khối. Pha 2 granosyenit biotit, granit biotit, đá màu hồng xám hạt lớn, cấu tạo khối. Pha 3 granit biotit, granosyenit biotit màu

hồng, cấu tạo khối. Pha đá mạch đều gặp ở hầu hết các khối gồm: granit aplit, pegmatit và granosyenit porphyr.

Để làm sáng tỏ thêm mức độ ảnh hưởng của các yếu tố địa chất tới quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam, đề tài đã xây dựng bản đồ thạch học cấu trúc và tiềm năng tai biến xói lở - bồi tụ của một số đoạn bờ trọng điểm đại diện cho 3 khu vực: miền Bắc, miền Trung và miền Nam (hình 2.2 - 2.4). Trên các bản đồ này biểu diễn đặc tính thạch học các đá gốc và trầm tích Đệ tứ bờ rời phần đất liền và phần ngập nước. Độ bền vững cơ lý của đất đá được phản ánh qua cấu trúc địa chất do các thể đất đá tạo nên. Tính chất khác nhau giữa các loại bờ cát Pleistocen, bờ cát Holocen và bờ biển đá gốc. Các kiểu bờ, vị trí phân bố và hướng của đường bờ là bức tranh sinh động của lịch sử phát triển địa chất lâu dài qua các giai đoạn kế thừa và nối tiếp nhau. Đó chính là mối tương tác giữa các quá trình nội sinh và ngoại sinh tác động đến quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông: quá trình phong hoá phá huỷ đá gốc, quá trình xâm thực bào mòn; quá trình vận chuyển và tích tụ vật liệu trầm tích do các dòng sông đổ ra biển, các dòng nước tạm thời và các yếu tố thuỷ động lực biển (sóng, thuỷ triều và dòng chảy ven bờ do sóng và triều gây ra).

2.2. ĐIỀU KIỆN ĐỊA HÌNH

2.2.1. Miền Bắc

Vùng này có đường bờ biển khúc khuỷu, mang những nét đặc trưng riêng gồm nhiều vũng, vịnh, eo biển như vịnh Cuốc Bê, vịnh Tiên Yên... eo Voi Lớn và hàng nghìn hòn đảo lớn nhỏ khác nhau ở ngoài khơi, tạo nên dạng địa hình đường bờ biển rất phức tạp. Đường bờ được tạo nên bởi nhiều dạng địa hình khác nhau, trong đó phát triển nhất là dạng địa hình karst. Quá trình karst xảy ra mạnh mẽ tạo nên nhiều hang hốc ở các núi ven bờ và các đảo ở ngoài khơi. Bên cạnh đó còn gặp các dạng địa hình có nguồn gốc bóc mòn được thể hiện ở các thềm mài mòn biển gặp ở Móng Cái, Uông Bí,... cũng như các bề mặt tích tụ Neogen bị bóc mòn ở Hòn Gai... tuy nhiên, loại này kém phát triển. Ở ngoài khơi (vịnh Hạ Long - Bái Tử Long) gặp hàng nghìn hòn đảo có kích thước, độ cao rất khác nhau, có hòn chỉ nhô lên khỏi mực nước biển 1 - 2 m, kích thước vài chục m^2, nhưng cũng có những khối núi cao xấp xỉ 400 m (đỉnh Đèo Hiêng...) và diện tích hàng trăm km^2 (đảo Cái Bầu, đảo Vĩnh Thực...). Chính mật độ phân bố không đều và kích thước hình thái đa dạng của các đảo cùng với hoạt động karst đã tạo nên một cảnh quan địa hình hết sức đa dạng, phong phú với những cảnh quan kỳ thú như vịnh Hạ

Long, Bái Tử Long... mà từ lâu đã được thế giới biết đến cũng như các bãi biển nổi tiếng: Bãi Cháy, Trà Cổ...

Quá trình phát triển của đới bờ trong vùng nghiên cứu đã tạo nên các dạng địa hình bờ đặc trưng: các đường bờ phẳng kéo dài và những đơn vị địa hình cơ bản đặc trưng cho vùng cửa sông (bãi triều, lạch triều, đới bờ ngầm...)

2.2.2. Miền Trung và miền Nam

Miền Trung và miền Nam có sự đa dạng về các kiểu đường bờ, tuy nhiên có thể chia thành các dạng chính sau:

❖ ***Đường bờ ở các vùng núi ven biển***

Phân bố chủ yếu từ Đà Nẵng xuống đến mũi Cà Ná. Đặc điểm chính của dạng này là đường bờ phát triển trên các thành tạo đá gốc cứng chắc xen kẽ các đoạn bờ phát triển trên các thành tạo bở rời Đệ tứ.

Khu vực từ Đà Nẵng đến mũi Cà Ná đường bờ khúc khuỷu và có nhiều mũi, vũng, vịnh và bán đảo nhất trong cả nước. Đáy biển ở khu vực này có độ dốc rất lớn, đường đẳng sâu 30m nằm gần sát bờ biển có nơi chỉ vài chục mét.

Từ Đà Nẵng đến Quy Nhơn những mũi đâm ra biển như mũi Đà Nẵng, mũi An Hoà, mũi Nam Trâm, mũi Ba Làng An và các bán đảo như bán đảo Sơn Trà, bán đảo Phước Mai đều có dạng tombolo. Những vịnh nước sâu như vịnh Đà Nẵng, vịnh Dung Quất, vịnh Nước Ngọt và vịnh Quy Nhơn rất thuận tiện cho việc xây dựng cảng biển, ở gần bờ có các nhóm đảo Cù Lao Chàm, đảo Lý Sơn (Cù Lao Ré)... Phần đất liền khu vực này cũng phát triển một vài đồng bằng nhỏ như đồng bằng Quảng Nam - Đà Nẵng ở cửa hệ thống sông Cái và sông Thu Bồn, Quy Nhơn ở cửa Sông Cả.

Từ Quy Nhơn đến Mũi Dinh, sườn Đông dãy Trường Sơn đã ra sát biển, bờ biển phát triển nhiều mũi, vịnh xen nhau. Một số vịnh có diện tích rộng lớn như vịnh Xuân Đài, Bến Gỏi, Văn Phong, Cam Ranh ăn sâu vào đất liền và được che chở bởi các bán đảo có diện tích khá lớn. Dọc biển khu vực này còn có nhiều đảo ở ngoài như đảo Hòn Lớn, Hòn Tre. Các đồng bằng ven biển khu vực này nhỏ hẹp có diện tích không đáng kể.

❖ ***Đường bờ ở các vùng đồng bằng duyên hải có xen các núi sót ven biển***

Phân bố chủ yếu từ Hà Tĩnh đến mũi Chân Mây và từ mũi Cà Ná đến Vũng Tàu. Đường bờ phát triển chủ yếu trên các thành tạo bở rời mà chủ yếu là cát biển

xen kẽ các mũi đá gốc nhô sát ra biển (mũi Lay, Kê Gà, Kỳ Vân...). Ngoài khơi thường có một số đảo nhỏ (Hòn Mê, Hòn Mắt, Hòn Lao...).

Địa hình vùng bờ biển Hà Tĩnh - Đà Nẵng có dạng đường bờ ở các vùng đồng bằng duyên hải có xen các núi sót ven biển với đường bờ biển chạy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam với nền đáy thoải, kéo dài khoảng 130 km mang những nét đặc trưng riêng gồm nhiều cửa sông (sông Hương, sông Bu Lu, sông Bồ...), vũng vịnh kín, vụng kín nửa hở (vụng Tây, vụng Đông, vụng Chân Mây...), đầm phá, đầm lầy ven biển (đầm Thủy Tú, đầm Cầu Hai, đầm Lập An), chúng tạo nên dạng địa hình tương đối phức tạp. Đáy biển thường có dạng đơn nghiêng về phía biển, một số nơi phát triển các dãy đê cát ngầm chạy song song với đường bờ biển ở độ sâu dưới 10 m nước như Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế. Đặc biệt ở ven biển khu vực này phát triển phong phú các cồn cát phong thành (Quảng Bình - Quảng Trị...) các bar cát chắn đầm phá ở bên trong. Một số nơi đá gốc tạo thành các mũi nhô tiến sát ra biển như mũi Chân Mây Đông, Chân Mây Tây. Hiện tượng *"cát bay"* lấn dần vào lục địa làm ảnh hưởng không nhỏ tới diện tích đất canh tác ven biển khu vực này.

❖ ***Đường bờ ở các vùng đồng bằng châu thổ rộng lớn***

Phân bố chủ yếu ở đồng bằng Nam bộ, phát triển chủ yếu trên các trầm tích Đệ tứ bở rời với kiểu bờ bồi tụ có xen các đoạn xói lở cục bộ và bị mạng lưới sông ngòi dày đặc chia cắt. Bề mặt bãi biển ở đây khá bằng phẳng hơi dốc về phía biển. Tại đây phát triển nhiều bãi lầy, rừng ngập mặn. Trước cửa sông thường phát triển hệ thống bar cát ngầm dạng kéo dài song song với đường bờ biển có khi tạo thành các cồn nổi.

Ở các vùng tiếp giáp khu vực này đường bờ bị chia cắt mạnh mẽ bởi các cửa sông hình phễu và các lạch triều với nhiều đảo phù sa mà độ cao không chênh bao nhiêu so với mực nước biển. Đây là kiểu bờ biển phát triển ở các châu thổ thuỷ triều (tidal delta) của hệ thống sông Đồng Nai - Vàm Cỏ ở phía Nam.

2.3. ĐẶC ĐIỂM TRẦM TÍCH VÀ THẠCH ĐỘNG LỰC

Vùng nghiên cứu kéo dài từ Móng Cái đến Hà Tiên, mỗi vùng được đặc trưng bởi các các dạng đường bờ riêng, điều kiện địa chất và địa động lực khác nhau, từ đó các quá trình tai biến địa chất cũng rất khác nhau. Các điều kiện địa chất nội sinh và ngoại sinh ảnh hưởng đến quá trình xói lở, bồi tụ của các vùng như sau:

2.3.1. Khu vực miền Bắc

Theo các tài liệu đã công bố [1],[2],[31],[32],[51],[56],[57],[58],[59],[71], [81] khu vực ven biển cửa sông miền Bắc gồm các loại trầm tích sau:

1. Trầm tích sạn cát

Phân bố thành các trường hẹp bao quanh đảo Bạch Long Vĩ và khu vực quần đảo Cô Tô. Thành phần bao gồm 32 - 46% cuội sạn, 50 - 69% cát và vắng mặt bùn sét. Trầm tích có độ chọn lọc từ trung bình đến kém (So ≥ 2,3%) độ mài tròn từ kém đến tốt (Ro = 0,3 - 0,9). Hàm lượng thạch anh và thành phần SiO_2 đều thay đổi trong một khoảng giới hạn rất rộng (Q = 60 - 75% và SiO_2 = 56 - 90%). Bởi vậy, hàm lượng Al_2O_3 rất thấp chỉ dao động từ 1 - 4%. Trong lúc đó hàm lượng Fe_2O_3 lại thay đổi từ 0,5 - 10%.

2. Trầm tích sạn cát bùn

Phân bố với một diện tích rất hẹp ở ven đảo Trà Ngố. Hàm lượng sạn sỏi chiếm từ 31 - 53% cát từ 25 - 50% và bùn từ 6 - 24%. Trầm tích có độ chọn lọc kém (So = 3,3), mài tròn từ kém đến trung bình (Ro = 0,3 - 0,6). Thành phần SiO_2 có xu thế giảm xuống và Al_2O_3 lại tăng cao hơn so với trường sạn cát.

3. Trầm tích cát bùn sạn

Trầm tích cát bùn sạn phân bố trên hai cánh nâng đối xứng với diện tích rộng lớn và có thành phần tương tự vì vậy được ghép lại thành một trường với hàm lượng các cấp hạt như sau: Sạn sỏi chiếm từ 2 - 25%; cát 45 - 83%; bùn 11 - 45%. Độ chọn lọc thay đổi từ tốt đến trung bình (So = 1,33 - 2,26). Trên bản đồ phân bố trầm tích tầng mặt trường cát bùn sạn cộng sinh với trường sạn cát và trường cát sạn nhỏ như một đới chuyển tiếp có địa hình trũng hơn hai trường kia. Trị số pH đạt tới 8,1 - 8,4 thể hiện môi trường trầm tích rất kiềm và thuận lợi cho kết tủa cacbonat hoá học. Hàm lượng SiO_2 và thạch anh khá phù hợp với tỷ lệ cát chiếm ưu thế.

4. Trầm tích cát sạn

Phân bố rộng rãi xung quanh quần đảo Cô Tô, rìa Tây Nam và phía Bắc vùng nghiên cứu bao lấy trường sạn cát và cộng sinh với trường cát bùn sạn và trường cát bùn. Trầm tích cát sạn chỉ chiếm tối đa 7% bùn vì vậy có độ chọn lọc tốt đến trung bình (So = 1,15 - 2,36). Hàm lượng thạch anh chiếm từ 60 - 80%; SiO_2 chiếm từ 54 - 87%; hàm lượng Al_2O_3 rất thấp (3 - 5%) và hoàn toàn phù hợp với tỷ lệ fenspat bắt gặp nghèo nàn trong mẫu. Giá trị kation trao đổi biến động trong một

giới hạn khá rộng từ 0,7 - 1,6. Điều đó cho phép liên hệ đến một số đường bờ cổ cuối Pleistocen muộn Holocen sớm (Q_{III}^{2}-$_{IV}^{1}$).

5. Trầm tích cát bùn

Chúng phân bố đối xứng và hướng vào trung tâm của thung lũng kiến tạo có phương vĩ tuyến. Trường cát bùn không chứa sạn sỏi, chủ yếu là hàm lượng cát (52 -88%) và bùn chiếm tỷ lệ thứ yếu (11 - 48%). Đặc biệt là Al_2O_3 rất thay đổi mẫu cao nhất đạt tới 15%. Đồng thời hệ số kation trao đổi luôn luôn đạt trên 0,85, trung bình là 1,2. Chứng tỏ trường trầm tích này hầu như không còn liên hệ gì với cát phù sa hiện đại.

Trường cát bùn hiện đại ven bờ và biển vịnh ven bờ gần như kín toàn bộ vịnh Hạ Long và vùng biển ven bờ phía Đông Bắc vùng nghiên cứu. Ở đây các trầm tích giàu vật chất hữu cơ hơn (≥ 1,08%) cát bùn biển nông (0,4%), đồng thời trị số kation trao đổi chỉ dao động từ 0,8 - 1,0%. Điều đó chứng tỏ sự pha trộn của các phù sa do hệ thống sông Kalong, Tiên Yên, Hà Cối... mang ra biển ven bờ vẫn liên tục xảy ra.

6. Trầm tích cát

Tạo thành một khu vực quanh cồn ngầm Đồ Sơn, đảo Vân Canh, Ngọc Kường, Phượng Hoàng, Triều Châu, bán đảo Trà Cổ cộng sinh với trường cát bùn ở cánh Bắc và hàng loạt các thể cát ở biển nông cộng sinh với trầm tích sạn cát, cát sạn và trường bùn sạn. Trường cát là những thể trầm tích được chọn lọc tốt nhất (So = 1,1 - 1,4%), hàm lượng cát chiếm 94 - 99% cho phép gọi trầm tích cát này là cát thạch anh đơn khoáng.

Khu vực Đồ Sơn - Ninh Bình trầm tích cát phân bố thành hai vị trí và có tuổi khác nhau: khu vực Đông Bắc xa bờ ở độ sâu từ 30 - 35 m nước và dải ven bờ bãi triều và tiền châu thổ hiện đại. Trường trầm tích rộng lớn này có độ chọn lọc khá tốt, S_o chỉ dao động từ 1,1 đến 1,3 cả cát xa bờ và cát bãi triều, Md thay đổi từ 0,1 đến 0,25 mm, trung bình 0,18 mm thuộc cát hạt nhỏ và hạt trung. Cát có thành phần đa khoáng trong đó hàm lượng thạch anh từ 60 đến 80%, fanspat từ 5 - 8%, mảng đá 10 - 15% và rất giàu khoáng vật phụ bền vững như tuamalin, epidot, granat, leucoxen.

Sự dao động về hàm lượng cát và hàm lượng bùn là phụ thuộc vào tuổi và vị trí phân bố của hệ trầm tích. Các thể cát ven bờ kiểu bãi triều và đê cát ven bờ hiện đại có độ tinh khiết cao hơn, đơn khoáng hơn và độ mài tròn tốt hơn.

7. Trầm tích cát bùn

Phân bố chủ yếu tại vùng biển Đồ Sơn - Ninh Bình thành hai khu vực cách xa nhau và cũng đặc trưng cho hai giai đoạn thành tạo:

- Khu vực xa bờ phân bố kề liền với trường cát. Tham số định lượng đặc trưng cho trường cát bùn xa bờ là độ chọn lọc trung bình, kém, So dao động từ 1,6 đến 2,6; Md thay đổi từ 0,02 đến 0,17 mm thuộc cát hạt nhỏ. Trầm tích cát bột xa bờ còn gặp dưới dạng các doi cát và cồn cát giữa lòng sông cổ phân bố rải rác trong các trường bùn cát và bùn sét.

- Khu vực ven bờ trầm tích cát bùn phân bố thành 1 đới nằm kẹp giữa trầm tích bùn phía ngoài và trầm tích cát chọn lọc tốt phía trong. Khác với trầm tích cát bùn xa bờ trường cát bùn ven bờ có độ chọn lọc tốt hơn (So = 1,11 - 1,38). Trầm tích thuộc đới hoạt động sóng mạnh, song kích thước trung bình vẫn là cát hạt mịn như đới cát bột xa bờ (Md = 0,11 - 0,14 mm).

8. Trầm tích bùn cát

Vùng biển Móng Cái - Đồ Sơn trầm tích bùn cát phân bố theo thung lũng kiến tạo sâu nhất có dạng hình đuôi cá chạy theo phương vĩ tuyến mở rộng về phía Đông. Trong nhóm trầm tích này có thể phân biệt chi tiết các phụ trường như sét cát, bùn cát và bột cát dựa trên biểu đồ tam giác phụ ba thành phần là cát, bột và sét. Các phụ trường này giống nhau về tỷ lệ hàm lượng giữa cát - bột - sét. Trầm tích giàu sét hơn phân bố thành một dải chạy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, nằm lệch về phía Đông nơi có địa hình sâu nhất và một giải hướng Tây Đông nằm dọc theo trục đối xứng của bồn trũng "đuôi cá". Còn lại trầm tích giàu bột phân bố thành từng điểm rải rác ở ven bờ do quá trình phân dị cơ học tốt hơn của các dòng chảy đáy ven bờ hiện đại. Còn lại trầm tích bùn cát là phông nền và phân bố cả biển nông cửa sông Bạch Đằng và ven biển Tiên Yên - Hà Cối. Trị số pH của nhóm trầm tích bùn cát thay đổi từ 8,1 đến 8,3 cao nhất so với các trường trầm tích còn lại. Điều đó cho phép suy nghĩ đến độ sâu và môi trường trầm tích biển cổ đã có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến bản chất của các kation và anion trao đổi của nhóm khoáng vật sét. Hàm lượng của sét monmorilonit chiếm từ 10 - 15% cũng chứng minh điều đó.

Vùng biển Đồ Sơn - Ninh Bình, trầm tích bùn cát phân bố thành một đới rộng chạy song song bờ (nằm ngoài độ sâu 30). Trầm tích thuộc trường bùn cát chứa hàm lượng cát từ 10 - 15% còn lại là bùn, độ chọn lọc (so thay đổi từ 1,64 đến 4,6).

9. Trầm tích bùn

Vùng biển Móng Cái - Đồ Sơn trầm tích nền của nhóm này là bùn. Sự phân bố của nhóm trầm tích bùn ở khu vực cửa Lân và một số rải rác lạc trong vùng nghiên cứu. Vị trí phân bố ven bờ có liên quan với giá trị pH thấp (7,6 - 8,0). Hàm lượng monmorilonit trong trường hợp bùn rất thấp (1 - 8%) và chỉ số kation trao đổi dao động trên dưới 1 chứng tỏ môi trường trầm tích đang ở vị trí tương tác lục địa - biển. So với trầm tích bùn cát nhóm trầm tích bùn có hàm lượng Al_2O_3 cao hơn (8 - 18%), Fe_2O_3 tương đối cao (1 - 5%), tỉ số Fe_2O_3/FeO luôn luôn lớn hơn 1.

Vùng biển Đồ Sơn - Ninh Bình trầm tích bùn phân bố thành một đới kéo dài dọc bờ từ 15 - 25 m nước ở phía Nam và phía Bắc cửa Ba lạt. Ngoài ra còn phân bố ở phía Nam đảo Cát Bà liên quan đến sự phân dị cơ học của phù sa hiện đại và cộng sinh với trường cát bùn. Trầm tích có độ chọn lọc trung bình số So thay đổi trong khoảng hẹp (So = 2 - 3,5), kích thước trung bình của hạt thay đổi không đáng kể (Md = 0,01 - 0,02 mm), hàm lượng cát chiếm không quá 10%. Khoáng vật sét chủ yếu là hydromica (20 - 30%), clorit (15 - 20%), kaolinit (10 - 15%) và monmorilonit (2 - 6%).

2.3.2. Miền Trung và miền Nam

Khu vực nghiên cứu được chia ra các vùng sau:

Vùng I: Thanh hoá - Đèo Ngang

Vùng II: Đèo Ngang - Sơn Trà

Vùng III: Sơn Trà - Quy Nhơn

Vùng IV: Quy Nhơn - Cà Ná

Vùng V: Cà Ná - Vũng Tàu

Vùng VI: Vũng Tàu - Trà Vinh

Vùng VII: Hà Tiên - Cà Mau

Trong đó, vùng I và vùng II thuộc Bắc Trung bộ, bờ biển cấu trúc kiểu đê cát ven bờ - lagoon cổ (có những nơi như Quảng Bình - Quảng Trị là cồn cát và bàu). Đặc điểm và phân bố trầm tích rất độc đáo, đặc trưng cho đầm phá và đê cát ven biển cổ. Bờ biển xói lở mạnh ở hai khu vực Cảnh Dương (Quảng Bình) và Thuận An (Thừa Thiên Huế).

Vùng III. Bờ biển phát triển tombolo, vịnh nhỏ và đá gốc - xói lở yếu ngoại trừ vùng cửa sông Tuy Hoà.

Vùng IV. Bờ biển cát đỏ đang bị xói lở mạnh đê cát ven bờ và lagoon thoái hoá xen đá gốc.

Vùng V. Đường bờ biển khúc khuỷu, các bãi triều thường có hình cánh cung, phía hai đầu mút là các mũi biển đá gốc.

Vùng VI. Bao gồm hai đoạn cửa sông Soài Rạp estuary và cửa sông Cửu Long - châu thổ bồi tụ - ngoại trừ cửa Định An (Hồ Tàu) đang xói lở mạnh.

Vùng VII. Đoạn bờ thành tạo một số mũi đá nhô và một số vịnh nhỏ. Các mũi nhô được thành tạo từ đá gốc rắn chắc.

a) Vùng Thanh Hóa - Hà Tĩnh

Dưới đáy biển vùng biển Thanh Hóa - Hà Tĩnh có các thành tạo trầm tích tầng mặt phong phú gồm có 9 trường trầm tích: sạn cát, cát sạn, cát chứa sạn, cát, cát bùn sạn, cát bùn, bùn sạn, bùn cát và bùn, ngoài ra còn có trầm tích cacbonat. Những sản phẩm trầm tích này cũng như quy luật phân bố của chúng là kết quả của nhiều quá trình và giai đoạn địa chất phức tạp chồng lấp và đan xen nhau.

1. Trầm tích sạn cát.

Sạn cát phân bố ở độ sâu 25 - 30 m, nước lộ trên mặt thành những khu vực nhỏ, khu vực bãi cạn Sầm Sơn. Các trường sạn cát này được thành tạo trong giai đoạn biển tiến mới Pleistocen muộn - Holocen sớm (Qi2-Q21), chúng là sản phẩm của đới ven bờ có sóng mạnh, vật liệu có thể được lấy ngay tại chỗ do sóng phá huỷ bờ cổ, song cũng có thể do sông mang ra, sau đó được tái phân bố.

2. Trầm tích cát sạn

Trầm tích cát sạn đoạn Thanh Hóa - Hà Tĩnh phân bố thành từng vùng nhỏ ngoài khơi, chúng cộng sinh với cát bãi triều cổ, cát bùn và cát bùn sạn nơi có hoạt động sóng mạnh. Độ chọn lọc kém, kích thước hạt trung bình lớn Md = 0,8 - 2,3 mm. Đặc biệt trường trầm tích cát sạn thường phân bố ở khu vực bãi cạn hay vùng cổ ngoài khơi như Bãi Cạn Cửa Kạn, bãi cạn Sót, vụng cổ Cẩm Xuyên, xung quanh Hòn Mê, Hòn Mắt.

3. Trầm tích cát chứa sạn

Trầm tích cát chứa sạn vùng biển Thanh Hóa - Hà Tĩnh phân bố rất ít không đáng kể ngoài khơi ở độ sâu 25 - 35 m Tĩnh Gia, hàm lượng cát tương đối lớn 68 - 85%, hàm lượng sạn 12 - 23%, kích thước hạt trung bình tương đối lớn 0,78 mm; độ chọn lọc So = 2,48 - 3,05 và thường cộng sinh với tướng cát, cát sạn bãi triều cổ.

4. Trầm tích cát bùn sạn

Phân bố xung quanh khu vực bãi Ba Lạt và tạo thành vùng tại độ sâu 15 - 30 m nước khu vực Cửa Bang, Mũi Rồng và ngoài khơi vịnh Diễn Châu (phía Bắc bãi cạn Cửa Vạn). Trầm tích cát bùn sạn có hàm lượng cát tương đối lớn, cộng sinh với trầm tích cát sạn và cát (khu vực bãi cạn Cửa Vạn - nơi có hoạt động sóng mạnh).

5. Bùn sạn

Phân bố thành từng điểm nhỏ ngoài khơi ở độ sâu 35m với hàm lượng bùn đến 78,5%; hàm lượng sạn 19,7%

6. Bùn cát

Vùng biển Thanh Hóa - Hà Tĩnh, trầm tích chiếm một khu vực rộng lớn quanh khu vực vịnh Diễn Châu ở độ sâu 5 - 25m nước phân bố dạng đối xứng với hàm lượng bùn từ 63,7% - 78,2%.

7. Trầm tích cát bùn

Trầm tích cát vùng biển từ Thanh Hóa - Hà Tĩnh phân bố trên một diện rộng lớn và có vai trò làm nền. Trầm tích cát bùn trong khu vực có hàm lượng cát tương đối lớn chiếm 48 - 75%; So =1,38 - 2,43; Md = 0,08 - 0,23mm.

8. Trầm tích cát

Trầm tích cát phân bố thành hai vị trí: cát xa bờ và cát ven bờ.

- Cát xa bờ có dạng dải, ovan định hướng song song với đường bờ và xen kẽ với trường cát bùn và trường bùn cát cát sạn thành tổ hợp cộng sinh tướng đê cát và lagoon cổ.

- Cát ven bờ là trường phổ biến nhất của vùng biển Thanh Hóa - Hà Tĩnh đặc biệt vùng bãi triều cửa khẩu Sầm Sơn hầu hết là bãi triều cát. Độ hạt của cát có xu thế giảm dần từ cát hạt trung (Bình Trị Thiên, Hà Tĩnh) đến cát hạt nhỏ pha hạt trung (Nghệ An, Sầm Sơn) và cát hạt nhỏ từ cửa Lạch Trường trở ra Nga Sơn. Theo chiều hướng đó độ chọn lọc kém dần và thành phần trầm tích đơn khoáng hơn.

9. Trầm tích bùn

Trầm tích bùn phân bố thành từng thể độc lập gặp ở các độ sâu khác nhau (5 - 25 m nước). Hình dạng các trường bùn với quy mô phân bố rất khác nhau. Tại Sầm Sơn trường bùn phân bố trên một khu vực rộng lớn cộng sinh với trường bùn cát, cát bùn. Chúng là tàn dư các vụng ven bờ cổ quy mô nhỏ xen với các tướng đê cát nói trên. Từ Đèo Ngang đến Thanh Hóa các tổ hợp cộng sinh tướng bùn sét lagoon và tướng đê cát cổ khá giống với vùng biển từ cửa Tư Hiền đến Cửa Việt.

Trong đó trầm tích bùn tạo thành một trường lớn tại khu vực vịnh Diễn Châu đến cửa Việt. Vùng biển này có địa hình dốc thoải, đơn nghiêng ra biển và các trường trầm tích không có quan hệ chặt chẽ với độ sâu. Trường bùn vẫn là tàn dư của một hệ đầm phá cổ liên quan đến một đới sụt lún yếu trong Holocen sớm - giữa về sau bị xáo trộn, chồng phủ các trầm tích bùn biển nông nằm ngoài đới chịu tác động sóng mạnh.

10. Trầm tích carbonat

Tổng hàm lượng carbonat được coi như một chỉ tiêu quan trọng để khoanh nhóm các trường carbonat dựa trên 3 bậc hàm lượng:

- Trường carbonat có hàm lượng >25%
- Trường carbonat có hàm lượng 25 - 5%
- Trường carbonat có hàm lượng <5%

Trên bản đồ trầm tích tầng mặt trường carbonat được ký hiệu kẻ sọc màu đỏ. Trường carbonat có hàm lượng trên 25% phân bố ở khu vực vịnh Diễn Châu, Nghi Lộc và Cẩm Xuyên, trường có hàm lượng <25% phân bố hầu như khắp khu vực vùng nghiên cứu từ độ sâu 10 - 35 m nước. Càng gần đến châu thổ sông Hồng hàm lượng carbonat càng có xu thế giảm.

Khi nghiên cứu quy luật phân bố trầm tích carbonat hiện đại thấy rõ dị thường cao của quần thể Molusca ở vùng vịnh Diễn Châu từ đới bãi triều đến độ sâu 30m nước. Quần thể Molusca có cả vỏ sinh vật đã chết và các loài đang sống. Đới bãi triều từ Diễn Châu đến Quỳnh Lưu từ độ sâu 0,2 - 1 m đều gặp phong phú quần thể đang sống. Hiện tại dân khai thác để làm thực phẩm. Sự tập trung phong phú của quần thể này chắc chắn có liên quan mang tính kế thừa từ các giai đoạn địa chất Holocen sớm giữa (Q21-2) đã từng tạo ra các cồn sò điệp phân bố trong trầm tích biển tiến Holocen trung ở Quỳnh Lưu. Lý giải lịch sử phát triển của quần thể Molusca sẽ giúp các nhà khảo cổ hiểu đúng bản chất tự nhiên của các cồn sò điệp không thể ngộ nhận nguồn gốc nhân tạo bằng sự cảm nhận trực giác.

b) Vùng Đèo Ngang - Sơn Trà

Vùng biển Đèo Ngang - Sơn Trà là vùng biển có đặc điểm trầm tích cũng như quy luật phân bố rất độc đáo tiêu biểu cho hệ đầm phá và đê cát ven biển cổ. Thành phần vật chất và quy luật phân bố của các thực thể trầm tích đáy biển ven bờ là kết quả của nhiều quá trình và nhiều giai đoạn địa chất chồng lấp lên nhau.

1. Trầm tích sạn cát

Phân bố thành những vùng nhỏ đặc trưng cho môi trường sóng hoạt động mạnh. Sạn cát phân bố ở xa bờ (20 - 25 m nước) nằm song song với đường bờ hiện đại (trước cửa Tư Hiền, cửa Thuận An và cửa Việt). Trầm tích sạn cát phân bố ở ven bờ hiện tại - những nơi lộ đá gốc như mũi Đà Nẵng, tại đây trầm tích này thường cộng sinh với khối tảng, cuội ven bờ. Kích thước hạt trung bình Md = 1,8 - 0,7 mm; chọn lọc trung bình.

2. Trầm tích cát sạn

Phân bố khuôn theo đường đẳng sâu 20 m (Tây Bắc cửa Tư Hiền), Nam đảo Cồn Cỏ ở khu vực Quảng Trạch, đặc biệt là khu vực cửa Việt, cửa Thuận An và cửa Tư Hiền, đặc trưng cho môi trường sóng hoạt động mạnh. Hàm lượng cát chiếm 65,7 - 78,2%; hàm lượng sạn 16,7 - 27,8%. Trầm tích cát sạn trong vùng Đèo Ngang - Sơn Trà chỉ chiếm tối đa 6,8% bùn do đó có độ chọn lọc từ trung bình đến tốt (1,34 - 2,56). Trầm tích cát sạn vùng biển Đèo Ngang - Sơn Trà lộ ra ở hai khu vực:

Trầm tích cát sạn ven bờ hiện đại (QIV3) xuất hiện ở xung quanh Bãi Bang, Bãi Bắc, mũi Bãi Nam, nơi lộ ra đá gốc ở sát mép nước đặc trưng là hoạt động của sóng và triều phá huỷ bờ tạo ra trầm tích, sau đó sắp xếp và tái phân bố lại.

Trầm tích cát sạn ở khu vực xa bờ là sản phẩm của giai đoạn biển lùi Pleistocen muộn - Holocen sớm, lúc đó đường bờ ở độ sâu 30 m nước do đó khu vực nghiên cứu lúc đó là đất liền có vai trò cung cấp vật liệu trầm tích cho vùng lãnh hải ở đây. Chính vì vậy, quá trình phong hoá giai đoạn này đã diễn ra trong một môi trường nóng ẩm xen khô ráo định kỳ, cho sản phẩm là lớp laterit màu nâu đỏ loang lổ. Nguồn vật liệu trầm tích này lúc bấy giờ do sông mang ra sau đó bị quá trình biển ven bờ (sóng và thuỷ triều) tái phân bố và sắp xếp lại nên có hình dáng như ngày nay.

3. Trầm tích cát

Trầm tích cát vùng biển Đèo Ngang - Sơn Trà có sự thay đổi hàm lượng trong trầm tích và sự phân bố các thể cát trên bề mặt đáy biển phản ánh những quy luật thành tạo và tiến hoá trầm tích qua lịch sử phát triển địa chất phức tạp của đới biển ven bờ. Đó chính là cát ven bờ chạy dọc theo đường bờ từ Đèo Ngang đến Sơn Trà với hàm lượng cát hầu hết là đạt 100% với độ chọn lọc cao. Tại đây tiềm năng khoáng sản rất lớn với bãi sa khoáng có hàm lượng khoáng vật nặng cao. Chính

tướng cát bãi triều và trên triều hiện đại (QIV3) được cung cấp bởi cát lục địa do quá trình xói lở bờ trong giai đoạn biển tiến.

Cát xa bờ phân bố thành vùng ở độ sâu 20 - 35 m nước thuộc tướng cát, cát sạn bãi triều cổ Pleistocen muộn - Holocen sớm (từ cửa Việt đến cửa Tư Hiền). Trong đó, các trường cát này thuộc tướng cát, đê cát ven bờ cổ có hàm lượng cát tương đối lớn 58 - 94% với độ chọn lọc và mài tròn tốt vì không bị lớp trầm tích mới của pha biển tiến Flandrian phủ lên đáng kể, ngoài ra lớp trầm tích này còn bị rửa lũa do các dòng chảy đáy phá huỷ nên có hình dạng nguyên trạng là các đê cát ban đầu. Những đê cát này xuất hiện cùng thời với lớp trầm tích cát sạn kể trên nên chúng cộng sinh với nhau rất chặt chẽ.

4. Trầm tích cát bùn sạn

Là sản phẩm của sự phá huỷ đá gốc, trầm tích cát bùn sạn duy nhất chỉ tồn tại ở khu vực đảo Cồn Cỏ. Hàm lượng cát tương đối lớn. Ngoài ra làm lượng sạn 8 - 17% và bùn 5 - 7%.

5. Trầm tích cát bùn

Trầm tích cát bùn tạo thành dải kéo dài chạy song song với đường bờ ở độ sâu 10 - 15 m. Tại khu vực cửa Nhật Lệ trường trầm tích này mở rộng ra đến độ sâu 25 m. Ngoài khơi ở độ sâu 25 - 50 m nước trầm tích cát bùn tạo thành 1 dải rộng lớn từ cửa Việt đến cửa Tư Hiền. Nét đặc trưng của trầm tích cát bùn là trầm tích hạt nhỏ, độ chọn lọc tốt và rất tốt, So = 1,3 - 1,7. Hàm lượng cát trên 60% trong khi đó hàm lượng bùn thì rất thấp chỉ chiếm 15 - 37%. Tầng trầm tích này làm nền cho cả khu vực nghiên cứu, đây chính là sản phẩm của quá trình biển tiến hiện đại tác động lên sườn bờ ngầm, quá trình tái trầm tích này cũng xảy ra một cách liên tục và đồng đều từ Pleitocen đến Holocen.

6. Trầm tích bùn sạn

Trầm tích bùn sạn vùng biển Đèo Ngang - Sơn Trà chỉ xuất hiện khuôn theo đường đẳng sâu 35 m (Đông Nam Hòn La). Hàm lượng bùn 76%, hàm lượng sạn 23,7%; độ chọn lọc trung bình, kích thước hạt trung bình Md = 0,08 mm.

7. Trầm tích bùn cát

Đóng vai trò làm nền cho các trường trầm tích khu vực Đèo Ngang - Sơn Trà, trầm tích bùn cát phân bố trên một khoảng rộng lớn khắp khu vực với độ sâu khác nhau từ 5 - 50 m nước.

8. Trầm tích bùn

Vùng biển Đèo Ngang - Sơn Trà trầm tích bùn có quy mô phân bố rất khác nhau. Khu vực phát triển nhất đó là đoạn từ Quảng Trạch đến cửa Việt phân bố ở độ sâu 25 - 40 m nước có dạng dải kéo dài song song với đường bờ và mở rộng ra ở khu vực Bến Hải, cửa Nhật Lệ.

Ngoài khơi mũi Hàn đến mũi Đà Nẵng trầm tích bùn cũng tạo thành một dải kéo dài. Từ cửa Tư Hiền đến cửa Việt trường bùn phân bố tạo thành những dải hẹp xen kẽ với cát bùn sạn và cát. Chúng là tàn dư của các vụng ven bờ cổ có quy mô nhỏ xen kẽ với các đê cát và lagoon liên quan đến một đới sụt lún yếu sau đó bị xáo trộn và chồng phủ lớp trầm tích bùn biển nông nằm ngoài đới chịu tác động sóng mạnh. Trong đó tầng trầm tích bùn, bùn sét (QIV1-2) phân bố ở độ sâu 20 - 25 m được hình thành trong giai đoạn biển tiến sau biển lùi Wurm. Các lagoon này bị nhiều quá trình địa chất sau này tác động đến như vai trò của biển tiến Flandrian, pha biển lùi Holocen muộn, biển tiến Holocen muộn, biển lùi 1500 năm trước đây và bây giờ là pha biển tiến hiện đại. Chính những quá trình địa chất này đã làm phức tạp hoá quá trình trầm tích cũng như quy luật phân bố của chúng theo không gian và thời gian.

c) Vùng Sơn Trà - Quy Nhơn

Các thành tạo trầm tích tầng mặt vùng biển Sơn Trà - Quy Nhơn cũng có tính phân dị rõ rệt. Phần phía Nam bờ khúc khuỷu phổ biến doi cát nối đảo tạo ra vịnh nước ngọt và các vịnh nhỏ ở Phú Yên. Song tính chất đó đã yếu dần và chuyển sang kiểu bờ biển với bãi triều cát, các cửa sông estuary và các đê cát cổ ven bờ đặc trưng.

1. Trầm tích sạn

Trầm tích sạn vùng biển Sơn Trà - Quy Nhơn phân bố chủ yếu ở khu vực Vũng Viết Thanh tại độ sâu 30 - 35 m nước. Thành phần trầm tích chủ yếu là sạn > 90%, còn một số ít là cát 6 - 8%. Trầm tích sạn ở đây cộng sinh với cát và cát bùn đặc trưng cho vùng biển có hoạt động sóng mạnh tích tụ trầm tích.

2. Trầm tích sạn cát

Trầm tích sạn cát tại đây xuất hiện tại hai khu vực của vùng biển: vùng biển ven bờ và vùng biển xa bờ đặc trưng cho hai môi trường và giai đoạn địa chất khác nhau. Dải sạn cát ven bờ gặp ở vùng biển Dung Quất và Nam Tuy Hoà. Chúng

phân bố liền kề với các bờ vách khối tảng có đá gốc lộ ra với diện không lớn (Mũi Tíu, Mũi Nam Trâm...) rất đặc trưng cho vùng biển này. Dải sạn cát xa bờ phân bố ở độ sâu 20 - 30 m nước với 1 diện nhỏ, đây chính là dấu ấn của đường bờ cổ Q_{III}^2 thuộc tướng cát sạn bãi triều cổ chịu tác động mạnh của sóng. Đây chính là sản phẩm của các lòng sông cổ vươn dài ra trong giai đoạn biển lùi Q_{III}^2-Q_{IV}^1.

3. Trầm tích cát sạn

Trầm tích cát sạn phân bố thành những trường nhỏ và hẹp nằm dọc theo đường bờ vùng biển Sơn Trà - Quy Nhơn. Trong đó chỉ có một khu vực có diện lộ lớn nhất ở vùng Nam Cù Lao Chàm cộng sinh với sạn cát và cát, trong đó chủ yếu là cát hạt trung và sạn với độ chọn lọc kém đặc trưng cho môi trường sóng hoạt động mạnh do xuất hiện 1 hàm lượng sạn lục nguyên và laterit có lẫn vỏ sò trong trầm tích.

4. Trầm tích cát chứa sạn

Trầm tích cát chứa sạn phân bố ở vùng biển ven bờ và vùng biển xa bờ. Ở ven bờ trường trầm tích này liên quan đến hoạt động xói lở đường bờ xuất hiện ở Quy Nhơn, nơi có bờ biển dốc và sâu. Hàm lượng cát lớn 75 - 89%, hàm lượng sạn 8 - 17%. Trường trầm tích cát chứa sạn ở xa bờ lộ ra trên một diện lớn hơn kéo dài, mở rộng ra ở Cù Lao Xanh tại độ sâu 30 - 50 m nước. Trầm tích cát chứa sạn bãi triều hiện đại ở đây tương đối cân bằng do môi trường trầm tích là vịnh nửa kín có động lực sóng yếu. Tuy nhiên, do bãi triều có sự xen kẽ các thành tạo địa chất khác nhau nên có sự phân hoá về thành phần thạch học cũng như độ mài tròn và chọn lọc của trầm tích trong khu vực này.

5. Trầm tích cát

Trầm tích cát vùng biển Sơn Trà - Quy Nhơn phân bố kéo dài dọc theo đường bờ từ Hội An đến Phù Mỹ. Hàm lượng cát trên 60%, bùn 32 - 38%, thể hiện một vùng biển có hoạt động sóng yếu, chế độ thuỷ động lực trung bình, hàm lượng sét luôn có mặt từ 10 - 40%, độ chọn lọc kém >2,5 đã chứng minh rằng trường trầm tích này thuộc tướng biển nông hiện đại (Q_{IV}^{2-3}). Cát xa bờ phân bố chủ yếu ở vùng Hội An lộ trên một diện nhỏ hẹp cộng sinh với tướng cát đê cát ven bờ cổ tại độ sâu 20 - 50m nước. Đặc trưng của trầm tích đê cát ven bờ cổ (Q_{IV}^{1-2}) là có độ chọn lọc và mài tròn tốt, hàm lượng cát cao chiếm hàm lượng lớn ngoài ra còn có thành phần bột. Ở nơi có địa hình nổi cao tạo thành dải kéo dài khuôn theo đường

đẳng sâu. Vai trò của sóng đới bờ trong các pha biển tiến là yếu tố chủ đạo để tạo nên các đê cát này. Trong đó trầm tích cát bãi triều hiện đại phân bố dọc theo bờ biển vùng nghiên cứu và là sản phẩm do sông mang ra là chủ yếu, ngoài ra còn do hoạt động xói lở bờ biển từ những đê cát trên đất liền. Cát bãi triều có độ chọn lọc và mài tròn tốt.

6. Trầm tích bùn cát

Phân bố ở hai khoảng độ sâu khác nhau: ngoài 30 m nước và 15 - 20 m nước.

Trầm tích bùn cát ở độ sâu ngoài 30 m nước chiếm gần như toàn bộ vùng biển Sơn Trà - Quy Nhơn với vai trò làm nền cho toàn bộ trầm tích ở đây. Khu vực Hội An - Dung Quất nơi có bờ biển thoải trầm tích bùn cát có dạng dải kéo dài đôi chỗ bị thu hẹp (Thăng Bình) và đôi chỗ được mở rộng (vũng Dung Quất) ở độ sâu 5 - 15 m. Hàm lượng cát thay đổi trong khoảng khá lớn 8,6 - 27,3% còn lại là bột, Md thay đổi từ 0,12 - 0,34 mm, độ chọn lọc trung bình đến tốt 1,2 - 2,38. Trong đó trầm tích bùn cát biển nông ven bờ hiện đại (Q_{IV}^3) bị chi phối của quá trình động lực ngoại sinh hiện đại như sóng, dòng chảy và triều. Lượng phù sa do sông cung cấp chiếm tỷ lệ khá nhỏ, hầu như là quá trình tái vận chuyển và phân bố lại.

7. Trầm tích cát bùn

Chủ yếu có dạng dải kéo dài phân dị theo độ sâu đôi chỗ mở rộng ra (Hội An), Cù Lao Chàm, Đông Nam Sông Vệ. Đây chính là các tàn dư của vũng vịnh và lagoon cổ (Q_{IV}^1) có độ chọn lọc kém, môi trường oxy hoá yếu.

8. Trầm tích bùn

Trầm tích bùn khu vực biển Hội An - Dung Quất phân bố rộng nhất từ độ sâu 10 - 45 m nước. Trầm tích có màu xám nâu đến xám xanh theo hướng chuyển dần từ bờ ra khơi. Độ chọn lọc kém > 2,5; Md = 0,008 - 0,02 mm. Hàm lượng bùn chiếm trên 90%. Khu vực Dung Quất đến Phù Mỹ trầm tích bùn ít hơn ở đới ngoài sâu 30 - 50 m nước. Đây chính là các vũng vịnh (lagoon) cổ bị san bằng trong chu kỳ biển lùi và bị xáo trộn lớn trầm tích tầng mặt do quá trình địa chất hiện đại làm tăng hợp phần cát từ 5 - 25%.

Trầm tích bùn trong khu vực này tồn tại ở các độ sâu khác nhau và có tuổi từ Pleistocen đến Holocen.

Trầm tích bùn sét vũng vịnh lagoon cổ kéo dài dọc theo đường bờ vùng nghiên cứu, những vũng vịnh này nối tiếp nhau khuôn theo đường đẳng sâu, một phần phân bố cộng sinh liền kề với tướng đê cát ven bờ cổ. Bùn thuộc tướng trầm tích này có độ chọn lọc kém, hàm lượng bùn cao lên tới trên 80%. Đây là tầng trầm tích được kế thừa và phát triển của nhiều quá trình biển thoái từ Pleistocen muộn cho đến Holocen sớm.

Bùn vũng vịnh cổ tàn dư (Q_{IV}^{1-2}) phân bố ngoài khơi khu vực Tam Kỳ cộng sinh liền kề với đê cát ven bờ cổ và chiếm một diện tích rộng lớn, trung tâm của vịnh Dung Quất, hàm lượng bùn chiếm 82 - 93%, độ chọn lọc trung bình đến kém. Trong pha biển tiến Flandrian vịnh Dung Quất là một bồn trũng nửa kín được hình thành do một đới sụt lún khối tảng kiến tạo từ Neogen. Trầm tích Holocen sớm - giữa là kế thừa lấp đầy một trũng Đệ tứ. Đến nay trầm tích hiện đại ($Q_{IV}^{3}b$) do sông mang tới cũng kế thừa và xáo trộn với bùn sét Q_{IV}^{1-2} cổ tương tự bồn trũng bùn sét Q_{IV}^{1-2} biển nông Đèo Ngang - Vịnh Mốc.

d) Vùng Quy Nhơn - Cà Ná

1. Trầm tích sạn cát

Trầm tích sạn cát vùng biển Quy Nhơn - Cà Ná xuất hiện ở bờ biển Tuy Hoà khu vực Mũi Lớn, mũi Nậy, mũi Mao và mũi Ba. Tại khu vực này bờ biển dốc, trầm tích sạn cát phân bố trong một khoảng độ sâu rất lớn 5 - 50 m nước. Hàm lượng sạn từ 6,8 - 82,7%, hàm lượng cát chủ yếu là cát thô chiếm 18,7 - 32,6%. Trầm tích trong khu vực này có độ chọn lọc và mài tròn kém. Nguồn gốc trầm tích tại đây chủ yếu là do đá gốc ven bờ bị xói lở và cung cấp trầm tích cho khu vực này. Tướng sạn cát nón phóng vật phổ biến ở các đoạn bờ khúc khuỷu và các đảo. Những nơi núi tiếp giáp với biển bao giờ cũng xuất hiện các thung lũng, mương xói và suối đang hoạt động. Chính các thung lũng ngắn và dốc này cung cấp các vật liệu thô tạo ra một thực thể trầm tích có dạng tam giác đối xứng

2. Trầm tích sạn cát bùn

Vùng biển ven bờ trầm tích sạn cát bùn có mặt tại Mũi Đá Vách và Hòn Cò. Tại Hòn Cò bờ biển dốc trầm tích sạn cát bùn kéo dài từ độ sâu 15 - 50 m nước hình bầu dục hàm lượng sạn 57,8 - 60,3%, cát 25,4 - 28,3%, bùn 10,7 - 18,4%, độ chọn lọc và mài tròn kém. Trầm tích trong khu vực này thuộc đới sóng hoạt động mạnh và được cung cấp từ dòng bồi tích cửa sông mang ra. Tại Mũi Đá Vách, bờ

biển khúc khuỷu, đáy biển dốc đứng do đó trầm tích sạn cát bùn phân bố từ bờ ra khơi đến hết phạm vi nghiên cứu. Hàm lượng sạn ở đây rất cao 48,7 - 67,5%. Hiện tượng xói lở bờ biển xảy ra mạnh mẽ do đó nguồn cung cấp chủ yếu là ven bờ.

Ở vùng biển xa bờ trầm tích sạn cát bùn lộ ra ở Cù Lao Xanh với diện phân bố nhỏ hẹp chạy dọc theo đường đẳng sâu 45 - 50 m nước. Tại đây trầm tích sạn cát bùn cộng sinh với bùn cát và cát bùn. Hàm lượng sạn chiếm 45,7%, cát 38,6% và bùn là 13,1% với độ chọn lọc kém và độ mài tròn trung bình.

Trong khu vực này trầm tích sạn cát bùn bãi triều kín phân bố ở vịnh Văn Phong, Nha Trang, Cam Ranh có độ chọn lọc kém, mài tròn từ trung bình đến kém thể hiện trình độ phân dị chưa cao do động lực sóng yếu.

3. Trầm tích cát sạn

Trầm tích cát sạn vùng biển Quy Nhơn - Cà Ná lộ ra ở bờ biển huyện Sông Cầu, Linh Hải và ngoài khơi Bàu Cạn Lô Than. Tại Bàu Cạn Lô Than trường trầm tích này phân bố trên một khu vực rộng từ Nam Mũi Cầu Hin đến Bắc Mũi Giải Nanh thuộc tướng cát sạn bãi triều cổ phân bố ở độ sâu 15 - 45 m, đặc trưng cho trường trầm tích được tích tụ do sóng. Ngoài ra trường trầm tích này còn phân bố ở khu vực bãi triều ven biển như ở Sông Cầu và Linh Hải, cộng sinh với tướng cát bùn. Trầm tích tại đây có độ chọn lọc kém So = 2,5 - 3,5.

4. Trầm tích cát chứa sạn

Trầm tích cát chứa sạn phân bố ở ngoài khơi từ Mũi Yến đến Cù Lao Xanh, nơi đây chính là những bãi triều mở xen kẽ giữa các khối magma nhô ra. Thành phần khoáng vật từ đa khoáng đến ít khoáng giàu thạch anh và felspat bền vững. Kích thước hạt trung bình thay đổi từ 0,23 - 0,75 mm. Độ chọn lọc từ trung bình đến tốt So = 1,5 - 2,5.

5. Trầm tích cát

Trầm tích cát hầu như phân bố dọc theo đường bờ từ Quy Nhơn đến Cà Ná, chúng được thành tạo ở nhiều vùng khác nhau với những điều kiện địa chất khác nhau, từ đó chúng được chia ra các nhóm như sau:

- Cát bãi triều được thành tạo do sự tương tác giữa lục địa và biển, chúng là những thực thể trầm tích được phân bố trong giới hạn giữa đỉnh triều cường và triều kiệt. Tuỳ từng vị trí khác nhau phụ thuộc vào độ dốc của đáy biển mà cát có diện

phân bố rộng hay hẹp. Thành phần cát chủ yếu là thạch anh đơn khoáng như ở Nha Trang, bờ biển thoải và nông nên cát phân bố trên một diện rộng. Tuy nhiên ở Cam Ranh bờ biển dốc nên cát có diện phân bố hẹp hơn.

- Tướng cát bãi triều cửa sông phân bố trước cửa sông Long Hải, sông Phan Thiết, Phan Rí, Phan Rang và sông Nha Trang với sự thành tạo do kết quả tương tác sông - biển, các vật liệu do sông mang ra được sóng và dòng triều tái phân bố lại.

- Cát hạt thô tướng lòng sông tàn dư được thành tạo vào Pleistocen muộn phân bố trước các cửa biển từ Phan Rang đến Hàm Tân, phân dị độ hạt theo quy luật dòng chảy một chiều từ bờ ra khơi.

- Cát mịn biển nông ven bờ được thành tạo từ Holocen đến nay, chính vùng biển có đường bờ khúc khuỷu với nhiều vũng vịnh, địa hình đáy biển phân dị mạnh tạo ra vùng biển tương đối yên tĩnh thuận lợi cho việc thành tạo các thể cát mịn này.

6. Trầm tích cát bùn chứa sạn

Duy nhất trong vùng biển Quy Nhơn - Cà Ná xuất hiện trường trầm tích cát bùn chứa sạn tại Mũi Giải Nanh huyện Cam Ranh. Trường trầm tích này phân bố ngoài khơi ở độ sâu trên 50 m nước tạo thành hình bầu dục cộng sinh với tướng cát bãi triều hiện đại.

7. Trầm tích cát bùn

Trầm tích cát bùn phân bố trên một diện không lớn ngoài khơi bán đảo Hòn Gốm, ven bờ biển Quy Nhơn và đầm Cù Mông. Trường cát bùn tạo thành dải kéo dài dọc theo đường bờ cộng sinh với bùn cát và cát.

8. Trầm tích bùn cát

Chỉ phân bố thành từng khu vực nhỏ ven bờ và xa bờ. Diện phân bố lớn nhất là ở Sông Cầu tạo thành một dải phủ kín vịnh Xuân Đài. Độ chọn lọc của trầm tích này rất kém So = 3,7; Md = 0,017 mm phản ánh đúng sự phân bố của nó trên một địa hình dốc bên ngoài trường trầm tích cát bùn và cát sạn.

9. Trầm tích bùn

Phân bố trên một khu vực vô cùng rộng lớn trên bản đồ của khu vực Quy Nhơn - Cà Ná đóng vai trò làm nền cho toàn bộ khu vực này. Trầm tích bùn tại đây

có độ chọn lọc kém So = 2,97 - 3,45, kích thước hạt trung bình Md = 0,005 - 0,01 mm. Trầm tích bùn có thể phân ra các tướng sau đây:

- Trầm tích bùn sét bãi triều lầy thường xen kẹp với các bãi triều khác, tuy nhiên hàm lượng bùn ở đây tăng đáng kể mà hàm lượng bùn cát giảm điều đó chứng tỏ các đoạn bờ này có sóng yếu, môi trường nước khá yên tĩnh, các trầm tích hạt mịn được mang từ lục địa ra được lắng đọng ngay ở bãi triều do các dòng chảy tạm thời chi phối.

- Tướng bùn sét biển nông phát triển thành từng dải, trầm tích này giàu vật chất hữu cơ với nguồn sét hoàn toàn do lục địa cung cấp từ các vỏ phong hoá sau đó được lắng đọng và phân dị ở các trũng sâu có động lực yếu.

- Tướng bùn vũng vịnh thay đổi từ bùn sét, sét bùn cát thay đổi tuỳ độ sâu và chế độ thuỷ động lực từng vị trí

e) Vùng Cà Ná - Vũng Tàu

1. Trầm tích sạn cát

Trường trầm tích này có diện phân bố nhỏ hẹp phía nam Phò Trì ở độ sâu 12 m nước và phía Nam Thuận Biên ở độ sâu 25 m nước và ở đới ven bờ (0 - 15 m nước) phía Nam Phan Thiết và Nam Tuy Phong. Trầm tích có kích thước hạt trung bình Md = 0,7 mm; chọn lọc tốt (So = 1,56). Thành phần sạn ở đây chủ yếu là mảnh vụn vỏ sò có kích thước lớn hơn 1 mm, thành phần thứ yếu là mảnh đá lục nguyên. Hợp phần cát trong trầm tích chủ yếu có kích thước hạt nhỏ đến trung, hàm lượng: 63,5%. Trầm tích này vẫn chứa một lượng bùn đáng kể (5,1%). Thành phần khoáng vật cát: Thạch anh 80%; mảnh đá ít; felspat: 6%, còn lại là vụn vỏ sò.

2. Trầm tích cát sạn

Diện phân bố lớn nhất, kéo dài từ Đông Bắc đến Tây Nam vùng nghiên cứu và từ độ sâu 0 - 30 m nước. Trầm tích thường có độ chọn lọc trung bình đến tốt, kích thước hạt trung bình thay đổi từ 0,14 - 0,75 mm. Hàm lượng cát khá cao chiếm 69,8 - 93,1%, cát chủ yếu có kích thước hạt mịn. Hàm lượng sạn trong trầm tích cũng khá cao (13,1%) nhờ sự bổ sung của vụn vỏ sinh vật, còn lại là bùn (4,05%).

3. Trầm tích cát bùn sạn

Trầm tích cát bùn sạn phân bố kéo dài song song với đường bờ từ Đông Vũng Tàu đến Phò Trì, ở độ sâu 5 - 10 m và nằm rải rác trong trường cát sạn phía Nam Phan Thiết ở độ sâu 22 - 30 m nước, phía Đông Nam Mũi Gió ở độ sâu 15 - 18 m nước. Trầm tích cát bùn sạn có độ chọn lọc trung bình đến kém (1,7 - 2,08), kích thước hạt trung bình M_d = 0,15 - 0,36 mm. Hàm lượng cát trong trầm tích chiếm 73,5 - 84,3%. Hàm lượng thạch anh trong cát 65 - 80%, fenpat 5 - 7%, ít mảnh đá, còn lại là vụn vỏ sinh vật, bùn trong trầm tích chiếm 10,07%, hàm lượng sạn khá cao kích thước lớn hơn 0,1 mm.

4. Trầm tích cát chứa sạn

Vùng biển Vũng Tàu - Phò Trì có địa hình tương đối đơn điệu nhờ quá trình "san lấp" một khối lượng cát khá lớn nhờ quá trình tái phân bố trầm tích trong các pha biển tiến Holocen và thuỷ động lực hiện đại. Trên nền cát sạn đã tạo nên một tướng đê cát tàn dư phân bố thành từng dải ở độ sâu từ 15 - 35 m nước chạy song song với đường bờ và đường đẳng sâu. Các đê cát có độ chọn lọc tốt (S_0 = 1,2), hàm lượng cát tăng lên 87,5%, độ mài tròn tăng ($R_0 \geq 0,7$).

Đối với vùng biển Cà Ná - Kê Gà tướng đê cát ven bờ cổ khác cơ bản là độ hạt mịn hơn (M_d = 0,18 mm), hàm lượng bùn cao hơn (13,5%) và phân bố không song song với bờ do địa hình đáy biển bị phân dị mạnh trước giai đoạn Đệ tứ. Đồng thời trong Đệ tứ chuyển động kiến tạo vẫn tiếp tục kế thừa làm phân dị địa hình ngay cả các thành tạo trầm tích.

5. Trầm tích cát

Trầm tích cát chủ yếu phân bố ở đới bãi triều (0 - 5 m nước) từ Đông Vũng Tàu đến Phò Trì và rải rác ở phía Nam Phan Thiết và Nam Mũi Hà Thủy. Trầm tích có độ chọn lọc mài tròn tốt, hàm lượng cát khá cao (95 - 98%), còn lại là bùn. Cát phân bố trong khu vực này chủ yếu là cát hạt mịn (M_d = 0,15 - 0,25 mm). Hàm lượng thạch anh 85 - 90%; fenpat = 5 - 7%; mảnh đá 3 - 6%. Trầm tích cát trong khu vực này được thành tạo trong các môi trường khác nhau điển hình là cát bãi triều hiện đại sóng hoạt động mạnh (Q_{IV}^3) đặc trưng trong đoạn bờ Vũng Tàu - Phò Trì là bãi triều luôn luôn chứa sạn lục nguyên, vụn vỏ sò hàm lượng cao (15,8%), còn bùn sét chiếm một tỷ lệ khá thấp (≤ 3,2%). Vùng Cà Ná - Kê Gà có bờ biển khúc khuỷu, các bãi triều thường có hình cánh cung hai đầu mút là các mũi biển đá

gốc. Quá trình biển đại dương thế giới dâng cao (1 mm/năm) đã làm tăng nặng hoạt động xói lở bờ và tạo nên bờ cong lõm. Vùng Phan Thiết có hiện tượng xói lở cát đỏ Pleistocen và tái tạo bãi triều mới. Vì vậy, trong cát bãi triều có mặt ba màu sắc: cát trắng, cát vàng nghệ và cát đỏ.

6. Trầm tích cát bùn chứa sạn

Trầm tích cát bùn chứa sạn ven bờ cổ (Q_{IV}^{1-2}) liền kề với môi trường bãi triều có sóng hoạt động mạnh, dưới triều là đới sóng tan, bên ngoài là sóng lan truyền và xáo trộn xuống đáy khi có bão. Trầm tích cát bùn chứa sạn phân bố chủ yếu ở Nam Long Hải, dạng đẳng thước ở độ sâu 10 - 25 m nước. Trầm tích này có độ chọn lọc tốt, kích thước hạt trung bình thay đổi từ 0,13 - 0,17%. Hàm lượng cát trong trầm tích chiếm 79,08%; bùn chiếm 18,62%, còn lại là sạn (2,3%).

7. Trầm tích bùn cát

Vùng biển Vũng Tàu - Phò Trì phân bố ở độ sâu 10 - 15 m. Đặc trưng của tướng này là hàm lượng bùn sét cao (43,7%), trị số kation trao đổi cũng khá cao đặc trưng cho vũng vịnh có độ kiềm mạnh (K_t = 1,8).

Tương tự ở vùng Cà Ná - Kê Gà hàm lượng bùn đạt trên 50%. Tuy nhiên, các tướng vũng vịnh cổ vùng này được nhận biết nhờ các dấu hiệu tàn dư mà không rõ nét như vùng Vũng Tàu - Phò Trì. Có thể do quá trình nội ngoại sinh tác động khá mạnh làm mờ nhạt đặc trưng nguyên thuỷ.

8. Trầm tích bùn

Trầm tích bùn vũng vịnh này có diện phân bố nhỏ nhất, nằm phía Nam Vũng Tàu ở độ sâu 30 m nước ngoài trường bùn cát, phía dưới thì trầm tích này có diện lộ nhỏ và hẹp nằm cộng sinh với trường bùn cát. Trầm tích chọn lọc kém (S_o = 2,54), kích thước hạt trung bình M_d = 0,016 mm. Hàm lượng bùn khá cao (95,09%), trong đó bột chiếm 56,95%; sét chiếm 38,14%. Cát có kích thước hạt mịn với hàm lượng thấp (4,91%).

f) Vùng Vũng Tàu - Trà Vinh

1. Trầm tích cát sạn

Trầm tích cát sạn phân bố thành ba khu vực khác nhau ở độ sâu 5 - 10 m nước phía Nam Duyên Hải, 20 - 25 m nước ở phía Nam Vũng Tàu và rải rác trong trường cát từ độ sâu 20 - 25 m nước phía Đông Nam Mũi Giá. Trầm tích có độ

chọn lọc tốt (1,29 - 1,52), M_d thay đổi từ 0,17 - 0,44 mm. Hàm lượng sạn thay đổi từ 7,68 - 11,41%, hàm lượng cát khá cao (88,44 - 90,52%), còn lại là bùn sét (0 - 2,97%). Thành phần sạn trong trầm tích chủ yếu là kết vón laterit màu nâu đỏ, mài tròn tốt, kích thước 2 - 3,5 mm.

2. Trầm tích cát bùn sạn

Trầm tích cát bùn sạn phân bố ở độ sâu 18 m nước. Bùn chiếm 8,23 - 24,38%, hàm lượng cát 55,82 - 73,96%, kích thước hạt trung bình: 0,18 - 0,19 mm. Độ chọn lọc của trầm tích thay đổi từ 1,73 - 2,53.

3. Trầm tích cát

Trầm tích cát ở khu vực Vũng Tàu - Cà Mau có thể chia ra làm 3 nhóm:

- Cát bãi triều hiện đại phân bố ở độ sâu 0 - 1 m (Q_{IV}^3) gồm cát hạt mịn có độ chọn lọc tốt, mài tròn từ trung bình đến tốt là biểu thị động lực sóng mạnh. Một số đoạn bờ bị xói lở cục bộ cũng thành tạo tướng cát bãi triều. Như vậy từ cửa Sông Hậu đến cửa Soi Rạp tướng cát bãi triều phân bố xen kẽ với tướng bùn sét bãi triều là do động lực của môi trường có sự phân dị khác nhau.

- Các cồn ngầm trước cửa sông phân bố ở độ sâu 3 - 5 m (Q_{IV}^{2-3}) được hình thành liên quan đến các tướng cát bột tiền châu thổ song có thể coi như các "*dị thường*" của chúng. Bởi lẽ đảo cát muốn tạo thành phải có nguồn cát dự trữ như một nền tảng. Sau đó là quá trình tái trầm tích nhờ sóng - dòng chảy đổ ra cửa sông và dòng dọc bờ (từ Đông Bắc xuống Tây Nam). Quá trình cao lên là liên quan đến các mùa nước dâng do sóng bão. Vì vậy đảo chắn cửa sông cao hơn mực nước trung bình từ 2 - 3,5 m. Các cồn chắn cửa sông thường có hình lưỡi liềm, cánh cung mà phần lồi quay ra phía biển. Điều đó liên quan đến tác động của sóng. Tiếp theo là giai đoạn tiến hoá theo nguyên tắc "Hồi quy trầm tích". Phía trong các cồn cát môi trường yên tĩnh hơn tích tụ bùn sét đồng thời với sự tăng trưởng trầm tích từ phía bờ (đất liền) ra đảo. Dần dần vùng biển nửa kín biến thành lạch triều. Cuối cùng lạch triều có thể tồn tại nhánh sông hoặc thoái hoá để hoá thành đầm lầy và đầm lầy than bùn.

- Cát bãi triều tiền châu thổ tàn dư (Q_{IV}^{1-2}) phân bố từ cửa Soi Rạp đến cửa Sông Tiền từ độ sâu 20 - 25 m. Thành phần là cát hạt mịn (M_d = 0,13 - 0,37 mm), chọn lọc tốt (So = 1,04 - 1,5), chiếm 98%. Thành phần khoáng vật chủ yếu là thạch anh 75 - 85%, mảnh đá 1 - 5%, felspat 5 - 10%, chọn lọc mài tròn rất tốt chứng tỏ

động lực sóng thống trị trong một thời gian dài làm tái vận chuyển và phân bố trên một nền cát bột tiền châu thổ sông Cửu Long cổ. Vì vậy diện tích rộng lớn có mối quan hệ với địa hình khá thoải, dốc đơn nghiêng đều đặn ra phía biển. Đây là sản phẩm của biển tiến Flandrian giai đoạn đầu Holocen (khoảng 10.000 - 8.000 năm). Trên nền cát khá đồng nhất có các sóng cát là các cồn chắn cửa sông tàn dư được thành tạo giai đoạn biển lùi băng hà Wurm sau bị cải tạo do biển tiến.

Ở khu vực thứ nhất và thứ hai cát chủ yếu có kích thước hạt mịn trị số M_d thay đổi trong một khoảng rất nhỏ (0,15 - 0,19 mm), độ chọn lọc rất tốt S_o = 1,06 - 1,15. Hàm lượng thạch anh thay đổi từ 65 - 75%, mảnh đá 5 - 7% và fenspat thay đổi từ 5 - 25%, hàm lượng vụn vỏ sinh vật thấp (dưới 2%).

4. Trầm tích cát bùn

Trầm tích cát bùn phân bố thành các đới khác nhau trong khu vực Vũng Tàu - Trà Vinh:

- Đới thứ nhất có dạng dải, chạy song song với bờ ở độ sâu 20m từ Nam Mũi Giá đến Đông Nam cửa Hàm Luông. Trầm tích cát bùn ở đới thứ hai có kích thước hạt trung bình thay đổi từ 0,12 - 0,18; trung bình là 0,13mm. Chọn lọc tốt (So=1,19 - 1,49). Hàm lượng cát thay đổi từ 62,96 - 84,81, trung bình là 73,38; còn lại là bột (15,19 - 37,04).

- Đới thứ hai là cát bùn pha trộn hiện đại nằm ven bờ, phía ngoài trường cát bãi triều hoặc trước các cửa sông với độ sâu 5 - 10 m nước kích thước hạt trung bình Md = 0,13 - 0,147, hàm lượng cát thay đổi từ 72,98 - 78,02%, còn lại chủ yếu là bột (thay đổi từ 21,96 đến 29,72%) được hình thành trong quá trình bồi tụ tăng trưởng của vùng cửa sông, trầm tích do sông mang ra quá lớn có xu thế áp đảo và sông trở thành lực lượng thống trị. Quá trình tăng trưởng đã làm dịch chuyển đường bờ ra phía biển tức luôn luôn tạo ra những đới trầm tích mới ngoài cùng do lắng đọng trầm tích mới và tái phá huỷ, vận chuyển và lắng đọng trầm tích cũ của tướng tiền châu thổ cổ. Hai thành phần đó trộn với nhau rồi lắng đọng trong một môi trường mới với vai trò động lực biển thống trị.

- Đới thứ ba cát bùn tiền châu thổ chịu tương tác sông - biển (Q_{IV}^3) phân bố thành trường rộng trước cửa sông đôi khi dạng đẳng thước chạy dọc bờ từ Nam cửa sông Hậu đến cửa Soi Rạp. Hàm lượng cát tăng lên đột ngột từ 40% ở tướng bùn cát cửa sông lên tới 75% đồng thời lượng bùn cũng giảm xuống còn 25,8%. Điều

đó chứng tỏ dòng chảy dọc bờ, hai dòng ngang ngược chiều (sông đổ ra và hướng sóng vuông góc với bờ là sự hợp lực ba chiều để tạo nên một môi trường động lực mạnh phân dị, đào thải dần các phần tử nhẹ như sét - bột.

5. Trầm tích bùn cát

Trầm tích bùn cát cửa sông hiện đại (Q_{IV}^3) chủ yếu phân bố ở đới ven bờ, như một đới trung gian nằm giữa các trường trầm tích cát bùn phía trong và bùn ở phía ngoài. Trầm tích có kích thước hạt trung thay đổi từ 0,08 - 0,1 mm; chọn lọc tốt (So = 1,07 - 1,23). Trong đó cát chiếm 13,34 - 47,7%; hàm lượng bột đạt 52,3 đến 86,26. Đây là đới ít tác động của sóng thường rơi vào trường bồi tụ là chủ yếu, phân dị và chọn lọc từ trung bình đến kém. Trị số pH thay đổi từ 7,5 - 8,08; Eh = 120mV; cation trao đổi luôn luôn < 1 phản ánh môi trường chuyển tiếp điển hình và đặc trưng cho đới tương tác sông - biển lắng đọng cấp tập một hàm lượng keo sét, hữu cơ khá lớn.

6. Trầm tích bùn

Trong vùng nghiên cứu trường bùn phân bố thành 2 đới: ven bờ trước các cửa sông lớn và xa bờ ở độ sâu 5 - 15 m nước. Trong đó trầm tích bùn sét tiền châu thổ (Q_{IV}^3) là đới tương tác sông - biển và phân dị trầm tích cơ học theo quy luật từ bờ ra khơi có độ hạt mịn dần. Trầm tích có độ chọn lọc kém (So = 3,05 - 3,44), kích thước hạt trung bình thay đổi từ 0,005 đến 0,01 mm. Sét chiếm ưu thế hơn hàm lượng bột (tỷ lệ sét/bột thay đổi từ 52,98/43,74 đến 63,69/33,8; hàm lượng cát rất không đáng kể (1,71 - ,28%). Các chỉ số môi trường trầm tích thay đổi như sau: Eh từ 7,5 - 128; pH từ 7,15 - 7,91; Kt từ 1,32 - 1,67.

g) Vùng biển từ Cà Mau đến Hà Tiên

1. Trầm tích sạn - cát

Trong biểu đồ phân loại 15 trường trầm tích rơi vào trường cuội sạn chỉ có trầm tích bãi triều ở tây Hà Tiên. Sạn có kích thước 5 - 10cm hình bầu dục và hình cầu, mài tròn rất tốt, chọn lọc trung bình. Thành phần sạn chủ yếu là mảnh đá cát sét - bột kết, đá phiến thạch anh sericit, đá vôi và thạch anh nhiệt dịch

2. Trầm tích sạn cát bùn

Trong khu vực nghiên cứu trầm tích sạn cát bùn phân bố tại hai khu vực: phía Nam phân bố thành dạng đám rộng vòng cung với diện tích rộng lớn ở xa bờ; phía Bắc phân bố ở khu vực cồn ngầm Nam Du và cồn ngầm Kiên Giang.

Thành phần cấp hạt thay đổi trong khoáng rộng: sạn sỏi laterit từ 30 - 80%, bột sét và cát gần tương đương nhau thay đổi từ 20 - 70%. Hầu hết các hạt sỏi đều có kết vỏ $CaCO_3$ màu trắng đậm bao nhiều lớp đồng tâm. Các tinh thể calcit kết tinh vuông góc với bề mặt của hạt laterit. Kích thước của các hạt sạn thay đổi từ 0,5 - 1,5 cm đôi khi 2,5 cm. Trầm tích có kích thước trung bình là 0,99 mm (khu Bắc) và 0,36 mm (khu Nam). Độ chọn lọc kém (So = 1,91 - 3,32). Khác với trầm tích sạn cát tướng ven bờ của vùng biển phía Đông có độ chọn lọc tốt hơn do hàm lượng sỏi sạn laterit hầu như vắng mặt. Các chỉ số pH, Eh và cation trao đổi phản ánh môi trường trầm tích lịch sử biến đổi liên tục do điều kiện môi trường thay đổi đường bờ. Giá trị pH dao động từ 7,5 đến 8; Eh từ 48 đến 116 mv chứng tỏ môi trường trầm tích kiềm và oxy hoá yếu.

3. Trầm tích cát bùn chứa sạn

Trường này phân bố ở phần rìa của trường sạn cát bùn tạo thành từng dải khảm trong nền thuộc trường cát bùn sạn. Phần phía Nam của khu vực nghiên cứu trường bùn cát lẫn sạn phân bố cả ven bờ và ngoài khơi (ở độ sâu > 30m) với hàm lượng sạn laterit trung bình 12,75%; cát 26,54% và bùn sét 57,82%. So với trường sạn cát bùn trường bùn cát lẫn sạn có hàm lượng bùn cao hơn, hệ số cation trao đổi tăng lên song pH giảm đi.

4. Trầm tích cát bùn lẫn sạn

Trường cát bùn sạn phân bố rộng khắp đáy biển Hà Tiên - Cà Mau. Các trường còn lại như tạo thành dị trường trầm tích trên trường này. Hàm lượng sạn sỏi laterit chiếm 18,14%, cát 58,46%, bùn 22,65%. Trị số pH dao động từ 7,72 ở phía Nam và 7,66 ở phía Bắc. Cation trao đổi thay đổi từ 1,62 (ở phía Nam) đến 1,86 (ở phía Bắc).

5. Trầm tích cát sạn

Trường cát sạn chỉ phân bố ở khu vực phía nam dưới dạng các đê cát ven bờ cổ và bãi triều cổ. Hàm lượng sạn sỏi laterit dao động từ 15,5% (phần phía Bắc) đến 23,72% (ở phía Nam), hàm lượng cát thay đổi từ 84,60 (ở phía Bắc) đến 71,76 (ở phía Nam). hàm lượng giảm xuống rất thấp từ 0,8 đến 6,17. Độ chọn lọc và mài tròn kém do quá trình can thiệp đáng kể của nguồn vật liệu vụn vỏ sò và các kết vón laterit trong quá trình tái trầm tích.

6. Trầm tích cát

Cát của vùng biển Cà Mau - Hà Tiên tương đối tinh khiết với hàm lượng cát trên 90% phân bố rải rác khắp vùng biển. Ven bờ đảo Phú Quốc, trường cát phân bố thành dải bao lấy đường bờ ra đến độ sâu 10m, cát có độ chọn lọc trung bình. Ven Mũi Sóc Tre bao lấy mũi Pháo Đài bên ngoài là trầm tích cát bùn. Xung quanh hòn Tre Vinh, Hòn Gai, Hòn Đước, phía Nam Hòn Rái, cát phân bố thành hai diện nhỏ gần như song song với đường bờ nằm ngoài độ sâu 10m nước. Cát ở đây có độ chọn lọc tốt.

7. Trầm tích cát bùn

Chủ yếu phân bố ở phía Đông đảo Phú Quốc, ở phía Nam và Đông Nam Hòn Rái. Trường trầm tích này tạo thành một dải kéo dài từ huyện An Ninh đến U Minh, bên trong là bùn cát, bùn và bên ngoài là sạn cát bùn, cát bùn sạn ở độ sâu 12 - 17 m nước. Nằm giữa trường trầm tích cát bùn sạn và bùn cát trường trầm tích cát bùn còn kéo dài thành dải tạo thành khuôn có dạng bầu dục hay chữ V ở độ sâu 30 - 45 m nước (Nam đảo Phú Quốc).

8. Trầm tích bùn cát

Trên một diện phân bố rộng trầm tích bùn cát vùng biển Hà Tiên - Cà Mau phân bố thành dạng dải kéo dài từ đông sang tây với phần mở rộng nhất ở ven bờ vịnh Rạch Giá và càng về phía sau diện phân bố này càng nhỏ hẹp. Bên ngoài trường trầm tích cát sạn xung quanh đảo Thổ Chu là trường trầm tích bùn cát.

9. Trầm tích bùn sạn

Nằm lọt giữa trường trầm tích bùn và sạn cát bùn, cát bùn sạn, trầm tích bùn sạn nằm duy nhất ở phía tây Hòn Đá Bạc ngoài độ sâu 15 - 20 m nước với hàm lượng bùn lên tới 78%, sạn sỏi 20 - 21,7%.

10. Trầm tích bùn

Trầm tích bùn phân bố ở hai khu vực: Ven bờ 0 - 15m nước tạo thành khuôn theo đường bờ kéo dài từ Hòn Đất đến Trần Văn Thời và mở rộng ra ở vịnh Rạch Giá. Xa bờ, trường trầm tích bùn có dạng thấu kính hẹp nằm lọt trong các trường trầm tích khác nhau dấu hiệu của tướng bùn sét vũng vịnh lagoon cổ ở độ sâu 15 - 35 m.

2.4. YẾU TỐ KHÍ HẬU

Các yếu tố khí hậu ảnh hưởng đến xói lở - bồi tụ là gió, mưa, bão..., chúng có thể tác động trực tiếp hoặc gián tiếp đến xói lở - bồi tụ.

Nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, có lượng mưa lớn hơn lượng bốc hơi, tác dụng xâm thực, xói mòn sẽ đem đến cho thung lũng sông dòng nước và bùn cát phong phú. Tác dụng phong hoá ở vùng nhiệt đới cũng cung cấp cho sông ngòi nguồn bùn cát to lớn. Lượng dòng chảy và dòng bùn cát do sông thay đổi mạnh theo mùa khí hậu làm thay đổi và tác động đến các quá trình động lực cửa sông ven bờ, làm biến đổi cửa, sa bồi luồng hoặc bùn cát do sông đưa ra là nguồn bồi tích tạo nên các bar, cồn và bãi bồi ở cửa sông và các khu vực lân cận.

Chính sự lặp đi lặp lại của các yếu tố khí hậu trong nhiều năm làm cho địa hình và cảnh quan ven biển phát triển mang tính chất nhịp điệu, dẫn đến địa hình bờ và luồng lạch cửa sông biến đổi mạnh theo mùa và các quá trình bồi tụ, xói lở ven bờ khu vực cũng có tính chu kỳ.

2.4.1. Miền Bắc

Tính chất căn bản của khí hậu dải ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình là nhiệt đới gió mùa. Điều kiện khí hậu ở đây chịu sự chi phối của chế độ bức xạ mặt trời nội chí tuyến, của hai hệ thống gió mùa (Đông Bắc và Tây Nam đã biến tính khi thổi vào vịnh Bắc bộ) và tác động của biển.

Khu vực ven biển có địa hình thấp và bằng phẳng (trừ khu vực huyện Hoành Bồ - Quảng Ninh) nên khí hậu tương đối đồng nhất. Một số đặc điểm đáng lưu ý của khí hậu ở đây là chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các loại hình thời tiết cực đoan do các nhiễu động thời tiết trong khí quyển như: bão, áp thấp nhiệt đới, dông, lốc...

Để đánh giá đặc điểm khí hậu dải ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình, chúng tôi đã sử dụng số liệu khí hậu dài 25 ÷ 30 năm của 10 trạm khí tượng khí hậu và 30 trạm đo mưa nằm trên lãnh thổ khu vực nghiên cứu và các khu vực phụ cận do Viện Khí tượng - Thuỷ văn cung cấp. Ngoài ra chúng tôi còn thu thập tất cả các tài liệu khí tượng - khí hậu đã công bố trong các đề tài, đề án, chương trình điều tra cơ bản có liên quan [13],[14],[17],[26],[33],[35],[74],[83],[84],[86],[87], [89], từ đó hệ thống hoá để đưa ra những đặc điểm cơ bản nhất.

a) Chế độ gió

Vùng ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình trong năm chịu tác động của hai mùa gió chính, phù hợp với hướng hoàn lưu chung của khu vực.

Gió mùa Đông Bắc hoạt động chủ yếu trong thời kỳ từ tháng XI đến tháng IV năm sau, với cường độ mạnh vào các tháng giữa mùa (XII, I, II). Gió mùa Đông Bắc không phải thổi liên tục mà thổi thành từng đợt, cách nhau 5 ÷ 6 ngày. Trung bình một năm có khoảng 20 ÷ 22 đợt gió tràn về. Mỗi khi có đợt gió tràn về làm cho tốc độ gió tăng lên đột ngột khoảng 10 ÷ 15 m/s, tối đa có thể lên tới 25 m/s; và nhiệt độ giảm xuống dưới 15°C, thậm chí dưới 10°C. Tần suất và cường độ rét tăng lên từ vùng rìa đồng bằng về phía Móng Cái, Tiên Yên.

Trong các tháng X, XI là tín phong Thái Bình Dương, đem lại thời tiết khô ráo mát mẻ; trong các tháng XII, I là gió mùa lục địa, đem lại thời tiết lạnh và khô. Trên biển khơi, gió hướng ĐB chiếm ưu thế tuyệt đối, với tần suất khoảng 70%. Ở bờ biển, tuỳ theo hình thái địa hình mà hướng gió thịnh hành có thể là ĐB hoặc B. Tần suất tổng cộng của các hướng có thành phần B chiếm khoảng 50 ÷ 60%, thấp hơn một ít so với ở vùng biển khơi. Trong thời kỳ này gió hướng Đ cũng thường xuất hiện với tần suất 20 ÷ 30%. Đó là tín phong Thái Bình Dương, đem lại thời tiết ấm áp trong mùa đông.

Từ tháng II đến tháng IV là thời kỳ suy thoái của các luồng gió từ phương Bắc, đồng thời gió Đ phát triển mạnh và trở nên thống trị. Ở vùng phía Nam, từ Hải Phòng đến Ninh Bình, gió Đ đã trở lên thịnh hành từ tháng II. Tần suất gió Đ trong các tháng II, III, IV lên đến 50 ÷ 60%; hướng gió B vẫn còn chiếm tỷ lệ khoảng 15 ÷ 25%. Ở vùng Quảng Ninh gió B vẫn chiếm ưu thế trong tháng II, sự thịnh hành của gió Đ bắt đầu từ tháng III muộn hơn ở phía Nam một tháng.

Từ tháng IV ÷ VII là thời kỳ thống trị của luồng gió có hướng từ N đến ĐN, thổi từ biển vào đất liền đem lại thời tiết nóng ẩm ở dải ven bờ. Tần suất tổng cộng của hai hướng N và ĐN lên đến 50 ÷ 60%; gió N chiếm ưu thế ở phía Nam, từ Hải Phòng đến Ninh Bình; còn ở Quảng Ninh hướng thịnh hành lại chuyển sang ĐN. Trong những tháng này gió hướng Đ cũng chiếm một tỷ lệ đáng kể khoảng 10 ÷ 15%; Gió TN cũng thường xuất hiện, nhất là ở phía Nam với tần suất trên dưới 10%.

Tháng VIII và IX là thời kỳ chuyển đổi hướng gió, tần suất phân phối cho nhiều hướng khác nhau. Trong tháng VIII ưu thế thuộc về các hướng có thành phần N, nhưng sang tháng IX ưu thế chuyển sang các hướng có thành phần B.

Vận tốc gió trung bình ở đây nhìn chung là lớn. Trị số này dao động trong khoảng 2 ÷ 4 m/s, cao nhất là ngoài đảo địa hình thoáng gió (Hòn Dáu vận tốc gió

trung bình năm là 5,0 m/s) và có xu thế giảm dần từ vùng ven bờ vào sâu trong đất liền. Ở vùng sát bờ biển vận tốc gió trung bình thường xuyên đạt trên 3 m/s. Vận tốc gió cực đại trong bão có thể đạt tới 30 ÷ 40 m/s hoặc lớn hơn, thậm chí lên tới 51 m/s.

Do ở gần biển là nơi địa hình tương đối bằng phẳng nên phần trăm lặng gió ở đây nhỏ, chỉ đạt trên dưới 10% tổng số lần quan trắc.

Tóm lại: Trên lãnh thổ của dải ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình gió thổi với vận tốc lớn và chủ yếu theo hai hướng vào hai mùa tương đối phù hợp với hướng hoàn lưu chung của khu vực.

b) Chế độ mưa

Dải ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình, những nơi có địa hình thấp và bằng phẳng thường kém khả năng gây mưa lớn: lượng mưa năm dao động trong khoảng từ 1500 ÷ 2000 mm, thuộc chế độ mưa vừa. Riêng phần phía Bắc của dải ven biển này - cụ thể là vùng đồi ven biển tỉnh Quảng Ninh - tổng lượng mưa năm tăng hẳn lên do có địa hình thuận lợi đón gió mùa mùa hè, trị số của đại lượng này dao động trong khoảng từ 2100 ÷ 2600 mm, thuộc chế độ mưa nhiều.

Cũng như phần lớn các nơi ở miền Bắc Việt Nam mùa mưa ở dải ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình trùng với mùa hoạt động của gió mùa mùa hè mà ở đây chính là gió Đông Nam. Ở phía Bắc dải mưa nhiều hơn, mùa mưa đến sớm hơn phía Nam và kéo dài 7 tháng, bắt đầu từ tháng IV và kết thúc vào cuối tháng X. Phần phía Nam thuộc chế độ mưa vừa, mùa mưa ngắn hơn - chỉ 6 tháng, bắt đầu vào tháng V và kết thúc vào cuối tháng X. Trên toàn dải lượng mưa mùa mưa chiếm khoảng từ 84 ÷ 92% tổng lượng mưa cả năm. Cực đại của lượng mưa quan trắc được vào tháng VII ở phía cực Bắc; tháng VIII ở phần lớn lãnh thổ còn lại; riêng phần cực Nam của dải, lượng mưa cực đại rơi vào thời kỳ muộn hơn, tức là khoảng tháng IX. Có thể nói sự dịch chuyển muộn dần từ Bắc vào Nam của tháng mưa cực đại thường có liên quan đến hoạt động của bão và dải hội tụ nhiệt đới cùng với sự dịch chuyển của chúng, trung bình tổng lượng mưa tháng cực đại dao động trong khoảng từ 300 ÷ 500 mm/tháng.

Mùa ít mưa dài 5 hoặc 6 tháng (từ tháng XI ÷ III hoặc tháng IV) tuỳ theo từng nơi trên đại bộ phận lãnh thổ của dải ven biển có mùa khô dài 3 ÷ 4 tháng, riêng ở khu vực huyện Quảng Yên - Quảng Ninh và huyện Thuỷ Nguyên - Hải Phòng có mùa khô dài 5 tháng. Nhìn chung mức độ khô hạn không trầm trọng, chỉ

ở một vài nơi có 1 tháng hạn. Tháng XII hoặc tháng I có lượng mưa thấp nhất, dao động trong khoảng 6 ÷ 32 mm/tháng.

Trong mùa mưa lượng mưa ngày lớn nhất đều vượt 100 mm, và có thể đạt tới 250 ÷ 500 mm vào các tháng (VI ÷ IX).

Mức độ biến động của tổng lượng mưa năm ở khu vực này nhìn chung không lớn. Tính trung bình hệ số biến động Cv của lượng mưa năm dao động trong khoảng 0,17 ÷ 0,31. Lượng mưa hàng năm thường dao động xung quanh trị số trung bình nhiều năm khoảng 17 ÷ 31%. Tuy nhiên, lượng mưa của từng tháng trong năm lại biến thiên nhiều hơn tổng lượng mưa năm. Ba tháng mùa khô (XI ÷ I năm sau) có hệ số biến động Cv rất lớn, phần lớn đạt tới 1,0 ÷ 1,61. Các tháng còn lại trong năm có hệ số Cv dao động trong khoảng 0,47 ÷ 1,0.

Số ngày mưa năm ở đây dao động trong khoảng 117 ÷ 153 ngày. Nhìn chung số ngày mưa phân bố tương đối đều trong năm, chỉ có 3 tháng XI, XII và I có dưới 10 ngày mưa/tháng do ảnh hưởng của kiểu thời tiết khô hanh rất đặc trưng của miền Bắc nước ta. Hầu hết các tháng còn lại trong năm đều có số ngày mưa dao động trong khoảng 10 ÷ 20 ngày/tháng, trong đó tháng VIII hoặc IX có nhiều ngày mưa nhất trong năm, đạt khoảng 14 ÷ 20 ngày.

c) Các hiện tượng thời tiết đặc biệt

Đây là khu vực chịu ảnh hưởng nặng nề của bão. Theo số liệu thống kê của Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn trong vòng 110 năm ở dải ven biển có khoảng 231 cơn bão đổ bộ hoặc tiếp cận vào bờ biển của khu vực này. Tính trung bình mỗi năm ở đây có khoảng 2,1 cơn bão đổ bộ vào. Bão có thể xuất hiện vào thời kỳ từ tháng V ÷ XI nhưng nhiều nhất vào 4 tháng (VI ÷ IX). Tháng VII vùng Quảng Ninh; Tháng VIII - đoạn từ Hải Phòng đến Thái Bình; tháng IX vùng từ Nam Định - Ninh Bình.

Bão gây sóng to gió mạnh và mưa lớn trên diện rộng. Mỗi cơn bão gây ra mưa kéo dài vài ngày, với tổng lượng mưa lên đến 200 ÷ 300 mm ở rìa đồng bằng và đến 300 ÷ 500 mm ở vùng bờ biển Quảng Ninh. Tính trung bình lượng mưa bão chiếm khoảng 30% tổng lượng mưa toàn mùa mưa.

Ở khu vực này không có nhiều dông. Trung bình mỗi năm ở đây quan trắc được khoảng 33 ÷ 55 ngày dông. Dông xuất hiện chủ yếu vào thời kỳ từ tháng IV ÷ IX, với khoảng 4 ÷ 10 ngày/tháng.

2.4.2. Miền Trung

Vùng ven biển Trung bộ có khí hậu nhiệt đới gió mùa vùng duyên hải, Bắc Trung bộ có tính chất khí hậu nhiệt đới gió mùa có mùa đông lạnh của miền Bắc và Nam Trung bộ mang tính chất khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình của miền Nam. Do chịu ảnh hưởng của không khí biển nên khí hậu vùng duyên hải Trung bộ có những nét đặc trưng riêng so với các vùng khác nằm sâu trong đất liền. Sau đây là các yếu tố khí hậu ảnh hưởng đến bồi tụ - xói lở:

a) Chế độ gió

❖ ***Hướng gió***

Trong thời kỳ hoàn lưu Đông Bắc (XI - III): Trên vùng biển khơi thịnh hành gió Đông Bắc, còn ở dải bờ biển hướng gió biến động mạnh theo điều kiện địa hình địa phương. Hướng gió có tần suất cao nhất không còn là Đông Bắc như trên biển khơi, mà biến đổi rõ rệt theo hướng núi Trường Sơn:

- Thanh Hoá và Bắc Nghệ An - hướng Bắc
- Nam Nghệ An vào đến Thừa Thiên - Huế hướng Tây Bắc.
- Đà Nẵng đến Khánh Hoà - hướng Bắc
- Cực Nam Trung bộ - hướng Đông.

Tuy nhiên, cũng phù hợp với hoàn lưu chung, tần suất tổng hợp của các hướng có thành phần Bắc (Đông Bắc, Bắc và Tây Bắc) chiếm ưu thế tuyệt đối trong thời kỳ nói trên (trừ vùng cực Nam Trung bộ).

Tháng IV - V là thời kỳ chuyển tiếp giữa hai mùa gió chính. Gió Đông và ĐN chiếm ưu thế, trong khi tần suất các hướng khác cũng chiếm tỷ lệ quan trọng.

Trong thời kỳ hoàn lưu Tây Nam (VI -VIII): Hướng gió cũng biến đổi phức tạp theo điều kiện địa phương. Gió Tây và Tây Nam chiếm ưu thế tuyệt đối trong các tháng VI, VII, VIII ở một số khu vực Quảng Trị, Phú Yên và Bình Thuận là những nơi dễ xâm nhập đối với gió mùa Tây Nam. Ở những nơi khác, cùng với hướng Tây và Tây Nam cũng thấy xuất hiện gió Nam và Đông Nam với tần suất khá lớn.

Tháng IX, X là thời kỳ chuyển tiếp từ hoàn lưu mùa hè sang hoàn lưu mùa đông, tần suất các hướng Tây, Tây Nam giảm dần, đồng thời tần suất các hướng gió có thành phần Bắc tăng lên.

❖ ***Tốc độ gió***

Sức gió ở dải bờ biển tương đối mạnh so với trên đất liền; giá trị trung bình năm biến thiên trong khoảng 2 ÷ 4 m/s. Tốc độ gió biến đổi phức tạp theo địa hình địa vật nhưng nói chung càng ra xa bờ sức gió càng tăng vì lực ma sát với bề mặt giảm dần.

Hàng năm sức gió tăng lên trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc, tốc độ trung bình lên đến 4 ÷ 6 m/s.

Trong thời kỳ gió mùa Tây Nam sức gió tăng lên ở một số khu vực, rõ nhất là ở Bắc Trung bộ và cực Nam Trung bộ.

Sức gió thường giảm xuống trong các thời kỳ chuyển tiếp giữa hai mùa gió chính, khoảng 1 ÷ 2 m/s.

Các trường hợp gió mạnh và gió cực mạnh liên quan tới bão, dông và gió mùa Đông Bắc. Mỗi khi gió mùa Đông Bắc tràn về, tuy không hạ nhiệt độ như ở Bắc bộ nhưng đều gây gió mạnh ở bờ biển Trung bộ, thường từ cấp 5 ÷ 7, tương đương với 10 ÷ 20 m/s, tối đa có thể lên đến 25 m/s. Các cơn dông xuất hiện chủ yếu trong thời kỳ hè thu, cũng thường kèm theo những cơn gió mạnh (tố và lốc) có thể đạt đến 35 m/s. Các vùng gần tâm bão đi qua đều có gió mạnh từ cấp 8 trở lên (> 20 m/s). Trong những cơn bão mạnh, từ cấp 10 trở lên sức gió có thể đạt tới 40 ÷ 50 m/s.

b) Chế độ mưa

Chế độ mưa ở dải bờ biển cũng như ở miền duyên hải Trung bộ nói chung, liên quan chặt chẽ với sự tương tác giữa các hoàn lưu gió mùa và địa hình của dãy núi Trường Sơn.

❖ ***Phân bố lượng mưa trong năm***

Phân bố lượng mưa liên quan tới tác động chắn gió của dãy Trường Sơn đối với các luồng gió ẩm có hướng Đông và Đông Bắc. Ở khu vực phía Bắc, bờ biển Thanh Hoá và Bắc Nghệ An chạy theo hướng Đông Bắc - Tây Nam song song với hướng gió ẩm nên lượng mưa tương đối hạn chế: 1500 ÷ 1800 mm/năm. Lượng mưa lớn nhất, trên 2000 mm/năm, phân bố ở khu vực từ Nam Nghệ An, qua Hà Tĩnh, Bình Trị Thiên vào đến Quảng Nam, Quảng Ngãi. Ở khu vực này dãy Trường Sơn nằm theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, vuông góc với các luồng gió ẩm trong

hoàn lưu Đông Bắc và trong các nhiễu động khí quyển trên biển Đông tràn vào, do vậy hiệu ứng sườn đón gió được phát huy cao nhất. Có hai tâm mưa lớn, đến 3000 ÷ 8000 mm/năm, phân bố ở phía Bắc đèo Ngang và đèo Hải Vân, liên quan với các nhánh núi đâm ngang ra biển.

Ở Nam Trung bộ, hướng núi Trường Sơn đổi dần thành Bắc Nam, tác dụng chắn gió giảm dần nên lượng mưa giảm dần, khoảng 1500 ÷ 2000 mm/năm ở Bình Định và Phú Yên. Giữa Phú Yên và Khánh Hoà có dãy núi Vọng Phu tiến sát ra biển tạo nên tâm mưa tương đối lớn ở khu vực đèo Cả (gần 2000 mm/năm).

Ở Khánh Hoà hướng núi chuyển dần thành Đông Bắc - Tây Nam, lại bị dãy Vọng Phu che chắn ở phía Bắc, nên lượng mưa tiếp tục giảm sút, còn khoảng 1000 ÷ 1500 mm/năm.

Lượng mưa giảm xuống thấp nhất ở bờ biển Ninh Thuận và Bắc Bình Thuận, 600 ÷ 1000 mm/năm. Đây là khu vực bị khuất gió trong tất cả các mùa.

Vùng Nam Bình Thuận tương đối thoáng với gió mùa Tây Nam nên lượng mưa lại tăng lên, đến 1500 ÷ 1700 mm/năm.

❖ ***Phân bố kiểu mưa trong năm***

Các biến trình mưa

Trên dải bờ biển Trung bộ có thể gặp 2 kiểu biến trình mưa khác nhau:

1. Kiểu biến trình mưa diễn ra trong thời kỳ hè - thu, khô đông - xuân, xảy ra ở cực Bắc và cực Nam Trung bộ. Đây là kiểu biến trình mưa phổ biến ở miền nhiệt đới gió mùa nhưng không phải là đặc trưng của miền Đông Trường Sơn.

2. Kiểu biến trình mưa đặc trưng của miền Đông Trường Sơn, với mưa thu - đông, khô xuân - hè, phân bố trên suốt dọc bờ biển từ vùng cửa sông Cả (Nghệ An) cho đến mũi Cà Ná (Ninh Thuận).

Cụ thể hơn có thể phân biệt kiểu biến trình mưa ở các đoạn bờ biển như sau:

- Bờ biển từ Thanh Hoá vào Bắc Nghệ An: Mùa mưa kéo dài từ tháng V đến X, phù hợp với hoạt động của gió mùa mùa hè. Cực đại mưa rơi vào tháng IX, 400 ÷ 500 mm/tháng, là thời kỳ hoạt động mạnh mẽ của dải hội tụ nhiệt đới và bão ở Bắc Trung bộ. Trong thời kỳ đông - xuân, dưới ảnh hưởng của hoàn lưu Đông Bắc, tương đối ít mưa. Mưa ít nhất ở các tháng XII, I, II, khoảng 20 ÷ 30 mm/tháng.

- Bờ biển Hà Tĩnh và Nam Nghệ An: Mùa mưa kéo dài từ tháng V đến tháng XII, và tháng I năm sau. Lượng mưa mùa hè (V - VII) tương đối hạn chế vì vùng này nằm ở phía khuất gió trong luồng gió mùa Tây Nam. Lượng mưa lớn nhất phân bố ở hai tháng IX, X phù hợp với hoạt động mạnh của dải hội tụ nhiệt đới, áp thấp nhiệt đới và bão. Lượng mưa tổng cộng của hai tháng chiếm khoảng 50% tổng lượng mưa năm. Cực đại rơi vào tháng X, đến 500 ÷ 700 mm/tháng, cao hơn tháng XI một ít. Mùa xuân tương đối ít mưa. Khô nhất là các tháng II, III, khoảng 40 ÷ 50 mm/tháng.

- Bờ biển từ Quảng Bình đến Quảng Ngãi. Mùa mưa kéo dài từ tháng VIII đến tháng XII, I liên quan tới sự hoạt động của dải hội tụ nhiệt đới, áp thấp nhiệt đới, bão và gió mùa Đông Bắc. Cực đại mưa rơi vào tháng IX, X, đến 600 ÷ 700 mm/tháng. Lượng mưa tổng cộng của hai tháng này chiếm khoảng 50% lượng mưa năm. Mùa khô kéo dài từ tháng I, II đến tháng VII, ít mưa nhất là các tháng II, III, IV khoảng 20 ÷ 40 mm/tháng. Mùa hè tuy khô nhưng lượng mưa hàng tháng vẫn đạt 50 ÷ 90 mm/tháng.

- Bờ biển từ Bình Định đến Khánh Hoà: Mùa mưa kéo dài từ tháng IX đến tháng XII, tức là bắt đầu muộn hơn và kết thúc sớm hơn so với ở phía Bắc. Mưa lớn tập trung vào hai tháng X và XI, chiếm khoảng 50% lượng mưa năm. Cực đại rơi vào tháng X. Ở Bình Định, Phú Yên đến 400 ÷ 500 mm/tháng, và vào tháng XI ở Khánh Hoà, khoảng 300 ÷ 400 mm/tháng. Mùa khô kéo dài từ tháng I đến tháng VIII. Mùa hè vẫn thường có mưa, đạt 40 ÷ 60 mm/tháng. Khô nhất là mùa xuân, khoảng 20 ÷ 30 mm/tháng trong các tháng II ÷ III.

- Bờ biển Ninh Thuận: Mùa mưa xảy ra trong 3 tháng, từ tháng IX đến tháng XI, tháng mưa nhiều nhất là tháng X hoặc XI, chỉ đạt 150 ÷ 200 mm/tháng. Mùa khô kéo dài từ tháng XII đến tháng VIII năm sau. Mùa hè vẫn thường có mưa, trên dưới 50 mm/tháng. Khô nhất là mùa xuân, hầu như không có mưa.

- Bờ biển Bình Thuận: Khác với tình hình chung ở Trung bộ, mùa mưa ở đây diễn ra trong thời kỳ hè thu, là thời kỳ hoạt động của gió mùa Tây Nam. Vùng Nam Bình Thuận mùa mưa kéo dài từ tháng V đến X. Cực đại rơi vào tháng IX, đạt 200 ÷300 mm/tháng. Mùa hè vùng phía Bắc nằm ở địa thế khuất gió nên ít mưa. Mùa mưa chỉ diễn ra trong các tháng VIII, IX, X với cực đại ở tháng X (như ở phía

Nam), khoảng 150 mm/tháng. Bờ biển Bình Thuận hầu như không có mưa trong hoàn lưu Đông Bắc, vì vậy đông - xuân rất khô.

Độ dài mùa mưa

Ở dải bờ biển Trung bộ mùa mưa dài ngắn khác nhau. Ở nửa phần phía Bắc, từ Quảng Ngãi trở ra, mùa mưa khá dài, đến 6 ÷ 7 tháng, có nơi đến 8 ÷ 9 tháng như ở vùng phía Bắc đèo Ngang và đèo Hải Vân.

Từ Quảng Ngãi trở vào mùa mưa ngắn dần: 4 ÷ 5 tháng ở Bình Định, 4 tháng ở Phú Yên, Khánh Hoà và chỉ còn 2 ÷ 3 tháng ở Ninh Thuận và Bắc Bình Thuận.

❖ ***Số ngày mưa***

Số ngày mưa có quan hệ rõ rệt với lượng mưa. Ở Bắc và Trung Trung bộ hàng năm có khoảng 130 ÷ 150 ngày có mưa; ở một vài khu vực như Hà Tĩnh, Thừa Thiên Huế tăng lên đến 160 ngày/năm.

Ở Nam Trung bộ số ngày mưa hàng năm giảm dần về phía Nam: 130 ÷ 140 ngày/năm ở Quảng Nam, Quảng Ngãi, giảm xuống đến 100 ÷ 120 ngày/năm ở Khánh Hoà và chỉ còn 70 ÷ 100 ngày/năm ở khu vực có lượng mưa dưới 1000 mm/năm.

Vào mùa mưa hàng tháng có 15 ÷ 20 ngày mưa. Có những ngày mưa cực lớn, liên quan tới dải hội tụ nhiệt đới, áp thấp nhiệt đới và bão. Tính tổng cộng toàn mùa, Bắc và Trung Trung bộ có 4 ÷ 6 ngày mưa trên 100 mm; ở Nam Trung bộ 2 ÷ 4 ngày và giảm xuống 1 ÷ 2 ngày ở cực Nam Trung bộ.

Mùa khô ở dải bờ biển Trung bộ không phải là thời kỳ khô kiệt. Hàng tháng có 5 ÷ 10 ngày mưa. Riêng ở cực Nam Trung bộ các tháng giữa mùa khô hoàn toàn không có mưa.

❖ ***Biến động lượng mưa***

Mưa là yếu tố thời tiết biến động rất mạnh từ năm này sang năm khác. Để đặc trưng cho mức độ biến động của mùa mưa trong năm ta xem xét hệ số biến động C_V.

Phân tích kết quả tính toán có thể nêu ra một số nhận xét như sau:

- Hệ số biến động lượng mưa năm C_v ở dải bờ biển Trung bộ biến thiên trong khoảng 0,2 ÷ 0,3 cao hơn nhiều so với các vùng nội địa (gần 0,15). Hệ số biến động tăng lên ở bờ biển liên quan tới bão và áp thấp nhiệt đới, là loại nhiễu động gây mưa lớn nhất nhưng hoạt động của chúng lại rất thất thường.

- Hệ số biến động lượng mưa tháng còn lớn hơn nhiều. Trong mùa mưa C_V biến thiên trong khoảng 0,4 ÷ 0,7; trong mùa khô tăng lên 0,8 ÷ 1,2.

Lượng mưa mùa thu rất nhiều và không ổn định tạo nên nguy cơ bị ngập lụt nghiêm trọng ở dải bờ biển.

Mùa khô ít mưa và hệ số biến động lớn, dễ dẫn đến hạn hán gay gắt trong mùa hè.

c) Bão

Mùa bão ở miền Trung từ tháng VII ÷ XII, càng đi về phía Nam bão càng xuất hiện muộn dần. Khu vực từ Thanh Hoá đến Hà Tĩnh mùa bão thông thường từ tháng VII ÷ IX, tháng VIII là tháng có nhiều bão nhất. Khu vực từ Quảng Bình đến Thừa Thiên - Huế mùa bão từ tháng VIII ÷ X. Khu vực từ Đà Nẵng đến Bình Định là tháng X ÷ XI. Khu vực từ Phú Yên đến Bình Thuận phần lớn vào tháng X ÷ XII.

Trong những thập niên gần đây, đặc biệt là những năm qua (1996 ÷ 2000), bão và ATNĐ đổ bộ vào miền Trung ngày càng có xu thế gia tăng cả về tần suất lẫn cường độ (bảng 2.1). Bão và ATNĐ đã gây lũ lụt cho vùng đồng bằng và sạt lở nghiêm trọng vùng cửa sông ven biển miền Trung làm thiệt hại nặng nề về người và của.

Bảng 2.1 Tỷ lệ bão và ATNĐ đổ bộ vào dải ven biển miền Trung từ 1996 ÷ 2000

Năm	Số cơn bão và ATNĐ đổ bộ vào nước ta	Số cơn bão và ATNĐ đổ bộ vào miền Trung	Tỷ lệ (%)
1996	10	7	70,0
1997	3	1	33,3
1998	7	5	71,4
1999	4	3	75,0
2000	3	3	100

Phân bố số cơn bão và áp thấp nhiệt đới đổ bộ vào khu vực dọc theo ven bờ biển nước ta trong thời kỳ 40 năm qua như sau:

- Từ Quảng Ninh đến Hải Phòng chiếm 19,88%
- Từ Thái Bình đến Ninh Bình 4,96%
- Từ Thanh Hoá đến Hà Tĩnh 19,47%
- Từ Quảng Bình đến Thừa Thiên Huế 17,94%
- Từ Đà Nẵng đến Bình Định 14,50%
- Từ Phú Yên đến Bình Thuận 16,41%
- Từ Bà Rịa - Vũng Tàu vào Nam bộ 6,87%

Qua đó ta thấy rằng các khu vực ở miền Trung là khu vực bị ảnh hưởng nhiều nhất của bão và áp thấp nhiệt đới.

2.4.3. Miền Nam

a) Chế độ gió

Do địa hình khá bằng phẳng nên chế độ gió tương đối đồng nhất. Gió đổi chiều rõ rệt theo mùa và hướng gió thịnh hành khá phù hợp với hướng gió mùa toàn khu vực. Nhìn chung vùng ven biển Nam bộ chịu ảnh hưởng của hai chế độ gió mùa là gió Đông, Đông Bắc (mùa đông) và gió Tây Nam, Tây (mùa hè).

Gió mùa Đông Bắc (từ tháng XI - IV):

Trong mùa đông hướng thịnh hành là hướng Đ ở ven bờ và ĐB ở ngoài khơi. Tốc độ gió trung bình 2 - 3 m/s.

Gió mùa Tây Nam (từ tháng V- X) :

Hướng gió thịnh hành là TN và T với tần suất xuất hiện khoảng 30 - 40%. Vận tốc gió mùa mùa hạ lớn hơn gió mùa mùa đông. Tốc độ gió mạnh nhất hay gặp trong mùa hạ, chủ yếu là gió Tây và Tây Nam, đạt giá trị 25 - 30 m/s.

b) Chế độ mưa

Lượng mưa trung bình năm dao động trong khoảng khá rộng, từ 1200 - 3000 mm, một năm có khoảng 134 - 177 ngày mưa. Ven biển Nam bộ cũng có hai mùa rõ rệt là mùa mưa và mùa khô.

Mùa mưa trùng với mùa gió mùa mùa hạ với nguồn cung cấp ẩm là các khối khí nhiệt đới biển vượt xích đạo và tác nhân gây mưa chủ yếu là những tác nhân động lực như xoáy, hội tụ... Mùa mưa kéo dài 6 - 8 tháng, thường là 7 tháng, từ tháng V - XI, có nơi mưa sớm vào tháng IV. Phần lớn lượng nước mưa tập trung trong mùa mưa trên 90% tổng lượng mưa năm. Biến trình mùa mưa thường có hai cực đại, cực đại chính vào tháng IX, X và một cực đại phụ vào tháng V, VI. Trung bình trong các tháng mùa mưa có 15 - 25 ngày mưa.

Đối lập với mùa mưa là mùa khô, kéo dài 4 - 6 tháng nhưng phần lớn kéo dài 5 tháng. Trừ tháng đầu và cuối mùa khô (tháng XII và tháng IV) với lượng mưa khoảng 50 mm, còn những tháng khác trong mùa khô (tháng I - IV) lượng mưa chỉ 15 - 20 mm. Tháng khô nhất là tháng II, lượng mưa chỉ dưới 10 mm với 3 - 4 ngày mưa.

Sự biến động mưa từ năm này sang năm khác không lớn, hệ số biến động khoảng 15 - 30%. Nhưng hệ số biến động mưa trong mùa khô rất lớn, lớn hơn rất nhiều so với các tháng mùa mưa.

c) Các hiện tượng thời tiết đặc biệt

❖ ***Dông:***

Vùng ven biển Nam bộ tương đối nhiều dông, hàng năm có khoảng 50 - 137 ngày có dông. Mùa dông thường bắt đầu vào tháng IV và kết thúc vào tháng XI, tháng V là tháng có nhiều dông nhất và trung bình trong tháng này có từ 10 - 22 ngày dông. Các tháng đầu mùa đông cũng có 3 - 12 ngày có dông mỗi tháng.

❖ ***Bão:*** Vùng ven biển Nam bộ rất ít bão. Theo số liệu thống kê trong 30 năm chỉ có 12 cơn bão đổ bộ vào bờ biển Nam bộ. Thời kỳ bão hoạt động ở bờ biển Nam bộ muộn, thường vào tháng XI, tháng XII. Bão ở khu vực này có sức gió yếu và mưa không dữ dội như vùng Bắc bộ và Trung bộ. Đối với vùng Nam bộ một trong những tai biến lớn nhất của bão là nước dâng do bão kết hợp với triều cường làm cho nước mặn xâm nhập sâu vào trong nội đồng theo các triền sông, vào các mạch ngầm nước ngọt, phá hoại mùa vụ cây trồng, gây khó khăn về nước sinh hoạt cho người dân.

2.5. ĐẶC ĐIỂM THUỶ VĂN

2.5.1. Miền Bắc

2.5.1.1. Đặc trưng hình thái sông suối

Dải ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình có tổng diện tích 6817 km2. Do nằm hoàn toàn trong vùng nhiệt đới gió mùa nên mạng lưới sông suối trong vùng khá phát triển. Mật độ sông suối trung bình trong toàn dải từ Quảng Ninh đến Ninh Bình dao động từ (1 ÷ 2) km/km^2. Tuy nhiên do có sự phân hóa về điều kiện địa lý tự nhiên nên dải ven biển Quảng Ninh - Ninh Bình đã hình thành hai vùng mà mạng lưới sông ngòi có tính chất đối lập: Vùng ven biển tỉnh Quảng Ninh sông ngòi mang tính chất của sông ngòi miền núi; Vùng ven biển đồng bằng sông Hồng - sông Thái Bình sông ngòi đặc trưng cho sông ngòi vùng đồng bằng.

Dải ven biển Quảng Ninh chịu sự chi phối mạnh của điều kiện khí hậu và địa hình nên ngay trong vùng này mạng lưới sông ngòi cũng có sự phân bố không đồng đều.

• *Phía Đông Bắc:* Từ Móng Cái đến Tiên Yên do bao trùm tâm mưa Móng Cái nên mạng lưới sông suối ở đây phát triển mạnh hơn. Mật độ sông suối đạt từ 1,5 ÷ 2 km/km^2 thuộc cấp II. Sông Hà Cối mật độ sông suối đạt 1,54 km/km^2; Tai Kỳ đạt 1,78 km/km^2. Các sông suối trong vùng này đều có hướng chảy chung là Tây Bắc - Đông Nam. Độ dốc bình quân lưu vực cũng như độ dốc lòng sông trong vùng này cũng cao hơn khu vực phía Tây Nam do địa hình ở đây cao và hẹp hơn.

• *Phía Tây Nam:* Từ Tiên Yên đến Quảng Yên do lượng mưa nhỏ hơn mạng lưới sông ngòi cũng kém phát triển hơn. Mật độ sông suối thuộc loại cấp III có mật độ dao động từ 1 ÷ 1,5 km/km^2. Ngoài 2 sông lớn Tiên Yên và Ba Chẽ còn lại là các sông nhỏ, có hướng chảy chung là Bắc - Nam.

Nhìn chung các sông suối thuộc dải ven biển tỉnh Quảng Ninh đều thuộc loại nhỏ, sông ngắn, lòng sông hẹp, độ dốc đáy sông lớn là những đặc điểm tiêu biểu của sông suối miền núi.

Mạng lưới sông ngòi vùng ven biển đồng bằng sông Hồng - Thái Bình có độ dốc nhỏ, lòng sông càng về gần cửa sông càng mở rộng, dòng chảy quanh co uốn khúc. Độ dốc lòng sông dao động từ (0,02 ÷ 0,05) nên gây khó khăn cho việc tiêu thoát lũ. Đó cũng là điều kiện thuận lợi để mặn xâm nhập sâu vào trong sông (nhất

là về mùa cạn). Hệ số uốn khúc của dòng chính ở hạ du trung bình đạt khoảng 1,4. Cá biệt có những sông như Trà Lý độ uốn khúc của dòng chính đạt xấp xỉ 2.

Đặc trưng hình thái các sông suối trong dải ven biển Quảng Ninh - Ninh Bình được xác định trong bảng 2.2 cho thấy:

Toàn vùng có 17 sông chính có chiều dài lớn hơn 10 km, trong đó dải ven biển Quảng Ninh có 15 sông còn dải ven biển đồng bằng sông Hồng - Thái Bình có 2 sông lớn và một loạt các phân lưu.

2.5.1.2. Chế độ dòng chảy

Do sự khác biệt về mặt địa hình đã dẫn tới sự phân hóa dải ven biển Quảng Ninh - Ninh Bình thành những vùng có đặc điểm khí hậu và chế độ nước hoàn toàn khác nhau. Dựa vào 2 chỉ tiêu để phân loại dòng chảy là: nguồn nuôi dưỡng dòng chảy và kiểu phân phối mùa, chúng tôi phân chia khu vực nghiên cứu thành 2 vùng thuỷ văn:

- Dải ven biển tỉnh Quảng Ninh với nguồn cung cấp nước chủ yếu là do mưa.

- Dải ven biển đồng bằng sông Hồng. So với vùng ven biển Quảng Ninh thì chế độ thuỷ văn dải ven biển ĐBSH phức tạp hơn nhiều và được chia thành 2 dạng:

+ Các sông lớn là hạ du của hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình, dòng chảy được cung cấp phần lớn là lượng nước từ thượng nguồn đưa về và một phần nhỏ được cung cấp do mưa. Chế độ thuỷ văn phụ thuộc vào chế độ thuỷ văn vùng thượng và trung du đồng thời lại chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của chế độ thuỷ triều.

+ Hệ thống các sông nội đồng, nước được cung cấp chủ yếu do mưa, chế độ thủy văn hoàn toàn phụ thuộc vào chế độ mưa.

❖ ***Vùng ven biển tỉnh Quảng Ninh***

Tổng lượng nước năm trong toàn vùng khá lớn khoảng gần 7 tỷ m^3. Moduyl dòng chảy năm 36,1 ÷ 74 $l/s.km^2$ có hướng phân bố nhỏ dần từ Đông sang Tây. Phân phối dòng chảy trung bình năm các trạm thuộc dải ven biển tỉnh Quảng Ninh được trình bày trong bảng 2.3.

Bảng 2.2 Đặc trưng hình thái các sông suối dải ven biển Quảng Ninh - Ninh Bình

STT		Tên sông	Đổ vào đâu	Độ cao nguồn sông (m)	Chiều dài sông (km)	Chiều dài lưu vực (km)	Diện tích hứng nước (km^2)	Độ cao bình quân lưu vực (m)	Độ dốc bình quân lưu vực (%)	Chiều rộng bình quân lưu vực (m)	Mật độ lưới sông (km/km^2)	Hệ số không đối xứng	Hệ số không cân bằng lưới sông	Hệ số uốn khúc
Sông chính	Phụ lưu													
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1		Sông Ka Long		700	70	60	773/99	344	13,5	12,9		0,11		1,49
2		Sông Tiên Yên		1175	82	65	1070	371	28,1	16,4	1,34	- 0,4	0,39	2,48
3		Sông Ba chẽ		500	78,5	52	978	215	15,4	18,8	1,11	0,1	0,78	1,78
4		Sông Tín Coóng			24,5		176							
5		Sông Hà Cối		1100	32	28	206	331	22,5	7,3	1,54	- 0,19	9,15	1,16
6		Sông Đầm Hà		600	25	21	106	248	18,5	5,1	1,16	0,22	1,8	1,25
7		Đồng Cái Xương		800	21	15,5	49,1	291	19	3,2	1		0,56	1,5
8		Sông Hà Thanh		900	18,5	16	66	292	34,3	4,1	1,17		1,18	1,32
9		Đồng Mỏ		100	20	15,5	89,5	147	17,6	5,8	1,04		0,55	1,54
10		Mông Dương		100	14	10	63,6	101	12,5	6,4	1,23		0,46	2
11		Sông Diễn Vọng		500	32	24,5	258	170	17,8	10,5	1,15	- 0,007	1,58	1,74
12		Sông Man		700	22,5	20	94,4	239	21,7	4,7	1,18		0,25	1,45
13		Sông Trới		450	31	25,4	181	146	14,8	7,1	1,23	- 0,12	1,53	1,6
14		Sông Míp		500	32	27,2	182	208	23,4	6,7	1,42	- 0,1	1,09	1,64
15		Sông Đá Bạch			93									

(Tiếp bảng 2.2)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
		Sông Thái Bình	Cửa Thái Bình			385		12680						
		(Tính đến Phả Lại)												
		Phân lưu cấp I												
	1	Sông Kinh Thầy	Cửa Bạch Đằng			97								
		Phân lưu cấp II												
	1	Sông Kinh Môn				42,5								
		Phân lưu cấp III												
	1	Sông Văn úc	Cửa Văn úc			71								
		Phân lưu cấp IV												
	1	Lạch Tray	Cửa Lạch Tray			46								
		Sông Hồng	Cửa Ba Lạt			1126		143700						
		(Đến Việt Trì)				556		61400						
		Phân lưu cấp I												
	1	Sông Đáy	Cửa Đáy			241								
	2	Sông Luộc	Thái Bình			72,4								
	3	Sông Trà Lý	Cửa Trà Lý			64								
	4	Sông Nam Định				31,5								
	5	Sông Ninh Cơ	Cửa Lạch Giang			51,8								
	6	Ngô Đồng				19								
		Phân lưu cấp II												
	1	Sông Hoá				38,2								

Bảng 2.3 Lưu lượng trung bình nhiều năm (đơn vị: m^3/s)

TT	Trạm	Sông	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Năm
1	Tín Coóng	Vài Lài	0,637	0,547	0,780	1,93	8,06	10,1	10,9	9,42	7,21	2,97	1,06	0,668	4,52
2	Tài Chi	Hà Cối	1,49	1,90	2,37	3,94	9,18	13,7	18,9	12,6	9,8	5,32	2,42	1,38	6,91
3	Bình Liêu	Tiên Yên	5,15	4,41	4,71	8,42	17,2	37,8	57,9	51,5	44,2	25,2	10,4	6,10	22,8
4	Dương Huy	Diễn Vọng	0,427	0,340	0,397	0,724	1,29	5,64	6,72	8,43	6,80	2,76	0,879	0,522	2,92
5	Bằng Cả	Yên Lập	0,566	0,475	0,651	1,22	2,36	5,02	6,69	8,30	7,23	2,64	0,909	0,641	3,07
6	Sơn Tây	Hồng	1266	1084	962	1089	1982	4882	8093	9500	6932	4556	2792	1694	3736
7	Hà Nội	Hồng	1035	891	786	914	1488	3420	5598	6170	4676	3064	2142	1343	2627
8	Ba Thá	Đáy	12,2	13,4	11,3	18,1	38,2	54,2	96,6	151	166	89,9	35,7	13,4	58,6

Sự phân mùa mưa đã dẫn tới sự phân mùa dòng chảy ở vùng ven biển tỉnh Quảng Ninh:

• *Mùa lũ:*

Mùa lũ xuất hiện từ tháng V ÷ IX ở phía Bắc và từ tháng VI ÷ X ở các lưu vực phía Nam vùng ven biển Quảng Ninh với lượng nước chiếm 75 ÷ 85% tổng lượng nước năm. Moduyl dòng chảy mùa lũ dao động từ 80 ÷ 150 l/s.km^2 lớn gấp 2 ÷ 3 lần ở vùng đồng bằng và gấp từ 6 ÷ 10 lần so với moduyl dòng chảy trong mùa kiệt. Do mức độ tập trung của mưa và địa hình lưu vực thường rất dốc, bồn thu nước nhỏ nên dòng chảy lũ lớn. Ba tháng có lượng dòng chảy lớn nhất xuất hiện vào tháng VI ÷ VIII tại các lưu vực phía Bắc và từ tháng VII ÷ IX ở các lưu vực phía Nam. Lượng dòng chảy 3 tháng lớn nhất đạt từ 55 ÷ 65% tổng lượng nước năm. Tháng có dòng chảy lớn nhất thường gần với tháng có tần suất xuất hiện bão cao vào tháng VII ở các lưu vực phía Bắc và tháng VIII ở các lưu vực phía Nam với lượng dòng chảy chiếm 22,5% lượng nước năm. Tính chất lũ ở đây mang đậm tính chất lũ núi, thời gian lũ ngắn, đỉnh lũ nhọn, cường suất lũ lớn, biên độ lũ lớn trung bình 10 ÷ 12 m gây nhiều tác hại đến đời sống và sản xuất. Dòng chảy lũ lớn nhất trong vùng xác định được tại trạm Bằng Cả trên sông Yên Lập là 12824 l/s.km^2. Moduyl đỉnh lũ đặc biệt lớn xảy ra tại sông Tai Kỳ là Q_{max} = 1790 m^3/s ứng với M_{max} = 32400 l/s.km^2 (18/VII/1971).

• *Mùa kiệt:*

Mùa kiệt kéo dài 7 tháng (X ÷ IV) nhưng lượng dòng chảy chỉ chiếm 15 ÷ 25% lượng dòng chảy năm. Nguồn nước cung cấp cho sông chủ yếu là nước ngầm và một phần nhỏ bổ sung từ mưa do gió mùa Đông Bắc biến tính mang tới. Moduyl dòng chảy kiệt dao động từ (12,5 ÷ 20,1) l/s.km^2. Sông Tiên Yên là lưu vực lớn nhất trong vùng này nên khả năng điều tiết tốt hơn các lưu vực nhỏ khác với moduyl dòng chảy kiệt đạt 15,96 l/s.km^2. Ba tháng có dòng chảy nhỏ nhất thường xuất hiện vào tháng (XII ÷ II) ở phía Bắc và từ tháng (I ÷ III) ở vùng còn lại, lượng dòng chảy chỉ chiếm 4,5% lượng dòng chảy năm. Moduyl dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất trung bình đạt 8,5 l/s.km^2. Tháng có dòng chảy nhỏ nhất là tháng II với lượng nước chưa bằng 1/15 tháng có dòng chảy lớn nhất, lượng dòng chảy chiếm chưa tới 2% lượng dòng chảy năm.

Như vậy trong vùng I có sự phân hóa mùa dòng chảy rất sâu sắc tác động mạnh đến quá trình bồi tụ - xói lở vùng ven biển cửa sông.

Xét sự biến động dòng chảy qua các năm thông qua hệ số biến động C_v. Hệ số C_v xác định được tại hai trạm Tài Chí và Bình Liêu là 0,26 và 0,32. Qua đó có thể thấy sự dao động lượng nước qua các năm trong vùng khá lớn.

❖ ***Vùng ven biển đồng bằng sông Hồng - Thái Bình***

Nếu dải ven biển tỉnh Quảng Ninh là tập hợp của một loạt các lưu vực nhỏ mang những đặc điểm của sông suối miền núi thì dải ven biển của 4 tỉnh (Hải Phòng, Thái Bình, Nam Hà, Ninh Bình) lại là hạ lưu của các hệ thống sông lớn của nước ta: hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình.

Đồng bằng sông Hồng bao gồm châu thổ của sông Hồng, sông Thái Bình. Từ Việt Trì sau khi tiếp nhận nước của sông Đà, sông Lô, sông Hồng chảy theo một dòng sau đó tách ra các phân lưu. Ở tả ngạn là sông Ninh Cơ, sông Đáy chảy ra biển. Ở hữu ngạn là sông Đuống và sông Luộc chuyển nước sang sông Thái Bình, cuối cùng là sông Trà Lý đổ thẳng ra biển. Chế độ dòng chảy sông Hồng khá phức tạp chủ yếu do chế độ nước sông ở thượng lưu quyết định. Dòng chảy trong năm cũng phân thành 2 mùa rõ rệt.

• *Mùa lũ:*

Mùa lũ trên dải ven biển đồng bằng sông Hồng, sông Thái Bình thường đến chậm hơn mùa mưa 1 tháng. Bắt đầu từ tháng VI kết thúc vào tháng X. Lượng nước trong mùa lũ chiếm khoảng 75 ÷ 80% lượng nước năm. Moduyl dòng chảy lũ trung bình tại Sơn Tây và Ba Thá là 47,31 và 83,4 l/s.km^2. Ba tháng có dòng chảy lớn nhất xuất hiện đồng đều ở hạ du từ tháng VII ÷ IX với lượng nước chiếm 50 ÷ 60% lượng nước năm. Môduyn dòng chảy 3 tháng lớn nhất tại Sơn Tây là 56,9 l/s.km^2, tại Ba Thá là 91,4 l/s.km^2. Tháng có dòng chảy lớn nhất cũng xuất hiện đồng nhất vào tháng VIII, chậm hơn dải ven biển tỉnh Quảng Ninh 1 tháng. Lượng nước tháng lớn nhất chiếm trên 20% lượng nước năm. Đây cũng là thời kỳ bão hoạt động mạnh nhất. Mưa lớn (đặc biệt là do bão) trong mùa lũ cộng với những đặc điểm về địa hình là nguyên nhân gây ngập úng dải ven biển đồng bằng sông Hồng.

Nước lũ ở hạ lưu sông Hồng rất lớn vì cả 3 sông Đà, sông Lô, sông Thao đều tập trung chảy vào đồng bằng đoạn gần Việt Trì. Lưu vực sông Hồng có dạng nan quạt nên mức độ tập trung lũ nhanh với lưu lượng lớn. Dòng sông Hồng lại bị đê khống chế làm giảm khả năng tiêu thoát lũ. Lũ sông Hồng thường là lũ kép, xuất hiện lớn nhất vào các tháng VII và VIII. Nước lũ sông Hồng được chia vào các

phân lưu: sông Đuống chiếm từ 20 ÷ 30%; sông Luộc 10 ÷ 11%; sông Trà Lý 11 ÷ 12%; sông Nam Định 20 ÷ 27%, sông Ninh Cơ 8%. Như vậy tác dụng phân lũ tự nhiên quan trọng nhất hiện nay của sông Hồng là sông Đuống và sông Trà Lý. Sông Trà Lý là ranh giới giữa 2 huyện Thái Thụy và Tiền Hải thuộc tỉnh Thái Bình. Sông Ninh Cơ chảy qua huyện Kim Sơn.

Nước sông Hồng ảnh hưởng tới sông Thái Bình qua sông Đuống tới Chí Linh, dưới Phả Lại 5,5 km. Mức lũ qua sông Đuống lớn gấp 4 lần lượng lũ của thượng lưu sông Thái Bình nên ảnh hưởng rất lớn tới chế độ lũ ở hạ du. Khi sông Hồng có lũ lớn, nước lũ sông Thái Bình ứ lại lưu lượng giảm nhỏ (như trong trận lũ tháng VIII/1969). Lưu lượng lớn nhất tại Phả Lại chỉ có 1820 m^3/s. Do sự phát triển của đê điều trên hệ thống sông Thái Bình ở thượng và hạ du, mức nước ở Phả Lại hiện nay dễ dàng vượt mức báo động III (4,8 m) và thời gian mức lũ duy trì trên báo động III (3,8 m) kéo dài hàng tháng. Mức cao nhất bình quân hiện nay lên tới 5,87 m và trong trận lũ tháng VIII/1971 mức lũ đạt 7,5 m.

Lưu lượng lũ phân qua Cát Khê về sông Thái Bình chỉ còn 49%. Qua thị xã Hải Dương đến Ngọc Điểm sông Thái Bình phân tới 39% qua sông Gùa chảy vào Văn Úc. Hiện nay, sông Văn Úc vừa sâu, vừa rộng là đường thoát lũ chủ yếu cho sông Thái Bình và sông Luộc. Còn sông Kinh Thày đến ngã ba Kèo thì phân khoảng 39% lượng lũ về phía Đông Triều, còn lại theo sông Kinh Môn đến ngã ba Mây phân khoảng 19% theo sông Lai Vu để trở về sông Văn Úc.

Sông Đáy là phân lưu của sông Hồng tại Thanh Điền - Hà Tây. Lưu lượng phân lũ tự nhiên của sông Đáy bằng 20% lượng lũ sông Hồng. Hiện nay đập Đáy đã được sửa chữa nâng cấp nhằm tăng khả năng tháo lũ cực đại lên đến 5000 m^3/s.

Với lượng nước lũ từ thượng nguồn đưa về lớn, địa hình dải ven biển đồng bằng sông Hồng lại khó có khả năng tiêu thoát nên thường gây ngập úng trong mùa lũ.

• *Mùa kiệt:*

Mùa kiệt dòng chảy từ thượng lưu đổ về giảm nhiều so với mùa lũ. Mùa kiệt kéo dài từ tháng XI đến tháng V chiếm khoảng 20 ÷ 25% tổng lượng dòng chảy năm. Moduyl dòng chảy kiệt đều nhỏ hơn 20 $l/s.km^2$. Moduyl dòng chảy kiệt xác định được tại Sơn Tây là 10,8 $l/s.km^2$, tại Ba Thá trên sông Đáy là 16,3 $l/s.km^2$. Ba tháng liên tục có dòng chảy nhỏ nhất thường bắt đầu từ tháng II đến tháng IV với

lượng nước chưa tới 10% lượng nước năm. Thời kỳ kiệt nhất từ tháng III đến 10/IV. Mực nước kiệt nhất tại Sơn Tây là 3,57 m và ở Hà Nội là 1,71 m. So với vùng Quảng Ninh thì sự phân hoá dòng chảy ở vùng ĐBSH ít sâu sắc hơn. Chênh lệch về trị số moduyl dòng chảy giữa 2 mùa đạt từ 4 ÷ 5 lần. Sự dao động dòng chảy giữa các năm cũng không lớn hệ số biến sai C_v đạt từ 0,15 ÷ 0,17. Lưu lượng kiệt nhất tại các trạm chính trên sông Hồng được xác định trong bảng 2.4

Bảng 2.4 Lưu lượng kiệt nhất vào tháng III, IV, V tại các trạm chính trên s. Hồng

Trạm	Q_{min} (m^3/s)	$Q_{tháng\ max}$ (m^3/s)			$Q_{tháng\ min}$ (m^3/s)		
		III	IV	V	III	IV	V
Sơn Tây	368	910	1060	1880	607	622	616
Thượng Cát	28,8	154	192	368	59,4	44	88,3
Hà Nội	350	765	899	1080	605	482	700

Có thể thấy dòng chảy kiệt và sự phân phối dòng chảy ở hạ du đã ảnh hưởng quan trọng tới sự xâm nhập mặn ở các huyện ven biển đồng bằng sông Hồng và sông Thái Bình.

So với hệ thống sông Hồng, lượng nước mùa cạn các sông hợp thành sông Thái Bình nhỏ hơn rất nhiều. Các sông lớn phía thượng lưu đã ít nước nhưng lại bị các công trình giữ lại nên lượng nước chuyển về hạ du chẳng còn mấy. Tại Phả Lại lưu lượng bình quân tháng mùa cạn chỉ đạt từ 4 ÷ 5 m^3/s ứng với mực nước 0,4 ÷ 0,6 m nên lượng nước hạ lưu sông Thái Bình chủ yếu do sông Hồng cung cấp. Lưu lượng nước mùa cạn tại một số trạm trên hệ thống sông Thái Bình được trình bày trong bảng 2.5

Bảng 2.5 ưu lượng nước mùa cạn

Trạm	Sông	$Q_{cạn}$ (m^3/s)
Linh Xá	Kinh Thầy	10
An Phụ	Kinh Môn	5
Lai Vu	Lai Vu	3
Cát Khê	Thái Binh	50
Ngọc Điểm	Thái Bình	10
Bá Nha	Gùa	40
Trung Trang	Văn Úc	40

2.5.1.3. Dòng chảy cát bùn

❖ ***Vùng ven biển tỉnh Quảng Ninh***

Dòng chảy bùn cát của các sông vùng ven biển Quảng Ninh vào loại nhỏ nhất so với sông suối trong cả nước, thể hiện lượng ngậm cát bình quân dưới 100 g/m^3. Tổng lượng bùn cát các sông vùng ven biển Quảng Ninh được trình bày trong bảng 2.6

Bảng 2.6 Lượng bùn cát trung bình đổ ra các cửa sông hằng năm vùng ven biển Quảng Ninh

STT	Tên sông	Tổng lượng bùn cát (10^6 tấn)
1	Bình Liêu	0,067
2	Dương Huy	0,005
3	Bằng Cả	0,007

❖ ***Vùng ven biển đồng bằng sông Hồng - sông Thái Bình***

Dòng chảy bùn cát sông Hồng rất lớn. Độ đục nhiều năm tại Sơn Tây lên tới 990 g/m^3. Tổng lượng phù sa lơ lửng của sông Hồng bình quân nhiều năm xấp xỉ 114 triệu tấn. Tuy nhiên lượng bùn cát này phân phối rất không đều trong năm. Tổng lượng phù sa trong mùa lũ lên tới 91,6% của cả năm, còn 7 tháng mùa kiệt chỉ có 8,4%, có tháng trong mùa kiệt lượng phù sa chỉ chiếm 0,5% tổng lượng phù sa năm.

So sánh lượng dòng chảy hàng năm giữa sông Hồng và sông Thái Bình ta thấy tỷ lệ dòng chảy giữa sông Hồng và sông Thái Bình xấp xỉ 14 lần, nhưng tỷ lệ bùn cát giữa 2 sông lại chênh lệch nhau rất lớn, tỷ lệ đó xấp xỉ 100 lần.

Bùn cát sông Hồng sau khi chuyển một phần sang sông Đuống và sông Luộc để cung cấp cho sông Thái Bình, phần còn lại được phân phối qua các phụ lưu ra vịnh Bắc bộ bằng các cửa chính Ba Lạt, Cửa Đáy, Trà Lý, Lạch Giang.

Lượng bùn cát trung bình đổ ra các cửa sông hằng năm của hệ thống sông Hồng được trình bày trong bảng 2.7

Bảng 2.7 Lượng bùn cát trung bình đổ ra các cửa sông hằng năm của hệ thống sông Hồng

STT	Tên cửa sông	Tổng lượng bùn cát (10^6 tấn)
1	Cửa Đáy	19,312
2	Cửa Lạch Giang	2,577
3	Cửa Ba Lạt	27,774
4	Cửa Trà Lý	9,003

Lượng bùn cát sau khi đưa tới cửa, một phần được bồi lắng ngay trước cửa sông, phần khác được dòng hải lưu ven bờ đưa ra xa và phân phối lại cho cả khu vực rộng lớn ven bờ.

Nếu coi tổng lượng bùn cát qua mặt cắt trạm Hà Nội hằng năm là 100% thì lượng bùn cát phân phối qua các phân lưu hàng năm của hệ thống sông Hồng được xác định như bảng 2.8

Bảng 2.8 Phân phối lượng bùn cát hằng năm ở các nhánh sông so với trạm Hà Nội

STT	Trạm	Tổng lượng bùn cát (10^6 tấn)	Tỷ lệ (%)
1	Hà Nội	81,583	100,00
2	Triều Dương	09,573	11,73
3	Quyết Thắng	08,991	11,02
4	Nam Định	19,292	23,65
5	Trực Phương	02,552	03,13
6	Ba lạt	27,700	33,95

2.5.2. Miền Trung

2.5.2.1. Đặc điểm mạng lưới sông suối duyên hải miền Trung

Với độ dốc địa hình lớn do các dãy núi cao nối tiếp nhau thuộc dãy Trường Sơn chạy sát ra tới biển tạo nên mạng lưới sông suối trong dải duyên hải Trung bộ khá dày đặc, nhưng đặc điểm nổi bật của các sông suối ở đây là các sông ngắn, dốc, lưu vực nhỏ và hầu hết đều chuyển thẳng từ phần thượng lưu xuống hạ lưu không có trung lưu. Trong toàn dải Trung bộ có tới 67 các lưu vực có cửa sông riêng biệt, nhưng trong tổng số này chỉ có 4 lưu vực có diện tích F > 10000 km^2, 19

lưu vực có F > 1000 km^2 còn chủ yếu là các lưu vực nhỏ có diện tích dưới 500 km^2. Với địa hình núi cao chạy sát ra tới biển nên một đặc điểm nổi bật của các lưu vực này là có độ cao bình quân lưu vực lớn, lớn hơn hẳn so với các sông thuộc dải ven biển nước ta. Ở các lưu vực sông lớn có F > 1000 km^2 độ cao bình quân lưu vực thường đạt từ 400 ÷ 600 m còn đối với các lưu vực nhỏ F < 1000 km^2 thì độ cao bình quân lưu vực cũng dao động trong khoảng 100 ÷ 400 m, trong khi đó lưu vực có độ cao bình quân lớn nhất ở dải duyên hải Quảng Ninh là 371 m (lưu vực sông Tiên Yên). Mặc dù độ cao bình quân lưu vực thường lớn nhưng độ dốc bình quân của các lưu vực này, thường đạt giá trị không cao dao động trong khoảng 15 ÷ 25%, nhỏ hơn so với các lưu vực ven biển Quảng Ninh. Các thung lũng sông trong vùng nghiên cứu thường sâu hơn nhiều so với bề mặt lưu vực, nhất là ở phần thượng du thung lũng sông chủ yếu ở dạng hẻm vực hình chữ V và nguồn sông thường thấp hơn rất nhiều so với độ cao đỉnh núi, các đỉnh của dãy Trường Sơn thường trên 1500 m nhưng độ cao đầu nguồn chỉ đạt ở trị số 800 ÷ 1000 m; thêm vào đó sông thường dài gấp nhiều lần so với chiều rộng nên độ kéo dài lớn, mức độ hạ thấp địa hình xảy ra chậm. Về mặt địa hình có thể phân chia dải miền Trung thành 2 vùng địa hình khác nhau:

- Vùng địa hình phía Bắc (Thanh Hoá - Nghệ An) có độ cao địa hình thấp hơn hẳn, với cảnh quan chủ yếu là núi thấp, gò đồi - đây là vùng địa hình chuyển tiếp từ vùng đồng bằng Bắc bộ tới địa hình núi của dãy Trường Sơn. Hướng nghiêng của địa hình trong khu vực này là Tây Bắc - Đông Nam đã quy định hướng chảy chính của các sông suối lớn cùng theo hướng Tây Bắc - Đông Nam như sông Mã, sông Cả, sông Chu. Ở đây đã xuất hiện những lưu vực lớn khép kín phát triển phụ lưu các cấp và chủ yếu tập trung trong hai lưu vực sông Mã và sông Cả. Lưu vực sông có dạng hình lông chim nên độ tập trung nước trên lưu vực không cao. Độ cao bình quân cũng như độ dốc bình quân lưu vực không lớn, các sông suối trong vùng đều có độ uốn khúc khá lớn với hệ số uốn khúc đạt trên 1,7 do các nếp uốn của địa hình. Mặt khác sự chia cắt của bề mặt không lớn nên mạng lưới sông suối kém phát triển với hệ số mật độ sông suối D = 0,6 ÷ 0,7 km/km^2.

- Vùng địa hình phía Nam có độ cao địa hình lớn hơn hẳn so với vùng phía Bắc. Về mặt địa hình, dãy núi Trường Sơn nằm ở phía Tây chạy dọc theo đường bờ biển có hàng loạt các đỉnh cao trên 1500 m như đỉnh Ngọc Lĩnh (2598 m), đỉnh Ngọc Sơn (2045 m), đỉnh Ngọc Rô (1549 m)... đổ trực tiếp xuống biển Đông qua khoảng cách nhỏ hẹp vì vậy độ dốc địa hình trong vùng rất lớn. Cấu trúc sơn văn

của dãy Trường Sơn là các núi sắp xếp song song chạy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam cùng với hướng của đường bờ biển chuyển từ Tây Bắc - Đông Nam sang chếch Bắc - Nam nên thường xuyên xuất hiện những nhánh núi chạy sát tới đường bờ biển, vì vậy địa hình khu vực này thường bị chia cắt thành những ô nhỏ. Do địa hình bị chia cắt nhỏ bởi các dãy núi cao chạy sát ra tới biển nên mạng lưới sông suối trong khu vực bị phân cắt thành những lưu vực nhỏ riêng biệt, tính trung bình cứ 20 km đường bờ biển xuất hiện 1 cửa sông. Trong tổng số 44 lưu vực riêng biệt có cửa sông đổ trực tiếp ra biển với chiều dài sông chính lớn hơn 10 km chỉ có 2 lưu vực sông với diện tích lớn vượt trên 10000 km^2 (sông Thu Bồn, sông Ba) còn lại có tới 11 lưu vực với F < 100 km^2 chiếm 25% và 48% các lưu vực có diện tích 100 < F < 1000 km^2, chỉ có 3 con sông với F >1000 km^2 có chiều dài sông chính L > 100 km. Về mặt hình dạng lưu vực trong vùng nghiên cứu bao gồm các dạng lưu vực của lãnh thổ Việt Nam: từ dạng lưu vực nan quạt mở rộng, dạng lưu vực hình cành cây tới dạng lưu vực hình lông chim nằm xen kẽ nhau thể hiện mức độ phức tạp của địa hình trong vùng, tỷ lệ giữa chiều dài và chiều rộng bình quân lưu vực dao động trong khoảng 2 ÷ 8 lần. Tính trung bình mật độ sông suối trong vùng nghiên cứu đạt D = 0,65 km/km^2.

Các đặc trưng hình thái lưu vực sông miền Trung được trình bày trong bảng 2.9.

2.5.2.2. Chế độ dòng chảy

Hàng năm trong vùng Trung bộ nhận được 196 tỷ m^3 nước mưa và 120 tỷ m^3 nước chảy vào mạng lưới sông suối, nếu tính trung bình cho toàn diện tích vùng nghiên cứu sẽ được một lớp dòng chảy 1252 mm tương ứng với M = 39,6 $l/s.km^2$ với hệ số dòng chảy đạt khá cao $\alpha = 0,61$

Do các điều kiện địa hình nên sự biến đổi lượng mưa theo không gian trong vùng nghiên cứu rất lớn, đặc biệt là sự dịch chuyển dần mùa mưa bão từ Bắc vào Nam đã kéo theo sự biến động của lượng dòng chảy sông suối trong vùng, phù hợp với sự phân bố lượng mưa.

Bảng 2.9: Đặc trưng hình thái các sông suối thuộc Trung bộ

STT	Tên sông	Đổ vào đâu	Độ cao nguồn sông (m)	Chiều dài sông (km)	Chiều dài lưu vực (km)	Diện tích Hứng nước (km^2)	Độ cao bình quân lưu vực (m)	Độ dốc bình quân lưu vực (%)	Độ rộng bình quân lưu vực (m)	Mật độ lưới sông (km/km^2)	Hệ số không đối xứng	Hệ số không cân bằng lưới sông	Hệ số uốn khúc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Mã	Biển Đông		512/410	412	24800/17600	762	17.6	68.8	0.66	-0.32	0.79	1.79
2	Yên	Biển Đông	175	89		1850							
3	Hoàng Mai	Biển Đông	175	35.5	38	363			9.6	1.01	0.02	1.22	1.19
4	Khê Dua	Biển Đông		32	18.5	234			12.7	0.83	0.14	1.06	1.78
5	Độ Ông	Biển Đông		21	14.7	114			7.8	0.6			1.44
6	Dừa	Biển Đông		27	17.5	140			8	0.48		3	2.12
7	Bùng	Cửa Vạn		48	35	753			21.5	0.83		4.75	1.5
8	Cửa Lò	Cửa Lò		52	31	400			12.9	0.66	-0.31	1.26	1.74
9	Cả	Cửa Hội		531/361		27200/17730	294	18.3	89	0.6	-0.14	1.34	1.74
10	Rác	Cửa Nhượng		36	23.5	354			15.1	1.08	0.39	1.03	1.56
11	Kinh	Cửa Khẩu		34	28	439			15.7	1.1	-0.55	1.32	1.57
12	Ròn	Cửa Ròn	100	30	21	261	138	17.2	12.7	0.8	0.19	1.82	1.57
13	Gianh	Cửa Gianh	1350	158	121	4680	360	19.2	38.6	1.04	-0.34	0.69	1.85

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	Bố Trạch	Biển Đông		22	16.5	177			10.7	0.7	1.49	0.65	1.42
15	Định	Biển Đông	200	37.5	25	212	203	16	8.5	0.93	-0.35	0.48	2.18
16	Kiến Giang	Cửa Nhật Lệ	953	96	59	2650	234	20.1	45	0.84	0.61	4.6	1.5
17	Bến Hải	Cửa Tùng	500	64.5	51.5	809	115	8.6	15.7	1.15	0.24	1.9	1.43
18	Quảng Trị	Cửa Việt	700	156	69	2660	301	20.1	38.6	0.92	0.39	4.59	2.5
19	Ô Lâu	Vụng Tùng	900	66	40	900	192	13.1	22.5	0.81	0.26	1.97	1.85
20	Hương	Cửa Thuận An	900	104	63.5	2830	330	28.5	44.6	0.6	0.58	6.86	1.65
21	Nông	Vụng Cầu Hai	1154	30	17	467	78	1.6	2.7	0.45	0.78	4.8	1.76
22	truồi	Vụng Cầu Hai	900	13	20	149	253	27.4	7.4	0.48	-0.16	0.96	1.2
23	Lu Bu	Cửa Kiếng	500	17	15	118	248	26.1	7.9	0.48	-0.19	0.7	1.31
24	Thu Bồn	Biển Đông	1600	205	148	10350	552	25.5	70	0.47	0.01	1.09	1.86
25	Ba kỳ	Biển Đông	500	70	70	1040	84	9.4	14.8	0.5	2.2	1.4	2.33
26	Trâu	Biển Đông		25	18	106	240	14.8	5.9	0.63	-0.5	0.14	1.56
27	Trà Bồng	Biển Đông	200	59	56	697	196	10.5	12.4	0.43	0.08	1.2	1.37
28	Trà Khúc	Biển Đông	900	135	123	3240	558	18.2	16.3	0.39	0.57	2.86	1.69
29	Vệ	Biển Đông	800	91	70	1260	170	19.9	18	0.79	0.24	3.5	1.3
30	Trà Câu	Biển Đông	175	32	27	442	113	13.7	16.4	0.67	0.25	0.62	1.61
31	Không tên 54	Biển Đông	600	17	16	112	290	8.6	7	0.7	0.32	1.82	1.1
32	Không tên 55	Biển Đông	400	20	16	100	304	7.8	6.2	0.72	0.28	3.8	1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
33	An Lão	Biển Đông	825	85	73	1466	277	22	20	0.65	-0.36	0.52	2.99
34	Cá	Biển Đông	360	52	40	719	151	71.5	18	0.71	0.12	1.13	1.46
35	Côn	Biển Đông	925	171	143	2980	567	15.8	20.8	0.65	-0.18	0.76	1.54
36	Hà Tung	Biển Đông	800	58	45	539	179	18.3	12	0.92	0.15	1.03	1.42
37	Cầu	Biển Đông	425	26	24	161	240	18.1	6.7	0.3	-0.11	0.05	1.74
38	Kỳ Lộ	Biển Đông	750	105	62.6	1920	342	18.6	30.7	0.6	0.08	1.38	1.7
39	Đổ Đá	Biển Đông	800	12	11	42			3.8				1.14
40	Ba	Biển Đông	1200	388	286	13900	400	10.9	48.6	0.94	-0.37	2.53	1.98
41	Đà Nông	Biển Đông	700	68	30	592	228	15.4	19.7	0.5	0.37	0.38	2.13
42	Đông Điền	Biển Đông	750	23	18	120	495	22.1	6.7	0.71	-0.02	0.59	1.91
43	Hiền Lương	Biển Đông	900	21	19	92			4.8				1.36
44	Cái (Ninh Hoà)	Biển Đông	1300	49	38	852	342	18.8	22.4	0.61	0.33	1.55	1.4
45	Giang	Biển Đông	375	28	26	141	234	15.8	5	0.57	0.32	0.06	1.67
46	Ba Hồ	Biển Đông	200	10	11	55			5				1.14
47	Cái (Nha Trang)	Biển Đông	1475	79	62	1900	548	22.8	30.6	0.82	0.08	0.93	1.38
48	Không tên 72	Biển Đông	400	16	13	71			5.5				
49	Trương	Biển Đông	800	22	20	137	269	20.8	6.9	0.74	0.12	1.1	1.1
50	Sau	Biển Đông	175	12	13	58.5			4.5				1.2
51	Cả	Biển Đông	300	15	16	68			4.2				1.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
52	Trà Đục	Biển Đông	900	22	23	185	332	16.5	8	0.43	-0.06	0.58	1.16
53	Can	Biển Đông	300	18	18	79			4.4				
54	Giỏ Tá	Biển Đông	700	26	23	166	381	23	7.7	0.44	-0.37	0.41	1.73
55	Nước Ngọt	Biển Đông	700	10	11	36			3.3				1.29
56	Bà Râu	Biển Đông	200	26	16	250	201	18.7	5.6	0.46	0.13	0.43	1.3
57	Cái (Phan Rang)	Biển Đông	1600	119	95	3000	483	17.7	31.6	0.55	-0.35	0.32	2.45
58	Vĩnh Phong	Biển Đông	100	10	9	32			3.6				
59	Lòng Sông	Biển Đông	1150	50	45	511	531	14.9	11.4	0.46	-0.34	0.31	1.32
60	Luỹ	Biển Đông	1075	98	61.5	1910	371	12.3	31	0.38	0.1	0.96	1.69
61	Cái (Phan thiết)	Biển Đông	550	71	68	1050	198	3.8	15.4	0.44	0.23	1.07	2.5
62	Cà Ty	Biển Đông	250	56	45	753	159	11.2	16.7	0.32	-0.1	0.84	1.4
63	Phan	Biển Đông	350	58	47	582	102	7.8	12.4	0.32	0.08	1.5	1.57
64	Dinh	Biển Đông	839	58	55	904	121	6.8	16.4	0.15	0.45	2.2	1.1
65	Cô Kiều	Biển Đông	450	18	20	86			4.8				
66	Tram	Biển Đông	500	21	16	92			5.8				
67	Cổ Chi	Biển Đông	600	26	23	292	6.6	12.3	12.7	0.7	0.4	0.48	1.1

Ghi chú : 24800/17600

- Tử số : Phần đặc trưng của toàn lưu vực
- Mẫu số : Phần đặc trưng của lưu vực nằm trong lãnh thổ Việt Nam

Ngoài ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu mà ở đây chủ yếu là lượng mưa năm theo không gian, sự phân bố dòng chảy trên các sông suối trong vùng còn phụ thuộc rất chặt chẽ vào các yếu tố mặt đệm như địa hình, cấu trúc địa chất, địa mạo, thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật... Nếu như lượng mưa năm biến đổi theo không gian không lớn, lưu vực có lượng mưa bình quân lớn nhất vùng nghiên cứu (lưu vực sông Hương) chỉ gấp 3 lần so với lưu vực có lượng mưa bình quân nhỏ nhất (lưu vực sông Lũy) thì lớp dòng chảy trung bình lưu vực có thể gấp đến 7 lần, thể hiện qua sự tác động của các yếu tố mặt đệm thông qua hệ số dòng chảy. Hệ số dòng chảy α có sự biến đổi rất lớn ở các lưu vực trong vùng nghiên cứu từ (0,20 ÷ 0,73).

Dòng chảy trên các sông suối có xu hướng tăng dần từ phía Bắc dải duyên hải Trung bộ vào tới vùng núi cao Bạch Mã - Ngọc Lĩnh và lại giảm dần về phía Nam vùng, tăng từ phía Đông sang Tây vùng nghiên cứu. Với các lưu vực có cùng cỡ diện tích lớn như nhau ($F > 10.000$ km^2), nếu như ở lưu vực sông Mã có lớp dòng chảy trung bình đạt 670 mm thì tới lưu vực sông Cả y = 1180 mm và đạt cao nhất là lưu vực sông Thu Bồn với y = 1844 mm, giảm xuống ở lưu vực sông Ba, y = 700 mm. Còn với các sông có $F > 1000$ km^2, xu hướng này thể hiện rất rõ: từ lưu vực sông Gianh có y = 1799 mm, tới lưu vực sông Kiến Giang y = 1883 mm, lưu vực sông Hương y = 2306 mm giảm dần tới lưu vực sông Vệ y = 1700 mm, lưu vực sông Cái (Nha Trang) y = 851 mm và tới lưu vực sông Lũy y = 309 mm.

❖ ***Mùa lũ***

Với địa hình ngắn dốc, sự hạ thấp độ cao lớn, các lưu vực sông suối trong vùng thường có diện tích nhỏ, sông ngắn dốc không có trung lưu vì vậy khả năng điều tiết dòng chảy nhỏ nên tính chất lũ của các sông suối trong vùng nghiên cứu mang đậm nét lũ miền núi với thời gian kéo dài nhỏ, cường suất lũ lớn, đỉnh lũ nhọn và trong một mùa lũ thường xảy ra nhiều con lũ riêng biệt. Mặt khác do ảnh hưởng của các nhiễu động thời tiết trên một diện rộng và lưu vực các sông ở trong vùng thường nhỏ nên lũ lớn xảy ra khá đồng bộ trên toàn lưu vực dẫn đến sự cộng hưởng của dòng chảy lũ, gây ngập lụt nghiêm trọng cho vùng nghiên cứu, song giữa các lưu vực chế độ dòng chảy cũng có khác nhau.

Do chế độ mưa ở Trung bộ phân hoá sâu sắc mà chế độ dòng chảy cũng phân mùa rõ rệt là mùa lũ và mùa kiệt. Đồng thời chịu sự ảnh hưởng của vị trí địa lý, địa hình, tình hình mặt đệm nên trong khu vực nghiên cứu chế độ dòng chảy ở

từng lưu vực cũng có sự khác nhau. Căn cứ vào thời gian xuất hiện và lượng dòng chảy ở các sông suối (bảng 2.10) có thể chia thành 4 khu vực có chế độ dòng chảy khác nhau.

Dải ven biển Thanh Hoá - Nghệ An: Với địa hình trong toàn vùng chủ yếu đồi núi thấp chuyển tiếp từ vùng đồng bằng Bắc bộ sang vùng núi Trường Sơn, sông suối trong vùng tập trung trong hai lưu vực sông lớn (sông Mã, sông Cả) nên vùng ven biển của khu vực này là vùng đồng bằng khá bằng phẳng. Chịu ảnh hưởng trực tiếp của các nhiễu động thời tiết như bão, ATNĐ... mùa lũ của khu vực này xuất hiện trong 5 tháng từ tháng (VII ÷ XI) bắt đầu và kết thúc chậm hơn 1 tháng so với thời gian mùa lũ của các khu vực sâu trong đất liền ở cùng vĩ độ, với lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới 70 ÷ 80% lượng dòng chảy cả năm và $M_{lũ}$ = 30 ÷ 40 l/s.km^2. Ba tháng có lượng dòng chảy lớn nhất tập trung từ tháng (VIII ÷ X) với lượng dòng chảy chiếm 50 ÷ 55% lượng dòng chảy năm với $M_{bathángmax}$ = 40 ÷ 50 l/s.km^2. Tháng có dòng chảy lớn nhất thường xuất hiện vào tháng IX - trùng với thời kỳ các nhiễu động thời tiết và dải hội tụ nhiệt đới hoạt động mạnh ở vĩ độ này và $M_{thángmax}$ = 50 ÷ 60 l/s.km^2.

Dải ven biển từ Hà Tĩnh đến Quảng Trị: Đây là các lưu vực sông ngắn nằm ở địa hình núi phía Bắc dãy Trường Sơn, có mùa lũ chuyển vào mùa thu - đông chịu ảnh hưởng trực tiếp của các nhiễu động thời tiết. Với mùa lũ kéo dài ba tháng nhưng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới 60 ÷ 70% lượng dòng chảy cả năm với $M_{lũ}$ = 100 ÷ 130 l/s.km^2. Tháng có dòng chảy lớn nhất thường xuất hiện vào tháng X - thời kỳ dải hội tụ nhiệt đới đi qua khu vực này, chiếm 20 ÷ 25% lượng dòng chảy năm và $M_{thángmax}$ = 150 ÷180 l/s.km^2.

Dải ven biển từ Thừa Thiên - Huế đến Khánh Hoà: Kéo dài tới 4 vĩ độ địa lý và với địa hình núi Trường Sơn chạy sát bờ biển Đông nên địa hình vùng này cao hơn hẳn so với Bắc Trường Sơn vì vậy dòng chảy lũ ở đây cũng diễn ra ác liệt nhất không chỉ đối với vùng nghiên cứu mà là toàn lãnh thổ Việt Nam. Mùa lũ ở đây chỉ kéo dài trong ba tháng X ÷ XII nhưng lượng dòng chảy chiếm tới 60 ÷ 75% lượng dòng chảy năm và đây cũng là khu vực có moduyn dòng chảy lũ lớn nhất nước ta $M_{lũ}$ = 150 ÷ 200 l/s.km^2. Tháng có lượng dòng chảy lớn nhất là tháng XI chiếm tới 25 ÷ 32% lượng dòng chảy năm với $M_{thángmax}$ = 150 ÷ 250 l/s.km^2.

Bảng 2.10 Lưu lượng trung bình sông suối dải ven biển Trung bộ (m^3/s)

STT	Trạm	Sông	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TBN
1	Cẩm Thủy	Mã	133	113	95.5	102	143	340	555	841	806	414	245	163	329
2	Cửa Đạt	Chu	56.1	45.3	40.6	39.6	72.8	103	134	199	240	295	119	69.7	118
3	Yên Thượng	Cả	243	163	142	140	249	400	544	873	1252	1215	546	272	503
4	Quỳ Châu	Hiếu	42.1	35	29.9	25.9	50.5	77.4	82.8	113	169	162	84.4	54.2	77.2
5	Nghĩa Khánh	Hiếu	64.7	54.5	48.2	49	82.7	116	115	187	320	341	133	75.6	132
6	Gia Vòng	Bến Hải	8.47	4.82	3.2	2.52	4.91	3.92	2.27	4.67	21.9	53.6	39.3	18.7	14
7	Thượng Nhật	Tả Trạch	9.08	5.56	3.98	3.7	8.77	9.19	5.81	6.73	11.2	50.4	37.4	21.9	14.5
8	Thành Mỹ	Cái	91.4	57.3	41.7	34.2	46	57.4	41.9	45.9	76.2	265	311	197	105
9	Nông Sơn	Thu Bồn	213	124	87.9	67.2	98.1	102	79.2	71.5	139	603	821	502	242
10	Sơn Giang	Trà Khúc	142	86.1	59	47.5	65.3	81.5	61.1	60.7	89.6	442	574	356	172
11	An Chỉ	Vệ	45.5	23.6	18.7	15.7	18.3	21.1	15.5	14.6	25.5	137	210	131	56.4
12	An Hoà	An Lão	22.9	12.3	8.42	5.84	5.04	6.05	3.98	3.81	6.52	57.6	96	64.7	24.4
13	Cây Muồng	Côn	41.8	25.8	17.6	14.0	17.4	22.9	16.16	16.2	26.0	181	219	127.4	60.5
14	Củng Sơn	Ba	141	83.1	53.4	44.8	85.1	149	141	251	357	784	842	378	276
15	Đồng Trăng	Cái (N. Trang)	40.2	24.5	22.8	21	29.5	31.2	28.4	28	54.1	124	157	123	57
16	Tân Mỹ	Cái Phan Rang	42.1	26.5	29.7	31	53.4	65.3	68.3	64.9	129	150	130	88.1	73
17	Sông Luỹ	Sông Luỹ	2.09	1	1.1	1.34	6.5	8.42	10.8	12	30.5	56.2	17.7	4.53	12.7
18	Mương Mán	Cà Ty	2.58	1.73	0.98	0.82	2.67	8.99	10.2	27.6	27.4	31.6	11.6	2.56	10.7

(*) : Chỉ riêng trạm Sông Hinh có chuỗi tài liệu quan trắc tới năm 1985, còn các trạm khác đều có tài liệu tới 1993

Dải ven biển cực Nam Trung bộ (Ninh Thuận - Bình Thuận): Thuộc vào vùng núi thấp cuối cùng của dãy Trường Sơn nhưng bị che khuất bởi các dãy núi nên các nguồn ẩm bị chặn ở ngoài khu vực đem lại một kiểu khí hậu khô nóng cho khu vực này vì vậy mặc dù chịu ảnh hưởng trực tiếp của gió mùa Tây Nam có mùa mưa rất tập trung từ tháng V ÷ X nhưng mùa lũ trên sông suối khu vực này xuất hiện vào tháng VII ÷ X với lượng dòng chảy mùa lũ chiếm tới 70 ÷ 80% lượng dòng chảy năm. Với lượng mưa bị hạn chế nên moduyn dòng chảy lũ đạt 30 ÷ 50 l/s.km^2. Ba tháng dòng chảy lớn nhất tập trung vào tháng VIII ÷ X với tỷ trọng dòng chảy cao chiếm 60 ÷ 70% và $M_{\text{batháng lớn nhất}}$ = 65 ÷ 85 l/s.km^2. Tháng có lượng dòng chảy lớn nhất rơi vào tháng X chiếm 20 ÷ 25% lượng dòng chảy năm, moduyn dòng chảy $M_{\text{tháng lớn nhất}}$ = 60 ÷ 80 l/s.km^2, đây cũng là thời kỳ hoạt động mạnh nhất của gió mùa Tây Nam. Dòng chảy lũ lớn nhất của khu vực này đạt trị số nhỏ. Moduyn đỉnh lũ trung bình cũng chỉ đạt 583 l/s.km^2 và dòng chảy đỉnh lũ lớn nhất đã quan trắc được đạt 1220 l/s.km^2 (6/XI/1996) cũng chỉ đạt tần suất P = 5%.

❖ ***Mùa kiệt***

Sau khi kết thúc mùa lũ, mực nước các sông suối trong lưu vực giảm dần vào mùa kiệt, tuỳ theo mỗi vùng có cơ chế mưa ẩm khác nhau sẽ có thời gian xuất hiện và phân phối mùa kiệt khác nhau. Tuy nhiên có thể thấy rằng mùa kiệt của các sông suối trong dải duyên hải Trung bộ khô hạn (bảng 2.11), do các sông đều dốc, đổ thẳng ra biển, khả năng giữ nước trong lớp thổ nhưỡng cũng như trong lòng sông đều rất nhỏ, mức độ chênh cao giữa mực nước mùa kiệt và bề mặt cao rất khó khăn cho việc sử dụng nước cho các mục đích kinh tế.

Dải ven biển Thanh Hoá - Nghệ An: Mùa kiệt ở đây kéo dài từ tháng XII ÷ VI với lượng dòng chảy chiếm từ 20 ÷ 35% lượng dòng chảy năm và có $M_{\text{kiệt}}$ = 8 ÷ 20 l/s.km^2. Ba tháng có lượng dòng chảy nhỏ nhất xuất hiện đồng thời từ tháng II ÷ IV, lượng dòng chảy trong ba tháng này chỉ chiếm từ 5 ÷ 10% lượng dòng chảy năm với $M_{\text{batháng min}}$ = 5 ÷ 10 l/s.km^2. Dòng chảy tháng kiệt nhất xuất hiện vào tháng III, thời kỳ kiệt nhất của toàn lãnh thổ Việt Nam với lượng dòng chảy tháng chỉ đạt 2 ÷ 5 l/s.km^2 chiếm 1÷3% lượng dòng chảy năm.

Bảng 2.11 Các đặc trưng mùa kiệt trên các sông suối dải duyên hải Trung bộ

STT	Trạm	Sông	Mùa kiệt				Ba tháng nhỏ nhất				Tháng nhỏ nhất			
			Q (m3/s)	M (l/s/km^2)	% so với năm	Tháng Xuất hiện	Q (m^3/s)	M (l/s/km^2)	% so với năm	Tháng Xuất hiện	Q (m^3/s)	M (l/s/km^2)	% so với năm	Tháng Xuất hiện
1	Cẩm Thủy	Mã	142	8.1	24.6	XI - V	104	5.94	7.86	II - IV	95.5	5.5	2.5	III
2	Cửa Đạt	Chu	61		29.9	XII - VI	41.8		8.86	II - IV	39.6		2.8	IV
3	Yên Thượng	Cả	230	10	26.1	XII - VI	148	6.43	7.37	II - IV	140	6.1	2.3	IV
4	Quỳ Châu	Hiếu	49.7	33.2	25.2	XII - V	30.2	20.1	9.8	II - IV	25.9	17.3	2.8	IV
5	Nghĩa Khánh	Hiếu	75.7		38.1	XII - VII	50.6		9.58	II - IV	48.2		3.1	III
6	Gia Voòng	Bến Hải	4.35	14.5	20.2	I - VIII	3.51	11.7	6.27	II - IV	2.27	7.6	1.4	VII
7	Thượng Nhật	Tả Trạch	7.11	34.2	36.3	I - IX	4.41	21.2	7.61	II - IV	3.7	17.8	2.1	IV
8	Thành Mỹ	Cái	54.7	29.5	38.9	I -IX	40.6	22	9.64	III - V	34.2	18.5	2.7	IV
9	Nông Sơn	Thu Bồn	109.1	34.6	33.8	I -IX	84.4	26.8	8.72	III - V	67.2	21.3	2.31	IV
10	Sơn Giang	Trà Khúc	77	31.5	33.6	I -IX	57.3	23.5	8.32	III - V	47.5	19.5	2.3	IV
11	An Chỉ	Vệ	22.1	27.1	29.3	I -IX	17.6	21.6	7.79	III - V	14.6	17.9	2.16	IV
12	An Hoà	An Lão	8.3	21.7	25.6	I -IX	5.64	14.7	5.78	VI - VIII	3.8	9.95	1.3	VIII
13	Cây Muồng	Côn	22	14.6	27.3	I -IX	16.3	10.8	6.75	III - V	14	9.28	1.93	IV
14	Củng Sơn	Ba	118.6	9.3	28.6	I - VIII	60.4	4.72	5.47	II - IV	44.8	3.5	1.35	IV
15	Đồng Trăng	Cái (Ntrang)	31.1	25	40.9	I - IX	22.8	18.3	9.99	II - IV	21	16.9	3.07	IV
16	Tân Mỹ	Cái Phan Rang	47.4	31.6	43.3	I - VIII	29.1	19.4	10	II - IV	26.5	17.7	3	II
17	Sông Luỹ	Sông Luỹ	5.3	5.5	31.5	XII - VIII	1.1	1.2	2.3	II - IV	1	1	0.7	II
18	Mương Mán	Cà Ty	3.8	8.1	23.7	XII - VI	1.2	2.5	2.7	II - IV	0.8	1.7	0.6	III

Dải ven biển từ Hà Tĩnh đến Quảng Trị: Với hướng sườn phía Đông đón gió nên mặc dù mùa kiệt kéo dài trong 9 tháng (XII ÷ VIII) nhưng lượng dòng chảy trong mùa kiệt tương đối cao với $M_{kiệt}$ = 25 ÷ 50 l/s.km^2 do lượng mưa mang tới vùng khá lớn. Ba tháng có lượng dòng chảy nhỏ nhất xuất hiện vào tháng II ÷ IV. Lượng dòng chảy ba tháng nhỏ nhất thường chiếm 5 ÷ 15% lượng dòng chảy năm, $M_{bathángmin}$ = 15 ÷ 40 l/s.km^2. Lượng dòng chảy tháng nhỏ nhất thường xuất hiện vào tháng IV hoặc tháng VII, VIII với lượng dòng chảy chiếm 2 ÷ 4% lượng dòng chảy năm và với dòng chảy khá cao $M_{tháng\ min}$ = 10 ÷ 30 l/s.km^2.

Dải ven biển từ Thừa Thiên - Huế đến Khánh Hoà: Các sông suối ở đây có tới 9 tháng mùa kiệt từ tháng I ÷ IX nhưng lượng dòng chảy mùa kiệt chiếm tỷ trọng khá lớn từ 30 ÷ 40% lượng dòng chảy năm với $M_{kiệt}$ = 15 ÷ 35 l/s.km^2. So với các sông suối trên lãnh thổ Việt Nam thì đây là vùng có lượng dòng chảy khá phong phú do nguồn ẩm mang tới khu vực trong thời kỳ mùa kiệt bao gồm cả gió mùa ĐB biến tính khi qua biển, gió mùa ĐN nên lượng mưa mùa kiệt khá lớn. Ba tháng có lượng dòng chảy nhỏ nhất thường xuất hiện vào tháng III ÷ V với lượng dòng chảy chiếm từ 5 ÷ 10% lượng dòng chảy năm và tháng có lượng dòng chảy nhỏ nhất là tháng IV khi gió mùa ĐB suy yếu nhưng chưa xuất hiện gió mùa ĐN với lượng dòng chảy chiếm từ 1 ÷ 2,5% lượng dòng chảy cả năm.

Dải ven biển cực Nam Trung bộ (Ninh Thuận - Bình Thuận): Với địa hình thấp trũng khuất gió nên mùa kiệt trong khu vực này khô hạn nhất không chỉ so với toàn vùng nghiên cứu mà với toàn lãnh thổ Việt Nam. Mùa kiệt kéo dài 8 tháng từ tháng XI ÷ VI nhưng chỉ chiếm 31,5% lượng dòng chảy năm với $M_{mùakiệt}$ = 5 ÷ 10 l/s.km^2 và có xu hướng giảm dần từ phía Tây sang phía Đông khu vực nghiên cứu tới vùng cồn cát ven biển có $M_{mùakiệt}$ = 0. Ba tháng có dòng chảy nhỏ nhất II ÷ IV với lượng dòng chảy chiếm 2,3% lượng dòng chảy năm và $M_{bathángmin}$ = 2 ÷ 5 l/s.km^2 và tháng có dòng chảy nhỏ nhất vào tháng II có $M_{thángmin}$ = 1 ÷ 3 l/s.km^2 chiếm tới 1% lượng dòng chảy năm, đây là khu vực có tỷ trọng và các giá trị dòng chảy mùa kiệt nhỏ nhất so với các sông suối của toàn lãnh thổ Việt Nam.

2.5.2.3. Dòng chảy bùn cát

Các sông suối vùng duyên hải Trung bộ có độ dốc địa hình lớn, chiều dài sườn dốc của khu vực nghiên cứu thường dài và lồi, lớp thổ nhưỡng mỏng do các đá gốc

chủ yếu là các đá cứng như granit, riolit..., bị rửa trôi lâu năm nên các vật liệu xói mòn bề mặt đưa xuống sông hàng năm của khu vực này thấp. Nếu như diện tích dải duyên hải Trung bộ chiếm 30% diện tích toàn lãnh thổ Việt Nam nhưng tổng lượng cát bùn của các sông trong khu vực hàng năm đưa ra biển chỉ chiếm 10% so với (200 - 250) triệu tấn cát bùn của toàn lãnh thổ Việt Nam. Theo số liệu quan trắc nhiều năm lượng độ đục trung bình của các sông suối dải duyên hải Trung bộ dao động từ (100 - 500) g/m^3.

Đặc điểm dòng chảy cát bùn được trình bày trong bảng 2.12.

2.5.3. Miền Nam

2.5.3.1. Đặc trưng mạng lưới sông suối

a) Vùng đồng bằng Đông Nam bộ

Do nằm ở vùng đồng bằng ven biển có độ cao giảm dần từ Bắc vào Nam nên mạng lưới sông suối trong vùng hình thành 2 khu vực mang những nét đặc trưng khác nhau. Phần phía Bắc có độ cao bình quân lưu vực cao hơn do sự tồn tại của các núi sót ven biển như Núi Bao Quan 516 m ... và cũng là khu vực tồn tại các lưu vực nhỏ như sông Ray, sông Sai, sông Thị Vải với độ cao bình quân lưu vực dao động trên dưới 100 m và diện tích lưu vực < 1500 km^2. Còn phần phía Nam là hạ lưu của hệ thống sông Đồng Nai thuộc vùng đồng bằng phù sa cũ cao dưới 100 m với độ cao bình quân lưu vực đạt rất thấp, lòng sông mở rộng. Mật độ sông suối khu vực phía Nam cũng lớn hơn D = 1,5 - 2 km/km^2 còn ở phía Bắc chỉ đạt xấp xỉ 0,5 km/km^2.

❖ *Các lưu vực nhỏ phía Bắc Đông Nam bộ*

- Sông Ray dài 88 km bắt nguồn từ xóm Bùng ở độ cao 125 m chảy theo hướng Bắc Nam và đổ ra biển tại Gia Thanh. Mật độ sông suối trung bình là 0,34 km/km^2 tương ứng với tổng chiều dài sông suối là 503 km và diện tích lưu vực là 1480 km^2. Do mạng lưới sông suối có dạng nhành cây nên mức độ tập trung nước không cao.

Bảng 2.12 Dòng chảy cát bùn sông suối miền Trung

TT	Trạm	Sông	ĐT	F (km^2)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TB
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Yên Thượng	Cả	kg/s	23000	21.8	17.4	15.7	23.6	69.7	88.5	**201**	**398**	**572**	**269**	**131**	34	154
			g/m^3		115	114	108	165	242	228	433	479	465	338	250	144	307
2	Quỳ Châu	Hiếu	kg/s	1500	1.78	1.77	1.55	5.14	15.3	15.1	**19.3**	**31.6**	**38.5**	**11.0**	**4.5**	2.4	12.4
			g/m^3		33.1	36.2	35.8	107	183	146	167	199	194	89.7	49.3	37.3	139
3	Nghĩa Khánh	Hiếu	kg/s	3970	6.08	4.38	5.45	10.1	25.1	34.7	**38.2**	**63.5**	**165**	**47.6**	**20.6**	8.03	35.7
			g/m^3		114	90.7	126	179	240	268	285	314	376	242	141	128	278
4	Thành Mỹ	Cái	kg/s	1850	5.85	3.86	3.91	5.69	12.2	7.92	6.06	15.8	22.7	**98.4**	**163**	**44.7**	32.5
			g/m^3		104	40.3	58.7	89.3	150	103	93	147	178	275	262	114.1	189
5	Nông Sơn	Thu Bồn	kg/s	3155	11.0	4.77	3.42	5.46	13.12	6.66	4.30	11.7	29.1	**162**	**486**	**151**	74.0
			g/m^3		38.6	30.5	36.0	52.8	89.6	127.5	52.5	78.9	104	198	295	153	196
6	Sơn Giang	Trà Khúc	kg/s	2440	4.54	1.87	2.12	2.46	9.15	6.67	3.54	13.6	25.9	**123**	**246**	**115**	46.2
			g/m^3		21.7	16.3	24.8	33.7	78.7	68.5	51.9	108	132	228	225	126	173
7	An Chỉ	Vệ	kg/s	814	3.10	0.47	0.35	0.35	0.62	0.35	0.19	0.72	2.89	**32.0**	**55.0**	**71.9**	14.0
			g/m^3		25.5	13.6	15.0	18.8	47.2	18.3	14.3	29.1	51.6	166	167	160	149

(Tiếp bảng 2.12)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	**15**	**16**	**17**	18
8	An Hoà	An Lão	kg/s	383	0.63	0.14	0.08	0.09	0.17	0.16	0.05	0.18	0.35	**12.1**	**21.4**	**15.9**	4.29
			g/m^3		14.1	6.80	7.22	13.7	22.6	15.3	9.3	17.7	36.9	170	177	165	102
9	Bình Tường	Côn	kg/s	1510	0.88	0.34	0.29	0.37	1.32	1.59	0.67	1.58	3.53	**41.9**	**58.9**	**27.9**	11.6
			g/m^3		12.0	8.86	11.0	18.1	52.4	61.5	28.3	53.3	89.8	211	134	77.5	142
10	An Khê	Ba	kg/s	1440	0.52	0.31	0.24	0.34	1.99	1.14	1.51	1.91	**3.68**	**12.1**	**19.4**	**9.5**	4.40
			g/m^3		22.2	21.4	21.5	33.3	99.7	62.8	85.1	84.5	91.1	115	107.4	69.4	99.9
11	Củng Sơn	Ba	kg/s	12800	6.38	2.64	2.23	4.57	18.7	23.3	22.3	40.4	**78.2**	**286**	**266**	**141**	74.9
			g/m^3		37.0	27.8	35.2	50.3	140	145	143	172	205	334	262	138	230
12	Đồng Trăng	Cái (Nha Trang)	kg/s	1244	3.15	1.57	1.43	1.41	6.65	5.70	3.99	2.38	4.71	**12.3**	**107**	**64.1**	6.88
			g/m^3		18.3	10.1	24.9	28.1	38.3	78.3	60.7	41.7	62.7	77.7	83.0	71.9	70.6
13	Sông Lũy	Lũy	kg/s	964	0.147	0.049	0.033	2.02	6.83	6.56	5.51	**8.19**	**14.1**	**28.0**	6.69	3.05	6.81
			g/m^3		23.2	16.6	17.9	219	236	187	179	204	308	338	131	81	255

- Sông Sai và sông Thị Vải đều nhỏ hơn sông Ray và nhìn chung đều có hướng Bắc Nam theo hướng dốc của địa hình và đổ ra vịnh Gành Rái. Mật độ sông suối cao hơn của sông Ray. Mật độ sông suối sông Sai là 0,69 km/km^2 và sông Thị Vải là 0,82 km/km^2. Riêng sông Thị Vải không có nguồn sông được hình thành do nguyên nhân chính là sự hình thành các lạch triều nên có độ rộng lòng sông chính khá lớn cộng với độ dốc lòng sông nhỏ nên mức độ nhiễm mặn về mùa kiệt khá mạnh.

❖ ***Hệ thống sông Đồng Nai***

- Toàn bộ lưu vực sông Đồng nai có tổng diện tích 37400 km^2. Dòng chính dài 820 km bắt nguồn từ vùng núi phía Bắc thuộc cao nguyên Lâm Viên ở độ cao 1770 m, chảy qua các tỉnh Lâm Đồng và Đồng Nai sau đó đổ ra biển tại Cửa Soài Rạp.

- Phần hạ lưu dài khoảng 150 m từ Tân Uyên đến cửa sông chảy theo hướng TB - ĐN. Do chảy hoàn toàn trong vùng đồng bằng phù sa cũ cao dưới 100 m nên lòng sông mở rộng, dòng chảy quanh co uốn khúc, xuất hiện nhiều đoạn sông chết và bãi bồi vùng cửa sông.

Hệ thống sông Đồng Nai có dạng nan quạt nên mức độ tập trung nước khá nhanh. Với hệ số uốn khúc của dòng chính khá lớn (2.2), cùng với sự tồn tại các cồn cát ở vùng cửa sông, thậm chí ở giữa lòng các nhánh sông lớn đổ ra vịnh Gành Rái và cửa Soài Rạp đã gây nhiều khó khăn cho việc tiêu thoát nước ở hạ du về mùa lũ. Còn về mùa kiệt sóng triều lại truyền sâu vào đất liền do độ dốc đáy sông ở vùng cửa sông nhỏ. Triều ảnh hưởng tới tận thác Trị An trên dòng chính, đến Thuận Nghĩa trên sông Bé, Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn, trên sông Vàm cỏ lên tới tận biên giới Việt nam - CamPuchia. Tính đến nay trên hệ thống sông Đồng Nai đã hình thành một loạt các hồ chứa lớn như: Dầu Tiếng, Trị An, Thác Mơ....góp phần điều tiết dòng chảy giữa hai mùa và đẩy lùi ranh giới mặn trong mùa kiệt.

Toàn bộ hệ thống sông Đồng Nai có 249 phụ lưu có chiều dài lớn hơn 10 km, trong đó sông La Ngà, sông Bé, Vàm Cỏ và Sài Gòn là 4 phụ lưu lớn nhất. Đặc biệt 2 phụ lưu Sài Gòn và Vàm Cỏ Đông nhập lưu với dòng chính tại vùng hạ lưu và có ảnh hưởng mạnh tới vùng đồng bằng ven biển.

Ngoài ra hệ thống sông Đồng Nai còn có nhiệm vụ tiêu thoát lũ cho vùng đồng bằng sông Cửu Long. Là một trong ba hướng thoát lũ chính của hệ thống

sông Mêkông, nước lũ qua vùng đồng Tháp Mười sẽ thoát ra sông Vàm Cỏ Tây - phụ lưu của sông Vàm Cỏ Đông và đổ ra biển Đông.

b) Vùng đồng bằng sông Cửu Long

Mê Kông là một trong các sông lớn trên thế giới, bắt nguồn từ cao nguyên Tây Tạng, lưu vực của nó có diện tích tổng cộng là 795.000 km^2 bao gồm một phần lãnh thổ Trung Quốc, Mianma, Thái Lan, Lào, Campuchia và Việt Nam. Dòng chính của Mê Kông dài 4.220 Km, lưu lượng bình quân $Q_0 \approx 15000 \div 20000 m^3/s$. Tổng lượng phù sa bình quân khoảng 300 triệu tấn/năm. Phần cuối của Mê Kông nằm trên lãnh thổ Việt Nam, sông có 2 nhánh chính là Mê Kông (sông Tiền) dài 248,5 Km và Bassac (sông Hậu) dài 203 km. Sông Tiền đổ ra biển qua 6 cửa, đó là cửa Tiểu, cửa Đại, cửa Ba Lại, cửa Cổ Chiên, cửa Cung Hầu, cửa Hàm Luông. Sông Hậu đổ ra biển qua 3 cửa, đó là cửa Định An, cửa Bát Xát, cửa Tranh Đề.

Do tam giác châu sông Cửu Long thấp $H_{trung\ bình} = 100$ m, khá bằng phẳng nên rất khó tiêu thoát nước. Mạng lưới sông ngòi, kênh rạch phát triển mạnh trong vùng đồng bằng sông Cửu Long. Mật độ lưới sông thuộc vào loại lớn nhất trên lãnh thổ nước ta dao động từ 2 - 4 km/km^2. Tổng chiều dài các kênh rạch đạt xấp xỉ 5000 km^2. Ngoài sông Tiền và sông Hậu đồng bằng sông Cửu Long còn có 7 sông nhỏ (Mỹ Thạch, Ông Đốc, Cái Bé, Cái Lớn, Cửa Lớn, Rạch Giang Thành, Bảy Hạp) có chiều dài lớn hơn 10 km đổ ra biển Đông phân bố rải rác ở vùng đồng bằng ngập mặn ven biển. Các sông này đều không có nguồn và được hình thành do hoạt động của các lạch triều.

Toàn bộ vùng đồng bằng sông Cửu Long có thể được phân thành 4 vùng với mạng lưới sông ngòi và kênh rạch có những nét khác biệt về điều kiện hình thành và đặc điểm.

- Nhóm kênh vùng Đồng Tháp Mười, Đồng Tiến, Phước Xuyên nằm ở phía Bắc sông Tiền, đây có thể nói là vùng trũng nhất đồng bằng sông Cửu Long. Những kênh này có nhiệm vụ mang phù sa từ sông Tiền bồi đắp cho vùng chua phèn ngập úng Đồng Tháp Mười. Ngoài những kênh lớn như Kênh Tháp Mười, kênh Cùng thì kênh Hồng Ngự mới được xây dựng nhằm chuyển nước ngọt từ sông Tiền vào vùng Đồng Tháp Mười và sang sông Vàm Cỏ Tây.

- Nhóm kênh Vĩnh Tế, Tri Tôn, Ba Thê, Rạch Giá thuộc địa phận tỉnh Hà Tiên và Rạch Giá. So với các vùng ven biển khác đây là vùng có địa hình thấp hơn

và cũng là khu vực có tồn tại vùng phèn lớn thứ 2 đồng bằng sông Cửu Long là vùng Tứ giác Long Xuyên. Do những đặc điểm về địa hình khu vực này nên hiện nay đã hoàn thành hệ thống kênh Tây chuyển một phần lượng nước từ sông Hậu đổ ra vịnh Thái Lan góp phần phân lũ cho vùng đồng bằng phía Đông Nam. Tuy nhiên sau khi kênh Tây đi vào hoạt động nếu như chế độ dòng chảy hầu như không thay đổi thì chế độ mặn vùng đồng bằng sông Cửu Long đã có những biến đổi nhất định.

- Nhóm kênh Cái Bé, Ômôn, Xano nối liền sông Hậu với biển Tây thông qua 2 sông Cái Lớn và Cái Bé. Sông Cái Lớn có phần thượng nguồn bao gồm Rạch Cái Lớn và Rạch Di hợp lưu trước Xéo Kẻ khoảng gần 10km sau đó chảy theo hướng Đông Đông Nam và đổ ra biển tại Vịnh Rạch Giá. sông Cái Lớn là điển hình của sông miền biển. Lòng sông rộng, độ dốc đáy sông nhỏ, hai bên bờ sông là những rừng tràm rừng đước. Dòng chính Cái Lớn dài 117 km, Cái Bé dài 82 km.

- Nhóm kênh vùng cửa sông Cửu Long và bán đảo Cà Mau bao gồm Quản Lộ, Phụng Hiệp, Đại Ngãi, Sau Ta, Cà Mau, Bạc Liêu và một loạt các sông nội địa như Mỹ Thạch, Cửa Lớn, Bảy Háp, Ông Đốc... Sông Mỹ Thạch dài 98 km chảy trong tỉnh Bạc Liêu; Cửa Lớn ở vùng Năm Căn, Ngọc Hiển; Bảy Háp dài 24 km. Các sông này phát triển mạnh trong vùng rừng cây ngập mặn ven biển.

2.5.3.2. Chế độ dòng chảy

a) Chế độ dòng chảy hệ thống sông Đồng Nai

Dòng chảy trên lưu vực Đồng Nai và vùng phụ cận chịu sự chi phối chủ yếu của chế độ mưa nên cũng biến đổi rất sâu sắc theo không gian và thời gian. Theo không gian, bên cạnh có những nơi lớp dòng chảy nhỏ, biến động cao, thì cũng có những nơi lớp dòng chảy dồi dào và ít biến động hơn. Theo thời gian, dòng chảy được phân chia thành hai mùa rõ rệt, với mùa lũ thường chậm hơn mùa mưa 1 - 2 tháng và mùa kiệt trùng với mùa khô.

Modul dòng chảy trung toàn lưu vực Đồng Nai và vùng phụ cận khoảng 25 l/s.km^2, tương đương lớp dòng chảy 805 mm, trên tổng lớp nước mưa trung bình 1.950 mm, đạt hệ số dòng chảy 0.40, thuộc loại có dòng chảy trung bình của nước ta.Vùng phụ cận ven biển, từ Phan Rang đến Hàm Tân, là nơi có modul dòng chảy nhỏ nhất, khoảng 10 - 15 l/s.km^2, thậm chí bé hơn. Lưu vực sông Vàm Cỏ Đông, hạ lưu sông Đồng Nai - Sài Gòn cũng là nơi có modul dòng chảy nhỏ, khoảng 15 - 20 l/s.km^2. Khu vực hạ Đa Nhim có modul từ 20 - 22 l/s.km^2. Đây là những vùng cho

hiệu suất dòng chảy kém nhất, từ 20 - 35% lượng mưa. Trung lưu sông Đồng Nai, thượng lưu sông La Ngà và thượng lưu sông Bé là các khu vực cho modul dòng chảy cao, từ 38 - 43 l/s.km^2. Ở các vùng hẹp hơn modul có thể đạt đến 45 l/s.km^2. Đây cũng là những vùng cho hiệu suất dòng chảy cao nhất từ 45 - 50% lượng mưa năm. Hạ lưu vực La Ngà, thượng Da Nhim - Da Dung có mudul dòng chảy 28 - 35 l/s.km^2. Hạ lưu sông Bé, ven biển từ Hàm Tân đến Vũng Tàu, thượng lưu sông Sài Gòn, có modul dòng chảy thuộc trung bình, từ 22 - 28 l/s.km^2.

Sự biến động dòng chảy hàng năm ở lưu vực Đồng Nai và vùng phục cận là khá lớn, thường từ 1.5 - 2.0 lần biến động lượng mưa năm.

Ngoài sự phân hoá mạnh mẽ theo không gian, chế độ dòng chảy cũng có sự phân hoá sâu sắc theo thời gian và hình thành nên hai mùa lũ - kiệt đối lập nhau. Mùa lũ trên đại bộ phận lưu vực Đồng Nai và vùng phụ cận bắt đầu vào khoảng tháng VI - VII, nghĩa là xuất hiện sau mùa mưa từ 1 - 2 tháng, do tổn thất sau một mùa khô khắc nghiệt kéo dài. Đồng thời với kết thúc mưa, các sông suối trong miền cũng chấm dứt mùa lũ vào khoảng tháng XI. Như vậy, mùa lũ được duy trì trong 5 - 6 tháng. Tuy vậy, tùy từng vùng, thời gian mùa lũ cũng dài ngắn khác nhau:

- Khu vực Phan Rang - Phan Thiết và thượng Đa Nhim, mùa lũ thật sự chỉ kéo dài trong 3 - 4 tháng, từ tháng VIII - XI hay IX - XII.

- Khu vực trung lưu sông Đồng Nai, mùa lũ kéo dài khoảng 6 tháng, từ tháng VI - XI.

- Lưu vực sông Bé, sông Sài Gòn, sông Vàm Cỏ, các sông ven biển từ Hàm Tân đến Vũng Tàu có mùa lũ 5 - 6 tháng, từ VI/VII - XI.

Hai tháng VI và XII, ở nhiều sông cho lưu lượng khá lớn, tuy chưa là tháng mùa lũ nhưng lại vượt các tháng mùa kiệt khác nên được xem là thời kỳ chuyển tiếp.

Trong mùa lũ, đại bộ phận các khu vực cho lũ cao nhất vào tháng VIII, IX. Lưu vực sông Sài Gòn, Vàm Cỏ, lũ lớn nhất rơi vào các tháng IX, X. Khu vực Phan Rang - Phan Thiết và thượng Đồng Nai thường cho lũ cao nhất vào tháng X, XI. Modul dòng chảy lũ bình quân tháng vào khoảng 60 - 80 l/s.km^2 cho các lưu vực lớn và 100 - 150 l/s.km^2 cho các lưu vực nhỏ. Modul đỉnh lũ trung bình là vào

khoảng 0,2 - 0,5 $m^3/s.km^2$ cho các lưu vực lớn và 0,8 - 1,2 $m^3/s.km^2$ cho các lưu vực nhỏ.

Mùa kiệt bắt đầu vào khoảng tháng XII và kéo dài đến tháng V, VI năm sau, khoảng 6 tháng. Vùng thượng Da Nhim, Phan Rang - Phan Rí, mùa kiệt kéo dài 8 - 9 tháng kiệt ở lưu vực Đồng Nai và vùng phụ cận khá khắc nghiệt do có một mùa khô không mưa hoặc mưa rất ít kéo dài. Module bình quân tháng kiệt nhất trên lưu vực vào khoảng 2 - 3 $l/s.km^2$.

Hàng năm, lưu lượng kiệt nhất thường rơi vào hai tháng III và IV. Các thống kê cho thấy, lưu lượng kiệt trung bình tháng thường xuất hiện vào tháng III nhiều hơn, trong khi các giá trị lưu lượng kiệt nhất thời điểm và kiệt tháng cực trị lại rơi chủ yếu vào tháng IV. Thỉnh thoảng, gặp năm có mưa sớm và bất thường, giá trị kiệt rơi vào tháng II nhưng rất hiếm gặp. Khả năng kiệt rơi vào tháng V cũng rất hạn hữu.

b) Chế độ dòng chảy Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL)

Chế độ dòng chảy ĐBSCL chịu ảnh hưởng mạnh của nhiều yếu tố tác động: dòng chảy sông MêKông, thuỷ triều biển Đông, thuỷ triều biển Tây - vịnh Thái Lan và chế độ mưa đồng bằng. Hàng năm tổng lượng nước ở đồng bằng sông Cửu Long khoảng 500tỷ m^3 nước (khoảng 422 tỷ m^3 nước từ thượng nguồn, 67 tỷ m^3 nước do mưa tại chỗ) nhưng phân bố không đều vào các sông. Khi vào lãnh thổ Việt Nam, lưu lượng trên sông Tiền lớn hơn sông Hậu nhiều nhưng sau Vàm Nao, tổng lưu lượng ở hai sông tương đối cân bằng. Tỷ lệ phân phối lưu lượng của sông Tiền và sông Hậu đóng vai trò rất quan trọng trong chế độ thuỷ văn và thuỷ lực toàn đồng bằng. Tỷ lệ trung bình phân bố lưu lượng cho cả năm qua sông Tiền (Tân Châu) là 79% và qua sông Hậu (Châu Đốc) là 21%. Theo thứ tự trên, trong mùa lũ tỷ lệ là 80% và 20%; trong mùa cạn là 84 - 87% và 13 - 16%. Tỷ số phân phối lưu lượng tại Cần Thơ là 49% và Mỹ Thuận là 51%. Các hệ số biến động C_v = 0,11 ở Tân Châu, C_v = 0,19 ở Châu Đốc đã chứng tỏ tác dụng điều tiết ở Biển Hồ.

Dòng chảy sông Mê Kông có hai mùa rõ rệt là mùa lũ và mùa kiệt. Ở thượng lưu mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng XI, mùa kiệt bắt đầu từ tháng XII và kết thúc vào tháng V. Biển Hồ có vai trò điều tiết dòng chảy ở hạ lưu Phnôngpênh, tuy thế ở hạ lưu vẫn còn sự tương phản sâu sắc giữa mùa lũ và mùa kiệt, lưu lượng giữa tháng lớn nhất và tháng nhỏ nhất vẫn chênh lệch rất lớn.

Vào mùa lũ, lưu lượng tăng cao đột ngột và đạt trung bình từ 20.000 đến 30.000 m^3/s, trong đó vào mùa khô lưu lượng giảm nhỏ và chỉ còn khoảng 2.000 - 4.000m^3/s, bằng 10 - 20% lưu lượng các tháng mùa lũ.

Mùa lũ: So với lũ ở vùng thượng lưu, lũ ở ĐBSCL diễn ra hiền hoà hơn. Do tác dụng điều tiết của Biển Hồ và khi về đến đồng bằng lại có dòng chảy tràn bờ nên mực nước lũ ở Tân Châu, Châu Đốc dâng lên từ từ. Nếu như biên độ lũ ở Kratie có thể đạt trên 10 m thì biên độ lũ ở Tân Châu và Châu Đốc chỉ đạt 3,5 - 4 m. Lũ lên và xuống với cường suất nhỏ, trung bình chỉ 5 - 7 cm/ngày. Những trận lũ lớn và sớm cũng chỉ đạt 10 - 12 cm/ngày. Cường suất lũ lớn nhất trong thời đoạn ngắn cũng chỉ đạt 20 - 30 cm/ngày, bằng 1/4 - 1/6 cường suất lũ thượng lưu. Tốc độ truyền lũ chậm 1,5 – 2 km/h, nếu gặp kỳ triều cường tốc độ truyền lũ giảm đi rõ rệt, vì vậy khả năng thoát lũ kém. Lũ ĐBSCL thường là lũ một đỉnh. Đây là một trong những đặc điểm nổi bật của lũ đồng bằng sông Cửu long. Đỉnh lũ xuất hiện vào cuối tháng IX đến nửa đầu tháng X. Tháng VIII cũng thường xuất hiện một *"đỉnh phụ"*, bởi sau đỉnh này vào đầu tháng IX lũ hoặc bị hạ thấp đôi chút hoặc gần nằm ngang hay tăng chậm hơn so với kì trước và sau đó. Tháng có dòng chảy lớn nhất ở Tân Châu là tháng IX, sớm hơn 1 tháng so với Châu Đốc.

Dòng chảy lũ không những có lưu lượng lớn, tổng lượng lũ lớn, mực nước lũ cao, thời gian lũ kéo dài ngày, hàm lượng bùn cát lớn .. mà còn một yếu tố quan trọng khác đó là lưu tốc dòng chảy mùa lũ rất lớn v_{max} = 1,5 - 3,0 m/s... Theo Miekulava, vận tốc không xói cho phép $[v_0]$ đối với đất dính mái bờ $[V_{01}]$ = 0,8 m/s và cát rời lòng sông $[V_{02}]$ = 0,5 m/s. Lưu tốc dòng chảy lũ (bảng 2.13) đã vượt nhiều lần so với lưu tốc cho phép không xói $[v_0]$ của điều kiện đất nền lòng sông và mái bờ, tạo khả năng tải cát của dòng nước trong mùa lũ rất lớn.

Bảng 2.13 Vận tốc dòng chảy lớn nhất tại một số trạm trên sông Cửu Long

Địa điểm	Tân Châu	Châu Đốc	Sa Đéc	Mỹ Thuận	Vĩnh Long	Cần Thơ
Vmax (m/s)	2,70	1,86	2,40	2,45	2,0	2,11

Mùa cạn: Tuy dòng chảy giảm dần từ tháng X năm trước đến tháng IV năm sau nhưng mùa cạn bắt đầu từ tháng XII kéo dài đến tháng VI, chia làm hai giai đoạn:

- Từ tháng X đến tháng II: lưu lượng cơ bản lớn, rút nhanh.

- Từ tháng III đến tháng IV: là những tháng kiệt nhất, lưu lượng sông ít thay đổi. Tháng có dòng chảy nhỏ nhất là tháng IV.

Lưu lượng bình quân mùa cạn sông Mê Kông khoảng 6.000 m^3/s, đặc biệt là các tháng III, IV lưu lượng bình quân chỉ đạt trên dưới 2.000 m^3/s. Nguồn nước duy nhất vào ĐBSCL là lượng nước của sông Mê Kông, những tháng cạn kiệt, lưu lượng thượng nguồn tương đối ít mà lòng sông Cửu Long rộng và sâu, độ dốc lòng sông nhỏ, nhiều đoạn là độ dốc ngược, địa hình lại khá bằng phẳng, vì vậy ảnh hưởng của thuỷ triều đối với sông Cửu Long rất mạnh trong mùa kiệt.

2.5.3.3. Dòng chảy cát bùn của sông Cửu Long

Hàm lượng bùn cát trên sông Cửu Long nói chung là nhỏ (bảng 2.14), tuy nhiên do tổng lượng dòng chảy lớn vì vậy khối lượng bùn cát hàng năm của sông Cửu Long có thể lên trên dưới 200.10^6 triệu tấn/ năm. Trong đó thành phần phù sa sẽ là nguồn phân bón phong phú và khổng lồ của đồng bằng sông Cửu Long.

Bảng 2.14 Hàm lượng bùn cát tại một số trạm trên sông Cửu Long

Hàm lượng bùn cát ρ	Tân Châu	Châu Đốc	Vàm Nao	Cần Thơ	Mỹ Thuận
kg/m^3	2,15	0,7	0,74	0,43	0,51

- Dọc theo sông Mê Kông vùng trung du có hàm lượng bùn cát nhiều hơn vùng thượng và hạ du.

- Hàm lượng bùn cát của sông Tiền lớn hơn sông Hậu, hàm lượng bùn cát của trạm Tân Châu lớn gấp 4 - 5 lần trạm Châu Đốc.

- Hàm lượng bùn cát đầu mùa lũ lớn hơn cuối mùa lũ.

- Đường cấp phối hạt của bùn cát lơ lửng và bùn cát lắng không đều. Đường cấp phối hạt bùn cát sông và bùn cát lơ lửng của sông Tiền lớn hơn sông Hậu và có sự nhỏ dần dọc theo sông. Đường kính hạt cát lòng sông tại Mỹ Tho tương đương với đường kính hạt cát lơ lửng tại Tân Châu.

Tóm lại các yếu tố nước được thể hiện qua yếu tố mực nước (H), lưu tốc (V), độ dốc mặt nước (I), lưu lượng (Q), tổng lượng (W), biên độ mực nước (ΔH), cường suất mực nước (ΔH/h), thời gian lũ (T), hàm lượng bùn cát (ρ) và đường kính hạt bùn cát (d), mức chuyển cát (R)- là những yếu tố quan trọng, tác dụng chủ yếu và mạnh mẽ đến quá trình xói bồi và diễn biến lòng sông Cửu Long.

Lũ càng lớn (W, Q càng lớn), lưu tốc (V) càng lớn, mực nước lũ (H) càng cao thì lớp đất mềm yếu của lòng sông, bờ sông càng bị nhận chìm và ngâm lâu ngày trong lũ. Đất bờ sông càng bị phá hoại tính chất cơ lý và cấu tạo của đất 90 ngày đối với cấp H = 3,50m, 150 ngày đối với cấp H≥ 2,0m lòng sông càng bị đào xói, tái tạo mạnh.

2.6. ĐẶC ĐIỂM HẢI VĂN

Các yếu tố hải văn bao gồm thuỷ triều, sóng, dòng chảy biến đổi theo các chu kỳ khác nhau kết hợp với điều kiện địa hình khu vực đã tạo nên chế độ động lực đặc thù ở các vùng khác nhau.

2.6.1. Miền Bắc

2.6.1.1. Chế độ thuỷ triều

Thuỷ triều truyền vào trong sông dưới dạng nêm di động; theo Berthois (1960) đỉnh nêm mặn có tác dụng như một đập tràn cho dòng nước ngọt mang theo các hạt phù sa lơ lửng tràn qua, còn các hạt lớn hơn chuyển động trên mặt đáy được chặn lại gây bồi lắng tạm thời. Việc nghiên cứu các qui luật diễn biến mặn ở vùng VBCS có ý nghĩa rất lớn trong việc khai thác có hiệu quả các vùng bãi bồi ven biển cửa sông và vùng đồng bằng ven biển.

❖ ***Vùng ven biển cửa sông Quảng Ninh***

Vùng ven biển cửa sông Quảng Ninh là một trong những vùng biển có chế độ nhật triều thuần khiết. Trong tháng có tới 26 ÷ 28 ngày nhật triều và sự chênh lệch giữa thời gian triều dâng (TD) và thời gian triều rút (TR) rất nhỏ (TD = $12^h18'$, TR = $12^h32'$). Vùng ven biển Quảng Ninh cũng là vùng có biên độ triều lớn nhất nước ta, tại Mũi Ngọc độ lớn của thuỷ triều có thể đạt tới 5,58 m và tại Hòn Gai có thể đạt tới 4,7 m [17], [77],[78],[79],[80],[89].

Hầu hết các sông vùng ven biển Quảng Ninh đều có hướng chảy thẳng ra biển lại cộng với đặc trưng của thuỷ triều có biên độ lớn nên vùng ven biển cửa sông chịu ảnh hưởng khá lớn của thuỷ triều. Tuy nhiên, do địa hình dốc, các sông ngắn và hẹp, sự xâm nhập mặn không vào sâu quá 10 km.

Ảnh hưởng của thuỷ triều đối với các sông vùng duyên hải Quảng Ninh hầu như quanh năm. Càng vào sâu trong sông, độ lớn thuỷ triều càng giảm. Mặt khác, sự giao thoa của sóng triều và nước nguồn tạo nên sự biến dạng của quá trình thuỷ

triều trong sông. Triều mạnh trong năm thường xuất hiện vào các tháng I, VI, VII, XII, còn triều yếu xảy ra vào các tháng III, IV, VIII và IX. Nhìn chung, càng xa biển chân triều càng cao, chân triều mùa lũ cao hơn mùa cạn. Nước lũ vừa có tác dụng cản trở sự truyền triều trong sông, vừa nâng toàn bộ con triều lên cao. Do ảnh hưởng của địa hình mà tốc độ triều dâng nhỏ hơn tốc độ triều rút.

❖ Vùng ven biển cửa sông đồng bằng sông Hồng (ĐBSH)

Vùng ven biển cửa sông ĐBSH có chế độ nhật triều khá thuần nhất: tại Hòn Dáu, triều có chu kỳ trung bình 24^h45, thời gian triều dâng và rút có sự chênh lệch (TD = $11^h11'$ và TR = $13^h43'$). Biên độ dao động tối đa 3,0 ÷ 3,5 m, trung bình 1,7 ÷ 1,9 m và tối thiểu 0,3 ÷ 0,5 m. Mực nước triều lớn nhất nhiều năm có thể đạt 4,0 m và thấp nhất khoảng 0,08 m. Mực nước triều và biên độ lớn nhất là ở khu vực ven biển cửa sông Hải Phòng, càng dần về phía Nam trị số mực nước triều và biên độ dao động nhỏ dần. Theo không gian, từ Bắc xuống Nam và ở cửa sông từ ngoài khơi vào sâu trong đồng bằng tính chất nhật triều thuần nhất giảm đi khá nhanh do ảnh hưởng của yếu tố địa hình, dòng chảy trong sông cũng như đặc tính nhật triều không đều của vùng biển lân cận (khu vực Nghệ An).

Hàng tháng trung bình có 2 kỳ nước lớn, mỗi kỳ kéo dài từ 11 đến 13 ngày với biên độ dao động ngày đêm từ 1,5 đến 3,0 m và giữa chúng là các kỳ nước kém, mỗi kỳ kéo dài 2 ÷ 3 ngày với biên độ dao động nhỏ từ 0,5 ÷ 0,8 m.

Thuỷ triều vịnh Bắc bộ có ảnh hưởng đặc biệt mạnh đến vùng cửa sông ven biển ĐBSH mà một trong những tác động đó là sự xâm nhập mặn.

Vào mùa lũ, độ mặn nước biển ở ven biển ĐBSH giảm xuống thấp, thay đổi trung bình từ 9 ÷ 17‰ và vào các tháng mùa cạn tăng lên từ 23 đến 32‰. Ở trong các cửa sông từ tháng XII đến tháng V độ mặn trung bình tăng dần và đạt giá trị cao nhất ở các tháng II và III - cũng là thời kỳ dòng chảy sông ngòi giảm xuống thấp nhất. Tuỳ theo mỗi cửa sông, tháng có độ mặn trung bình cao nhất không như nhau: cửa Cấm, cửa Lạch Giang... độ mặn trung bình tháng cao nhất rơi vào tháng III, cửa Thái Bình, cửa Ba Lạt lại vào tháng I.

Do mạng lưới sông ngòi chằng chịt, độ dốc đáy sông nghiêng về phía biển nên càng vào sâu trong sông, độ lớn thuỷ triều càng giảm. Ở mỗi cửa sông do sự khác nhau về điều kiện tự nhiên (địa hình, địa mạo, hình thái lòng dẫn) nên tốc độ truyền triều cũng như biên độ triều là không giống nhau: trên sông Hồng ảnh

hưởng của sóng triều có thể lên tới Hà Nội, trên sông Thái Bình có thể lên đến Phủ Lạng Thương. Tốc độ truyền triều trung bình vùng ven biển cửa sông ĐBSH khoảng 15 ÷ 20 km/h, càng vào sâu tốc độ truyền triều càng giảm. Trong quá trình sóng triều truyền vào trong sông sự triết giảm độ cao của thuỷ triều ở cả 2 hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình xảy ra gần giống nhau ở các đoạn sông. Nhưng càng vào sâu trong sông sự triết giảm ở sông Thái Bình xảy ra nhanh hơn, vì vậy tuy độ lớn thuỷ triều các cửa sông Thái Bình có trội hơn ở các sông Hồng, nhưng triều lại xâm nhập vào sông Hồng sâu hơn.

Ở khu vực gần biển, sông Hồng và sông Thái Bình phân nhánh mạnh, có nhiều nhánh được nối thông với nhau. Triều được truyền vào các cửa sông theo thời gian và tốc độ khác nhau, tạo thành hiện tượng giao thoa đặc sắc ở các khu vực nút sông thể hiện qua quá trình thay đổi hướng dòng chảy.

b) Chế độ sóng gió

❖ Vùng ven biển cửa sông Quảng Ninh

Phụ thuộc vào chế độ gió, chế độ sóng khu vực nghiên cứu cũng được phân thành 2 mùa: mùa đông và mùa hè. Do ảnh hưởng của địa hình mà tốc độ và hướng sóng có sự khác biệt lớn giữa ngoài khơi và ven bờ.

- Ngoài khơi (phía ngoài của các quần đảo) sóng hướng ĐB tần suất 40% thống trị từ tháng X đến tháng II, với độ cao sóng trung bình 1,2 m, lớn nhất là 2,2 m. Từ tháng VI ÷ VIII chịu ảnh hưởng của gió mùa TN, hướng sóng N thống trị với tần suất 43%, độ cao trung bình 1,2 m và lớn nhất 2,8 m. Trong thời kỳ có bão độ cao sóng có thể lên tới 4,5 m.

- Vùng ven biển cửa sông và các vịnh như: vịnh Tiên Yên - Hà Cối, vịnh Hạ Long, vịnh Bái Tử Long... địa hình tương đối kín nên sóng rất yếu, chỉ đạt độ cao khoảng 1,0 m trong gió bão nên không có vai trò đáng kể với chế độ động lực khu vực.

❖ Vùng ven biển cửa sông ĐBSH

Để nghiên cứu chế độ sóng gió khu vực cửa sông ven biển ĐBSH chúng tôi đã tiến hành xử lý, phân tích các tài liệu quan trắc nhiều năm về sóng gió tại các trạm hải văn ven biển (Hòn Dáu, Hòn Nẹ, Hòn Ngư) và ngoài khơi (Bạch Long Vĩ) cũng như kết hợp tính toán hệ số khúc xạ và biến đổi các yếu tố đặc trưng của sóng từ ngoài khơi vào bờ.

Dựa vào đặc điểm hình thái đường bờ có thể chia vùng cửa sông ven biển ĐBSH làm 3 khu vực chính sau đây:

- Các vùng VBCS Hải Phòng, có hướng đường bờ phương ĐB - TN.

- Các vùng VBCS Thái Bình, có hướng đường bờ phương B - N.

- Các vùng VBCS Nam Định - Ninh Bình, có phương đường bờ là ĐB - TN với đặc điểm chế độ sóng phân bố theo mùa và độ cao như sau:

• Mùa đông (từ tháng XII đến tháng III)

Hướng sóng thịnh hành ngoài khơi là ĐB với tần suất khá cao và ổn định từ 51 đến 70%. Ngược lại trong bờ thịnh hành các hướng sóng ĐB (11%), Đ (34%) và ĐN (22%), trong đó hướng sóng Đ chiếm tần suất cao ở VBCS Hải Phòng (từ 30 ÷ 37%), các hướng sóng Đ, ĐB thịnh hành ở VBCS Thái Bình, các hướng sóng Đ, ĐN chiếm tần suất ưu thế ở các VBCS Nam Định - Ninh Bình. Cấp độ cao sóng trung bình ngoài khơi 0,5 ÷ 1,3 m và ven bờ 0,4 ÷ 0,9 m; độ cao sóng lớn nhất ngoài khơi 1,5 ÷ 6,0 m và ven bờ 0,75 ÷ 3,0 m [14],[68].

Như vậy trong mùa đông, vùng VBCS từ Thái Bình đến Ninh Bình chịu tác động mạnh mẽ nhất của các hướng sóng do hệ thống gió mùa ĐB gây ra và vùng VBCS Hải Phòng chịu tác động ít nhất. Vùng chịu tác động mạnh nhất là dải ven biển cửa sông Nam Định - Ninh Bình, đây là đoạn bờ lồi, có độ dốc lớn nên động lực sóng tác động vào đoạn bờ này khá mạnh. Nhất là đoạn bờ từ Quất Lâm đến Lạch Giang, với chiều dài khoảng 30 km, đường bờ biển thẳng, các đường đẳng sâu phân bố đều và song song với đường bờ, hơn nữa cách xa các cửa sông lớn nên thiếu nguồn bồi tích, lại đón hầu hết các hướng sóng tác động mạnh nên đoạn bờ này đang trong tình trạng xói lở nghiêm trọng, gây ảnh hưởng lớn đến đời sống và sản xuất của nhân dân.

• Mùa hè (từ tháng VI đến tháng IX)

Hướng sóng chủ đạo ngoài khơi là N với tần suất cao, ổn định từ 37 ÷ 60%, và ven biển là các hướng sóng ĐN (24%), N (20%). Các hướng sóng này có ảnh hưởng tác động mạnh tới khu vực VBCS Hải Phòng và Nam Định - Ninh Bình, ngược lại vùng VBCS Thái Bình chịu tác động yếu hơn, do vị trí gần như khuất sóng hướng N. Cấp độ cao sóng trung bình ngoài khơi 0,8÷1,3 m và ven bờ 0,7÷1,2 m; độ cao sóng lớn nhất ngoài khơi 4,0 ÷ 9,0 m và ven bờ 2,6 ÷ 6,0 m [17],[83], [100].

Nhìn chung mùa này trị số độ cao sóng lớn hơn nhiều trong mùa đông do thường xuyên chịu ảnh hưởng của bão, áp thấp nhiệt đới và giông, lốc. Đây là yếu tố bất lợi rất lớn đối với sự ổn định các bãi bồi cũng như vấn đề khai thác và sử dụng chúng. Dưới tác động của sóng có độ cao lớn, tạo nên áp lực sóng có trị số cao gây xói lở bờ, phá vỡ các tuyến đê xung yếu nhất là các tuyến đê quai ở các bãi bồi.

• *Mùa chuyển tiếp (các tháng IV - V và X - XI)*

Tương tự như trường gió, sóng ngoài khơi có các hướng chính là ĐB và N, ngược lại đới ven bờ là Đ và ĐN với cường độ có giảm nhiều so với mùa chính. Tuy nhiên do nhiễu động thời tiết xảy ra muộn như gió mùa hoặc bão sóng gió vẫn có tác động mạnh tới vùng VBCS ở đây.

Tóm lại: vùng ven biển cửa sông ĐBSH sóng có tác động khá mạnh đến sự phân bố lại bùn cát trong sông đưa ra hình thành nên các bãi bồi ven biển cửa sông mà điển hình nhất là các bar chắn cửa sông và các cồn cát nổi cao (cồn Vành, cồn Thủ, cồn Ngạn...). Song trong những ngày có gió mùa ĐB thổi mạnh kéo dài và bão hoạt động, sóng lớn cộng với nước dâng luôn đe doạ các đê kè ven biển nhất là những năm gần đây rừng ngập mặn - một tác nhân tích cực phòng hộ bờ biển và dải đồng bằng ven biển bị chặt phá nghiêm trọng để xây dựng các đầm nuôi bắt thuỷ sản thì mức độ phá huỷ của sóng càng gia tăng.

c) Nước dâng

Nước dâng ở vùng ven biển Quảng Ninh xảy ra chủ yếu dưới tác động của gió trong các cơn bão, còn trong mùa gió Đông Bắc hầu như không xảy ra. Bờ biển Quảng Ninh có dạng bờ lõm nên có khả năng gây nước dâng có trị số cao, nước dâng trong các cơn bão lớn có thể đạt 2,5 m. Trận bão ngày 26/IX/1955 gây nước dâng ở Quảng Yên 1,05 ÷ 1,15 m, trận bão ngày 14/VIII/1968 nước dâng ở Bạch Long Vĩ 1,22 m [17],[61],[62],[64]. Tuy nhiên địa hình ven biển Quảng Ninh có độ dốc khá lớn nên mức độ thiệt hại do nước dâng không nhiều như dải ven biển đồng bằng sông Hồng.

Ngược lại vùng ven biển cửa sông ĐBSH, trong mùa đông dưới tác động của gió mùa ĐB có tốc độ cao và thổi ổn định ở ngoài khơi Vịnh Bắc bộ, khu vực này thường xảy ra hiện tượng nước dâng. Về mặt hình thái thì khu vực ven biển cửa sông Hải Phòng là vùng bờ lõm, có điều kiện tốt cho phát triển hiện tượng nước

dâng, tuy nhiên vùng bờ này tương đối khuất gió ĐB do được che chắn bởi đảo Cát Bà nên ít có khả năng nước dâng cao. Ngược lại, khu vực ven biển cửa sông Thái Bình đến Ninh Bình lại chịu tác động mạnh của gió mùa ĐB, nhưng địa hình bờ biển lồi, cũng ít có khả năng nước dâng cao. Phân tích các kết quả quan trắc mực nước cho thấy, trị số nước dâng do gió mùa ĐB ở ven biển cửa sông đồng bằng sông Hồng không cao, trung bình khoảng 25 ÷ 30 cm.

Nước dâng trong bão là mối nguy hiểm rất lớn đối với vùng ven biển cửa sông, nước dâng gây ngập úng và phá huỷ các công trình dân sinh - kinh tế. Nhất là trong những năm gần đây phong trào đắp đầm nuôi hải sản phát triển mạnh trên các bãi bồi cửa sông ven biển thì bão là mối nguy hiểm lớn cho những đầm nuôi. Các số liệu quan trắc nước dâng do bão trong hơn 30 năm qua cho thấy dải ven biển cửa sông ĐBSH có thể đạt và vượt 2,0 m. Tuy nhiên đó chưa phải là giá trị cực đại bởi hầu hết các trường hợp nước dâng quan trắc được ở đây chưa xảy ra vào thời điểm mực nước triều cường và bão mạnh nhất.

2.6.2. Miền Trung

a) Thuỷ triều:

Ở vùng Trung bộ nước ta có chế độ triều khá phức tạp bao gồm nhiều tính chất thuỷ triều khác nhau: nhật triều không đều, bán nhật triều đều, bán nhật triều không đều với biên độ thay đổi đáng kể.

- Vùng biển từ Thanh Hoá đến Quảng Bình có chế độ nhật triều không đều là chủ yếu, trong một tháng chỉ có khoảng 15 ngày quan trắc thấy một lần nước lên và một lần nước xuống, độ cao mực nước triều trung bình kỳ nước cường biến đổi trong khoảng 1,2 ÷ 2,5 m và giảm dần từ Bắc vào Nam.

- Vùng biển Nam Quảng Bình (Cửa Tùng) - Thuận An - Đà Nẵng - Quảng Nam có chế độ thuỷ triều được xem là phức tạp nhất và thiên về bán nhật triều không đều, hầu hết các ngày trong tháng có hai lần nước lên và hai lần nước xuống. Riêng vùng ven biển cửa Thuận An và lân cận thuỷ triều mang tính chất bán nhật triều đều. Độ lớn thuỷ triều trung bình trong kỳ nước cường khu vực từ Cửa Tùng đến Thuận An đạt khoảng 0,6 ÷ 1,1 m, khu vực cửa Thuận An và lân cận xấp xỉ 0,4 ÷ 0,5 m và vùng Đà Nẵng - Quảng Nam độ lớn thuỷ triều trung bình trong kỳ nước cường là lớn nhất, đạt khoảng 1,0 ÷ 1,2 m.

- Vùng biển từ Qui Nhơn đến Nha Trang, thuỷ triều lập lại tính chất nhật triều không đều, trong tháng có khoảng 18 ÷ 22 ngày quan trắc thấy một lần nước lên và một lần nước xuống, mực nước trung bình trong kỳ nước cường tăng lên 1,2 ÷ 2,0 m.

- Vùng biển Phan Rang - Phan Thiết có chế độ triều phức tạp nhất vì là nơi chuyển tiếp giữa chế độ nhật triều chủ yếu ở miền Trung và bán nhật triều ở phía Nam. Hàng tháng vùng này có khoảng 5 - 10 ngày nhật triều (vào những ngày triều cường), 5 - 10 ngày bán nhật triều (vào những ngày triều kém) và số ngày còn lại là triều hỗn hợp. Biên độ triều tăng dần từ 1,5 - 2,0 m ở vùng Phan Rang đến 2,0 - 2,5 m ở vùng Phan Thiết. Biên độ triều thời kỳ triều kém chỉ vào khoảng 0,5 - 0,7m. Càng về phía Nam tới mũi Hàm Tân (Bình Thuận) độ lớn thuỷ triều càng tăng dần, mực nước trung bình trong kỳ nước cường đạt 1,5 đến trên 2,0 m và số ngày nhật triều trong tháng giảm xuống.

b) Chế độ sóng

Sóng là yếu tố động lực rất quan trọng ở đới ven bờ biển và cửa sông. Ngoài tác động gây áp lực vỗ bờ, khi sóng vỡ còn tạo ra dòng chảy tốc độ cao có thể rửa trôi vật liệu đáy và tham gia vận chuyển bùn cát dọc bờ, phân bố lại trầm tích từ trong sông đưa ra hình thành nên các bãi bồi ven biển cửa sông. Hoạt động của sóng cũng đã tạo nên các dạng địa hình mài mòn - xói lở và bồi tụ rất đặc trưng. Quá trình mài mòn do sóng cũng cung cấp cho khu bờ một lượng bồi tích đáng kể, nhiều khi nó trở thành nguồn bồi tích chính, đặc biệt là những đoạn bờ có ít cửa sông đổ ra biển và chịu tác động mạnh của sóng.

Vùng ven biển Trung bộ, sóng bị ảnh hưởng trực tiếp của hai hệ thống gió mùa: gió mùa Đông Bắc vào mùa đông và gió mùa Tây Nam vào mùa hè. Ở ngoài khơi sóng có hướng gần trùng với hướng gió của hai hệ thống gió mùa nói trên, nhưng vào gần bờ do ảnh hưởng của địa hình đáy biển và hình thái đường bờ mà hướng sóng cũng như độ cao có nhiều thay đổi theo vĩ độ. Qua tài liệu thống kê nhiều năm các đặc trưng sóng của các trạm Hải văn ven biển có thể phân khu vực ven biển miền Trung ra 3 vùng có chế độ sóng khác nhau:

❖ ***Vùng ven biển Thanh Hoá - Hà Tĩnh:***

Chế độ sóng ở đây tương đối phù hợp với chế độ gió và có thể chia làm hai mùa chính như sau:

+ Mùa đông: Sóng có hướng thịnh hành là ĐB với tần suất 40%, độ cao trung bình là 0,8 ÷ 0,9 m, riêng 3 tháng đầu mùa đông độ cao trung bình xấp xỉ 1,1 ÷ 1,2 m. Độ cao lớn nhất khoảng 2,0 ÷ 2,5 m.

+ Mùa hè: Hướng sóng thịnh hành là ĐN, ngoài ra sóng hướng B, ĐB cũng đóng vai trò đáng kể ở mùa này. Độ cao sóng trung bình từ 0,6 ÷ 0,7 m. Độ cao sóng lớn nhất vào khoảng 3,0 ÷ 3,5 m. Từ tháng VI - VIII sóng có hướng thịnh hành là TN độ cao xấp xỉ khoảng 0,6 ÷ 0,7 m, đặc biệt khi có bão lớn đổ bộ vào khu vực này độ cao sóng có thể lên tới 6,0 m [89].

❖ ***Vùng ven biển Quảng Bình - Đà Nẵng***

Khu vực này là vùng biển khá sâu, độ dốc đường bờ khá lớn, đường đẳng sâu 20 m vào rất sát bờ. Chế độ sóng ở đây phù hợp với chế độ gió khu vực và có thể chia làm hai mùa chính sau:

+ Mùa đông: Sóng biển có hướng thịnh hành ĐB, độ cao trung bình 0,8 ÷ 0,9 m, riêng 3 tháng đầu mùa đông độ cao sóng trung bình khoảng 1,1 ÷ 1,2 m. Độ cao sóng lớn nhất khoảng 4,0 ÷ 4,5 m.

+ Mùa hè: Hướng sóng thịnh hành là ĐN, cũng có khi còn thấy sóng hướng ĐB và B. Độ cao sóng trung bình khoảng 0,6 ÷ 0,7 m. Độ cao sóng lớn nhất có thể tới 3,5 m. Từ tháng VII ÷ VIII, hướng sóng thịnh hành T, TN chiếm ưu thế, độ cao trung bình khoảng 0,7 m và cao nhất có thể tới 4 m. Đặc biệt trong các tháng IX ÷ X thường có bão hoạt động nên độ cao của sóng có thể tới 6,0 ÷ 7,0 m và có thể cao hơn nữa như tại Cồn Cỏ đã đo được sóng cực đại 9 m [89].

❖ ***Vùng ven biển Quảng Nam - Bình Thuận***

Trong tháng I hướng sóng thịnh hành là B; từ tháng II ÷ IV, hướng sóng thịnh hành là ĐB. Độ cao trung bình xấp xỉ 0,9 ÷ 1,0 m, độ cao sóng cực đại khoảng 4,0 m; từ tháng V ÷ IX, hướng sóng thịnh hành là TN độ cao trung bình là 0,8 ÷ 1,0 m, độ cao sóng cực đại đạt khoảng 3,5 m; từ tháng X ÷ XII, hướng sóng thịnh hành B, ĐB, độ cao trung bình xấp xỉ 0,9 m, độ cao cực đại 3,5 ÷ 4,0 m.

c) Dòng chảy ven bờ

Dòng chảy vùng nghiên cứu chịu sự chi phối mạnh mẽ của hai mùa gió (Đông Bắc và Tây Nam) đồng thời cũng chịu ảnh hưởng không nhỏ của yếu tố hình thái đáy biển. Xu hướng chung của dòng chảy ven biển là từ Bắc xuống Nam vào mùa đông và ngược lại vào mùa hè. Từ Bắc xuống Nam hướng dòng chảy thay đổi theo địa thế đường bờ và có hướng thay đổi từ TN đến N và NĐN, đến khu vực Bắc

đảo Lý Sơn chúng đổi thành hướng Đông và đi ra ngoài vùng nghiên cứu để tiếp tục chảy lên phía Bắc (Tây đảo Hải Nam) tạo thành hoàn lưu kín. Tốc độ trung bình 20 - 25 cm/s. Đặc biệt tốc độ dòng chảy rất lớn khi đi qua các eo hẹp, cửa giữa các đảo (có thể trên dưới 100 cm/s).

d) Nước dâng:

Nước dâng vùng ven biển từ Thanh Hoá đến Bình Thuận xảy ra chủ yếu dưới tác động của gió mùa Đông Bắc (mùa đông), Tây Nam (mùa hè) và gió trong các cơn bão. Theo tài liệu đã công bố thì: mực nước dâng do bão ở khu vực từ Thanh Hoá đến Quảng Bình khá lớn, có thể đạt tới 3,2 m. Tại khu vực này bão thường đổ bộ có hướng như vuông góc với đường bờ. Khu vực từ Quảng Bình đến Bình Thuận có bờ biển dốc, vực nước sâu đã làm cho mực nước dâng do bão không lớn. Kết quả khảo sát nước dâng do bão trong cơn bão ED xảy ra năm 1989 tại Đà Nẵng có thể đạt tới 2,0 m. Phân tích các kết quả quan trắc mực nước cho thấy: Trị số nước dâng do gió mùa ĐB và TN ở ven biển cửa sông miền Trung không cao, trung bình đạt khoảng 30 ÷ 35 cm. Kết quả này cũng phù hợp với tài liệu tính toán đường bao nước dâng trong cơn bão và gió mùa của Nguyễn Thế Tưởng, Vũ Như Hoán và nnk.

2.6.3. Miền Nam

a) Chế độ thuỷ triều

Vùng biển từ Bình Thuận đến Cần Giờ, triều chuyển dần sang chế độ bán nhật triều không đều. Biên độ triều lớn nhất Vũng Tàu có thể đạt 3,5 - 4,0 m, thuộc loại cao nhất trong cả nước. Một đặc trưng quan trọng của triều ở đây là chênh lệch giữa hai chân rất lớn (2,0 - 3,0 m), trong khi chênh lệch giữa hai đỉnh rất nhỏ (0,2 - 0,4 m). Thời gian giữa hai đỉnh vào khoảng 12 - 12,5 giờ và thời gian một chu kỳ triều là 24,83 giờ. Hàng tháng triều xuất hiện 2 lần triều cường và 2 lần triều kém theo chu kỳ trăng. Dạng triều lúc triều cường và triều kém cũng khác nhau và trị số trung bình của các chu kỳ ngày cũng tạo thành một sóng có chu kỳ 14,5 ngày với biên độ 0,3 - 0,4 m (ở Phan Thiết là 0,2 - 0,3 m). Trong năm, đỉnh triều có xu thế cao hơn vào thời gian tháng XII, tháng I và chân triều có xu thế thấp hơn vào tháng VII, tháng VIII. Các sông nhỏ ven biển ngắn và dốc, vì vậy thuỷ triều chỉ ảnh hưởng vào sông 5 - 10 km trong mùa khô và chỉ 1 - 2 km trong mùa lũ. Trên sông Ray, thuỷ triều ảnh hưởng đến dưới hạ lưu cầu beton khoảng 4 - 5 km; trên sông Dinh (Vũng Tàu) thuỷ triều ảnh hưởng trên 3 km; các sông Cả, Lá Buông đều có

thuỷ triều ảnh hưởng ở hạ lưu từ 1 - 2 km. Trên sông Đồng Nai, do có biên độ cao với năng lượng lớn, lòng sông sâu và độ dốc thấp nên thuỷ triều truyền rất sâu vào trong sông. Triều truyền vào sông theo hai dạng: dạng dòng và dạng sóng. Dòng triều truyền vào sông với vận tốc lớn, có thể đạt tới 1,5 m/s. Sóng triều được truyền lên thượng lưu xa hơn dòng triều rất nhiều. đến chân thác Trị An, cách biển 152 km. Cửa sông Bé nằm dưới thác Trị An 6 km cũng bị thuỷ triều ảnh hưởng vào chừng 10 km. Trên sông Sài Gòn thuỷ triều ảnh hưởng đến tận chân đập Dầu Tiếng, tức vào khoảng 206 km. Sông Vàm Cỏ Đông triều truyền vào sâu hơn cả, khoảng 250 km, trên cả thị xã Tây Ninh của nhánh Bến Đá và biên giới Việt Nam - Cămpuchia của nhánh PrekTaté. Khi truyền vào trong sông, do tác động của nguồn nước ngọt thượng lưu và hình thái chung của lòng sông (độ dốc, độ uốn khúc, mặt cắt thuỷ lực,...) thuỷ triều bị biến dạng cả về biên độ lẫn chu kỳ các bước sóng và điều này ảnh hưởng đến các đặc trưng của triều là mực nước max, min và bình quân. Càng vào sâu trong sông, biên độ giảm càng nhanh và thời gian giữa hai nhánh lên và nhánh xuống càng sai biệt, thời gian lên ngắn và thời gian xuống dài ra. Vào mùa kiệt, do lượng nước thượng lưu nhỏ nên thuỷ triều ảnh hưởng mạnh nhất, mực nước trên sông phụ thuộc chủ yếu vào dao động triều. Vào mùa lũ, do lưu lượng thượng lưu tăng lên, xu thế chung là mực nước đỉnh giảm dần từ thượng lưu về hạ lưu. Khi truyền sâu lên thượng lưu, cả mùa kiệt lẫn mùa lũ, biến đổi mực nước đỉnh triều nhìn chung ít hơn so với biến đổi mực nước chân triều. Mực nước cao nhất hàng năm thường xuất hiện vào tháng XII, tháng I ở vùng gần biển (từ cửa vào sâu khoảng 20 - 30 km) do bị ảnh hưởng triều rất mạnh; vào tháng IX, tháng X ở vùng xa biển (cách biển 150 km trở lên); còn đoạn chuyển tiếp (50 - 100 km cách xa biển), nước mực cao nhất nằm trong khoảng tháng X - XII. Mực nước chân thấp nhất hàng năm xuất hiện vào khoảng tháng VII, VIII ở vùng gần biển, khoảng tháng V, VI ở vùng xa biển. Tháng VI - VIII không những là thời gian xuất hiện chân thấp nhất mà cũng là thời gian có mực nước bình quân thấp nhất trong năm , do đó tiêu thoát nước thời gian này rất thuận lợi.

Với đặc diểm tự nhiên thuận lợi như lòng sông sâu, độ dốc thấp, biên độ triều lớn, nước mặn theo dòng triều theo rất sâu vào trong sông, đặc biệt là các tháng cuối mùa giữa và cuối mùa khô (tháng III, IV). Trên sông Đồng Nai, độ mặn 1g/l trung bình hàng năm có thể lên đến cầu Đồng Nai (117 km tính từ cửa), mặn 0,3 g/l có thể lên đến Biên Hoà. Trên sông Sài Gòn, độ mặn trung bình 1g/l có thể lên đến Tương Bình Hiệp (145 km từ cửa), độ mặn 0,3 g/l có thể lên đến ấp Thuận.

Trên sông Vàm Cỏ Đông, độ mặn 1g/l có thể lên đến cửa kênh Trảng Bàng (165 km từ cửa), độ mặn 0,3 g/l lên đến ấp Giữa. Những năm kiệt lịch sử, ranh giới này còn có thể lên cao hơn chừng 10 km. Ranh giới mặn các sông nhỏ ven biển, chỉ vào sâu từ 1 - 3 km.

Vùng ven biển Nam bộ chế độ bán nhật triều không đều lại trở nên rõ rệt. Hầu hết các ngày trong tháng có 2 lần triều lên và 2 lần triều xuống với chênh lệch rõ rệt giữa các độ cao nước ròng. Độ lớn triều trong vùng khoảng 3 - 4 m trong kỳ nước cường và 1,5 - 2 m vào kỳ nước kém. Tốc độ thuỷ triều ở khu vực này lên xuống khá nhanh, có thể đạt 0,5 - 0,6 m/giờ. Biên độ triều lớn nhất gặp ở Vũng Tàu và có xu hướng giảm dần về phía mũi Trà Vinh. Tại các cửa sông lớn trong vùng chế độ thuỷ triều diễn ra phức tạp hơn đặc biệt vào mùa mưa do lượng nước sông đổ ra biển lớn nên mực nước tại đây tăng lên một ít.

b) Chế độ sóng

• Mùa gió Đông Bắc:

Vùng biển Nam Bộ hướng sóng thịnh hành trong mùa là ĐB với tần suất cao đạt trên 70%, các hướng Bắc và Đông đạt 10 - 15%. Ở ven bờ do địa hình đáy khá thoải nên hướng sóng thường là vuông góc với bờ biển, thời gian lặng sóng khoảng 9% trong mùa.

• Mùa gió Tây Nam:

Vùng biển Nam bộ sóng có hướng thịnh hành là Tây Nam với tần suất xuất hiện cao dần về phía Nam (từ 60 - 75%), độ cao sóng trung bình khoảng 1 - 1,5 m, cực đại lên đến 4 m. Sóng hướng Nam và Tây cũng có tần suất khoảng 10 - 15%.

Vùng biển Nam bộ, sóng có hướng thịnh hành là TN với tần suất xuất hiện cao dần về phía Nam (từ 60 - 75%), độ cao sóng trung bình khoảng 1 - 1,5 m, cực đại lên đến 4 m. Sóng hướng Nam và Tây cũng có tần suất khoảng 10 - 15%.

c) Dòng chảy ven bờ

Khu vực ven biển Nam Bộ, chế độ dòng chảy phụ thuộc chính vào hướng gió. Vào mùa hè dòng chảy có xu hướng từ Nam lên Bắc và ngược lại vào mùa đông. Dòng chảy có hướng thay đổi bám theo sự uốn lượn của đường bờ vì vậy dễ dàng nhận thấy hướng dòng chảy tương ứng là ĐB - TN và TN - ĐB. Khu vực trước cửa hệ thống sông Cửu Long và Đồng Nai dòng chảy phụ thuộc mạnh mẽ vào động lực sông, dòng chảy ở ven bờ khu vực này cũng thường lớn hơn ở ngoài khơi, tại các cửa sông tốc độ dòng chảy đo được có thể đạt tới 120 - 150 cm/s.

d) Nước dâng:

Nước dâng vùng ven biển cửa sông từ Bà Rịa - Vũng Tàu đến Cà Mau khá lớn. Theo tài liệu đã công bố, mặc dù đây là khu vực ít chịu ảnh hưởng của bão, song mực nước dâng do bão có thể đạt tới 2,5 m. Mực nước dâng do gió mùa, đặc biệt là gió mùa Tây Nam (mùa gió "chướng") có thể đạt tới 0,6 m.

Vùng từ Cà Mau tới Hà Tiên, do vị trí địa lý nằm ở bờ Tây vịnh Thái Lan, nên vai trò của bão và gió mùa trong việc sinh ra nước dâng có nhiều điểm khác so với các vùng khác. Đây là vùng ít ảnh hưởng của bão và hướng dịch chuyển của bão chủ yếu từ đất liền ra biển, hoặc đi qua phía Nam của vùng nên ít khi sinh ra nước dâng lớn. Nước dâng do bão và gió mùa tại vùng này cũng chỉ đạt trên dưới 1,0 m.

2.7. TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA ĐẤT ĐÁ THÀNH TẠO BỜ BIỂN

Mức độ bồi tụ - xói lở xảy ra không chỉ phụ thuộc vào mức độ tác động của các yếu tố địa hình (độ dốc, nguồn gốc của địa hình), khí hậu, dòng chảy, hiện trạng sử dụng đất,... và một yếu tố quan trọng nhất thể hiện cho khả năng chống lại sự tác động của các yếu tố ngoại sinh gây ra xói lở đó là đặc trưng cơ lý của nền đất đá thể hiện qua mối liên kết giữa các hạt đất đá.

Lực liên kết giữa các hạt đất đá được thể hiện qua hai chỉ tiêu: góc ma sát trong (φ- độ) và lực dính kết (C- kG/cm^2). Ngoài ra, đối với đá cấu tạo khối, ngoài các chỉ tiêu góc ma sát trong và lực dính kết, khả năng phá huỷ, xói lở đá còn phụ thuộc vào mức độ phong hoá, khe nứt, kiến tạo,... Vì vậy, để đánh giá tính chất cơ lý của đất đá trong vùng nghiên cứu với mối tương quan xói lở, chúng tôi chia nền đất đá ra thành các nhóm và phụ nhóm có khả năng chống lại xói lở khác nhau trên cơ sở các kết quả của các báo cáo điều tra ĐCCT trong vùng nghiên cứu.

Các tính chất cơ lý thể hiện khả năng chống lại quá trình sạt lở, đó là lực kháng cắt của đất, lực kháng cắt này đảm bảo cho đất một giá trị giới hạn trước khi đất bị phá huỷ dịch chuyển. Theo Coulomb, đã thiết lập được mối quan hệ giữa lực kháng cắt với một số yếu tố khác của đất:

$$\tau = \delta.\mathrm{tg}\varphi + C$$

Trong đó:

τ - lực kháng cắt của đất (kG/cm^2)

δ - áp lực tại bản thân nền đất (kG/cm^2)

φ - góc ma sát trong của đất

C - lực dính của đất (kG/cm^2)

Đối với đất đá bở rời không có liên kết cứng lực kháng cắt nó thể hiện qua lực ma sát giữa các hạt là chính, phụ thuộc vào kích thước, mức độ tròn cạnh, mức độ đồng nhất sắc cạnh đó chính là nguồn gốc hình thành các hạt.

Đối với đất dính không có liên kết cứng thì lực chống cắt của đất lại thể hiện qua lực dính của đất là chính. Lực dính của đất loại sét được sinh ra bởi các liên kết kiến trúc (phân tử, ion, cộng hóa trị, từ...) giữa các hạt và các hợp thể tạo đất. Tuỳ theo bản chất đặc trưng của các liên kết kiến trúc mà đất loại sét có độ bền nào đó. Độ bền liên kết kiến trúc này phụ thuộc vào các yếu tố như: độ phân tán, thành phần khoáng vật của các hạt, độ chặt, độ ẩm, tính chất đối với nước...

Đối với các đá có liên kết cứng, sức kháng cắt của chúng không chỉ phụ thuộc vào lực dính, lực ma sát mà còn phụ thuộc nhiều vào mức độ phong hoá, phương cắt... Nhưng nhìn chung đối với loại đất đá này khả năng gây sạt lở là rất ít, trừ khi xảy ra các hiện tượng địa chất động lực thật mạnh mẽ.

Tính chất cơ lí đất đá thành tạo bờ biển các miền như sau:

2.7.1. Tính chất cơ lý đất đá thành tạo bờ biển miền Bắc

Dải ven biển Bắc bộ bao gồm nhiều thành tạo địa chất có tuổi và nguồn gốc khác nhau, vì vậy, mỗi loại đất đá có khả năng liên kết và độ bền rất khác nhau. Căn cứ vào kiểu liên kết và sự khác nhau cơ bản về tính chất địa chất công trình của đất đá, chúng tôi chia đất đá vùng nghiên cứu ra làm 4 nhóm chính sau:

- Nhóm đất đá có thành phần và trạng thái đặc biệt
- Nhóm đất dính
- Nhóm đất rời
- Nhóm đá nửa cứng

2.7.1.1. Nhóm đất có thành phần và trạng thái đặc biệt

❖ ***Thành tạo nguồn gốc biển - đầm lầy (mbQ_{IV}^{1-2})***

Đất đá của thành tạo này (mbQ_{IV}^{1-2}) hầu như không lộ ra, chỉ gặp trong các hào, lỗ khoan có độ sâu 4 - 48 m. Thành phần gồm bùn sét, bột sét, sét pha cát lẫn tàn tích thực vật. Chiều dày khoảng 24 - 26 m. Nhìn chung đất của phức hệ này thuộc loại đất yếu. Trạng thái đất từ chảy đến chảy lỏng. Sự biến đổi về thành phần

và trạng thái rất phức tạp, không có qui luật. Tính chất cơ lý của loại đất này tại Ninh Bình được trình bày trong bảng 2.15 và bảng 2.16

Bảng 2.15 Bảng tổng hợp chỉ tiêu cơ lý của đất mbQ_{IV}^{1-2} [103]

Chỉ tiêu cơ lý	Kí hiệu, đơn vị	Giá trị
Nhóm hạt sỏi sạn (>2mm)	%	0
Nhóm hạt cát (2-0,05 mm)	%	34
Nhóm hạt bụi (0,05-0,005)	%	36
Nhóm hạt sét	%	20
Độ ẩm tự nhiên	W%	45
Khối lượng thể tích tự nhiên	$\gamma_{tn}(g/cm^3)$	1,73
Khối lượng thể tích khô	$\gamma_c(g/cm^3)$	1,2
Khối lượng riêng	$\Delta (g/cm^3)$	2,67
Hệ số rỗng	e	1,24
Độ rỗng	n(%)	55
Độ bão hoà	G(9%)	96
Giới hạn chảy	$W_{ch}(\%)$	41,8
Giới hạn dẻo	W_d (%)	28,5
Chỉ số dẻo	I_p (%)	13,3
Độ sệt	B	1,24
Lực dính kết	C (kG/cm^2)	0,08
Góc ma sát trong	φ (độ)	5°35
Hệ số nén lún	A_{1-2} (kG/cm^2)	0,091
Sức chịu tải qui ước	$R^o(kG/cm^2)$	0,45
Mô đun tổng biến dạng	$E_o(kG/cm^2)$	10
Hệ số cố kết (0,5-1,0 kG/cm^2)	$C_v(cm^2/s)$	$12,8,10^{-4}$
Hàm lượng hữu cơ	$C_p(\%)$	5,4
Hệ số nén chặt tự nhiên	K_d	-0,35

❖ *Trầm tích hỗn hợp sông biển đầm lầy ($ambQ_{IV}^{2-3}$)*

Đất đá của thành tạo này *($ambQ_{IV}^{2}$)* phân bố ở vùng cửa sông Bạch Đằng, cửa Lạch, cửa Đáy, cửa Ba Lạt.... Thành phần chủ yếu gồm sét màu nâu xám chuyển dần lên là bột sét lẫn ít cát hạt mịn và mùn thực vật trong đó bột chiếm khoảng 60 - 70%, sét 20 - 30%, cát hạt mịn 5 - 10% chứa nhiều di tích thực vật. Chiều dày khoảng 3 - 13 m. Trạng thái dẻo đến dẻo chảy. Tính chất cơ lý của các loại đất thuộc đơn vị địa chất công trình này như trong bảng 2.15 và bảng 2.16.

Bảng 2.16 Bảng tổng hợp chỉ tiêu cơ lý của đất ambQ$_{IV}^{3}$ [54]

Chỉ tiêu cơ lý	Kiểu thạch học					
	Đơn vị	Sét chảy	Bùn pha sét	Sét dẻo mềm	Sét pha dẻo chảy	Cát pha chảy
Nhóm hạt cát (2 - 0,05 mm)	%	13,2	21,5	17,6	21,6	30,3
Nhóm hạt bụi (0,05 - 0,005)	%	52,2	53,9	57,4	56,7	60,8
Nhóm hạt sét	%	34,6	24,6	31,0	21,7	9,1
Độ ẩm tự nhiên	W%	50,7	39,4	34,5	32,3	28,6
Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_{tn}(g/cm^3)	1,65	1,75	1,82	18,5	1,89
Khối lượng thể tích khô	γ_c(g/cm^3)	1,09	1,27	1,32	1,42	1,41
Khối lượng riêng	Δ (g/cm^3)	2,69	2,69	2,71	2,68	2,69
Hệ số rỗng	ε	1,4	1,13	1,002	0,86	0,86
Độ rỗng	n(%)	59,13	53,23	50,01	47,70	45,59
Độ bão hoà	G(9%)	95,01	93,5	91,05	92,87	94,20
Giới hạn chảy	W_{ch}(%)	44,31	36,38	41,09	33,00	25,13
Giới hạn dẻo	W_d (%)	24,59	21,30	23,08	20,98	18,19
Chỉ số dẻo	I_p (%)	19,72	15,08	18,01	12,02	6,94
Độ sệt	B	1,30	1,19	0,63	0,94	1,39
Lực dính kết	C(kG/cm^2)	0,059	0,051	0,121	0,115	0,047
Góc ma sát trong	φ (độ)	2°11	8°20	7°30	10°32	17°28
Hệ số nén lún	(kG/cm^2)	0,091	0,063	0,041	0,056	0,026
Hàm lượng hữu cơ	C_p(%)	2,10	1,30	1,45	0,90	0,60

Trong đơn vị địa chất công trình này nhìn chung đất yếu trừ có hai lớp đất sét và sét pha cát dễ bị xói lở. Các loại đất trên có độ ẩm cao, hệ số lỗ rỗng lớn, giàu hợp chất hữu cơ. Khi xây dựng trên nền đất này cần phải có các biện pháp kỹ thuật chuyên môn để xử lý.

❖ ***Thành tạo nguồn gốc biển - đầm lầy (mbQ$_{IV}^{2-3}$)***

Đất đá của thành tạo này (*mbQ$_{IV}^{2-3}$*) ít lộ trên mặt thường gặp trong các lỗ khoan từ độ sâu 2 - 20 m ở các vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Kim Sơn, Phát Diệm. Thành phần chủ yếu gồm bột sét lẫn cát màu xám, xám đen lẫn tàn tích thực vật. Bột chiếm khoảng 60 - 70%, sét 20 - 25%, cát hạt mịn 3 - 10%, mùn thực vật 3 - 5%. Chiều dày khoảng 5 - 13 m. Trạng thái đất của phức hệ này biến đổi rất phức tạp chỗ thì cát bụi màu vàng, rời rạc chỗ khác lại xám đen, chảy lỏng. Phần

trên bùn sét, sét màu đen. Tính chất cơ lý của các loại đất tại tỉnh Ninh Bình thuộc đơn vị địa chất công trình này được trình bày trong bảng 2.17.

Bảng 2.17 Tổng hợp chỉ tiêu cơ lý của đất mbQ_{IV}^{2-3} [103]

Chỉ tiêu cơ lý	Kí hiệu, đơn vị	Giá trị
Nhóm hạt sỏi sạn (>2mm)	%	0
Nhóm hạt cát (2-0,05 mm)	%	39
Nhóm hạt bụi (0,05-0,005)	%	41
Nhóm hạt sét	%	21
Độ ẩm tự nhiên	W%	51,5
Khối lượng thể tích tự nhiên	$\gamma_{tn}(g/cm^3)$	1,67
Khối lượng thể tích khô	$\gamma_c(g/cm^3)$	1,10
Khối lượng riêng	$\Delta (g/cm^3)$	2,64
Hệ số rỗng	e	1,393
Độ rỗng	n(%)	58
Độ bão hoà	G(9%)	97
Giới hạn chảy	$W_{ch}(\%)$	46,8
Giới hạn dẻo	W_d (%)	34,1
Chỉ số dẻo	I_p (%)	12,7
Độ sệt	B	1,36
Lực dính kết	$C (kG/cm^2)$	0,07
Góc ma sát trong	φ (độ)	5°36
Hệ số nén lún	$a_{1-2}(kG/cm^2)$	0,101
Sức chịu tải qui ước	$R°(kG/cm^2)$	0,52
Mô đun tổng biến dạng	$E_o(kG/cm^2)$	12
Hệ số cố kết (0,5-1,0 kG/cm^2)	$C_v(cm^2/s)$	$11,04.10^{-4}$
Hàm lượng hữu cơ	$C_p(\%)$	-47
Hệ số nén chặt tự nhiên	K_d	-0,35

2.7.1.2. Nhóm đất dính

Khả năng chống lại xói lở của nhóm đất dính cao hơn nhóm trên nhờ vào sự liên kết giữa các hạt đất chặt chẽ hơn. Đối với đất dính không có liên kết cứng thì lực chống cắt của đất thể hiện qua lực dính của đất là chính. Lực dính của đất loại sét được sinh ra bởi các liên kết kiến trúc (phân tử, ion, cộng hoá trị, ...) giữa các hạt và các hợp thể tạo đất. Tuỳ theo bản chất đặc trưng của các liên kết kiến trúc mà đất loại sét có độ bền nào đó. Độ bền liên kết kiến trúc này phụ thuộc vào các

yếu tố như: độ phân tán, thành phần khoáng vật của các hạt, độ chặt, độ ẩm, tính chất đối với nước...

Đất đá có thành phần trên mặt chủ yếu là đất sét, sét pha và cát pha đa nguồn gốc bao gồm các hệ tầng: amQ_I, amQ_{III}^2, mQ_{III}^2, amQ_{IV}^{1-2}, mQ_{IV}^{1-2}, amQ_{IV}^{2-3}. Các thành tạo này phân bố rải rác trên toàn vùng nghiên cứu, tập trung chủ yếu ở ven biển.

Theo kết quả của các báo cáo điều tra ĐCCT vùng nghiên cứu cho thấy tính chất cơ lý đặc trưng cho nhóm đất này như sau:

❖ ***Trầm tích nguồn gốc sông biển amQ_I***

Trầm tích này gặp ở lỗ khoan tại Hải Phòng ở độ sâu 116,5m đến 129,0m với chiều dày 12,5m. Thành phần gồm bột, sét, cát màu xám, trong đó bột chiếm 62%, sét: 16% và cát: 22%. Chỉ tiêu cơ lý của đơn vị địa chất công trình này chưa được nghiên cứu.

❖ ***Trầm tích nguồn gốc sông- biển amQ_{III}^2***

Trầm tích này phân bố ở khu vực Nam Ninh, Nam Định ở độ sâu 53 - 42,6 m. Thành phần gồm sét, sét bột màu xám tro, xám ghi đôi chỗ xám vàng, vàng nhạt. Chiều dày khoảng 10,4 m.

❖ ***Trầm tích nguồn gốc biển mQ_{III}^2***

Trầm tích này phân bố ở ven biển vùng Thái Bình, Nam Định. Trầm tích này không lộ trên mặt chỉ gặp trong các giếng khoan ở Nghĩa Hưng, Nam Định, Kim Sơn, Yên Khánh và ven biển Tiền Hải, Thái Thuỵ ở độ sâu 18 - 59 m. Chiều dày thay đổi từ 5,5 - 30 m. Tính chất cơ lý của đơn vị địa chất công trình này ở Nam Định như sau [103]:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 45,6
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 1,75
- Khối lượng thể tích khô γ_k (g/cm^3) = 1,20
- Khối lượng riêng γ_r = 2,72 (g/cm^3)
- Hệ số lỗ rỗng ε = 0,84
- Độ bão hoà nước G = 98%
- Độ ẩm giới hạn chảy (%) Wc = 46,4

- Độ ẩm giới hạn dẻo (%) Wd = 25,8
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 0,28
- Góc ma sát trong(độ) φ = 16°00
- Hệ số nén lún a_{1-2} (g/cm^2) = 0,02

Loại đất này có thể dùng làm nền thiên nhiên khá tốt, thích hợp cho việc xây dựng dân dụng và công nghiệp. Tuy nhiên các phần ven biển, chiều dày không lớn, sức chống cắt bị giảm do ảnh hưởng của nước áp lực trong tầng cát sạn, cuội, aluvi nằm dưới.

❖ ***Trầm tích nguồn gốc sông - biển*** amQ_{VI}^{1-2}

Trầm tích này không lộ ra trên mặt chỉ lộ ra ở các lỗ khoan vùng Nam Định, Ninh Bình, độ sâu 21,7 - 30,8 m. Thành phần gồm sét, sét bột màu xám nâu, xen kẹp các lớp mỏng cát hạt mịn. Chiều dày khoảng 9,1 m. Thành phần cấp hạt sét: 44,3 - 61,4%; bột 38,3 - 85%; cát hạt mịn 0,3 - 1,5 %.

❖ ***Trầm tích nguồn gốc biển*** mQ_{VI}^{1-2}

Trầm tích này lộ ra một diện rộng ở Ninh Bình dưới dạng thềm bậc I, độ cao phân bố 1,5-5m. Thành phần gồm sét, sét xám xanh, xám vàng. Chiều dày khoảng 0,4-5 m. Chỉ tiêu cơ lý của đơn vị địa chất công trình này tại Ninh Bình [103] như sau:

Đất sét:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 35,9
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 1,77
- Khối lượng thể tích khô γ_k (g/cm^3) = 1,31
- Khối lượng riêng γ_r(g/cm^3) = 2,71
- Hệ số lỗ rỗng ε = 1,075
- Độ lỗ rỗng (%) n = 52
- Độ bão hoà nước G = 96%
- Độ ẩm giới hạn chảy (%)Wc = 42,3
- Độ ẩm giới hạn dẻo (%)Wd = 22,2

- Chỉ số dẻo (%) I = 20,1
- Độ sệt B = 0,7
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 0,239
- Góc ma sát trong(độ) φ = 6°12
- Hệ số nén lún a_{1-2}(g/cm^2) = 0,052

Đất sét pha:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 38,3
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 1,47
- Khối lượng thể tích khô γ_k (g/cm^3) = 1,21
- Khối lượng riêng γ_r (g/cm^3) = 2,68
- Hệ số lỗ rỗng ε = 1,128
- Độ lỗ rỗng (%) n = 53
- Độ bão hoà nước G = 90%
- Độ ẩm giới hạn chảy (%) Wc = 40,2
- Độ ẩm giới hạn dẻo (%) Wd = 25,5
- Chỉ số dẻo (%) I = 14,7
- Độ sệt B = 0,86
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 0,184
- Góc ma sát trong (độ) φ = 6°07
- Hệ số nén lún a_{1-2} (g/cm^2) = 0,093

Tầng đất này có khả năng chịu tải trung bình, đáp ứng được cho việc xây dựng các công trình dân dụng và công nghiệp.

❖ ***Trầm tích nguồn gốc sông - biển amQ_{VI}^{2-3}***

Trầm tích này lộ ra vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình với bề mặt thấp nhưng khá bằng phẳng. Thành phần gồm bột sét lẫn ít cát hạt mịn màu xám nâu trong đó hàm lượng sét: 50 - 60%; bột: 40 - 50 %, cát hạt mịn 2-10%. Chiều dày khoảng 2,0 - 17 m.

❖ ***Phức hệ địa chất nguồn gốc Eluvi, Deluvi hiện đại (edQ)***

Đất đá của phức hệ này là lớp vỏ phong hoá của các thành tạo địa chất, phân bố rộng rãi, bao trùm hầu hết vùng đồi xung quanh đồng bằng. Thành phần đất đá

bao gồm: sét pha cát lẫn dăm sạn, sét pha cát hay cát pha sét có màu vàng nâu hay nâu đỏ, dăm sạn của đá gốc phong hoá. Đây là sản phẩm phong hoá của các đá có nguồn gốc khác nhau. Chiều dày nhỏ hơn 10m. Đặc điểm cơ lý của loại đất này ở Ninh Bình [103] như sau:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 29,62
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 1,92
- Khối lượng riêng γ_r = 2,71
- Hệ số lỗ rỗng ε = 0,83
- Độ bão hoà nước G = 96,02%
- Độ ẩm giới hạn chảy (%) Wc = 46,26
- Độ ẩm giới hạn dẻo (%)Wd = 20,25
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 0,74
- Góc ma sát trong(độ) φ = 23°22
- Hệ số nén lún a_{1-2} (g/cm^2) = 0,0019

Thành tạo này có hệ số lỗ rổng lớn, sức bền và cường độ chụi tải cao thích hợp cho việc xây dựng các công trình. Đây cũng là nguồn vật liệu để đắp đường và xây dựng các công trình thuỷ lợi.

2.7.1.3. Nhóm đất rời:

Đối với đất rời không có liên kết cứng lực liên kết giữa các hạt đất thể hiện qua lực ma sát giữa các hạt là chính, phụ thuộc vào kích thước, mức độ tròn cạnh, mức độ đồng nhất sắc cạnh đó chính là nguồn gốc hình thành các hạt.

Nhóm đất này có thành phần thạch học của lớp trên mặt chủ yếu là cát mịn, cát bụi, cát hạt nhỏ, sạn sỏi, màu xám, xám nâu. Diện phân bố chủ yếu tập trung ở ven biển khu vực từ Ninh Bình đến Quảng Ninh, Nhóm này bao gồm các kiểu nguồn gốc gió biển, sông, sông biển, với các hệ tầng sau: aQ_I, aQ^2_m, amQ_{II-III}, vmQ_{IV}^{2-3}, mQ^{2-3}_{IV}. Bề dày của các hệ tầng này thường biến đổi từ 3 - 10m.

Đây là nhóm đất rời có khả năng bị xói lở cao, trong điều kiện thường, chúng chỉ có khả năng tồn tại ở một góc dốc nhất định đối với từng loại cát dựa vào sự ma sát giữa các hạt đất. Khi có nước, lực ma sát giữa các hạt đất giảm xuống rất

nhiều, làm cho các hạt cát có khả năng bị đẩy nổi rất rễ xảy ra cát chảy, đặc biệt khi có dòng chảy quá trình xói lở đối với loại đất này là rất mạnh mẽ.

Trong vùng nghiên cứu tồn tại các đơn vị địa chất công trình đất rời sau:

❖ ***Trầm tích nguồn gốc sông aQ_{III}***

Thành tạo này gặp trong các lỗ khoan của Thái Bình ở độ sâu 56 - 67,5 m, dày khoảng 12,5 m. Thành phần cát lẫn sạn sỏi, cuội nhỏ màu xám sáng.

❖ ***Trầm tích nguồn gốc sông biển hỗn hợp amQ_{II-III}***

Thành tạo này không lộ ra trên mặt nhưng gặp trong các lỗ khoan ở độ sâu từ 19 - 107 m với chiều dày thay đổi từ 2,1 - 38,3 m. Diện phân bố ở các khu vực Tiền Hải, Hải Hậu. Thành phần gồm cuội, cuội tảng xen ít sạn, cát, sét. Càng xuống sâu cỡ hạt tăng dần. Thành tạo này bị phủ dưới độ sâu nên lớp này không ảnh hưởng tới các công trình xây dựng trên mặt.

❖ ***Trầm tích biển gió vmQ_{IV}^{2-3}***

Thành tạo này phân bố thành dải hẹp không liên tục với những dải cát, đụn cát ven bờ biển ở độ cao trung bình khoảng 0,5 - 2m. Thành phần gồm cát hạt mịn lẫn bột màu xám, chọn lọc tốt lẫn nhiều sa khoáng. thành phần hạt chủ yếu là cát chiếm 89%, bụi chiếm 11%, độ ẩm tự nhiên 24,31%, tỉ trọng 2,67g/cm^3, góc nghỉ ướt 29,76°, góc nghỉ khô 35,68°, góc ma sát trong 32,72°.

❖ ***Trầm tích biển mQ_{IV}^{2-3}***

Thành tạo này phân bố ở Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định. Bao gồm cát hạt mịn lẫn bột màu xám, lẫn ít sét. Chiều dày lớn hơn 6m. Thành phần cát chiếm 99% trong đó cát trung chiếm 39%, độ ẩm tự nhiên 16%, tỉ trọng 2,63g/cm^3, góc nghỉ ướt 33,85 độ, góc nghỉ khô 34,66 độ, góc ma sát trong 34,3 độ.

Nhìn chung, nhóm trầm tích này có các tính chất cơ lý biến đổi trong phạm vi:

Độ ẩm tự nhiên từ 12 - 24%

- Khối lượng riêng từ 2,50 - 2,76 g/cm^3
- Góc ma sát trong từ 30 - 37 độ.

2.7.1.4. Nhóm đá nửa cứng

Nhóm đá này bao gồm các đá trầm tích thuộc các thành tạo Paleozoi ở vùng ven biển, gồm các trầm tích lục nguyên, trầm tích cacbonat phát triển không liên

tục từ Cambri đến Pecmi. Gồm các phân vị địa tầng sau: Tần Mài (O_3-S*tm*), hệ tầng Cô Tô (O_3-S*ct*), loạt Sông Cầu (D_1*sc*), hệ tầng Dưỡng Động (D_{1-2} *dđ*), hệ tầng Đồ Sơn (D_2*đs*), hệ tầng Bản Páp (D_2*bp*), hệ tầng Cát Bà (C_1*cb*), hệ tầng Bắc Sơn (C-P*bs*) và hệ tầng Bãi Cháy (P_2*bc*).

Chỉ tiêu cơ lý đặc trưng của một số loại đá như sau[102]:

Đá vôi:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 0,1 - 0,5
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3)= 2,59 - 2,68
- Tỉ trọng Δ = 2,69 - 2,73
- Cường độ kháng nén R_n (g/cm^2) = 700 - 1300
- Cường độ kháng kéo R_k (g/cm^2) = 60 - 220
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 100 - 300
- Góc ma sát trong(độ) φ = 32,2 - 52,30

Cuôi kết:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 0,05 - 0,2
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 2,24 - 2,60
- Tỉ trọng Δ = 2,60 - 2,70
- Cường độ kháng nén R_n (g/cm^2) = 700 - 1400
- Cường độ kháng kéo R_k (g/cm^2) = 150 - 200
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 200 - 300
- Góc ma sát trong(độ) φ = 28,3 - 45

San kết:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 0,15 - 0,4
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 2,3 - 2,60
- Tỉ trọng Δ = 2,62 - 2,70
- Cường độ kháng nén R_n (g/cm^2) = 750 - 1500
- Cường độ kháng kéo R_k (g/cm^2) = 150 - 250
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 230 - 350
- Góc ma sát trong (độ) φ = 26,4 - 38,10

Cát kết:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 0,1 - 0,3
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 2,24 - 2,66
- Tỉ trọng Δ = 2,68 - 2,78
- Cường độ kháng nén R_n (g/cm^2) = 650 - 1350
- Cường độ kháng kéo R_k (g/cm^2) = 100 - 200
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 150 - 250
- Góc ma sát trong(độ) φ = 30,10 - 40,30

Bột kết:

- Độ ẩm tự nhiên W (%) = 7 - 10
- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 2,25 - 2,67
- Tỉ trọng Δ = 2,67 - 2,73
- Cường độ kháng nén R_n (g/cm^2) = 350 - 800
- Cường độ kháng kéo R_k (g/cm^2) = 50 - 100
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 75-150
- Góc ma sát trong(độ) φ = 25,30 - 35,2

Sét kết: - Độ ẩm tự nhiên W (%) = 2 - 8

- Khối lượng thể tích tự nhiên γ_{tn} (g/cm^3) = 2,2 - 2,65
- Tỉ trọng Δ = 2,69 - 2,75
- Cường độ kháng nén R_n (g/cm^2) = 250 - 500
- Cường độ kháng kéo R_k (g/cm^2)= 45 - 120
- Lực dính kết (kG/cm^2) C = 50 - 100
- Góc ma sát trong (độ) φ = 17,4 - 26,30

Đá thuộc loại bền, tương đối kiên cố, có thể dùng làm nền tự nhiên cho các công trình mà không phải gia cố.

Các hiện tượng địa chất động lực công trình:

Trong vùng nghiên cứu xuất hiện nhiều hiện tượng địa chất động lực công trình khác nhau, tuy nhiên, chúng tôi đưa ra những hiện tượng có liên quan đến quá trình xói lở và bồi tụ bờ sông, bờ biển của vùng. Nguyên nhân của các quá trình này thường gắn liền với đặc điểm của cấu trúc địa chất, kiến tạo, địa hình, địa mạo,

khí tượng thuỷ văn, điều kiện địa chất thuỷ văn, tính chất cơ lý của đất đá và ảnh hưởng của các hoạt động kinh tế dân sinh của con người ở từng khu vực. Mối quan hệ giữa chúng đã tạo ra những điều kiện thuận lợi thúc đẩy sự phát triển của các quá trình địa chất động lực công trình. Có những hiện tượng địa chất động lực công trình cần lưu ý ở vùng nghiên cứu như sau:

***Hiện tượng phong hóa*:**

Trong vùng nghiên cứu, quá trình phong hóa thường phát triển trên các loại đá gốc khác nhau thuộc các thành hệ trước Kainozoi. Tuy nhiên, tùy theo đặc điểm của đá gốc, điều kiện địa hình, chế độ trao đổi nước dưới đất (NDĐ) nên mức độ phong hóa ở mỗi khu vực là khác nhau, tạo nên bề dày vỏ phong hóa rất khác nhau. Kết quả của quá trình này làm cho đá gốc ở nhiều khu vực bị biến đổi và nứt nẻ, giảm độ gắn kết, dẫn đến nhiều hiện tượng địa chất động lực công trình khác xảy ra như xói lở, rửa trôi, đá đổ...

Khu vực tỉnh Quảng Ninh, hiện tượng phong hoá thường phát triển phức tạp trên từng loại đất đá khác nhau, chiều dày phong hoá lớn nhất đến 20 - 30 m trong các đá tuổi N_2tg, còn các loại đá khác thường có bề dày phong hoá từ 2 - 10 m. Kiểu phong hoá phổ biến là sialferit hoặc ferosialit có kết von, hiếm hơn nữa là kiểu siait. Thành phần khoáng vật phổ biến là thạch anh, sau đến kaolinit, hydromica, gotit, fanpat, riêng khoáng vật monmoriolit chỉ gặp trong sản phẩm phong hoá trầm tích Neogen.

Hiện tượng mương xói

Mương xói là kết quả hình thành do nước mưa chảy trên mặt các sườn dốc làm rửa trôi, xói lở các sản phẩm mềm rời tạo ra các rãnh xói chia cắt địa hình tạo thuận lợi cho quá trình xói lở ven bờ. Trong vùng nghiên cứu, mương xói phát triển ở các sườn có độ dốc từ 10 - 60°. Chúng nằm trong vỏ phong hoá của đá gốc mà sản phẩm của vỏ phong hoá thường là dăm, cát, sạn, bột, sét. Các lớp đất này khi khô thì rời rạc khi ẩm ướt bị mềm rời nên rất dễ bị rửa trôi khi có dòng nước tác động vào. Hiện tượng này phát triển không theo qui luật chúng phân bố rải rác trong vùng nghiên cứu. Đa số các mương xói đang phát triển ở giai đoạn 1 có chiều rộng 10 - 50 cm, mặt cắt thường có dạng chữ V, chúng chỉ phát triển vào mùa mưa. Những nơi lớp phủ thực vật mỏng thì hệ thống mương xói phát triển mạnh hơn. Các mương xói phát triển làm phân cắt cục bộ bề mặt địa hình là mối đe doạ cho các

công trình giao thông và xây dựng. Trong vùng nghiên cứu hiện tượng này phát triển mạnh ở khu vực tỉnh Quảng Ninh, nơi đây, do các lớp đất thải từ khai thác than thường tạo điều kiện thuận lợi để hiện tượng mương xói và hiện tượng dòng lũ bùn đá xảy ra mạnh mẽ trên các bờ dốc.

Khu vực tỉnh Ninh Bình hiện tượng này xảy ra mạnh mẽ trên những vùng đồi núi uốn nếp, có độ cao từ 200 - 500 m. Với đất đá phong hoá có tuổi edQ, thành phần gồm dăm, sạn, bột sét, dày từ 0,5 - 4 m.. Tuy nhiên, ở khu vực này hiện tượng mương xói xảy ra không có quy luật, chúng phân bố rải rác ở những khu vực có sườn dốc và lớp phủ phong hoá [103].

Hiện tượng trượt lở

Hiện tượng trượt lở thường xảy ra vào mùa mưa, với chiều rộng từ vài mét đến 50 m, chiều dài từ 50 - 100 m. Nguyên nhân chính của hiện tượng trượt lở do tệ nạn chặt phá rừng bừa bãi, mái dốc không được bảo vệ nên tạo thuận lợi cho các quá trình phong hoá và mương xói phát triển. Khi có mưa lũ đất đá bị bão hoà nước, sức chống cắt của đất giảm nhanh trong khi áp lực nước lỗ rỗng tăng làm cho trọng lượng khu trượt vượt quá độ bền tới hạn của đất nên dẫn đến trượt lở. Vì vậy ở những độ dốc lớn từ 30 - 50^0 rất dễ gây trượt. Tại các nơi có bờ dốc cấu tạo bởi các trầm tích bở rời có chiều dày lớn (bất kể nguồn gốc phong hoá hay tích tụ) độ dốc sườn lớn hơn 30^0 được xem là bờ dốc không ổn định, thường gây ra hiện tượng trượt lở.

Ở vùng nghiên cứu hiện tượng này thường gặp ở khu vực Quảng Ninh, chúng xảy ra trên các bờ dốc, trên ta luy đường hay trên các bờ mỏ, nơi có mặt tàn tích của các trầm tích tuổi T_3n - rhg và N_2tg. Kích thước các khối trượt biến đổi từ 20, 30 m đến hàng trăm mét. Trên các bờ mỏ thường trượt theo các mặt đá mềm yếu và theo hệ thống khe nứt.

Khu vực tỉnh Ninh Bình hiện tượng trượt lở thường xảy ra trên các sản phẩm phong hoá như dăm sạn, cát, sét và tảng lăn của các đá có tuổi Triat, Devon, Silua, Ocdovic, Cambri và Protezozoi. Kích thước các khối trượt rất khác nhau thay đổi từ vài chục mét đến hàng trăm mét.

Hiện tượng này đã gây ra nhiều trở ngại cho ngành giao thông trong vùng nghiên cứu trong mùa mưa bão.

2.7.2. Tính chất cơ lý đất đá thành tạo bờ biển miền Trung

Ở dải bờ biển miền Trung từ Thanh Hoá đến Bình Thuận tồn tại hai loại đất đá: đất đá bở rời không có liên kết cứng và loại đất đá có liên kết cứng. Sau đây là đặc trưng cơ lý của hai loại đất đá, đó là:

2.7.2.1. Đất đá không có liên kết cứng (A)

❖ ***Nhóm trầm tích có thành phần tính chất đặc biệt (A_1)***

Trầm tích sông- đầm lầy- biển ($abmQ_{IV}^{2-3}$), trầm tích này thường bị phủ kín bởi các trầm tích khác lộ ra ở ở đồng bằng Hương Điền - Thừa Thiên Huế, thường có bề dày mỏng, có nơi chiều dày đến 17,3 m có nơi không có. Thành phần chủ yếu là bùn sét có màu xám đen, xám ghi lẫn nhiều thực vật.

Qua các báo cáo Địa chất đô thị một số đô thị ở dải ven biển miền Trung chúng tôi thấy trầm tích này đặc trưng bởi một số chỉ tiêu cơ lý của chúng ở một số nơi như sau (bảng 2.18):

Bảng 2.18 Một số chỉ tiêu cơ lý đặc trưng của đất tại một số khu vực miền Trung

Khu vực	Một số chỉ tiêu cơ lý									
	W	Δ	γ_{tn}	e	W_c	W_d	I_s	φ	C	a_{1-2}
Bình Định	65,67	2,69	1,58	1,73	58,05	33,12	1,3	$9^0 09'$	0,086	0,247
Vinh	54,1	2,69	1,5	1,7	45,7	22,3	1,4	$3^0 25'$	0,085	0,082
Thanh Hoá	48,1	2,65	1,72	1,37	40,4	25,1	1,5		0,089	0,104

Ghi chú: W: độ ẩm tự nhiên của đất (%);

Δ: khối lượng riêng của đất (g/cm^3);

γ_{tn}: khối lượng thể tích tự nhiên của đất (g/cm^3);

e: hệ số lỗ rỗng của đất;

W_c: độ ẩm giới hạn chảy (%);

W_d: độ ẩm giới hạn dẻo (%);

I_s: độ sệt của đất;

φ: góc ma sát trong của đất (độ);

C: lực dính kết của đất (kG/cm^2);

a_{1-2}: hệ số nén lún của đất (cm^2/kg).

**Các ký hiệu này sẽ được dùng tiếp trong các phần sau của báo cáo.*

❖ ***Nhóm đất rời (A_2):***

◆ ***Phụ nhóm trầm tích A_2-1 bao gồm các thành tạo:*** aQ_{IV}, aQ_{IV}^3, aQ_{IV}^{2-3}, vmQ_{IV}^{2-3}, $vm\ Q_{IV}^3$.

Đây là các thành tạo chủ yếu tạo nên nền bờ ở ven biển và ven các bờ sông ở dải ven biển miền Trung. Hầu như chúng đều lộ ra ở các bờ sông, bờ biển. Thành phần thạch học chủ yếu là: cát hạt mịn, cát pha có màu xám vàng, khi ướt có màu xám xẫm, xám xanh, thành phần chủ yếu là thạch anh, silíc,mài tròn tới nhóm bụi cát có chứa tới hơn 80 - 100% thường có trạng thái rời xốp.

Theo các báo cáo khảo sát địa chất công trình đô thị chúng tôi thấy các trầm tích này có một số tính chất cơ lý như sau:

Trầm tích nguồn gốc gió biển (vmQ_{IV}^3) ở khu vực Đồng Hới có thành phần hạt cát chiếm tới 99,9%, góc ma sát trong 32^0, hệ số không đều hạt 1,7.

Trầm tích có nguồn gốc aQ_{IV}^3 khu vực Bình Định có chiều dày biến đổi từ 2-13 m thành phần hạt cát chiếm 80,89%, sỏi chiếm 16,39%, bụi sét chiếm hơn 2%, góc nghỉ ở trạng thái khô $\varphi = 34^0 33'$.

Trầm tích có nguồn gốc vmQ_{IV}^3 ở Bình Định cát thường vun thành từng dải lượn sóng có bề dày biến đổi từ 2 - 10 m, ven biển lớn hơn 10 m lớn nhất tới 15 m nhóm hạt cát chiếm tới 94,10%, hạt sét chiếm 1,15%, W = 21,48%, Δ = 2,66 (g/cm^3), góc nghỉ khô $33^0 56'$.

Nhìn chung các trầm tích này có các chỉ tiểu cơ lý biến đổi trong phạm vi dưới đây:

- Độ ẩm trung bình W = 11 - 21%

- Khối lượng riêng Δ = 2,66 - 2,62 g/cm^3

- Góc ma sát trong biến đổi từ $\varphi = 27 - 35^0$

◆ ***Phụ nhóm trầm tích A_2-2 bao gồm các thành tạo:*** mQ_{IV}^{1-2}, aQ_{IV}^{1-2}, vmQ_{IV}^{1-2}, aQ_{III}, mQ_{II}.

Các trầm tích này thành phần thạch học chủ yếu là: cát, cuội, sỏi, màu vàng chứa bào tử phấn hoa.

Diện hệ phân bố: aQ_{III} phân bố nhỏ chỉ thấy xuất hiện ở Dung Quất - Quảng Ngãi; mQ_{II} diện lộ ra ở khu vực từ Ninh Phước - Ninh Thuận cho tới Hàm Tân -

Bình Thuận dọc theo ven biển; aQ_{IV}^{1-2} có diện lộ hẹp, phân bố ở khu vực Tây Nam huyện Tĩnh Gia - Thanh Hoá; mQ_{IV}^{1-2} phân bố ở các huyện ven biển Thanh Hoá; vmQ_{IV}^{1-2} diện lộ xuất hiện ở khu đồng bằng huyện Hương Phú - Thừa Thiên Huế, một số ít xuất hiện ở khu vực Tư Nghĩa - Quảng Ngãi.

Theo các báo cáo địa chất đô thị Vinh, Hà Tĩnh, Đồng Hới, Bình Định cho thấy các lớp đất này có góc ma sát trong biến đổi trong khoảng 33- 38°, thường có trạng thái chặt.

Kết quả khảo sát, phân tích cát aQ_{IV}^{1-2} ở khu vực Thanh Hóa cho thấy tầng này hầu hết có chiều dày đạt 5 - 10 m thành phần chủ yếu là cát mịn và các hạt trung $\Delta = 2,65$ g/cm^3, góc nghỉ khô $\varphi_{khô} = 36^0$, góc nghỉ ướt $\varphi_{ướt} = 29^0$.

Theo báo cáo Địa chất đô thị Thanh Hoá cho thấy phức hệ mQ_{IV}^{1-2} có chiều dày không lớn 1,5- 2,8 m thành phần chủ yếu là cát hạt trung, ít cát nhỏ, màu xám nâu, $\Delta = 2,65$ g/cm^3, góc nghỉ khô $\varphi_{khô} = 37°$, góc nghỉ ướt $\varphi_{ướt} = 31°$.

Nhìn chung các trầm tích của phụ nhóm này có tính chất cơ lý biến đổi trong khoảng sau:

- Thành phần cát hạt mịn chiếm khoảng dưới 60%, cát hạt trung chiếm khoảng hơn 30%.

- Góc ma sát trong $\varphi = 33 - 38^0$

- Lực dính kết rất nhỏ $C \cong 0$.

◆ ***Phụ nhóm trầm tích đất rời A_2-3 gồm các thành tạo***: edQ, aQ, apdQ, $aN_2 - Q_1$.

Các trầm tích này lộ ra ở trong vùng nghiên cứu với các nguồn gốc: sông (aQ), trầm tích này thường phủ lên các đá có tuổi già hơn, phân bố ở phía cao của đồng bằng, nằm rải rác ở dải ven biển Diên Khánh - Nha Trang, Tuy Hoà - Khánh Hoà, Quỳnh Lưu - Nghệ An; sông - lũ - sườn tích (apdQ), diện lộ thường phân bố ở khu vực chân các địa hình cao, phủ lên các đá gốc ở phía Tây vùng nghiên cứu từ Thăng Bình - Quảng Ngãi cho đến Hàm Tân - Bình Thuận, phổ biến nhất ở khu vực Ninh Thuận, Bình Thuận. Tàn tích - sườn tích (edQ), thường phân bố phía ở Tây vùng nghiên cứu, phủ lên các đá gốc, diện lộ nhỏ hẹp tập trung từ Đồng Hới cho tới Hương Phú - Thừa Thiên Huế; $aN_2 - Q_I$ lộ ra ở phía Đông huyện Tư Nghĩa - Quảng

Ngãi, diện phân bố nhỏ. Thành phần thạch học của các trầm tích này chủ yếu là cuội, sỏi, cát dăm sạn hỗn tạp.

Theo báo cáo địa chất đô thị Bình Định cho thấy:

- Cát sỏi sạn có nguồn gốc edQ, chúng có màu xám sẫm, xám vàng, hàm lượng sạn sỏi tăng theo chiều sâu, phủ trên các đá nứt nẻ. Kết quả thí nghiệm cho thấy nhóm hạt sạn chiếm 34,5%, cát chiếm 58,5%, độ ẩm tự nhiên 10,38%, $\Delta = 2,64$ g/cm^3, góc ma sát trong 34°.

- Đất sạn nguồn gốc $aN_{II} - Q_I$, loại đất này phát triển trên đá Granit, đất có màu xám trắng, vàng. Thành phần thạch học chủ yếu là dăm sạn, dăm chiếm 48,1%, sạn chiếm 25,1%, W= 3,21%, $\Delta = 2,64$ g/cm^3, góc ma sát trong φ= 38°.

Nhìn chung, các trầm tích này có một số đặc tính cơ lý như sau:

- Thành phần chủ yếu cuội sạn sỏi cát hỗn hợp

- Góc ma sát trong $\varphi = 34 - 40^0$

- Lực dính kết rất nhỏ $C \cong 0$.

❖ ***Nhóm đất dính (A_3)***

◆ ***Phụ nhóm đất dính A_3- 1 gồm các nguồn gốc***: amQ_{IV}, amQ_{IV}^3, mQ_{IV}^3, mQ_{IV}^{2-3}.

Các trầm tích này lộ ra ở các khu vực: mQ_{IV}^{2-3} diện lộ hẹp, kéo dải khoảng 1 km ở bờ biển Bình Sơn- Quảng Ngãi, phủ lên các trầm tích dQ là chủ yếu và một phần nhỏ lộ ra ở bờ biển Phan Rang- Tháp Tràm; mQ_{IV}^3 diện phân bố rộng lớn ở khu vực đồng bằng và bờ biển Thanh Hoá tạo ra đường bờ ở khu vực này; amQ_{IV}^3 trầm tích này có diện lộ phân bố rộng chạy dài từ bờ biển Đồng Hới cho tới bờ biển Gio Linh - Quảng Trị, phía Đông giáp biển, phía Tây phủ lên các trầm tích già hơn; amQ_{IV} diện lộ phân bố rải rác ở phía trong đồng bằng ven biển từ Đà Nẵng cho tới Bình Thuận.

Thành phần thạch học chủ yếu của các trầm tích này là sét, sét pha, bột sét, cát pha, cát.

Theo báo cáo địa chất đô thị Thanh Hoá phức hệ đất bụi sét amQ_{IV}^3, có thành phần chủ yếu là cát pha màu xám vàng, xám nâu, với các chỉ tiêu cơ lý như

sau: W = 25,2%; γ = 1,91 g/cm^3; Δ = 2,65 g/cm^3; e = 0,86; W_c = 26,75%; W_d = 21,85%; I_s = 0.8; C = 0,211 kG/cm^2; a_{1-2} = 0,036 cm^2/kg.

Sét pha đặc trưng với các chỉ tiêu cơ lý: W= 32,5%; γ = 1,85 g/cm^3; Δ = 2,67 g/cm^3; e = 0,912; W_c = 34,9%; W_d = 25,2%; I_s = 0,75; C = 0,241 kG/cm^2; $\varphi = 10^0 35'$.

Phức hệ đất bụi sét mQ_{IV}^3, thành phần thạch học chủ yếu là cát pha xám vàng, xám ghi, trạng thái dẻo với các chỉ tiêu cơ lý như sau: W = 28,0%; γ = 1,84 g/cm^3; Δ = 2,62 g/cm^3; e = 1,1; W_c = 29%; W_d = 25,5%; I_s = 0,71; C = 0,334 kG/cm^2; $\varphi = 10^0 42'$; a_{1-2} = 0,03 cm^2/kg.

Nhìn chung các chỉ tiêu cơ lý của phụ nhóm này biến đổi trong khoảng sau: γ = 1,5 - 1,9 g/cm^3; e = 0,8 - 1,1; $\varphi = 7 - 12^0$; C = 0,13 - 0,35 kG/cm^2; I_s = 0,7- 1.

• Phụ nhóm đất dính A_3- 2 bao gồm các nguồn gốc: amQ_{IV}^{1-2}, bmQ_{IV}^{1-2}

Phân bố chủ yếu ở các khu vực có mặt của trầm tích biển - đầm lầy (bmQ_{IV}^{1-2}), có diện lộ phân bố rộng ở khu vực đồng bằng Hà Tĩnh, thường phủ lên các trầm tích amQ_{III} và bị các trầm tích mvQ_{IV}^3 phủ lên trên. Trầm tích sông - biển (amQ_{IV}^{1-2}), có diện lộ phân bố rộng lớn dọc theo ven biển từ đồng bằng Quảng Trạch - Quảng Bình cho tới Phú Lộc - Thừa Thiên Huế và một phần lộ ra ở khu vực Tĩnh Gia - Thanh Hoá, nó thường phủ lên các trầm tích amQ_{III} và các đá có tuổi già hơnT_2a đt.

Thành phần thạch học chủ yếu là cát pha, sét, sét pha.

Theo báo cáo địa chất đô thị Bình Định: lớp sét amQ_{IV}^{1-2} có màu xám vàng, xám sẫm, bề dày ít biến đổi từ 2 - 6 m. Các chỉ tiêu cơ lý đặc trưng là: W = 27,5%; Δ = 2,66 g/cm^3; γ = 1,88 g/cm^3; e = 0,818; W_c = 46,23%; W_d = 26,6%; $\varphi = 20°22'$; C = 0,27 kG/cm^2; a_{1-2} = 0,037 cm^2/kg; đất có trạng thái dẻo cứng.

Ở khu vực Thanh Hoá trầm tích amQ_{IV}^{1-2} có 3 tập: phía trên là: sét pha xám vàng, xám ghi; giữa : sét xám nâu, nâu vàng; dưới: cát pha xám vàng, nâu vàng.

Lớp sét có các chỉ tiêu cơ lý như sau: W = 35,25%; γ = 1,87 g/cm^3; Δ= 2,71 g/cm^3; e = 0,97; W_c = 42,75%; W_d = 22,35%; I_s = 0,65; C= 0,248 kG/cm^2; a_{1-2} = 0,046 cm^2/kg.

Ở khu vực Đồng Hới các thành tạo amQ_{IV}^{1-2} có thành phần thạch học chủ yếu gồm 3 kiểu sét, sét pha, cát pha.

Lớp sét pha có chỉ tiêu cơ lý như sau: W = 23,9%; γ = 1,9 g/cm^3; Δ= 2,68 g/cm^3; e = 0,75; W_c = 27,9%; W_d = 17,0%; I_s = 0,64; C = 0,21 kG/cm^2; $\varphi = 12^0$; a_{1-2} = 0,052 cm^2/kg.

Nhìn chung các trầm tích có nguồn gốc amQ_{IV}^{1-2}, bmQ_{IV}^{1-2} có chỉ tiêu cơ lý trong khoảng như sau: γ = 1,7 - 2,0 g/cm^3; e = 0,75 - 1,0; $\varphi = 10 - 23^0$; C = 0,2 - 0,4 kG/cm^2; I_s = 0,5 - 0,85 kG/cm^2.

Phụ nhóm đất dính A_3-3: amQ_{III}, mQ_{III}, βQ_{II-IV}, βN_2- Q_I.

Diện lộ phân bố của các trầm tích nguồn gốc trên như sau: βN_2- Q_I, các trầm tích này lộ ra thành từng đám nằm rải rác từ khu vực huyện Gio Linh - Quảng Trị cho tới huyện Bắc Bình - Bình Thuận; amQ_{III}, phân bố ở Nghi Lộc - Hà Tĩnh, rìa phía Tây của các huyện ven biển Hà Tĩnh, phủ lên các đá có tuổi T_2a đt, thành dải bám theo các địa hình cao dọc từ Hà Tĩnh vào Hương Điền - Thừa Thiên Huế; mQ_{III}, diện xuất lộ nhỏ hẹp ở một số khu vực Đồng Hới - Quảng Bình, Hương Điền - Thừa Thiên Huế, chủ yếu tập trung ở khu vực Thăng Bình - Quảng Ngãi, Tuy Hoà - Phú Yên và một số nơi khác thuộc khu vực Phan Rang- Tháp Tràm; βQ_{II-IV}, các trầm tích này trên diện lộ chúng có dạng khối tròn chủ yếu ở khu vực Đông Hà - Quảng Trị và một số ít ở khu vực Bình Sơn - Quảng Ngãi.

Thành phần thạch học chủ yếu là sét, sét bột, theo báo cáo địa chất đô thị Bình Định thì lớp trầm tích amQ_{III} có chiều dày lớn nhất là 12,8 m, đất sét có màu xám nâu, xám trắng, loang lổ, đôi chỗ bị laterit hoá. Các chỉ tiêu cơ lý đặc trưng của lớp đất này là: W = 23,99%; Δ = 2,67 g/cm^3; γ = 1,92 g/cm^3; e= 0,719; W_c= 43,46%; W_d = 24,20%; I_s< 0; C = 0,31 kG/cm^2; $\varphi = 25^0 41'$.

Theo báo cáo địa chất đô thị Thanh Hoá trầm tích mQ_{III} bị phủ hoàn toàn, có diện phân bố rộng, ổn định, thành phần thạch học chủ yếu là sét, sét pha, cát pha.

Các chỉ tiêu cơ lý đặc trưng của lớp sét pha là: W= 31,8%; γ = 1,89 g/cm^3; Δ= 2,71 g/cm^3; e = 0,89; W_c = 41,65; W_d = 22,05%; I_s = 0,49; C = 0,414 kG/cm^2; $\varphi = 19^0$; a_{1-2} = 0,027 cm^2/kg.

Nhìn chung các trầm tích này có các chỉ tiêu cơ lý biến đổi trong khoảng: γ = 1,8 - 2,1 g/cm^3; e = 0,7 - 0,9; $\varphi = 16 - 27^0$; C = 0,3 - 0,8 kG/cm^2; I_s= 0 - 0,5.

2.7.1.2. Đất đá liên kết cứng (B)

❖ ***Nhóm đất đá nửa cứng (B_1) bao gồm các thành tạo:*** N*dl*, N*đh*, K_2*mg*, K_2*yc*, K_2*đd*, J_3- K_1*bl*, J_{1-2}*bđ*, T_3n-r *đđ*, T_2*mg*, T_2a *đt*, T_2a *đg*, P_2*kg*, C-P*ml*, C_1*lk*, D_3fm

cđ, D_3fr *đt*, D_{2-3}*cb*, D_2gv *mb*, D_2e *bg*, D_{1-2}*tl*, D_1*rc*, D_1*np*, S_2-D_1*đg*, O_3-S_1*lđ*, O-S*sc*, O_1*đs*, ε_3 *hr*, ε_2*sm*.

Nhóm này phân bố chủ yếu ở các khu vực địa hình cao, phía Tây của vùng nghiên cứu. Thành phần chủ yếu là các đá trầm tích lục nguyên và một số ít các đá trầm tích biển sâu.

Nhìn chung các loại đất đá này ít phân bố ở gần bờ biển, bờ sông, khả năng gây sạt lở bờ sông biển là rất ít. Hơn nữa các loại đất đá này khi đã bị phong hoá nứt nẻ rồi các chỉ tiêu cơ lý của chúng còn rất cao. Kết quả thí nghiệm một số loại đất đá này cho thấy:

Ở khu vực Đồng Hới: đối với đá cuội có tuổi N*dh*: $\Delta = 2,5 g/cm^3$; e = 0,064; cường độ kháng nén $R_n = 1812 kG/cm^2$; cường độ kháng kéo; $R_k = 108,8 kG/cm^2$; góc nội ma sát $\varphi = 36^0$; lực dính $C = 655 kG/cm^2$;

Đá sét kết bột kết đã bị phong hoá nứt nẻ (tuổi S_2đg): $\Delta = 2,03 g/cm^3$; e = 0,443; cường độ kháng nén $R_n = 41,5 kG/cm^2$; cường độ kháng kéo $R_k = 6,5 kG/cm^2$; $\varphi = 29^0$; $C = 12,3 kG/cm^2$.

Đá T_2mg (đá phun trào): $\Delta = 2,7 g/cm^3$; e = 0,08; cường độ kháng nén $R_n = 865,2 kG/cm^2$; cường độ kháng kéo $R_k = 108 kG/cm^2$; $\varphi = 31^0 28'$; $C = 252 kG/cm^2$.

Nhìn chung các đá này có tính chất cơ lý giới hạn trong khoảng: R_n= 40-865kG/cm^2; R_k = 5- 110kG/cm^2; φ = 29 - 36^0; C= 10- 300kG/cm^2.

❖ ***Nhóm đá cứng (B_2)***

Nhóm đá này bao gồm các đá có tuổi: : γξP*bđ*, γK-P*đc*, γ^{δ}γK*ađ*, γaT_3n*pb*, γaT_3nhv, $\gamma^{\delta}T_{2-3}$sm, $\gamma^{\delta}T_{2-3}$vc, δ–γP_2-T_1*bg*, γaC_1*ts*, γaC_1*ml*, γaD_1*đl*, γPR2*cb*, γPR_1st, νμ, γτ, AR*kn*, PR_1*st*, PR_1*đm*, PR_2*kđ*, PR_2-ε*nc*, ε-O_1av.

Thành phần chủ yếu là đá macma xâm nhập, đá biến chất mạnh phân bố chủ yếu ở phía Nam, Đông Nam vùng nghiên cứu.

Nhìn chung các đá này hiếm khi gây ra sạt lở bởi chúng có cường độ kháng cắt rất cao, kháng kéo cao, ít bị phong hoá mạnh, có thể tồn tại dưới dạng vách đứng 90°.

Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý đá Gonai hệ tầng Bồng Sơn (AR*bs*) cho thấy: $\Delta = 2,81 g/cm^3$; e = 0,037; cường độ kháng nén $R_n = 1485 kG/cm^2$; cường độ kháng kéo $R_k = 148 kG/cm^2$; $\varphi = 34^0$; $C = 420 kG/cm^2$.

Kết quả thí nghiệm đá xâm nhập granit ở khu vực Bình Định: Δ= 2,68g/cm^3; e = 0,032; R_n = 1193 kG/cm^2; R_k = 86,67 kG/cm^2; $\varphi = 34^0 49'$; C = 315,58 kG/cm^2.

Kết quả thí nghiệm đá granit có tuổi $\gamma_a C_1 ts$ khu vực Đồng Hới cho thấy: Δ = 2,61 g/cm^3; R_n = 1287 kG/cm^2; R_k = 97,2 kG/cm^2; $\varphi = 35^0$; C = 426 kG/cm^2.

Nhìn chung các đá này có chỉ tiêu cơ lý rất cao giá trị trung bình thường dao động trong khoảng các giá trị dưới đây: R_n = 1000 - 1500 kG/cm^2; R_k= 80 - 150 kG/cm^2; φ = 34 - 36^0; C = 310 - 450 kG/cm^2.

❖ ***Các hiện tượng địa chất động lực công trình***

Trong vùng nghiên cứu xuất hiện nhiều hiện tượng địa chất động lực công trình khác nhau, ở đây chỉ đưa ra những hiện tượng có liên quan đến quá trình xói lở và bồi tụ bờ sông, bờ biển của vùng.

Trong vùng nghiên cứu xuất hiện chủ yếu các hiện tượng địa chất động lực công trình có liên quan đến vấn đề sạt lở bờ biển như sau:

- Trượt lở
- Mương xói
- Đá lở, đá đổ
- Karst.

◆ *Trượt lở:*

Là quá trình dịch chuyển một khối đất về phía sườn dốc, mái dốc do ảnh hưởng của trọng lực, áp lực thuỷ động, lực địa chấn, đó là kết quả của quá trình địa chất.

Nước ta nói chung, dải ven biển miền Trung nói riêng là khu vực có khí hậu nhiệt đới gió mùa, có lượng mưa lớn, lượng mưa chủ yếu tập trung vào mùa mưa, quá trình phong hoá hoá học triệt để, địa hình phân cắt mạnh, đất đá bị phá huỷ kiến tạo mạnh mẽ làm cho các quá trình trượt lở tăng.

Nhìn chung các quá trình trượt lở ở đây chủ yếu xảy ra trên các đá phiến sét, sét kết, bột kết, các đới phá huỷ kiến tạo. Như ở khu vực Nghi Sơn- Tĩnh Gia-Thanh Hoá quá trình trượt xảy ra trên các đá cát, bột kết Triat ($T_2 ad t$). Ở Diên Khánh, Cam Ranh - Khánh Hoà, Hàm Thuận - Bình Thuận quá trình trượt xảy ra trong đá J_3- $K_1 Idl$.

◆ *Mương xói:*

Quá trình này hình thành do dòng nước mưa chảy từ các sườn dốc xuống làm rửa trôi, rửa xói các sản phẩm mềm rời tạo ra sự phân cắt địa hình ở dải ven biển miền Trung, mương xói phát triển ở rất nhiều nơi. Nổi bật là Gio Linh- Quảng Trị (βQ_{II-IV}) Sông Cầu, Tuy An - Phú Yên, Bắc Bình - Bình Thuận.

◆ *Đá lở, đá đổ:*

Đó là hiện tượng chuyển động nhanh đột ngột theo hướng trọng lực của khối đá ở trên sườn và mái dốc. Quá trình này kèm theo hiện tượng lăn, lật nhào, đập vỡ các khối đá đó.

Ở dải ven biển miền Trung hiện tượng đá đổ xảy ra ở các khu vực như: đèo Hải Vân, Quy Nhơn, Sông Cầu, Diên Khánh, Vạn Ninh - Khánh Hoà, núi Chúa-Ninh Thuận (γK-P*đc*)

◆ *Hiện tượng Karst:*

Karst là tổng hợp quá trình hoà tan hoá học và vận chuyển các vật chất bị hoà tan. Quá trình này chỉ xảy ra ở các đá dễ hoà tan và có khả năng để cho nước vận động qua nó dễ dàng.

Ở dải ven biển miền Trung quá trình Karst mạnh nhất ở các đá vôi, khu vực Quảng Bình, và một số nơi như Tĩnh Gia - Thanh Hoá, Cẩm Xuyên - Hà Tĩnh.

◆ *Lầy hoá:*

Lầy hóa là hiện tượng khoảnh đất trên bề mặt bị dư thừa ẩm được phủ bởi một lớp thực vật ưa nước.

Quá trình lầy hoá làm cho các tính chất cơ lý của đất bị biến đổi đặc biệt là sức kháng cắt của đất giảm xuống rõ rệt đối với một số loại đất có tính ưa nước, trương nở mạnh.

Ở dải ven biển miền Trung quá trình này xảy ra ở một số nơi như Cẩm Xuyên - Hà Tĩnh; ven biển đồng bằng sông Ba - Phú Yên; ven biển đồng bằng Thừa Thiên - Huế.

2.7.3. Tính chất cơ lý đất đá thành tạo bờ biển miền Nam

2.7.3.1. Nhóm không có liên kết cứng

Đây là nhóm các trầm tích trẻ chủ yếu thuộc hệ Đệ tứ và một diện nhỏ có tuổi Neogen trung. Trong nhóm các trầm tích này, lực liên kết giữa các hạt đất được thể hiện chủ yếu qua hai chỉ tiêu góc ma sát trong và lực dính kết. Trên thực tế, với

mỗi loại đất khác nhau sự liên kết giữa các hạt đất lại thể hiện chủ yếu qua các chỉ tiêu với mức độ khác nhau. Do đó, trong nhóm các trầm tích này chia ra 3 phụ nhóm có mối tương quan với khả năng xói lở khác nhau đó là:

1. Phụ nhóm 1-1: Nhóm đất có thành phần tính chất đặc biệt

Phụ nhóm đất này có nguồn gốc chính là đầm lầy, bao gồm hệ tầng sau: mQ_{IV}^{1-2}, $ambQ_{IV}^{1-2}$, $bamQ_{IV}^{2-3}$, baQ_{IV}^{2-3}, bQ_{IV}^{2-3}, mbQ_{IV}^{2-3}, vmQ_{IV}^{2-3}. Phụ nhóm trầm tích này có diện phân bố tương đối rộng, tập trung chủ yếu ở khu vực các tỉnh Cà Mau, Bạc Liêu. Các trầm tích này phần lớn có bề dày nhỏ, trung bình 5 -10m một số nơi trong trầm tích $ambQ_{IV}^{2-3}$ có bề dày tới 30 - 40m. Thành phần thạch học chủ yếu là: bùn, bùn sét pha, bùn cát pha, than bùn chứa nhiều xác thực vật, màu xám đen, xám nâu.

Nhìn chung, các trầm tích thuộc phụ nhóm đất này có khả năng chống lại xói lở rất thấp, khả năng tự ổn đinh kém, thông thường có trạng thái chảy. Theo kết quả của báo cáo điều tra ĐCCT vùng miền Nam cho thấy một số chỉ tiêu cơ lý đặc trưng cho phụ nhóm đất này (bảng 2.19) như sau:

Bảng 2.19 Một số chỉ tiêu cơ lý đặc trưng của đất có thành phần tính chất đặc biệt

Vùng	Một số chỉ tiêu cơ lý trung bình									
	W	Δ	γ_w	e	W_l	W_p	B	φ	C	a_{1-2}
Nam Bộ	60,42	2,65	1,65	1,632	45,00	30,03	1,72	0,112	0,111	0,141

Ghi chú: W: độ ẩm tự nhiên của đất (%);

Δ: khối lượng riêng của đất (g/cm^3);

γ_w: khối lượng thể tích tự nhiên của đất (g/cm^3);

e: hệ số lỗ rỗng của đất;

W_l: độ ẩm giới hạn chảy (%);

W_p: độ ẩm giới hạn dẻo (%);

B: độ sệt của đất;

φ: góc ma sát trong của đất (độ);

C: lực dính kết của đất (kG/cm^2);

a_{1-2}: hệ số nén lún của đất (cm^2/kg).

2. Phụ nhóm 1-2: Đất rời

Đối với đất rời không có liên kết cứng lực liên kết giữa các hạt đất thể hiện qua lực ma sát giữa các hạt là chính, phụ thuộc vào kích thước, mức độ tròn cạnh, mức độ đồng nhất sắc cạnh đó chính là nguồn gốc hình thành các hạt.

Phụ nhóm đất này có thành phần thạch học của lớp trên mặt chủ yếu là cát mịm, cát bụi, cát hạt nhỏ, sạn sỏi, màu xám, xám nâu. Diện phân bố chủ yếu tập trung ở ven biển khu vực Tiền Giang, Vĩnh Long, một phần nhỏ diện tích khu vực phía Đông tỉnh Bình Dương, tỉnh An Giang,... Phụ nhóm này bao gồm các kiểu nguồn gốc gió biển, sườn tích, sườn tích sông, sông, biển, sông lũ sườn tích với các hệ tầng sau: mQ_{II}, aQ_{II-III}, mQ_{IV}^{2-3}, vmQ_{IV}^{3}, aQ_{IV} và aQ. Bề dày của các hệ tầng này thường biến đổi từ 3 - 10m.

Đây là phụ nhóm đất rời có khả năng bị xói lở cao, trong điều kiện thường, chúng chỉ có khả năng tồn tại ở một góc dốc nhất định đối với từng loại cát dựa vào sự ma sát giữa các hạt đất. Khi có nước, lực ma sát giữa các hạt đất giảm xuống rất nhiều, làm cho các hạt cát có khả năng bị đẩy nổi rất rễ xảy ra cát chảy, đặc biệt khi có dòng chảy quá trình xói lở đối với loại đất này là rất mạnh mẽ, khả năng chống lại xói lở là rất yếu.

Các phân tích về đặc tính cơ lý của các loại đất cát trong khu vực nghiên cứu cho thấy:

- Trầm tích nguồn gốc sông aQ_{II-III}, phân bố ở Đông Nam Bộ, thành phần cát vừa chiếm 26,42%, cát nhỏ chiếm 22,92%, cát mịn chiếm 15,65%, độ ẩm tự nhiên 11,96%, tỉ trọng 2,69 g/cm^3.

- Trầm tích nguồn gốc biển mQ_{IV}^{2-3} phân bố trên diện hẹp ở một vài nơi thuộc đồng bằng Nam Bộ, thành phần cát chiếm 99% trong đó cát trung chiếm 39%, độ ẩm tự nhiên 16%, tỉ trọng 2,63g/cm^3, góc nghỉ ướt 33,85 độ, góc nghỉ khô 34,66 độ, góc ma sát trong 34,3 độ.

- Trầm tích nguồn gốc gió biển vmQ_{IV}^{3}, phân bố chủ yếu ở ven biển Vĩnh Long- Nam Bộ dưới dạng các giồng cát ven biển, thành phần hạt chủ yếu là cát chiếm 89%, bụi chiếm 11%, độ ẩm tự nhiên 24,31%, tỉ trọng 2,67g/cm^3, góc nghỉ ướt 29,76 độ, góc nghỉ khô 35,68 độ, góc ma sát trong 32,72 độ.

- Trầm tích nguồn gốc sông không phân chia aQ lộ ra một số nơi phía Bắc và Nam tỉnh Đồng Nai, thành phần chủ yếu là cát, cuội sỏi, dăm tảng đá gốc. Kết

quả phân tích cho thấy thành tạo này có các chỉ tiêu cơ lý sau: cát hạt nhỏ chiếm 50%, độ ẩm tự nhiên 16,75%, tỉ trọng 2,65g/cm^3, hệ số rỗng 0,485- xếp loại cát chặt.

Nhìn chung, phụ nhóm trầm tích này có các tính chất cơ lý biến đổi trong phạm vi:

- Độ ẩm tự nhiên từ 12 đến 24%

- Khối lượng riêng từ 2,50 đến 2,76 g/cm^3

- Góc ma sát trong từ 30 đến 37°.

3. Phụ nhóm 1-3: Đất dính

Khả năng chống lại xói lở của phụ nhóm đất dính cao hơn hai phụ nhóm trên nhờ vào sự liên kết giữa các hạt đất chặt chẽ hơn. Đối với đất dính không có liên kết cứng thì lực chống cắt của đất lại thể hiện qua lực dính của đất là chính. Lực dính của đất loại sét được sinh ra bởi các liên kết kiến trúc (phân tử, ion, cộng hoa trị, từ ...) giữa các hạt và các hợp thể tạo đất. Tuỳ theo bản chất đặc trưng của các liên kết kiến trúc mà đất loại sét có độ bền nào đó. Độ bền liên kết kiến trúc này nó phụ thuộc vào các yếu tố như: độ phân tán, thành phần khoáng vật của các hạt, độ chặt, độ ẩm, tính chất đối với nước...

Phụ nhóm trầm tích này có diện lộ trên mặt chủ yếu là đất sét, sét pha và cát pha đa nguồn gốc bao gồm các hệ tầng: aQ_{IV}^{2-3}, amQ_{IV}^{1-2}, amQ_{IV}, mQ_{III}, apdQ, edQ, và N_2bm. Các trầm tích này phân bố rải rác trên toàn vùng nghiên cứu, tập trung chủ yếu ở ven biển.

Theo kết quả của các báo cáo điều tra ĐCCT vùng miền Nam cho thấy một số chỉ tiêu cơ lý đặc trưng cho phụ nhóm đất này như sau:

- Trầm tích nguồn gốc sông aQ_{IV}^{2-3} lộ ra trên mặt chủ yếu là sét phân bố chủ yếu ở phía Tây tỉnh Cà Mau, Hậu Giang, các chỉ tiêu cơ lý như sau: W = 34,82%; γ = 1,81g/cm^3; Δ = 2,65g/cm^3; e = 0,933; W_l= 51,14%; W_p= 31,30%; B = 0,16; φ= 14,4 độ: C= 0,302 kG/cm^2; a_{1-2} = 0,033 cm^2/kg.

- Trầm tích nguồn gốc sông- biển amQ_{IV}^{1-2} phân bố ở khu vực Đức Hoà, Trảng Bàng, Mộc Hoá, ven thành phố Hồ Chí Minh thuộc Nam Bộ lộ ra trên mặt là sét, sét pha màu xám xanh, nâu vàng, bề dày 2 đến 5m, các chỉ tiêu cơ lý trung

bình như sau: W= 36,01%; γ = 1,77g/cm^3; Δ = 2,70g/cm^3; e = 1,080; W_l= 51,57%; W_p= 29,86%; B = 0,28; φ= 7,5 độ: C= 0,138 kG/cm2; a_{1-2} = 0,070 cm^2/kg.

- Trầm tích sông- biển- hồ- đầm lầy N_2 bm lộ ra chủ yếu ở khu vực tỉnh Bình Dương- miền Đông Nam bộ, bề dày từ 15 đến 30m. Trầm tích này lộ ra trên mặt chủ yếu là sét pha với một vài đặc trưng cơ lý sau: W = 22,86%; γ = 1,98g/cm^3; Δ = 2,69g/cm^3; e = 0,692; W_l= 40,86%; W_p= 30,01%; B = -0,62; φ= 10,76 độ: C= 0,93 kG/cm^2; a_{1-2} = 0,017 cm^2/kg.

Nhìn chung, loại đất dính trong khu vực nghiên cứu thường có độ ẩm thấp, trạng thái nửa cứng đến rất cứng, khả năng nén lún thấp, sức chống cắt cao và khả năng chịu tải lớn. Các đặc trưng cơ lý của phụ nhóm đất này biến đổi trong khoảng sau: W = 15,3- 38,3%; γ = 1,27- 2,10g/cm^3; Δ = 2,51- 2,97g/cm^3; e = 0,49- 1,52; B = 0,28- -1,56; φ= 7,5- 24,3 độ: C= 0,058- 1,111 kG/cm^2; a_{1-2} = 0,100- 0,008 cm^2/kg.

2.7.3.2. Nhóm có liên kết cứng

Đối với các đá có liên kết cứng, sức kháng cắt của chúng không chỉ phụ thuộc vào lực dính, lực ma sát mà còn phụ thuộc nhiều vào mức độ phong hoá, phương cắt... Nhưng nhìn chung đối với loại đất đá này mật độ và khả năng xói lở là rất ít, trừ khi xảy ra các quy trình hiện tượng địa chất động lực thật mạnh mẽ. Dựa trên các đặc trưng cơ lý của từng loại đá, chúng tôi chia nhóm có liên kết cứng thành hai phụ nhóm:

1. Phụ nhóm đá nửa cứng

Phụ nhóm này bao gồm các đá có nguồn gốc trầm tích, trầm tich biển sâu và xen kẽ trầm tích phun trào thuộc các hệ tầng: PZ_{1-2}, P ht, P_2 tt, T1 sg, T_2 mg, J_{1-2} bđ, J_3 - K_1 đl, J_3 - K_1 pq, Kđd. Thành phần thạch học chủ yếu của nhóm đá nửa cứng là sét kết, bột kết, cát kết, đá vôi, bazan, bột kết quaczit hoá,... Bề dày của các thành tạo này thường từ 100 đến 900m. Diện phân bố của phụ nhóm đá này chủ yếu tập trung ở Đông Bắc vùng nghiên cứu và một phần phía Tây Nam (Hà Tiên).

Kết quả phân tích các mẫu đá thuộc phụ nhóm cho các giá trị cơ lý như sau:

- Bột kết: γ = 2,54g/cm^3; Δ = 2,71g/cm^3; φ= 34 độ: C= 112 kG/cm^2.

- Cát kết: Δ = 2,73- 2,76g/cm^3; φ= 53- 62 độ: C= 126- 288 kG/cm^2.

- Cuội kết dăm: Δ = 2,75- 2,8g/cm^3; φ= 71-76 độ: C= 35- 76 kG/cm^2.

- Đá phiến sét: Δ = 2,78- 2,79g/cm^3; φ= 58- 65 độ: C= 180-208 kG/cm^2.

Nhìn chung, các đá thuộc nhóm này có mức độ phong hoá tương đối mạnh, nhưng do có cường độ chịu lực tốt, góc ma sát trong và lực dính kết rất lớn (φ= 34-76 độ: C= 35- 208 kG/cm^2) nên khả năng chống chịu xói lở tốt.

2. Phụ nhóm đá cứng

Phụ nhóm đá cứng bao gồm các đá có nguồn gốc macma thuộc các địa tầng: ($\gamma\tau$, $\nu\mu$, $\gamma\delta^1_5$-$\gamma\delta^1_5$ ad, $\gamma\delta^1_5$-$\gamma\delta^1_5$ đ, $\gamma\delta^2_5$ đ, $\gamma\delta^2_5$ đc, β N_2 - Q_1 và β Q_{II-IV}). Phụ nhóm này lộ ra chủ yếu ở Đông Bắc và diện nhỏ ở phía Tây vùng nghiên cứu dưới dạng núi, núi sót giữa đồng bằng. Thành phần thạch học chủ yếu là granit, granodiorit, bazan,...

- Các đá granit thuộc khu vực Tây Nam bộ có bề dày tương đối lớn (>300m), mức độ phong hoá nhẹ, khả năng chịu nén cao (cường độ kháng nén R_n = 1352 kG/cm^2), góc ma sát trong 40 độ và lực dính kết 172 kG/cm^2.

- Đá bazan: γ = 2.78g/cm^3; Δ = 2.84g/cm^3; Rn = 905.83 kG/cm^2, φ= 36 độ; C= 354 kG/cm^2.

- Đá granodiorit: R_n= 1430- 1590 kG/cm^2; góc ma sát trong φ= 57- 67 độ; lực dính kết C= 180- 210 kG/cm^2; Δ= 2,74- 2,8 g/cm^3.

Tóm tại, các đá thuộc phụ nhóm đá cứng có khả năng chống lại xói lở lớn hơn các phụ nhóm trên với cường độ chịu nén lớn (R_n = 700- 1590 kG/cm^2), góc ma sát trong lớn (φ= 36- 67 độ) và lực dính kết lớn (C = 135- 354 kG/cm^2).

❖ ***Các hiện tượng địa chất động lực công trình***

Những hiện tượng địa chất động lực công trình có liên quan đến quá trình xói lở và bồi tụ bờ sông, bờ biển miền Nam:

Quá trình phong hóa:

Trong vùng nghiên cứu, quá trình phong hóa thường phát triển trên các loại đá gốc khác nhau thuộc các thành hệ trước Kainozoi. Tuy nhiên, tùy theo đặc điểm của đá gốc, điều kiện địa hình, chế độ trao đổi nước dưới đất (NDĐ) nên mức độ phong hóa ở mỗi khu vực là khác nhau, tạo nên bề dày vỏ phong hóa rất khác nhau. Kết quả của quá trình này làm cho đá gốc ở nhiều khu vực bị biến đổi và nứt nẻ, giảm độ gắn kết, dẫn đến nhiều hiện tượng địa chất động lực công trình khác xảy ra

như xói lở, rửa trôi, đá đổ...Có những nét đặc trưng về hiện tượng này ở hai khu vực như sau:

Khu vực Nam bộ, hiện tượng phong hóa xảy ra với mức độ kém hơn. Trên các thành tạo có tuổi bmN_2, aQ_I, aQ_{II-III}, aQ_{III}, amQ_{III} ở khu vực thường phát triển hiện tượng laterit hóa với bề dày đới từ 0,3-3m [7],[8],[31].

Hiện tượng rửa trôi bề mặt:

Hiện tượng rửa trôi bề mặt phát triển rộng rãi trên các dạng địa hình cao nguyên núi lửa bóc mòn và các đồng bằng ven rìa, đặc biệt ở những nơi có thảm thực vật bị phá hủy. Trong vùng nghiên cứu chúng xuất hiện chủ yếu trên các thành tạo edQ, aQ, aQ_{II-III}, aQ_{III} của khu vực Nam bộ. Có thhể quan sát thấy hiện tượng này ở các khu vực như Tân Lợi huyện Vĩnh Cửu tỉnh Đồng Nai, thị trấn Tân Châu tỉnh Tây Ninh, Phước Long, Bình Long, Phú giáo, Tân Biên....

Hiện tượng mương xói:

Trên lãnh thổ nghiên cứu mương xói được phát triển theo hai dạng sau:

+ Dạng mương xói phát triển trên các địa hình có độ dốc từ vài độ đến 35°.

Khu vực Nam bộ, dạng mương xói này phát triển trên các thành tạo edQ, bmN_2, aQ_{II-III} và aQ_{III}. Nơi quan sát thấy hiện tượng này là các khu Tân Uyên, Đồng Phú, Bến Cát, Thủ Đức, Gò Dầu, Long Thành... Các khu vực này mương xói có chiều dài từ 10 - 50 m, rộng từ 0,3 - 1 m .

+ Dạng mương xói thứ hai thường phát triển trên địa hình thuộc các đầm lầy ven biển, dạng này gặp chủ yếu ở ven biển Nam bộ (dọc bờ biển từ Cần Giờ đến Cà Mau, đặc biệt ở các xã Cần Thạnh huyện Cần Giờ, Bảo Thạch và An Điền của Bến Tre, Vĩnh Mỹ và Long Điền của Bạc Liêu...). Chúng thường phát triển trên các trầm tích mbQ_{IV}^3, mương xói thường có chiều dài 2 - 5 m, đôi khi lớn hơn. Trong khu vực này mương xói thường phát triển trên diện tích rộng nên ảnh hưởng xấu đến điều kiện địa chất công trình của khu vực, đặc biệt góp phần làm tăng hiện tượng xói lở bờ biển.

Hiện tượng nứt nẻ, đá đổ và đá lở:

Do quá trình phong hóa vật lý và chuyển động kiến tạo nên trên các khối đá mẹ hình thành các khe nứt, từ các khe nứt đó dần dần các tảng đá được tách ra khỏi khối đá mẹ và dưới tác động của trọng lực chúng bị đổ và lăn xuống chân núi tạo

thành miền tích tụ dưới chân núi. Hiện tượng này thường gặp ở các núi đá granit và đá phun trào nơi có sườn dốc lớn hơn 40 độ. Ở khu vực Nam Trung bộ, miền tích tụ dưới chân núi đá mẹ có diện tích từ 1 - 2 km^2. Khu vực Nam bộ, diện tích miền tích tụ thường từ 0,2 - 0,5 km^2, gặp ở chân núi Cấm, núi Cô Tô.

Hiện tượng lầy hóa:

Hiện tượng này xảy ra chủ yếu ở những nơi có địa hình thấp, do ở đó nước tích lại khó thoát ra thành dòng chảy trên mặt hoặc khó thấm xuống tầng chứa nước bên dưới. Hậu quả của nó làm cho tính chất cơ lý của đất đá trong khu vực lầy bị biến đổi, đặc biệt là sức kháng cắt của đất giảm đi rất rõ rệt. Trong vùng nghiên cứu, tùy theo thời gian bị ngập nước có thể chia ra hai loại lầy hóa sau:

+ Lầy hóa quanh năm (hay còn gọi là đầm lầy thấp): Kiểu lầy hóa này phân bố ở ven biển, tạo nên các đầm lầy ven biển. Chúng thường phát triển trên các thành tạo mbQ_{IV}^3 và bQ_{IV}^3, phổ biến khu vực liên tục từ Cần Giờ đến Kiên Giang (có thể thấy ở các khu vực như xã Cần Thạnh - huyện Cần Giờ, Long Điền và Phước Long - tỉnh Bạc Liêu, Tân Hưng, Khánh An, Khánh Bình - tỉnh Cà Mau, Vĩnh Thuận - Kiên Giang...). Phần lớn các đầm lầy này đều liên quan mật thiết với chế độ hoạt động của thủy triều, trên các đầm lầy phát triển các loại thực vật ưa mặn như sú vẹt, đước... Do hàm lượng chất hữu cơ cao nên ở đây thường xuất hiện các hiện tượng sụt lún, xói lở làm ảnh hưởng đến các công trình xây dựng và khu vực canh tác của nhân dân.

+ Lầy hóa theo mùa (lầy cao): Kiểu lầy hóa này phát triển trên các đồng bằng nội địa ở khu vực Đồng Tháp Mười, loại đầm lầy này chỉ tồn tại trong mùa mưa ở những địa hình trũng. Tuy nhiên, đây là những khu vực dễ gây ra hiện tượng xói lở trong mùa mưa lũ.

Hiện tượng cát chảy và xói ngầm:

Hiện tượng này có liên quan giữa thành phần thạch học của đất đá và đặc điểm địa chất thủy văn của vùng, chúng xảy ra ở những khu vực nước dưới đất có gradien thủy lực lớn vượt quá gradien tới hạn của các hạt cát, sét của đất đá trong khu vực đó. Hiện tượng này thường xảy ra ở các vị trí gần sông trong mùa mưa, thường xảy ra trong đất đá có cấu tạo là cát, cát pha xen kẹp bùn sét và sét pha. Hiện tượng này thường gây khó khăn khi thi công các công trình khoan đào và góp phần làm tăng nguy cơ xói lở bờ sông, bờ biển.

Ở Nam bộ, có thể quan sát thấy các hiện tượng này ở các khu vực như Chợ Mới, Sa Đéc, Vĩnh Long, chúng thường phát triển trong các trầm tích amQ_{IV}^{1-3} có thành phần là cát hạt mịn hoặc cát hạt trung.

Hiện tượng karst:

Quá trình karst xảy ra trong các vùng có thành tạo đá vôi Hà Tiên. Kết quả hình thành nên các đồng bằng karst bị chôn vùi, phát triển hang động ngầm có thể gây ra sạt lở, sụt lún. Vùng nghiên cứu có diện lộ các đá vôi không lớn, chỉ gặp ở một vài nơi của tỉnh Kiên Giang.

2.8. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC HOẠT ĐỘNG DÂN SINH, KINH TẾ

Các hoạt động KT - XH của con người ở vùng ven biển và ở vùng lân cận đã có những tác động nhất định, có thể là trực tiếp hoặc gián tiếp đến sự biến động các vùng ven biển cửa sông. Các hoạt động gây tác động mạnh mẽ nhất phải kể đến là: các hoạt động quai đê lấn biển, xây dựng các công trình thuỷ lợi, khai thác sa khoáng, khai thác san hô làm vật liệu xây dựng, chặt phá rừng ngập mặn, chặt phá rừng đầu nguồn... [16],[17],[40],[88],[97],[98]. Trong các hoạt động kể trên, có những hoạt động mang tính tiêu cực mà chúng ta không cần phải phân tích cũng đã thấy rõ tác hại của nó như chặt phá rừng ngập mặn, khai thác san hô làm vật liệu xây dựng..., nhưng cũng có những hoạt động về thực chất là tích cực, mang lại lợi ích kinh tế đáng kể cho địa phương và Nhà nước, song do khai thác quá mức và thiếu cơ sở khoa học cho qui hoạch nên đã để lại những hậu quả rất nặng nề khó có thể khắc phục được. Những bài học đáng tiếc này đã từng xảy ra ở vùng ven biển cửa sông Bắc bộ hàng chục năm về trước mà có lẽ nhiều nhà khoa học cũng như nhiều nhà quản lý chắc hẳn không thể quên được. Đó là việc đắp đập Đình Vũ trên cửa sông Cấm gây bồi lấp cửa sông Cấm, làm tăng sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng; Đó là việc đào con sông Mới nối giữa sông Thái Bình với sông Văn Úc làm chết cửa sông Thái Bình, gây thiếu hụt nguồn bồi tích cho khu vực lân cận, hậu quả là bờ biển Đồng Châu, Đồng Thịnh bị xói lở... Còn đối với vùng Trung bộ, Nam bộ, các hoạt động kinh tế của con người cũng đã và đang để lại những sự biến động rất lớn ở dải ven biển cửa sông. Sau đây chúng tôi sẽ phân tích một số các hoạt động con người ảnh hưởng đến quá trình xói lở bồi tụ ở dải ven biển cửa sông.

❖ *Quai đê lấn biển:*

Việc quai đê lấn biển ở nước ta đã được sử sách ghi lại như một thành công vĩ đại của nhân dân ta trong quá trình chinh phục thiên nhiên, mở mang đất đai. Năm 1708 Nguyễn Công Trứ đã tổ chức quai đê lấn biển thành lập ra 2 huyện Tiền Hải - Thái Bình và Kim Sơn - Ninh Bình. Ngày nay những vùng đất bồi ven biển vẫn được chúng ta nghiên cứu để lập cơ sở khoa học cho việc quai đê, song cũng phải thừa nhận rằng nhiều vùng đất bồi được quai đê trong khi còn thiếu cả những nghiên cứu tiền khả thi lẫn điều tra nghiên cứu cơ bản nên nhiều bãi bồi còn *"non"* chưa đủ cao trình cần thiết cũng được quai đê hoặc các tuyến đê bố trí không hợp lý đã dẫn đến hiện tượng xói lở bờ nghiêm trọng.

Cơ chế thành tạo các bãi bồi ven biển phụ thuộc rất nhiều vào nguồn bồi tích và quá trình vận động bùn cát dưới tác động của các quá trình động lực như sóng, dòng chảy sông - biển... Các quá trình này luôn có sự tương tác lẫn nhau và thiết lập một thế cân bằng động, vì vậy nếu việc quai đê lấn biển thiếu cơ sở khoa học sẽ gây ra sự mất cân bằng cán cân bùn cát vùng bờ và hiện tượng xói lở sẽ xảy ra. Nhiều đoạn bờ trước khi có công trình lấn biển hoặc là ổn định, hoặc được bồi đã trở nên bị xói lở sau khi có công trình đó. Theo các phiếu điều tra có thể thấy một số vùng như quai đê lấn biển đã ảnh hưởng trực tiếp đến địa phương mình hoặc vùng lân cận gây ra xói lở bờ như bờ biển Thái Thuỵ, Thái Bình đang bị xói lở mạnh do ảnh hưởng của quai đê lấn biển của huyện Tiền Hải; bờ biển Giao Long huyện Giao Thuỷ tỉnh Nam Định bị xói lở do quai đê lấn biển ở Bạch Long; Nhơn Bình, Nhơn Hải thành phố Quy Nhơn bị xói lở sau khi quai đê thứ hai và khoanh đìa nuôi hải sản; bờ biển Xuân Hoà sông Cầu tỉnh Phú Yên và Hiệp Trạch tỉnh Trà Vinh cũng bị xói lở sau khi quai đê lấn biển...

❖ ***Ảnh hưởng của các công trình giao thông, thuỷ lợi:***

Một số công trình giao thông (xây dựng cầu, cống) và công trình thuỷ lợi tưới tiêu vùng cửa sông ven biển (như cống thoát nước, kè nắn dòng) các hệ thống kênh đào và mương máng tưới tiêu, các đập và hồ chứa nước đầu nguồn đã làm ảnh hưởng tới chế độ dòng chảy trên sông và giảm lượng vận chuyển bùn cát ra biển, gây nên hiện tượng xói lở cục bộ ở vùng cửa sông ven biển. Qua điều tra nghiên cứu trong những năm gần đây đã cho thấy nhiều công trình giao thông, thuỷ lợi ở khu vực nghiên cứu mới được xây dựng đã ảnh hưởng đáng kể đến diễn biến vùng ven biển cửa sông. Ví dụ như:

- Đập sông Bạng Thanh Hoá đã gây xói lở các xã ven biển của huyện Tĩnh Gia như Hải Thanh, Hải Bình. Trước khi chưa có đập cống cửa Bạng, cửa sông mở rộng và sâu trung bình 5 m, thuyền bè ra vào thuận lợi, sau khi xây dựng cống Cửa Bạng năm 1978 xong, cửa sông bị lấp và thu hẹp lại, độ sâu của lòng sông giảm xuống và chỉ còn 2 m. Hiện tượng xói lở bờ của các xã ven biển đã xảy ra nghiêm trọng làm thiệt hại nhiều tài sản và nhà cửa của dân. Xói lở đã cướp đi một làng ven biển với số dân trên 200 hộ. Nhân dân trong huyện đã có kiến nghị dỡ bỏ cống Bạng và tình trạng cửa sông đã về như cũ.

- Cửa sông Vệ (đổ ra cửa Cổ Luỹ), do thu hẹp mặt cắt qua cầu sông Vệ, độ dài đoạn sông thu hẹp tới 70 m chủ lưu bị đẩy sang bờ kia của sông. Điều này không những đã ảnh hưởng đến đoạn sông cong ở sát hạ lưu cầu mà còn ảnh hưởng nhiều đến qui luật diễn biến trên suốt độ dài sông từ đó đổ ra biển. Đoạn sông trước khi đổ ra cửa Cổ Luỹ chủ lưu của dòng chảy có xu hướng ép sát vào bờ phải (Phổ An) gây xói lở bờ, còn phía bờ bên kia (Hưng Nhơn) lại đang có xu hướng bồi dần.

Một số nơi khác khi có công trình thuỷ lợi đã gây xói lở bờ, như bờ biển Hoàng Yến (Hoằng Hoá), bờ biển Quảng Tiến (thị xã Sầm Sơn) tỉnh Thanh Hoá bị xói lở từ khi có ghềnh Hới xây dựng, bờ Nhơn Trạch, Bố Trạch bị lở sau khi có đập Đá Mài, bờ Triệu An (Triệu Phong, Quảng Trị) xói lở từ khi có công trình thuỷ lợi. Hiện nay chưa định lượng được sự thiếu hụt phù sa do các công trình thuỷ lợi ở thượng lưu.

Ảnh hưởng của hệ thống sông đào và mương máng tưới tiêu đến hiện tượng xói lở bờ biển là không lớn lắm, song cũng cần quan tâm khi chưa mở cửa sông Hoàng và sông Lý (huyện Quảng Xương) đổ vào hạ lưu sông Yên thì bờ biển Hải Châu (Tĩnh Gia, Thanh Hoá) không có xói lở bờ biển, cũng tương tự như bờ biển Diễn Kim (Diễn Châu, Nghệ An) bị xói lở từ sau khi có kênh đào Vách Bắc, bờ Diễn Ngọc bị xói lở từ khi có kênh đào thuỷ lợi.

❖ ***Khai thác khoáng sản và vật liệu xây dựng:***

Bờ biển Hàm Thuận nằm ở phía Nam tỉnh Bình Thuận, trước khi có xí nghiệp khai thác khoáng sản Thuận Hải về khai thác cát đen và titan, thì không thấy xói lở gây ra. Từ sau năm 1983 trở lại đây, do khai thác sa khoáng ven biển bờ phía Nam của xã sau hơn hai lần gió mùa Đông Bắc thì bờ biển đã bị xói lở mất hơn 20 m.

Ở bờ biển nhiệt đới nước ta, một số nơi có san hô phát triển. Bờ san hô thành tạo dưới các dạng khác nhau và có tác dụng bảo vệ bờ và là vật cản dòng ven. Một số đoạn bờ ổn định và vững chắc nhờ có cấu tạo bờ san hô. Một số địa phương đã khai thác san hô tự nhiên làm đá vôi xây dựng, phá vỡ bức tường chắn sóng vững chắc tự nhiên của bờ. Từ sau khi bờ bị khai thác san hô làm vôi, đường bờ bên trong bị phá huỷ nghiêm trọng như bờ Vĩnh Lương thuộc tỉnh Khánh Hoà.

❖ ***Phá rừng ngập mặn và cây chắn cát ven biển:***

Hậu quả của việc phá rừng ngập mặn và rừng chắn gió ven biển đã gây ra hiện tượng xói lở ở các xã Hải Lĩnh (Tĩnh Gia, Thanh Hoá), Nghi Yên (Nghi Lộc, Nghệ An), Thanh Trạch (Quảng Trạch, Quảng Bình), Bình Phú (Bình Sơn, Quảng Nam), Cần Trạch (Duyên Hải, thành phố Hồ Chí Minh), Nguyễn Huân (Đầm Dơi Minh Hải). Việc chặt phá rừng ngập mặn đã làm cho nhiều đoạn bờ trước đây được bồi tụ thì nay đã bị xói lở.

Chương III
HIỆN TRẠNG VÀ NGUYÊN NHÂN XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG VIỆT NAM

PHẦN I: ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG XÓI LỞ - BỒI TỤ

3.1. HIỆN TRẠNG XÓI LỞ - BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG VIỆT NAM

Diễn biến bồi tụ - xói lở bờ biển cửa sông Việt Nam diễn ra phức tạp đối với từng khu vực, từng cấu trúc bờ và động lực hải văn.

3.1.1. Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc (từ Quảng Ninh đến Ninh Bình)

Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc được đánh giá dựa trên kết quả khảo sát tình trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc từ Quảng Ninh (Móng Cái) tới Thanh Hóa (Lạch Trường) và các tư liệu về bản đồ địa hình, tư liệu ảnh viễn thám qua các thời kỳ.

Trên cơ sở phân tích, đánh giá các tài liệu thu thập được, các tài liệu đo đạc khảo sát thực địa có thể đi tới một số nhận định về hiện trạng bồi tụ, xói lở khu vực nghiên cứu như sau:

❖ ***Vùng bờ biển từ Móng Cái đến Đồ Sơn:***

Bồi tụ - xói lở vùng Móng Cái - Đồ Sơn xảy ra trên nhiều điểm, nhưng quy mô các điểm nhỏ, chỉ diễn ra cục bộ tại những đoạn bờ ngắn và có xu thế giảm dần. Bồi tụ ở vùng ven bờ Móng Cái - Đồ Sơn không tiêu biểu và có tính cục bộ do vật liệu trầm tích từ sông đưa ra rất nhỏ.

Vùng bờ biển từ Móng Cái tới Cửa Ông

Là vùng bờ Tây vịnh Tiên Yên - Hà Cối và lạch Cửa Ông, vùng bờ biển này chịu tác động của thủy triều biên độ cao (cao nhất nước ta, trên 4 m) và phát triển thực vật ngập mặn. Các cửa sông ở đây nhỏ, lượng phù sa ít nên các bãi bồi phát triển chậm, các bãi bồi mới hầu như không thấy, đường bờ nhìn chung ít biến đổi.

Các số liệu điều tra qua các đợt khảo sát đã ghi nhận rằng diễn biến bồi tụ - xói lở có chiều hướng giảm. Điều này có thể lý giải ở chỗ: do công tác bảo vệ rừng ngập mặn ngày càng có hiệu lực, diện tích rừng ngập mặn năm 2000 đã tăng 5,66 lần so với năm 1993 chủ yếu do phục hồi tự nhiên, mặc dù nuôi trồng thủy sản nước lợ tiếp tục phát triển mạnh, quy mô không gian mở rộng và phổ biến ở nhiều nơi nhưng trên cơ sở không xâm hại hay triệt thoái rừng ngập mặn như trước đây, dân đã có ý thức bảo vệ và nhận thức được lợi ích của việc bảo vệ rừng ngập mặn. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng hiện tượng đào xới bãi triều để thu lượm hải sản (thân mềm, sâu đất, .v.v...) vẫn là nghề khai thác truyền thống của người bản xứ. Sự đào xới này là một trong những yếu tố kích thích quá trình bào mòn, hạ thấp cao độ mặt bãi.

Hiện tượng bồi lấp luồng lạch trên đoạn bờ Móng Cái - Cửa Ông không điển hình, không ảnh hưởng nhiều tới các công trình bờ cũng như các hoạt động kinh tế - xã hội vùng bờ biển. Hệ thống lạch triều hình cành cây về cơ bản giữ được vai trò xâm thực sâu nhờ dòng triều của chế độ triều toàn nhật biên độ lớn. Tuy nhiên, sự hình thành lũ về mùa mưa, lũ bùn đá đổ thải từ mỏ ở khu vực Cửa Ông, Mông Dương, và ảnh hưởng của nó đến quá trình xói lở bờ biển cửa sông cũng khá lớn.

Hiện tượng xói lở chủ yếu là do dòng rút với 2 cơ thức xói lở - bào mòn mặt bãi và xâm thực sâu của hệ thống lạch triều.

Vùng bờ Cửa Ông - Yên Lập

Đây là vùng bờ chủ yếu đá gốc, biến đổi vùng bờ do quá trình tự nhiên chậm chạp không đáng kể nhưng lại rất đáng kể do tác động của con người. Quanh đường bờ biển chủ yếu là đảo nhiều núi đá vôi nên đường bờ tương đối ổn định. Sự biến động của các bãi bồi chủ yếu là do hoạt động kinh tế của con người: trồng rừng ngập mặn (khu vực Hải Ninh) hoặc do hoạt động kinh tế mỏ tại các khu công nghiệp, đắp đập, quai đê lấn biển phục vụ cho nuôi trồng hải sản (Yên Hưng, Hoành Bồ), gây tạo các khu du lịch, các bãi tắm và nhà nghỉ mát tại vịnh Hạ Long.

Hiện nay đường bờ cơ bản tiếp tục bị biến đổi cục bộ bởi xu thế đô thị hóa mở rộng thành phố Hạ Long. Ven bờ Cẩm Phả, Cái Dăm hay Tuần Châu tiếp tục bị san lấp lấn biển, tạo mặt bằng xây dựng cơ sở sản xuất, kinh doanh và phát triển các tụ điểm dân cư mới của đô thị Hạ Long.

Vùng bờ biển Yên Lập - Đồ Sơn

Đây là vùng bờ cửa sông hình phễu Bạch Đằng, điển hình về cấu trúc hệ lạch triều dày đặc hình mạng lưới, phát triển thực vật ngập mặn trên bãi triều cao, xu thế biển lấn lục địa.

Khác với vùng bờ biển Quảng Ninh, quá trình bồi tụ ở bờ biển Hải Phòng do tác động của cả thiên nhiên và con người tạo nên. Tại khu vực Hải Phòng do có một số khu vực có sông lớn đổ ra nên hiện tượng bồi tụ nhiều hơn, đặc biệt là khu vực phía Tây đảo Đình Vũ và đoạn bờ phía Đông Nam huyện Thuỷ Nguyên. Sự bồi tụ do phù sa lắng đọng còn xảy ra ở phía Đông Kiến Thuỵ và Tiên Lãng. Hiện tượng xói lở xảy ra chủ yếu ở đoạn bờ biển Cát Hải và khu vực Bắc bán đảo Đồ Sơn. Các đợt khảo sát tiếp tục ghi nhận diễn biến phức tạp của hiện tượng xói lở bờ đảo Cát Hải, bờ đảo Đình Vũ, xu thế xâm thực ngang phổ biến, bồi lấp luồng lạch, trong đó có sa bồi luồng Nam Triệu, luồng Bạch Đằng, luồng sông Cấm vào cảng Hải Phòng liên quan tới các quá trình tự nhiên quy định bản chất địa hệ và môi trường địa chất vùng cửa sông hình phễu và hiệu ứng dẫn xuất của các công trình nhân tạo làm thay đổi cấu trúc thủy văn vùng cửa sông hình phễu. Sa bồi luồng vào cảng Hải Phòng do nhiều nguyên nhân tự nhiên và nhân tác. Nguyên nhân tự nhiên quan trọng nhất đó là quá trình tái lắng đọng vật liệu liên quan tới nguồn vật liệu trầm tích giải phóng từ quá trình xói lở, trong đó có xói lở bờ đảo Cát Hải. Việc xây dựng đập Đình Vũ ngăn sông Cấm, xây dựng hệ thống đê, đầm và việc xây dựng đập Hoà Bình trên lưu vực đã tăng cường quá trình sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng.

Theo kết quả nghiên cứu của Viện Địa lý, lượng bùn cát qua cửa Văn Úc giảm đi khoảng 10 triệu tấn qua hai thời kỳ 1961 - 1970 và 1990 - 1993. Nhưng trên thực tế thì hai phía vùng cửa Văn Úc bồi tụ khá mạnh trong khoảng 1990 đến nay (trong điều kiện rất ít bão). Đặc biệt đoạn bờ Bàng La trước xói lở mạnh nhiều năm (1930 - 1990), từ 1990 đến nay bồi tụ khá mạnh: trong giai đoạn 1930 -1965 tốc độ xói 9,3 m/năm, trong giai đoạn1965 - 1990 xói 7,9 m/năm và trong giai đoạn1990 - 1998 bồi tụ 11 m/năm [45],[46]. Hiện tượng này có liên quan đến thời điểm vận hành hồ Hoà Bình.

Hiện trạng bồi tụ - xói lở từ Quảng Ninh đến Hải Phòng được thể hiện trên sơ đồ (hình 3.1) và bảng 3.1:

Bảng 3.1: Hiện trạng bồi tụ - xói lở thời kỳ 1992 đến nay
Khu vực ven biển từ Quảng Ninh đến Hải Phòng

Loại	Số vùng	Diện tích nhỏ nhất (ha)	Diện tích lớn nhất (ha)	Tổng diện tích (ha)
1. Vùng đất mới được bồi	69	0,03	307,27	1347,99
2. Vùng đất mới xói lở	66	0,02	229,74	740,88

❖ ***Vùng bờ biển Đồ Sơn - Lạch Trường***

Tại vùng ven bờ châu thổ sông Hồng từ Đồ Sơn đến Lạch Trường, khu vực này có nhiều sông lớn đổ ra biển, mang nhiều phù sa nên đường bờ biến động nhiều, quá trình bồi tụ vẫn chiếm ưu thế, nhưng diễn biến hết sức phức tạp và tốc độ không đồng đều theo không gian và thời gian. Đây là vùng bờ châu thổ sông Hồng hiện đại có đặc trưng phân dị hình thái, cấu trúc và xu thế phát triển biến dạng đường bờ cơ bản. Tuy phát triển trên vùng sụt hạ kiến tạo hiện đại có đền bù bồi tích vượt quá khả năng ngập chìm, nhưng phân bố bồi tích rất không cân xứng giữa chủ lưu và các phân lưu. Trong điều kiện biển hở có sóng lớn tác động ở cả hai mùa gió Đông Bắc và Tây Nam, tất yếu xảy ra xói lở - bồi tụ cục bộ và xen kẽ nhau, quá trình bồi tụ vẫn chiếm ưu thế, nhưng diễn biến hết sức phức tạp và tốc độ không đồng đều theo không gian và thời gian. Ở khu vực đồng bằng châu thổ sông Hồng - sông Thái Bình xói xói diễn ra trên những đoạn bờ khá dài. Đây là đặc điểm quan trọng nhất quy định tính chất phức tạp và lâu dài của hiện tượng bồi tụ - xói lở bờ châu thổ sông Hồng.

Qua gần một thế kỷ, quá trình phát triển bờ biển châu thổ sông Hồng diễn biến phức tạp, đoạn bồi, đoạn xói, đoạn xen kẽ lúc bồi, lúc xói. Các đoạn xói lở mạnh như Đồng Châu, Hải Hậu, Xuân Thủy nằm xen kẽ giữa các cửa sông bồi tụ mạnh như cửa Thái Bình, Trà Lý, Ba Lạt, Đáy.

Để đánh giá mức độ bồi tụ - xói lở có thể phân chia cường độ, tốc độ theo các cấp như sau (bảng 3.2):

Bảng 3.2. Phân chia cường độ bồi tụ, xói lở

Xói lở		Bồi tụ	
Cường độ	Tốc độ xói lở (m/năm)	Cường độ	Tốc độ bồi tụ (m/năm)
Yếu	0 - 2,5	Yếu	0 – 5
Trung bình (TB)	2,5 - 5	Trung bình (TB)	5 – 10
Mạnh	5- 10	Mạnh	10 – 20
Rất mạnh	> 10	Rất mạnh	20 – 50
		Đặc biệt mạnh (ĐBM)	> 50

Về qui mô cũng phân thành 4 cấp:

Bảng 3.3. Phân chia qui mô bồi tụ - xói lở

Xói lở		Bồi tụ	
Qui mô	Chiều dài xói lở (km)	Qui mô	Chiều dài bồi tụ (km)
Nhỏ	< 0,5	Nhỏ	0-5
Trung bình	0,5 - 2	Trung bình	5-10
Lớn	2 - 5	Lớn	10-20
Rất lớn	> 5	Rất lớn	> 20

Dựa trên mức độ bồi tụ - xói lở, bờ biển châu thổ sông Hồng có thể phân chia cường độ và qui mô bồi tụ - xói lở các giai đoạn ra các mức như sau:

Bảng 3.4. Tổng quan hiện trạng xói lở bờ biển châu thổ sông Hồng

Khu vực		1930-1965		1965-1990		1990 đến nay	
		Km	%	Km	%	Km	%
Đồ Sơn - Ba Lạt	Chiều dài xói	25,12		19,07		1,8	
	Yếu	0	0	0	0	0	0
	Trung bình	0	0	0,67	3,5	0	0
	Mạnh	15,52	61,78	4,90	25,7	0	0
	Rất mạnh	9,60	38,22	13,5	70,8	1,8	100
	Diện tích xói	17,2 ha/năm		9,87 ha/năm		2,0 ha/năm	
Ba Lạt - Lạch Trường	Chiều dài xói	21,26		39,9		22,75	
	Yếu	3,3	15,5	0	0	0	0
	Trung bình	2,5	11,8	2,0	5,0	0	0
	Mạnh	3,8	17,9	8,2	20,6	0,8	3,5
	Rất mạnh	11,66	54,8	29,7	74,4	21,95	96,5
	Diện tích xói	15,1 ha/năm		37,98 ha/năm		26,08 ha/năm	
Đồ Sơn - Lạch Trường	Chiều dài xói	46,38		58,97		25,45	
	Yếu	3,3	7,1	0	0	0	0
	Trung bình	2,5	5,4	2,67	4,5	0	0
	Mạnh	19,32	41,7	13,1	22,2	1,3	5,1
	Rất mạnh	21,26	45,8	43,2	73,3	24,15	94,9
	Diện tích xói	32,33 ha/năm		47,85 ha/năm		27,43 ha/năm	

Bảng 3.5. Tổng quan hiện trạng bồi tụ bờ biển châu thổ sông Hồng

Khu vực		1930-1965		1965-1990		1990đến nay	
		Km	%	Km	%	Km	%
Đồ Sơn - Ba Lạt	Chiều bồi tụ	40,24		4434		56,43	
	Yếu	5,00	12,43	9 0	0	0	0
	Trung bình	6,33	15,72	5,52	12,44	0	0
	Mạnh	0	0	15,58	35,13	24,63	43,65
	Rất mạnh	25,29	62,86	13,36	30,11	25,72	45,58
	Đặc biệt mạnh	3,62	8,99	9,90	22,32	6,08	10,77
	Diện tích bồi	93,8 ha/năm		104,1 ha/năm		151,5 ha/năm	
Ba Lạt - Lạch Trường	Chiều dài bồi tụ	70,23		47,38		52,95	
	Yếu	0	0	0	0	0	0
	Trung bình	0	0	0	0	0	0
	Mạnh	15,66	22,29	9,84	20,76	0	0
	Rất mạnh	18,62	26,51	23,02	48,59	17,13	32,36
	Đặc biệt mạnh	35,96	51,20	14,52	30,65	35,82	67,64
	Diện tích bồi	352 ha/năm		251 ha/năm		515 ha/năm	
Đồ Sơn - Lạch Trường	Chiều dài bồi tụ	110,48		91,74		109,38	
	Yếu	5,00	4,53	0	0	0	0
	Trung bình	6,33	5,73	5,52	6,02	0	0
	Mạnh	15,66	14,17	25,42	27,71	24,63	22,52
	Rất mạnh	43,91	39,74	36,38	39,66	42,85	39,18
	Đặc biệt mạnh	39,58	35,83	24,42	26,62	41,90	38,30
	Diện tích bồi	445,8 ha/năm		469,9 ha/năm		666,5 ha/năm	

Bảng 3.4 và bảng 3.5 thể hiện tổng quan hiện trạng bồi tụ, xói lở các khu vực của bờ biển châu thổ sông Hồng từ đầu thế kỷ tới nay qua các giai đoạn. Số liệu các giai đoạn khá đầy đủ nên có thể thấy được quá trình và xu hướng của bồi tụ, xói lở bờ biển cả về qui mô cũng như cường độ:

- Trong giai đoạn 1930 - 1965, diện tích bồi 445,8 ha/năm, diện tích xói 32,33 ha/năm, cân bằng bồi - xói là +416,47 ha/năm. Như vậy trên chiều dài bờ biển trung bình 145 km của châu thổ sông Hồng giai đoạn này tốc độ tiến ra biển trung bình là 28,7 m/năm.

- Giai đoạn 1965 - 1990, diện tích bồi là 469,9 ha/năm, diện tích xói là 47,85 ha/năm, cân bằng bồi - xói là +422,05 ha/năm. Như vậy, tốc độ tiến ra biển trung bình giai đoạn này là 29,1 m/năm.

- Giai đoạn 1990 đến nay, diện tích bồi là 666,5 ha/năm, diện tích xói là 27,43 ha/năm, tương quan bồi - xói là + 639,07. Như vậy tốc độ tiến ra biển trung bình giai đoạn 1990 đến nay là 44 m/năm.

Vùng Đồ Sơn - Ba Lạt xói xói diễn biến phức tạp thể hiện các xu thế qua ba giai đoạn 1930 - 1965, 1965 - 1990 và 1990 đến nay. Ở giai đoạn 1: xói lở trên chiều dài 46,4km, tốc độ trung bình 7m/năm; ở giai đoạn 2: xói xói trên chiều dài 59km, tốc độ trung bình 8,1m/năm và ở giai đoạn 3, xói xói trên chiều dài 23,7km, tốc độ trung bình 11m/năm. Như vậy, xu thế gần đây quy mô giảm, nhưng cường độ tăng mạnh. Phân tích xu thế 70 năm qua cho thấy có bốn hình thái diễn biến cơ bản là xói xói kéo dài liên tục (Hải Hậu, Hậu Lộc); chuyển từ bồi sang xói (Thuỵ Xuân, Hải Thịnh, Đa Lộc); từ xói sang bồi (Bàng La, Vinh Quang, Giao Thuỷ) và xói bồi xen kẽ pha đoạn nhỏ (Diêm Điền, Đồng Châu, Đông Long).

Từ Thái Bình đến Ninh Bình gồm: Thái Thuỵ, Tiền Hải, Giao Thuỷ, Hải Hậu, Nghĩa Hưng, Kim Sơn. Những kết quả nghiên cứu trước đây [15],[17],[73] cho thấy rằng do các yếu tố đặc trưng thuỷ văn (lưu lượng nước, lưu lượng bùn cát, tốc độ dòng chảy...) của từng cửa sông khác nhau đã đưa đến sự khác nhau về tốc độ phát triển của delta ngầm cửa sông làm cho đường bờ biển có dạng lồi lõm, song xu thế phát triển của một châu thổ delta ven biển là lấp đầy và lấn biển. Trên ảnh vệ tinh, những dòng phù sa và các bãi bồi ở khu vực cửa sông được thể hiện khá rõ. Theo kết quả nghiên cứu, hiện tượng bồi tụ xảy ra mạnh mẽ ở 2 cửa sông là cửa Ba Lạt, cửa Đáy; nhất là ở vùng cửa Đáy, trên ảnh LANDSAT-TM năm 1992 nơi trước đây chỉ thấy rõ những dòng phù sa và các bãi ngập nước trên ảnh SPOT, năm 1995 đã thấy hiện rõ từng hệ thống bãi mới được bồi và tồn tại cả những vùng đã được sử dụng. Đó là những khu đất canh tác mới được sử dụng trong vài năm gần đây của nông trường Rạng Đông. Diện tích xói lở và bồi tụ vùng nghiên cứu được thể hiện trên sơ đồ hiện trạng bồi tụ - xói lở vùng ven biển từ Thái Bình đến Ninh Bình (hình 3.2, bảng 3.6).

Bảng 3.6: Sự biến động đường bờ thời kỳ 1992 - 1995 khu vực ven biển từ Thái Bình đến Ninh Bình

Loại	Số vùng	Diện tích nhỏ nhất (ha)	Diện tích lớn nhất (ha)	Tổng diện tích (ha)
1. Vùng đất mới được bồi	36	1,04	4521,07	11299,08
2. Vùng đất mới lở	35	0,61	195,02	572,45

Khu vực ven biển Hải Hậu - Nam Định, đường bờ ở đây tương đối thẳng. Khu vực ven bờ biển Hải Hậu là nơi xảy ra xói lở rất đặc trưng cho vùng nghiên cứu. Diện tích xói lở ở khu vực này chiếm tới 2/3 tổng diện tích xói lở trong 3 tỉnh được nghiên cứu. Nơi xói lở mạnh nhất xảy ra ở khu vực ranh giới huyện Hải Hậu và huyện Giao Thuỷ.

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy, diễn biến xói lở - bồi tụ bờ biển khu vực Bắc bộ diễn ra phức tạp đối với từng khu vực, từng cấu trúc bờ và động lực hải văn. Xói lở tại các đoạn bờ khu vực Quảng Ninh chỉ diễn ra cục bộ tại những đoạn bờ ngắn, nhưng ở khu vực đồng bằng châu thổ xói xói diễn ra trên những đoạn bờ khá dài nằm giữa các đoạn bờ bồi tụ ở gần các cửa sông. Trên toàn chiều dài đường bờ từ Móng Cái đến Hậu Lộc nhận thấy sáu đoạn bờ bị xói lở liên tục từ 1930 đến nay là: Cát Hải, Bằng La, Thụy Xuân, Xuân Thuỷ, Hải Hậu, Hậu Lộc. Trong số 6 đoạn bờ này có hai khu vực tình hình xói xói rất nghiêm trọng là Cát Hải và Hải Hậu.

Diện tích bồi tụ - xói lở của các huyện ven biển từ Quảng Ninh đến Ninh Bình được trình bày trong bảng 3.7.

Bảng 3.7. Diện tích đất bồi và lở theo 17 huyện ven biển

STT	Tên huyện	Diện tích đất bồi (ha)	Diện tích đất xói lở (ha)
1	Hải Ninh	144,04	181,63
2	Quảng Hà	61,05	86,30
3	Tiên Yên	266,98	139,38
4	Cẩm Phả	91,04	152,26
5	Hòn Gai	53,90	35,12
6	Hoành Bồ	7,96	13,27
7	Yên Hưng	67,90	29,79
8	Thuỷ Nguyên	515,69	1,69
9	Đồ Sơn	9,52	91,08
10	Kiến Thuy	74,56	10,36
11	Tiên Lãng	55,35	26,50
12	Thái Thuy	258,89	98,85
13	Tiền Hải	35,98	34,13
14	Xuân Thuỷ	3283,55	142,37
15	Hải Hậu	285,65	322,39
16	Nghĩa Hưng	5964,39	114,44
17	Kim Sơn	828,04	
Tổng		**12004,49**	**1479,56**

3.1.2. Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung (từ Thanh Hoá đến Bình Thuận)

Qua phân tích xêri ảnh vệ tinh có được từ 1975 - 1985 (LANDSAT-MSS, SOYUZ), năm 1990 (chủ yếu là ảnh LANDSAT - TM thu nhận vào tháng X/1990, 1/XII/1992) đến tháng VI/1997 (ảnh SPOT và ảnh ADEOS/AVNIR) và LANDSAT - TM) thu nhận vào tháng XII/2003 khu vực ven bờ biển từ Thanh Hóa đến Bình Thuận, ta thấy nổi bật những điểm sau:

- Khu vực ven biển 6 tỉnh: Thanh Hoá, Nghệ An, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên - Huế, Ninh Thuận có bờ biển là vùng tích tụ mài mòn, hẹp, dốc thoải và trải dài, nhiều bờ cát. Đường bờ ở đây ít có biến động lớn. Trên ảnh ranh giới giữa đất liền và nước biển thường rất rõ và không bị gồ ghề. Vạt cát trắng trải dài suốt từ cửa Hới (sông Lạch Trào, cửa sông Mã) đến cửa Lò (Vinh, Nghệ An). Sự lan toả phù sa của 2 con sông lớn là sông Mã và sông Cả không lớn. Từ mũi Ròn đến cửa Tùng đường bờ tương đối thẳng và sắc nét. Để xác định lại tính ít thay đổi lớn của đường bờ khu vực này, ảnh vệ tinh LANDSAT - TM của thời gian trước (thu được vào tháng XII/1989) cũng được đưa vào tham khảo thêm.

- Khu vực từ cửa sông Lèn đến lạch Trường Giang thuộc huyện Nga Sơn, Thanh Hoá là nơi có hiện tượng xói lở khá đặc trưng trong vùng qua theo dõi ảnh đa thời gian. Đường bờ ở đây có xu hướng tiến vào đất liền nhất là khu Bắc Trường Giang. Phía Nam lạch Trường Giang bờ biển có xu hướng tích tụ bồi đắp. Từ lạch Trường Giang đến cửa Hới (sông Mã), đường bờ khá ổn định. Bãi bồi lớn tại cửa Hới có xu hướng được bồi tụ thêm hàng năm.

- Qua Sầm Sơn đến vùng cửa Ghép (sông Yên) đường bờ tương đối ổn định và có sự bồi tụ chậm. Tại cửa Ghép sự bồi tụ xảy ra mạnh mẽ kèm theo xói lở. Nói chính xác hơn, ở đây sông có hiện tượng bị đổi dòng và thu hẹp diện tích ở phía trong.

- Tại vùng cửa Trạp huyện Quảng Xương (Thanh Hoá), cửa sông có xu hướng mở rộng. Từ cửa Trạp đến đảo Nghi Sơn, đường bờ được bồi tụ lấn dần ra biển và có xu hướng nối liền đảo với đất liền. Diện tích bồi tụ thêm ở đây được sử dụng để làm đồng muối.

- Khu vực cửa Càn hiện tượng bồi tụ và xói lở xen kẽ. Từ cửa Càn đến cửa Lò, đường bờ bị xói xói nhiều, nhất là tại các khu vực cửa sông. Từ cửa Lò đến cửa Hội (cửa sông Cả đổ ra biển), đường bờ có xu thế bồi tụ, đặc biệt tại khu vực cửa Hội và tại đây dòng sông có hướng đổi dòng.

- Đường bờ tại khu vực cửa Sót có diện tích bồi tụ lớn nhất trong vùng nghiên cứu này. Qua phân tích ảnh đa thời gian nhận thấy lòng sông bị thu hẹp.

- Đường bờ từ cửa Sót đến mũi Ròn ít thay đổi, sự thay đổi chỉ thấy ở cửa sông Gia Hội và cửa Khẩu. Tại cửa Khẩu, diện tích bồi tụ tương đối lớn.

- Tại khu vực tỉnh Quảng Bình, đường bờ biến động không lớn. Sự thay đổi được tìm thấy ở cửa sông Ròn. Những bãi lầy lớn tại khu vực này có xu hướng lan rộng. Sự biến động cũng còn tìm thấy ở cửa Giang. Còn cửa sông Nhật Lệ, sự thay đổi không nhiều. Phía trong cửa Nhật Lệ xói lở bờ trái xảy ra khá nghiêm trọng doi cát cửa sông phía bờ phải được kéo dài có xu hướng bồi lấp cửa sông.

- Đường bờ từ Quảng Trị vào Thừa Thiên - Huế rất thẳng và chủ yếu là các bờ cát. Tại đây thường xảy ra 2 quá trình bồi tụ và xói lở, nhưng xu thế chung thiên về xói lở. Có thể thấy ở đây một số thay đổi thể hiện sự bồi xói chậm xảy ra ở khu cửa Tùng, cửa Việt và cửa Tư Hiền.

- Tại khu vực ven biển Thừa Thiên - Huế, các doi cát trải dài từ Quảng Điền đến Hoà Duân có thay đổi và bờ biển bị xói lở khá lớn. Sự xói lở thể hiện rõ ở bờ biển Phú Vang, ngay vùng cửa Thuận An các doi cát hàng năm bị bào mòn dần, theo ảnh vệ tinh SPOT tháng IX/2000, đường bờ bị trận lũ lịch sử tháng XI năm 1999 chọc thủng mở ra cửa biển mới Hoà Duân.

Các tỉnh Nam Trung bộ quá trình xói - bồi diễn ra ở các khu vực ven biển thuộc các thành phố lớn như: Đà Nẵng và Qui Nhơn. Ngoài ra, quá trình bồi tụ còn gặp ở một vài cửa sông lớn như cửa sông Trà Khúc (Quảng Ngãi) và các bãi tích tụ ở cửa sông Thu Bồn. Xu thế xói xói bờ cấu tạo bằng cát hiện nay tăng lên. Quá trình này liên quan nhiều đến sự gia tăng của bão trong mấy chục năm qua.

- Khu vực ven biển từ Đà Nẵng đến cửa An Hoà tương đối ít thay đổi. Chỉ có đường bờ từ vụng Đà Nẵng là dạng cung bờ tích tụ liên tục hàng năm nhưng không lớn lắm. Tại vụng Hoà An thuộc huyện Núi Thành có nhiều bãi nổi trong khu vực cửa sông Tam Kỳ. Những bãi nổi này có xu thế bị tách rời độc lập, cũng như tách mũi Hoà An nằm riêng thành hòn đảo.

- Vùng ven biển Quảng Nam kéo dài từ vũng Dung Quất đến đầm Nước Mặn (Sa Huỳnh) phần lớn là những bãi cát dài và phẳng. Hiện tượng xói xói bờ cát bắt gặp ở ven bờ Mộ Đức, Đức Phổ. Tại Sa Huỳnh trên đường bờ biển dài chỉ vài ba km, nhưng hiện tượng xói xói bờ cát xảy ra tương đối rõ khi so sánh các ảnh vệ tinh SOYUZ, LANDSAT, MOS1 qua các năm. Bờ biển trong khu vực này bị lấn sâu vào đất liền đến gần 100 m.

- Vùng ven biển tỉnh Bình Định từ Hoài Nhơn đến Qui Nhơn, đường bờ có hình răng lược rất điển hình và có nhiều vụng kín. Tại vụng kín có nhiều cửa sông đổ ra như ở Qui Nhơn, đường bờ thường được tích tụ và bồi đắp dần, các cửa sông có xu hướng bị thu hẹp, gây khó khăn cho việc thoát lũ trong mùa mưa.

- Khu vực ven biển Phú Yên từ sông Cầu đến Tuy Hoà bờ biển có nhiều biến động. Đường bờ ngoài cửa sông thường là tích tụ, còn bên trong cửa sông là sự đổi dòng (gồm cả hai quá trình vừa tích tụ vừa xói lở). Dải cát chạy dài tại khu bờ thuộc huyện Sông Cầu là nơi xảy ra quá trình xói xói bờ cát khá lớn. Đường bờ có nơi bị chuyển dịch vào sâu tới 60 m (bờ biển Xuân Hải).

Vùng ven biển tỉnh Khánh Hoà từ Vạn Ninh tới vịnh Cam Ranh có nhiều đảo và bán đảo lớn. Quá trình tích tụ thường quan sát thấy ở trong các vụng biển điển hình là vụng Cam Ranh. Quá trình xói lở xảy ra ở thành phố Nha Trang, Ninh Hoà, Ninh Hải.

- Vùng biển từ Ninh Thuận đến Bình Thuận là nơi có nhiều dải cát dài, đặc biệt ở khu vực Phan Rang, Phan Thiết. Hiện tượng xói lở bờ cát ở đây cũng đang xảy ra. Hiện tượng này có thể tìm thấy dọc theo bờ biển Phan Rang - Tháp Chàm và khu vực từ Phan Rí đến Phan Thiết.

Đánh giá sự biến động đường bờ vùng ven biển từ Thanh Hoá đến Bình Thuận (bảng 3.8):

Bảng 3.8: Sự biến động đường bờ thời kỳ 1990 - 2003
(Khu vực ven biển từ Thanh Hoá đến Bình Thuận)

Loại	Số đoạn	Diện tích nhỏ nhất (ha)	Diện tích lớn nhất (ha)	Tổng diện tích (ha)
1. Đoạn bờ được bồi	186	1,7	291,2	5200,4
2. Đoạn bờ bị xói lở	263	1,4	262,8	8839,0

Diện tích bồi lớn nhất ở Vạn Ninh (Khánh Hoà); diện tích xói xói lớn nhất ở suốt dải ven biển từ Bắc Bình sang Phan Thiết, tỉnh Bình Thuận (bảng 3.9).

Bảng 3.9: Diện tích bồi tụ - xói lở khu vực nghiên cứu (theo cấp huyện)

Số TT	Tên huyện	Diện tích bồi (ha)	Diện tích xói lở (ha)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Nga Sơn	263,4	71,8
2	Hậu Lộc	60,1	204,4
3	Hoằng Hoá	205,1	256,9
4	Sầm Sơn	158,8	36,8
5	Quảng Xương	115,6	144,4
6	Tĩnh Gia	159,4	305,2
7	Quỳnh Lưu	125,7	278,9
8	Diễn Châu		275,3
9	Nghi Lộc	275,3	369,9
10	Nghi Xuân	160,8	185,1
12	Thạch Hà	261,6	81,6
13	Cẩm Xuyên	36,2	149,3
14	Kỳ Anh	140,6	151,7
15	Quảng Trạch	58,5	126,7
16	Bố Trạch	2,7	88,1
17	Đồng Hới		39,1
18	Quảng Ninh		29,7
19	Lệ Thuỷ		65,7
20	Bến Hải	20,2	32,5
21	Triệu Hải		153,2
25	Hương Trà		115,7
26	Phú Vang	96,7	348,0
27	Phong Điền	5,5	85,1
28	Phú Lộc	178,6	160,9
29	TP Đà Nẵng	67,3	
32	Hội An		82,2
33	Thanh Bình		128,3
34	Tam Kỳ		142,2
35	Núi Thành	237,1	437,3
36	Bình Sơn	38,9	192,8
37	Sơn Tịnh	67,4	165,2
38	Tx. Quảng Ngãi	100,4	25,0

39	Tư Nghĩa		30,2
40	Mộ Đức		215,4
41	Đức Phổ	14,3	150,2
42	Hoài Nhơn	52,00	68,1
43	Phù Mỹ		165,5
44	Phù Cát		106,4
45	Tuy Phước	230,4	85,4
46	TP. Qui Nhơn	244,4	175,5
47	Sông Cầu	331,2	446,0
48	Tuy An	228,5	121,2
49	Tx. Tuy Hoà	111,5	160,9
50	Tuy Hoà	342,1	120,5
51	Vạn Ninh	287,2	96,4
52	Ninh Hoà		116,7
53	Diên Khánh	47,1	34,8
54	TP. Nha Trang	64,3	105,1
55	Cam Ranh	282,9	208,4
57	Ninh Hải		136,5
58	Phan Rang - Tháp Chàm		281,7
59	Ninh Phước		287,8
60	Tuy Phong		152,9
61	Bắc Bình		86,0
62	Phan Thiết	128,5	239,8
63	Hàm Thuận Nam		136,2
64	Hàm Tân		212,5
	Tổng	**5200,4**	**8839,0**

Huyện có sự biến động đường bờ và diện tích các bãi bồi bị xói lở nhiều nhất là các huyện Nghi Lộc và Diễn Châu (Nghệ An), Núi Thành (Quảng Nam), Phú Vang (Thành phố Huế), Đức Phổ (Quảng Ngãi), Sông Cầu (Phú Yên). Quá trình bồi tụ nhiều nhất tìm thấy ở TP. Qui Nhơn (Bình Định), TP. Đà Nẵng, huyện Hoằng Hoá (Thanh Hoá), tại cửa Hới (sông Mã). So với sự bồi tụ ở cửa Đáy, sự bồi tụ ở cửa Hới chỉ diễn ra bằng 1/10, nhưng khu vực cửa Hới cũng là nơi bồi tụ xảy ra khá điển hình cho vùng nghiên cứu do khối lượng vận chuyển phù sa khá lớn của sông Đáy và sông Mã. Quá trình xói lở xảy ra mạnh ở đường bờ biển và bồi tụ xảy ra ở các vùng cửa sông lớn.

Qua thống kê các đoạn bị xói lở bằng phiếu điều tra (hình 3.3 và bảng 3.10) cho thấy dọc theo bờ biển từ Thanh Hoá đến Bình Thuận có 233 khu vực bị xói lở trong đó 284 đoạn bị xói lở và 10 khu vực bị xói lở toàn bộ, tính trung bình khoảng hơn 6 km lại có một đoạn bị xói lở và được phân bố như sau:

Bảng 3.10 Hiện trạng xói lở bờ biển miền Trung

Số TT	Địa danh			Năm xảy ra xói lở	Vị trí (bờ biển, cửa sông)	Số đoạn bị xói lở	Chiều dài bị xói lở (km)	Tốc độ xói lở trung bình năm (m/năm)
	Tỉnh	Huyện	Xã					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Thanh Hoá	Nga Sơn	Nga Điền	1985	Cửa sông			
2		Hậu Lộc	Hưng Lộc	1993	Bờ biển		0,5	28,57
3			Ngư Lộc	1976	Bờ biển			33,33
4			Đa Lộc	1996	Bờ biển	1	0,3	7,5
5			Hoà Lộc	1968	Bờ biển	3	1,2	3,28
6		Tĩnh Gia	Tân Dân	1986	Bờ biển		2,8	2,1
7			Hải Bình	1992	Bờ biển	1	1,0	12,5
8			Hải Châu	1985	Bờ biển cửa Lạch Ghép	2	1,0	13,3
9			Hải Thượng	1982	Bờ biển	2	0,5	1,6
10		Hoằng Hoá	HoằngThanh	1973	Bờ biển	Toàn bộ	2,0	29,62
11			Hoằng Phong	1961	Bờ biển		1,2	
12			Hoằng Phụ	1997	Bờ biển	2	1,0	33,3
13			Hoằng Trường	1995	Bờ biển cửa Lạch Trường	1	2,5	2,0
14		Q. Xương	Quảng Thái	1980	Bờ biển			25
15			Quảng Đại	1985	Bờ biển, cửa sông	Toàn bộ	1,3	12,5
16			Quảng Vinh	1996	Bờ biển	1	1,0	40
17			Quảng Hải	1950	Bờ biển		1,8	4
18	Nghệ An	Quỳnh Lưu	Quỳnh Lương	1982	Bờ biển	4	0,8	15,27
19				1993	Lạch Cồn, Quèn			13,57
20			Quỳnh Nghĩa	1990	Bờ biển	1	2,2	2,0
21			Quỳnh Lập	1989	Bờ biển	1	0,3	2,36
22			Quỳnh Phương	1989	Bờ biển	3	1,5	4,54

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
23			Quỳnh Lộc	1984	Sông Tre			
24			Quỳnh Thọ	Không rõ	Bờ biển	Toàn bộ	2,0	
25				Không rõ	Lạch Thới			
26			Quỳnh Minh	1988	Bờ biển	Toàn bộ	1,3	12,5
27			Quỳnh Long	1987	Bờ biển	7	2,0	3,1
28			Quỳnh Bảng	1993	Bờ biển	4	5,0	14,2
29		Diễn Châu	Diễn Kim	Từ lâu	Bờ biển L,Vạn	3	0,5	8,0
30			Diễn Thành	1985	Bờ biển	1	0,3	33
31			DiễnThịnh	1985	Bờ biển sông NgâmTàu Dạ	1		10,9
32			Diễn Vạn	1976	Cửa Vạn		3,0	
33			Diễn Hải	1960	Bờ biển	3	3,0	10,0
34			Diễn Hùng	1989	Bờ biển		4,6	3,87
35		Nghi Lộc	Nghi Tiến	1982	Bờ biển sông Cờm		12,0	0,97
36			Nghi Yên		Bờ biển	1	0,4	0,22
37			Nghi Hải	1999	Bờ biển	1	0,5	50
38				Th, xuyên	Cửa Hội			
39			Nghi Thiết		Bờ biển	4	3,0	1,88
40					Sông Cờm			
41	Hà Tĩnh	Nghi Xuân	Xuân Liên	1989	Bờ biển	3	2,6	3,36
42			Xuân Hội	64-2000	Bờ biển	Toàn bộ	3,0	19,4
43				1964	Cửa Hội			
44			Cổ Đạm		Bờ biển		2,2	
45			Xuân Yên	1989	Bờ biển			2,7
46				1985	Cửa sông Lam			
47			Xuân Trường	1965	Bờ biển		1,8	5,92
48				1965	Sông Lam			
49			Xuân Đan	1996-97	Bờ biển		2,1	50
50			Xuân Thành	1982	Bờ biển	1	2,5	5,5
51				1982	Lạch Đào			
52			Xuân Vân	1982	Bờ biển			7,4
53			Xuân Hải		Bờ biển	2	0,2	5,5
54		Thạch Hà	Thạch Vân	1998	Bờ biển			

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
55		Cẩm Xuyên	Cẩm Hoà	1995	Bờ biển	1	0,15	18,6
56			Cẩm Nhượng	1999	Bờ biển	1	2,0	30
57			Cẩm Lĩnh	1970	Bờ biển	4	2,5	1,2
58			Cẩm Dương		Bờ biển	3	1,5	
59		Kỳ Anh	Kỳ Nam	1999	Bờ biển	Toàn bộ	3,2	12,2
60			Kỳ Xuân	1997	Bờ biển	3	4,0	6,7
61			Kỳ Lợi	1980	Bờ biển	3	10,5	0,2
62			Kỳ Ninh	1990-92	Bờ biển	1	7,5	3,8
63			Kỳ Phương	1991-nay	Bờ biển	2	7,0	15,0
64	Quảng Bình	Bố Trạch	Trung Trạch	1999	Bờ biển	2	0,1	2,0
65			Hải Trạch	1980	Bờ biển	2	2,0	1,3
66				1980-85	Cửa Lý Hoà			20
67			Đức Trạch	1995	Bờ biển	2	0,2	3
68				1995	Cửa Lý Hoà			10
69			Thanh Trạch	1983	Bờ biển	3	4,0	2,0
70			Nhân Trạch	1986	Bờ biển	Toàn bộ	6,0	4,2
71				1982	Sông Dinh			
72		Quảng Trạch	Q. Phúc	1982	Bờ biển	1	5,2	1
73				1982	Cửa Gianh			
74			Q. Tùng	Hàng năm	Sông Ròn			
75			Q. Thọ	1989	Bờ biển		3,4	0,5
76			Cảnh Dương	1987	Bờ biển		2,0	11,3
77				1987-nay	Sông Nhật Lệ			
78			Q. Hưng	1989-nay	Bờ biển	2	4,0	1,0
79		Quảng Ninh	Hải Ninh	1983	Bờ biển	6	6,0	0,38
80			Gia Nnh	1995-nay	Sông Nhật Lệ			
81		Lệ Thuỷ	Ngư Thuỷ	1985	Bờ biển	5	0,75	6,0
82		Đồng Hới	TX. Đồng Hới	1997	Bờ biển	2	0,8	
83			Bảo Ninh	1997	Bờ biển			4,1
84				1996	Cửa Nhật Lệ			8,75
85				1949	Bờ biển			1,11
86				1999	Bờ biển			
87				1996-nay	Bờ biển			

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
88	Quảng Trị	Gio Linh	Gio Hải	1996	Bờ biển	1	10,0	5
89			Gio Việt	Th.xuyên	Cửa Việt			
90			Trung Giang	1996	Bờ biển	5	1,4	20
91		Vĩnh Linh	Vĩnh Thái		Bờ biển			15,8
92			Vinh Quang	1985	Bờ biển	2	0,4	0,6
93				1985	Cửa Tùng			
94			Vĩnh Quang	1986	Bờ biển	2	5,0	
95				1986-89	Cửa Tùng			3,5
96			Vĩnh Thạch	1980	Bờ biển	3	1,4	0,25
97			Vĩnh Kim	1985	Bờ biển	2	0,3	
98		Hải Lăng	Hải Khê		Bờ biển			
99			Hải An	1985	Bờ biển		7,0	
100		Triệu Phong	Triệu Lang		Bờ biển	6	5,4	0,91
101			Triệu Vân	1999	Bờ biển	8	3,0	55
102			Triệu An		Bờ biển			
103				1999	Cửa Việt			
104	Thừa	Phú Vang	Phú Hải	2000	Bờ biển	8	1,2	22,5
105	Thiên		Vinh An	1999	Bờ biển	1	0,1	20,0
106	Huế		TT.Thuận An	1995	Bờ biển	4	2,0	8,0
107				1985	Cửa Thuận An			
108			Phú Nhuận	Th.xuyên	Bờ biển	2	4,5	1,5
109				1999	Cửa Hoà Duân			
110			Phú Diễn	1975	Bờ biển	1	7,5	4,0
111		Phong Điền	Điền Hoà	1990	Bờ biển	1	0,1	3,0
112			Hải Phong	1954		1		2,7
113		Hương Trà	Hải Dương	2003	Bờ biển	1	1,5	150
114				1999	Cửa Thuận An			
115		Phú Lộc	Vinh Hải	1950	Bờ biển	Toàn bộ	5,0	1,5
116			Lộc Vĩnh	1999	Bờ biển	3	3,0	20
117			Lộc Hải	1999	Bờ biển	3	0,3	10
118			Vĩnh Hiền	1999-nay	Bờ biển	1	1,0	60
119			Vĩnh Mỹ	1978-nay	Bờ biển	1	0,1	2,2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
120		Quảng Điền	Quảng Ngạn	1999	Bờ biển	3	3,1	20
121			QuảngCông	1980		1		4,0
122	Quảng Nam	Duy Xuyên	Duy Nghĩa	1990	Bờ biển	1	5,5	
123				1990	Cửa Đại			
124			Duy Hải	1999	Bờ biển	3	3,0	35
125		Thăng Bình	Bình Hải	1998	Bờ biển	5	2,5	10
126				1998	Cửa Tr. Giang			
127			Bình Minh	1999	Bờ biển	5	1,4	40
128			Bình Nam		Bờ biển	3	1,0	20
129		Điện Bàn	Điện Ngọc	1998	Bờ biển	1	0,3	2,5
130	TP,Đã Nẵng	Ngũ Hành Sơn	Hoà Hải	1999	Bờ biển	1	0,5	20
131		Tam Kỳ	Tam Thanh	1998	Bờ biển	4		35
132		Núi Thành	Tam Xuân I	1999	Bờ biển	1		46,7
133				1964	Cửa Hoà An			
134			Tam Xuân II	1978	Bờ biển	4	0,4	0,68
135				1978	Sông Ba	1	0,5	
136			Tam Hải	1964	Bờ biển	2	3,0	35
137			Tam Giang	1994	Cửa An Hoà			
138			Tam Hoà	1997	Bờ biển	3	1,0	3,9
139				1997	Sông Tr. Giang			
140	Quảng Ngãi	Lý Sơn	Lý Vĩnh	1985	Bờ biển. s.Phú Thọ. Cổ Luỹ	1	5,99	3,0
141			Nghĩa Phú	1987	Trà Khúc	1		
142			Nghĩa Hoà	Hàng năm	Cửa Lở	1		
143			Nghĩa An	1968	Bờ biển. Cửa Đại. Sông	2	1,8	6,25
144				1998-99	Trà Khúc. sông Vệ			
145			Nghĩa Hà	Hàng năm	Cửa Đại. Phú Thọ			
146		Sơn Tịnh	Tịnh Kỳ	1961-2003	Bờ biển	3	2,8	0,38
147				1964-2003	Khê Kỳ-Hoà Châu			
148		Bình Sơn	Bình Đông	1991	Bờ biển	1	0,75	1,0
149				Th.xuyên	Sa Cần			
150			Bình Phú	1999-2003	Bờ biển	1	3,5	10,0

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
151			Bình Thuận	1999-2003	Bờ biển	1	2,5	11
152			Bình Châu	1999-2003	Bờ biển			
153			Bình Thanh		Bờ biển			
154			Bình Trị	1999-2003	Bờ biển	1	1,5	10
155			Bình Trị	1975-98	Cửa Sa Cần. Sa Kỳ			
156					Bờ biển	2		
157		Đức Phổ	Phổ Vinh	1997	Bờ biển		1,5	3,3
158			Sa Huỳnh	1997	Bờ biển	1	1,8	27,5
159			Phổ An	1999-2003	Bờ biển	Toàn bộ	5,0	6
160		Mộc Đức	Đức Lợi	1999-2003	Bờ biển	2	1,0	250
161			Đức Minh	Th. xuyên	Bờ biển	1	7,0	
162		Tuy Phước	Phước Thuận	1976	Bờ biển	3	2,8	37,5
163			Phước Thuận		Sông Thanh Hà			
164		Phù Mỹ	Mỹ Chánh	Hàng năm	An Mỹ			
165			Mỹ An	1965	Bờ biển	1	1,0	1,5
166			Mỹ Đức	1999	Bờ biển	2	3,0	150
167				1952	Cửa Hà Ra			
168			Mỹ Tho	1984	Bờ biển			
169		Quy Nhơn	Nhơn Châu	1999-2003	Bờ biển	1	0,6	35
170			Nhơn Hải	1999	Bờ biển	2	0,7	15
171			Hải Cảng	1999-2003	Bờ biển	7	2,9	35
172		Phù Cát	Cát Tiến	1999-2003	Bờ biển	1	2,0	18,5
173			Hoài Chánh	1996	Bờ biển	Toàn bộ	10,0	3,0
174			Cát Khánh	1999	Bờ biển	1	0,15	
175				Hàng năm	Cửa Đề Gi	1		
176		Hoài Nhơn	Hoài Thanh	1983	Bờ biển	1	1,2	60
177				1976-99	Cửa An Vũ	1		
178			Tam Xuân Nam	1997	Bờ biển	1	1,5	33
179				1987	Cửa An Mỹ	5		
180		An Nhơn	Nhơn Phúc	2000-2003	Sông Côn	1		108
181	Phú Yên	Tuy Hoà	Hiệp Hoà Trung	1998	Bờ biển	2	1,8	50
182			Hiệp Hoà Bắc	2000	Bờ biển			
183			Hoà Tân Đông	2000	Bờ biển			
184		Sông Cầu	Xuân Hải	1995-2003	Bờ biển	1	0,5	26,3
185					Cửa Cù Mông	1	0,8	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
186			Xuân Phương	1990	Bờ biển			
187					V.Xuân Đài			
188			TT.Sông Cầu	1980	Bờ biển	1	7,0	1,0
189				1987	Lạch Tam Giang			
190			Xuân Hoà	1998	Bờ biển	1	0,6	10
191					Cửa Cù Mông			
192		Tuy An	An Ninh Đông	1991	Bờ biển	3	3,1	20
193				1991	Cửa Xuân Đài			
194			An Ninh Tây	1978	Bờ biển	1	1,3	
195				1978	Bình Bá			
196			An Hoà	1993-99	Bờ biển	2	2,65	7,1
197			An Phú	2000	Bờ biển	1	1,2	
198				1993-99	Sông Đồng Nai			
199			An Chấn	1999	Bờ biển	3	1,8	
200		An Nhơn	Nhơn Phúc	2000	Sông Côn	1	2,5	108
201				1995-99	Biển ngoài			
202	Khánh Hoà	Ninh Hoà	Ninh Xuân	1995	Bờ biển	3	2,0	
203			Ninh Hà	1995	Bờ biển		1,5	4
204					Sông Rọ Tương	1	0,1	
205			Ninh Hà	Hàng năm	Bờ biển			
206					Lách Suối			
207		Cam Ranh	Cam Bình	1980	Bờ biển	1	0,2	0,48
208			Cam Phú Nam	1997	Bờ biển	1	0,75	1
209		Vạn Ninh	Vạn Lương	1984	Bờ biển	5	0,5	0,43
210				Hàng năm	Cầu Giữa			
211			TT. Vạn Giờ	1997	Bờ biển	1	0,1	
212				1997	Hiền Lương - Cầu Huyện			
213			Vạn Thọ	1998-2003	Bờ biển	1	0,5	15
214			Đại Lãnh	1999	Bờ biển	1	0,26	80
215		Nha Trang	Vĩnh Hải	1999-2003	Bờ biển	3	0,3	3
216			Phước Đông	1980-2003	Bờ biển	3	2,0	52,72
217					Cửa Bé			
218	Ninh Thuận	Ninh Phước	Phước Dinh	1983	Bờ biển	2	1,5	1,96

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
219				1983-nay	Lạch Tr. Sơn Hải			
220		Phan Rang Tháp Chàm	Đông Hải	1980-nay	Bờ biển	2	2,6	21,67
221		Ninh Hải	Vĩnh Hải	1983	Bờ biển	2	2,0	11,76
222			Tri Hải	1999-nay	Bờ biển	1	1,5	7,5
223			Nhơn Hải	1998-2003	Bờ biển		1,5	11,67
224	Bình Thuận	Tuy Phong	Phước Thể	1983	Bờ biển	4	2,0	7,35
225				1983	Sông Đá Hàn	4		
226			Hoà Phú	1987	Bờ biển	2	2,0	15,35
227				1980	Cửa Phan Rí			
228		Hàm Tân	Tân Hải	1995	Bờ biển	4	6,0	15
229			TT. La Gì	1998-2003	Bờ biển	3	0,7	73,3
230				Hàng năm				
231			Tân Thiên	1995	Bờ biển	1	1,0	2
232			Tân Bình	Hàng năm	Bờ biển	Toàn bộ	7,0	5
233				Hàng năm	Bờ biển			
234		H.Th. Nam	Tân Thành	1999-2003	Cửa Lagi	2	0,228	31
235			Tân Thuận	1998-2003	Bờ biển		2,0	15,7
236		Phan Thiết	Mũi Né	1980	Bờ biển	4	4,8	10

Số đoạn bờ bị xói lở ở mỗi tỉnh rất khác nhau. Theo thống kê thì bờ biển thuộc tỉnh:

- Thanh Hoá: có 13 đoạn bị xói lở.
- Nghệ An: có 30 đoạn bị xói lở.
- Hà Tĩnh: có 11 đoạn bị xói lở
- Quảng Bình: có 25 đoạn bị xói lở.
- Quảng Trị: có 29 đoạn bị xói lở.
- Thừa Thiên Huế: có 33 đoạn bị xói lở.
- Quảng Nam: có 18 đoạn bị xói lở.
- TP. Đà Nẵng: có 14 đoạn bị xói lở
- Quảng Ngãi: có 40 đoạn bị xói lở.
- Phú Yên: có 16 đoạn bị xói lở.

- Khánh Hoà: có 20 đoạn bị xói lở
- Ninh Thuận: có 11 đoạn bị xói lở
- Bình Thuận: có 24 đoạn bị xói lở.

Quá trình xói lở bờ diễn ra với tốc độ khác nhau. Khu vực có địa hình khúc khuỷu, răng cưa nhiều vũng vịnh và bán đảo, đá gốc, các vùng cửa sông, hiện tượng xói lở diễn ra với qui mô nhỏ, cường độ yếu đến trung bình. Khu vực bị xói lở mạnh và rất mạnh xảy ra ở bờ biển lồi, thẳng hướng sóng gió và vật chất tạo bờ chủ yếu là cát.

Các hiện tượng xói lở đang diễn ra có liên quan đến các đất đá có cấu tạo bờ như sau:

- Có 4 đoạn xói lở trên đá gốc chiếm 1,4%
- Có 6 đoạn xói lở trên đất đá, cuội, sỏi, cát, chiếm 2,1%.
- Có 2 đoạn xói lở trên bờ đất thịt (có sét), chiếm 0,7%
- Có 4 đoạn xói lở trên bùn và sét, chiếm 1,4%.
- Có 2 đoạn xói lở trên đất thịt và sét, chiếm 0,7%.
- Có 268 đoạn xói lở trên đất cát, chiếm 93,7%.

Hiện trạng xói lở bờ có thể xảy ra ở nhiều nơi đã có gia cố chống xói lở bằng công trình và các biện pháp chống xói lở khác nhau.

- Số đoạn bị xói lở đã có đê kè là 35 đoạn.
- Số đoạn xói lở đã có trồng cây là 73 đoạn.
- Số đoạn xói lở đã có đóng cọc là 13 đoạn
- Các đoạn bờ bị xói lở có liên quan đến các cửa sông là 69 đoạn.

Cường độ xói lở có thể tổng kết như sau:

** Phân bố cường độ xói lở theo kích thước chiều dài của đoạn bờ: Chia kích thước của đoạn bờ bị xói lở ra 5 cấp* (bảng 3.11):

- Ngắn: có độ dài xói lở < 200 m.
- Đáng kể: 200 - 1000 m.

- Trung bình: 1000 - 2000 m.

- Lớn: 2000 - 6000 m.

- Rất lớn: > 6000 m.

Bảng 3.11: Số đoạn bờ bị xói lở phân theo kích thước

Tỉnh	Số đoạn bờ bị xói lở phân theo kích thước (m)				
	< 200	200 - 1000	1000- 2000	2000- 6000	> 6000
Thanh Hoá	0	7	3	3	0
Nghệ An	13	6	4	6	1
Hà Tĩnh	1	2	2	4	2
Quảng Bình	12	4	2	6	1
Quảng Trị	11	8	6	3	1
Quảng Nam	2	6	6	3	1
Thừa Thiên Huế	8	13	6	5	1
TP. Đà Nẵng	5	4	3	2	0
Quảng Ngãi	14	9	8	7	2
Khánh Hoà	7	8	3	2	0
Phú Yên	3	4	6	2	1
Ninh Thuận	3	3	4	1	0
Bình Thuận	9	7	4	3	1
Tổng số đoạn	*87*	*81*	*57*	*47*	*12*
Tính theo %	*30,6*	*28,5*	*20,1*	*16,5*	*4,3*

Theo số liệu điều tra khảo sát các đoạn bờ bị xói lở dài có kích thước trên 1000 m trở lên chiếm 41%.

Bờ biển miền Trung tính từ Thanh Hóa đến Bình Thuận có chiều dài là 1765 km, theo kết quả thống kê ở bảng 3.10 thì khu vực nghiên cứu có tổng chiều dài đường bờ biển bị xói lở là 392 km. Như vậy tổng chiều dài đoạn bờ biển bị xói lở chiếm 22,2% so với chiều dài bờ biển khu vực nghiên cứu.

- Thanh Hoá có 18,1 km bị xói lở, trong đó có 14,6 km bờ biển và 3,5 km ở khu vực cửa sông, chiếm 4,6% tổng chiều dài của toàn bộ khu vực bờ biển miền Trung.

- Nghệ An có 45 km bị xói lở, trong đó có 30 km bờ biển và 15 km ở khu vực cửa sông, chiếm 11,4% tổng chiều dài.

- Hà Tĩnh có 60 km bị xói lở, quá trình xói lở diễn ra chủ yếu ở bờ biển, chiếm 15,3% tổng chiều dài bị xói lở.

- Quảng Bình có 50 km bị xói lở, quá trình xói lở diễn ra chủ yếu ở khu vực bờ biển, chiếm 12,8% tổng chiều dài bị xói lở.

- Quảng Trị có 34 km bị xói lở, quá trình xói lở diễn ra chủ yếu ở khu vực bờ biển, chiếm 8,7% tổng chiều dài bị xói lở.

- Thừa Thiên - Huế có 30 km bị xói lở, quá trình xói lở diễn ra chủ yếu ở khu vực bờ biển, chiếm 7,6% tổng chiều dài bị xói lở.

- Quảng Nam có 16 km bị xói lở, quá trình xói lở diễn ra chủ yếu ở khu vực bờ biển, chiếm 4,1% tổng chiều dài bị xói lở.

- TP. Đà Nẵng có 6 km bị xói lở, chủ yếu diễn ra ở vùng bờ biển, chiếm 1,5% tổng chiều dài bờ biển.

- Quảng Ngãi có 60 km bị xói lở, chủ yếu diễn ra ở vùng bờ biển, chiếm 15,9% tổng chiều dài bờ biển.

- Phú Yên có 25 km bị xói lở, chủ yếu diễn ra ở vùng bờ biển, chiếm 16,4% tổng chiều dài bờ biển.

- Khánh Hoà có 10 km bị xói lở trong đó chủ yếu ở vùng bờ biển, chiếm 2,6% tổng chiều dài bờ biển.

- Ninh Thuận có 10 km bị xói lở chủ yếu ở vùng bờ biển, chiếm 2,6% tổng chiều dài bị xói lở.

- Bình Thuận có 28 km bị xói lở chủ yếu ở vùng bờ biển, chiếm 7,2% tổng chiều dài bị xói lở.

** Phân cấp mức độ xói lở theo xu hướng lấn sâu vào lục địa (vào bờ) (bờ đã bị xói lở tính từ khi bắt đầu tới nay), chia làm 4 cấp:*

- Yếu: < 50 m chiếm 59,0%

- Trung bình: 51 - 100 m chiếm 15,6%

- Mạnh: 101 - 200 m chiếm 14,8%

- Rất mạnh: > 200 m chiếm 10,6%.

Các đoạn bờ bị xói lở lấn sâu vào đất liền từ 700 - 1100 m là những khu vực: Hoằng Thanh - Hoằng Hoá, Ngư Lộc - Hậu Lộc (Thanh Hoá); Xuân Hội -

Nghi Xuân (Hà Tĩnh); Phước Thuận - Tuy Thuận, Hoài Thanh - Hoài Nhơn (Quảng Ngãi); Phửu Đông - Nha Trang (Khánh Hoà), tiêu biểu nhất là khu vực Tam Hải - Núi Thành (Quảng Nam) lấn sâu vào đất liền tới 2500 m.

** Dựa vào tốc độ xói lở sâu vào đất liền trung bình mỗi năm (m/năm), ta có thể chia ra 4 cấp như sau:*

- Chậm: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền < 5 m/năm chiếm 40,3%

- Trung bình: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền 5 - 15 m/năm chiếm 15,4%.

- Nhanh: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền 15 - 30 m/năm chiếm 25,6%

- Rất nhanh: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền > 30 m/năm chiếm 18,7%

Các đoạn bờ có tốc độ xói lở nhanh là: Hoằng Thanh - Hoằng Hoá, Ngư Lộc - Hậu Lộc (Thanh Hoá); Xuân Hội - Nghi Xuân (Hà Tĩnh); Phước Thuận - Tuy Thuận, Hoài Thanh - Hoài Nhơn (Quảng Ngãi); Phửu Đông - Nha Trang (Khánh Hoà), tiêu biểu nhất là khu vực Tam Hải - Núi Thành (Quảng Nam) có tốc độ xói lở trung bình năm là trên 30 m/năm. Đặc biệt có những khu vực hiện tượng xói lở mới chỉ xảy ra trong thời gian gần đây (năm 1999 và 2000) nhưng với tốc độ khá lớn từ 40 - 60 m/năm là: Nghi Hải - Nghi Lộc; Cẩm Nhượng - Cẩm Xuyên (Hà Tĩnh); Hải Thành - Đồng Hới (Quảng Bình); Vĩnh Hiền - Phú Lộc, Hải Dương - Thuận An (Thừa Thiên - Huế), Duy Hải - Duy Xuyên, Bình Minh - Thăng Bình, Tâm Tiến - Núi Thành (Quảng Nam); Đức Lợi - Mộc Đức, Phước Thuận - Tuy Phước; Nhơn Châu - Qui Nhơn, Nhơn Phúc - An Nhơn (Quảng Ngãi); Sông Cầu - Tuy Hoà (Phú Yên); Thị trấn Vạn Giờ - Đại Lãnh - Vạn Ninh (Khánh Hoà)...

** Phân cấp diễn biến xói lở*

Xét diễn biến các quá trình xói lở theo thời đoạn có thể thấy:

- Từ năm 1930 đến năm 1949 không có

- Từ năm 1950 đến năm 1969 có 14 đoạn bị xói lở

- Từ năm 1970 đến năm 1979 có 18 đoạn bị xói lở

- Từ năm 1980 đến năm 1989 có 95 đoạn bị xói lở

- Từ năm 1990 đến năm 2003 có 157 đoạn bị xói lở, riêng năm 1999 có 50 khu vực bị xói.

Quá trình xói lở đang diễn ra trên hầu hết bờ biển, tại địa bàn của tất cả các tỉnh có bờ biển, mặc dù với mức độ (cường độ và tốc độ) khác nhau. Các khu vực bị xói lở mạnh nhất tập trung ở duyên hải đồng bằng Thanh Hoá, Thừa Thiên - Huế, Quảng Ngãi, Quảng Nam, Phú Yên.

Theo thống kê đến nay có khoảng 233 khu vực bị xói lở trong đó có 284 đoạn và 10 khu vực bị xói toàn bộ. Quá trình xói đang diễn ra tại hầu hết các kiểu cấu tạo bờ: sỏi cát, bùn sét, bùn, cát... song chủ yếu là bờ cát (chiếm 94% tổng số đoạn bờ bị xói lở). Đáng chú ý là hiện nay đã có 121 đoạn bờ có công trình chỉnh trị (như đê, kè, đóng cọc, trồng cây) nhưng vẫn bị tiếp tục xói lở. Nhiều đoạn bờ nền đá gốc trước đây được bồi bằng vật liệu bở rời (như cát, mảnh vụn san hô, trai, ốc...) nay đang bị xói lở.

Có trên 50% số đoạn bờ bị xói có chiều dài hơn 1 km, 10,6% số đoạn bờ bị xói sâu vào đất liền từ 200 m trở lên. Nếu lấy tốc độ xói lở trung bình là 5 - 15 m/năm, nhanh là 15 - 30 m/năm thì 43% số đoạn xói thuộc loại từ nhanh trở lên, trong đó có những đoạn xói lở với tốc độ hơn 100 m/năm.

Qua số liệu về hiện trạng xói lở của 13 tỉnh ven biển miền Trung, đặc biệt là 3 tỉnh Thừa Thiên - Huế, Quảng Ngãi, Phú Yên cho thấy: Quá trình xói lở - bồi tụ diễn ra khá phức tạp, song quá trình xói lở chiếm ưu thế. Quá trình xói lở diễn ra với qui mô, cường độ, tốc độ khác nhau ở các khu vực và ngày càng gia tăng, đặc biệt từ những năm 1990 trở lại đây. Quá trình xói lở chủ yếu xảy ra ở những đoạn bờ biển thẳng với hướng sóng gió, vật chất cấu tạo bờ chủ yếu là những vật liệu bở rời và các khu vực chưa có các công trình gia cố phòng chống.

3.1.3. Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Nam (từ Vũng Tàu tới Hà Tiên)

Hiện trạng bồi - xói bờ biển Nam bộ đang diễn ra hầu hết toàn dải. Mức độ phát triển và thời gian xảy ra không đồng nhất, chúng liên quan chặt chẽ với cấu tạo đất đá, địa hình và các yếu tố động lực biển tác động vào đường bờ, trong đó vai trò chủ đạo là chế độ sóng và dòng chảy.

Hiện trạng bồi - xói bờ biển Nam bộ diễn ra tương tự như ở miền đồng bằng Bắc bộ Việt Nam. Chúng thường phát triển mạnh vào mùa khô lạnh có gió mùa Đông Bắc hay mùa gió "chướng". Riêng phần bờ phía Tây Nam bộ bồi xói xảy ra mạnh vào mùa gió chướng Tây Nam.

Đề tài đã tiến hành đo các đặc trưng sóng, gió, dòng chảy dọc bờ do sóng, trắc diện bãi và bờ, phỏng vấn cư dân về đặc điểm xói lở - bồi tụ của các địa phương. Các kết quả thu được đã đối chiếu với các số liệu đo đạc của các đợt khảo sát của các tài liệu đã được công bố cho thấy hiện trạng xói lở - bồi tụ ven biển vùng Nam bộ từ Vũng Tàu tới Hà Tiên như sau:

❖ Hiện trạng xói lở - bồi tụ dải ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

Với chiều dài khoảng 117 km, dải ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu tương đối ổn định, ngoại trừ khu vực bờ biển Phước Tỉnh thuộc huyện Long Đất đã xảy ra xói lở nghiêm trọng trong nhiều năm qua. Hiện tượng xói lở ở khu vực này đã gây thiệt hại lớn về vật chất của người dân địa phương và còn ảnh hưởng lớn tới môi trường khu du lịch Vũng Tàu do một phần bùn cát bờ biển xã Phước Tỉnh bị xói lở được dòng chảy ven bờ đưa tới khu vực bãi tắm Vũng Tàu. Chiều dài đoạn bờ bị xói lở dài khoảng 2200 m, với tốc độ xói lở hàng năm từ 10 - 15 m .

❖ Hiện trạng xói lở - bồi tụ ven biển cửa sông thành phố Hồ Chí Minh

Bờ biển thuộc địa phận huyện Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh, với chiều dài khoảng 34 km, là đoạn bờ biển có nhiều cửa sông lớn như: sông Soài Rạp, sông Đông Tranh, sông Ngã Bảy v.v... Là một vùng đất mới được hình thành trong quá trình bồi tụ với thành phần cơ bản là cát lẫn bùn. Hiện tượng sạt lở bờ biển đã xảy ra ở hai khu vực:

- Khu vực xói lở bờ biển từ mũi Gành Rái đến mũi Đông Hoà trải dài trên 13 km với tốc độ xói lở khá lớn [42].

- Khu vực xói lở tại cửa ra sông Ngã Bảy, phía Bắc xã Cần Thạnh, với tốc độ xói lở hàng năm không lớn lắm.

Trên chiều dài 13 km, thuộc khu vực sạt lở thứ nhất có khoảng 6 km bờ biển tính từ mũi Gành Rái xuôi về Đông Hoà, xói lở bờ biển đã xảy ra liên tục, nhất là trong những năm từ 1980 đến nay, đã gây nên cảnh bất an của nhiều hộ dân sống trong khu vực này. Hàng năm chính quyền và nhân dân địa phương đã phải bỏ ra hàng nghìn mét khối đá hộc, hàng vạn công lao động để đối phó với sạt lở. Nhưng đáng chú ý nhất vẫn là xói lở của 7 km bờ biển kế tiếp thuộc thị trấn Đông Hoà - xã Cần Thạnh, huyện Cần Giờ – Thành phố Hồ Chí Minh. Tốc độ xói lở bờ biển đoạn này đạt tới 60 m/năm. Hiện nay đã xây dựng một hệ thống kè đá chống sóng, gây bồi, bảo vệ bờ biển tại các vị trí xung yếu. Sau khi công trình kè chắn sóng, gây bồi hoàn toàn, vào năm 1995, xói lở bờ biển nơi đây về cơ bản đã được khống chế. Một phần diện tích dải ven biển trước đây bị mất đi do xói lở đã được bồi trở lại.

❖ ***Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông tỉnh Tiền Giang***

Dải ven biển thuộc địa phận tỉnh Tiền Giang có chiều dài khoảng 30 km, tương đối thẳng, chạy dọc theo hướng Bắc - Nam nằm kẹp giữa cửa sông Soài Rạp và cửa Đại (hai trong chín cửa sông lớn của sông Cửu Long),. Hiện tượng sạt lở bờ thường xảy ra vào mùa gió chướng với hướng gió thịnh hành là Đông và Đông Bắc tác dụng gần như vuông góc với bờ biển, tạo ra trường sóng tập trung theo hướng Đông, Đông Bắc kết hợp với chế độ bán nhật triều tạo nên áp lực sóng lớn và dòng chảy sóng có tốc độ cao đã lôi kéo bùn cát ra ngoài khơi. Dải ven biển ở khu vực này có đường bờ bị chia cắt mạnh do có nhiều cửa sông đổ ra, quá trình thủy thạch động lực chịu tác động khá mạnh của cả sông lẫn biển càng góp phần đẩy nhanh quá trình biến động hình thái đường bờ.

Trong những năm gần đây, hiện tượng xói lở bờ biển xảy ra rất nghiêm trọng ở khu vực Gò Công Đông, nhất là dải ven biển thuộc địa phận xã Tân Điền. Tốc độ xói lở hàng năm đạt tới 31 m. Đê biển Gò Công Đông được xây dựng từ những năm 1978, nằm trong đất liền cách bờ biển hàng ngàn mét, đây là

vùng đất có dải rừng phòng hộ bảo vệ bờ khá chắc chắn, nhưng mấy năm gần đây sóng biển đã phá đi cánh rừng phòng hộ này. Biển đã lấn sâu vào sát chân đê. Mặc dù đã xây dựng công trình bảo vệ bờ dài trên 3 km và hàng năm các đoạn kè này được tu bổ nhưng nhiều đoạn bờ vẫn đang xảy ra xói lở gây xói lở các kè áp mái.

❖ ***Hiện trạng xói lở - bồi tụ ven biển cửa sông tỉnh Bến Tre***

Với chiều dài bờ biển khoảng 55 km từ cửa Đại cửa đến cửa sông Cổ Chiên, dải ven biển thuộc địa phận tỉnh Bến Tre có hướng Đông Bắc – Tây Nam. Cao độ phổ biến ở vùng này từ 0,6 ÷ 1,0 m, nơi cao nhất từ 1,5 ÷ 1,8 m, nơi thấp nhất 0,5 m. Ven bờ biển có nhiều bãi bồi, đặc biệt là khu vực cửa Ba Lai thuộc xã Thới Thuận – Bình Đại và xã Bảo Thuận – Ba Tri. Đường bờ biển ở khu vực này có xu thế ngày càng lấn ra biển nhưng tốc độ lấn biển không lớn. Hiện tượng xói lở và bồi tụ xảy ra liên tục đan xen nhau theo thời gian. Vào khoảng thời gian từ tháng XI năm trước đến tháng III năm sau, vào mùa gió chướng, tạo ra các trường sóng với độ cao sóng đạt tới 2 m (6% trường hợp quan trắc) tác động trực tiếp vào bờ nên dải bờ biển khu vực này bị xói lở mạnh. Ngược lại vào khoảng thời gian từ tháng VI đến tháng IX, gió thịnh hành hướng Tây Nam và Tây, gió thổi từ đất liền ra biển, cùng với dòng hải văn ven bờ với tốc độ trung bình 0,4 ÷ 0,5 m/s mang theo lượng phù sa từ các cửa sông đổ ra, bồi tụ xảy ra dọc theo dải ven biển tạo thành các bãi bồi rộng lớn.

❖ ***Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông tỉnh Trà Vinh***

Nằm giữa cửa sông Cổ Chiên và cửa Định An (Sông Hậu), dải ven biển tỉnh Trà Vinh có dạng hình cung với chiều dài trên 50 km được bao bọc bởi hệ thống đê biển khá hoàn chỉnh. Cao độ phổ biến từ 0,6 ÷ 1,0 m, chỗ cao nhất từ 1,1 ÷ 1,3 m, chỗ thấp trũng khoảng 0,4 m. Đây là vùng ngập mặn thường xuyên với nhiều sông rạch đổ ra biển tạo ưu thế lớn trong việc nuôi trồng thủy sản và

phát triển rừng ngập mặn của địa phương. Trong nhiều năm qua, xu hướng phát triển của dải ven biển tỉnh Trà Vinh là lấn dần ra biển, tốc độ lấn biển trung bình đạt 50 m/năm.

Trong giai đoạn từ 1966 đến nay, dải ven biển từ xã Trường Long Hoà đến xã Dân Thành thuộc huyện Duyên Hải luôn có xu thế bồi lấn ra biển tương đối đều với tốc độ trung bình khoảng 7 m/năm. Cùng với xu thế này là bờ biển thuộc xã Đông Hải – Huyện Duyên Hải đã bồi lấn ra biển khoảng 1800 m trong thời gian từ 1966 đến năm 1996. Nhưng cá biệt có đoạn bờ biển không diễn biến theo xu thế chung là bồi tụ đó là:

Đoạn bờ biển thuộc xã Hiệp Thạnh – huyện Duyên Hải có diễn biến tương đối phức tạp. Do nằm gần cửa Cung Hầu (Sông Tiền) nên chịu tác động hỗn hợp của chế độ thủy thạch động lực sông và biển tạo ra những đoạn xói, bồi xen kẽ nhau.

❖ ***Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông tỉnh Sóc Trăng***

Dải ven biển tỉnh Sóc Trăng có chiều dài khoảng 72 km được chia làm 3 đoạn như sau:

- Đoạn nằm giữa cửa Định An và cửa Trần Đề: Với chiều dài khoảng 12 km, chạy dài theo hướng Đông Bắc – Tây Nam, thuộc xã An Thạnh 3 – huyện Long Phú. Bờ biển có tốc độ bồi lớn, đặc biệt tại khu vực gần cửa Trần Đề. Trong khoảng thời gian từ năm 1966 đến nay tốc độ bồi tụ vào khoảng 70 m/năm, sau nhiều năm bồi tụ đã tạo ra một bãi bồi rộng lớn với diện tích trên 65 ha.

- Đoạn từ cửa Tranh Đề đến cửa sông Mỹ Thanh: Chiều dài khoảng 8 km thuộc xã Trung Bình – Huyện Long Phú, bờ biển có xu thế bồi, nhưng tốc độ bồi tụ khoảng 20 m/năm, chậm hơn nhiều so với đoạn bờ biển từ cửa Định An tới cửa Tranh Đề.

- Đoạn từ cửa sông Mỹ Thanh đến ranh giới với tỉnh Bạc Liêu: Chiều dài khoảng 52 km, bờ biển tương đối thẳng, chạy dài theo hướng Đông Đông Bắc – Tây Tây Nam. Trên đoạn bờ này xảy ra hiện tượng xói bồi xen kẽ.

❖ ***Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau***

- Với chiều dài khoảng 55 km, dải ven biển thuộc tỉnh Bạc Liêu có cao độ phổ biến từ 1,0 ÷ 1,5m, ven bờ có các giồng cát cao độ từ 1,5 ÷ 3,0 m. Đường bờ biển từ giáp danh với tỉnh Sóc Trăng đến xã Long Điền Đông - huyện Giá Rai tương đối thẳng, có xu thế bồi lấn ra biển. Đường bờ biển từ xã Long Điền Tây - huyện Giá Rai gần tới cửa Gành Hào dài khoảng 14 km đang có những diễn biến rất phức tạp, khi lở khi bồi, xu thế chung là xói lở bờ và bồi tụ bãi bồi thấp [42].

- Từ phía Đông Bắc cửa sông Gành Hào đến phía Tây xóm Rạch Tàu đang bị xói lở mạnh. Phía Bắc cửa Gành Hào bị xói lở từ những năm 1976 trở lại đây, trong khi đó ở phía Nam cửa Gành Hào, xói lở xảy ra từ những năm 1940 - 1950 với tốc độ trên 100 m/năm. Từ Vĩnh Châu đến Hiệp Hoà, tốc độ xói đạt tới 50 m/năm. Tại cửa sông Gành Hào, đồn biên phòng xây dựng năm 1976, cách bờ biển 1200 m, nay đã phải xây dựng lại. Những thiệt hại do xói lở bờ biển gây ra lên tới hàng chục tỷ đồng. Công trình bảo vệ bờ cũng đã được xây dựng dài khoảng 500 m, nhưng chưa đủ khả năng chống xói lở, hiện đang bị phá hủy.

- Từ mũi Cà Mau đến cửa sông Bảy Háp (phía Tây của huyện Ngọc Hiển), quá trình bồi tụ diễn ra rất mạnh. Hàng năm, bờ biển lấn ra gần 100 m, tạo thành những bãi bồi lớn, rất thuận lợi cho việc nuôi trồng thủy, hải sản.

- Từ khu vực mũi Bà Quan đến Khánh Lâm, khu vực phía Nam và phía Bắc cửa sông Ông Đốc, tốc độ bồi tụ giảm đi từ Nam đến Bắc và cho đến Khánh Lâm về phía Bắc bờ biển trở nên ổn định.

❖ *Hiện trạng bồi tụ - xói lở bờ biển cửa sông tỉnh Kiên Giang*

Bờ biển cửa sông tỉnh Kiên Giang nằm ở phía Tây vịnh Thái Lan, chịu ảnh hưởng lớn của thủy triều vịnh Thái Lan. Chế độ thủy hải văn biển Tây tạo ra hình thái dải ven biển Kiên Giang khá ổn định, quá trình bồi tụ, xói lở xảy ra yếu và có xu thế bồi tụ là chính.

Nói tóm lại, bờ biển từ Vũng Tàu đến Hà Tiên dài khoảng 800 km, tổng số đoạn bờ bồi - xói theo phiếu điều tra là 58 đoạn, trong đó trung bình khoảng 22 km có 1 đoạn bờ bị xói lở. Đoạn bờ bồi tụ gồm 42 đoạn (theo phiếu điều tra). Sự phân bố và diễn ra quá trình bồi ở các tỉnh khác nhau. Tỉnh có các xã bồi nhiều nhất là Bến Tre 12 xã; Kiên Giang 9 xã; Cà Mau 7 xã; TP. Hồ Chí Minh 5 xã; Trà Vinh 3 xã; Sóc Trăng 2 xã; Bạc Liêu 2 xã và Tiền Giang 2 xã.

❖ *Hiện trạng bồi tụ khu vực nghiên cứu*

Do đặc tính địa hình đường bờ ảnh hưởng tới quá trình vận chuyển bùn cát và quá trình tích tụ trầm tích ven bờ, sự hình thành các bãi bồi tích tụ ven biển cửa sông ở mỗi khu vực khác nhau. Hiện trạng bồi tụ khu vực nghiên cứu được trình bày trong bảng 3.12.

Bảng 3.12: Hiện trạng bồi tụ bờ biển cửa sông vùng Nam bộ

Số TT	Tên xã	Tên huyện	Tên tỉnh	Chiều rộng (m)	Diện tích bồi (m^2)
1	2	3	4	5	6
1	Cần Thạch	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	300	806.900,10
2	Long Hoà	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	190	2.82.530,40
3	Long Hoà	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	400	2.980.598,52
4	Long Hoà	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	600	1.594.431,71
5	Lý Nhơn	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	500	1.296.070,10
6	Phú Tân	Gò Công Đông	Tiền Giang	1300	5.151.929,00
7	Gia Thuận	Gò Công Đông	Tiền Giang	330	165.000,00
8	Bảo Thạch	Ba Tri	Bến Tre	500	1.159.000,00
9	Thừa Đức	Bình Đại	Bến Tre	300	1.675.000,00
10	Thừa Đức	Bình Đại	Bến Tre	900	1.365.000,00
11	Thừa Đức	Bình Đại	Bến Tre	600	625.000,00
12	Thừa Đức	Bình Đại	Bến Tre	300	1.533.000,00
13	Bảo Thuận	Ba Tri	Bến Tre	700	2.708.000,00
14	Tân Thuỷ	Ba Tri	Bến Tre	900	1.093.000,00

1	2	3	4	5	6
15	An Thuỷ	Ba Tri	Bến Tre	1200	1.961.00,00
16	An Điền	Thạch Phú	Bến Tre	1000	2.724.000,00
17	Thạch Hải	Thạch Phú	Bến Tre	400	2.422.000,00
18	Thạch Hải	Thạch Phú	Bến Tre	500	1.942.000,00
19	Thạch Phong	Thạch Phú	Bến Tre	700	1.209.000,00
20	Tr.Long Hoà	Duyên Hải	Trà Vinh	500	2.261.000,00
21	Đông Hải	Duyên Hải	Trà Vinh	310	340.200,00
22	Đông Hải	Duyên Hải	Trà Vinh	1100	5.335.000,00
23	An Thạch 3	Long Phú	Sóc Trăng	800	14.880.000,00
24	Vĩnh Hải	Vĩnh Châu	Sóc Trăng	600	974.300,00
25	Vĩnh Thịnh	Vĩnh Lợi	Bạc Liêu	700	1.209.000,00
26	Long Điền Đ	Gia Rai	Bạc Liêu	1000	7.974.000,00
27	TT.Sông Đốc	Trần Văn Thời	Cà Mau	400	1.296.000,00
28	Trần Hợi	Trần Văn Thời	Cà Mau	200	1.351.000,00
29	Việt Khái	Cái Nước	Cà Mau	1200	13.100.000,00
30	Đất Mới	Ngọc Hiển	Cà Mau	2000	24.374.000,00
31	Viên An	Ngọc Hiển	Cà Mau	900	18.570.000,00
32	Đất Mũi	Ngọc Hiển	Cà Mau	1400	18.020.000,00
33	Đất Mũi	Ngọc Hiển	Cà Mau	500	1.202.000,00
34	Vĩnh Lạc	Rạch Giá	Kiên Giang	3.000	90.000,00
35	Đông Thạch	An Minh	Kiên Giang	60	195.000,00
36	Nam Yên	An Biên	Kiên Giang	800	800.000,00
37	Mỹ Đức	Hà Tiên	Kiên Giang	150	450.000,00
38	Vân Khánh	An Minh	Kiên Giang	200	3.500.000,00
39	Mỹ Lâm	Hòn Đất	Kiên Giang	30	75.000,00
40	Thổ Sơn	Hòn Đất	Kiên Giang	12,5	212.500,00
41	Đông Hưng	An Minh	Kiên Giang	260	1.660.000,00
42	Bình Sơn	Hòn Đất	Kiên Giang	110	1.980.000,00
Tổng cộng					**150.777.559,83**

Tốc độ bồi tụ diễn ra lớn nhất ở vùng bờ biển Đất Mũi thuộc tỉnh Cà Mau, nơi giao nhau giữa hai vùng bờ Đông và Tây Nam Bộ. Quá trình bồi tụ đang diễn ra mạnh ở vùng bờ Đất Mũi Cà Mau, hàng năm đất bồi lấn ra biển trung bình khoảng chừng 40 - 50 m/năm, có nơi đạt tới 80 - 100 m/năm.

Một số một số khu vực trước đây bị xói lở thì nay đang được bồi trở lại hoặc ngược lại. Vùng bãi bồi cao phát triển thành bãi ổn định, vùng bờ bãi bồi thấp thường ít ổn định và luôn biến động theo mùa. Các bãi bồi thường hình thành và phát triển xen kẽ với các vùng xói lở.

Vùng bờ Cà Mau có nhiều điều kiện thuận lợi cho sự hình thành và phát triển các bãi bồi đã ổn định cũng như các bãi bồi đang hình thành chưa ổn định, đặc biệt điển hình vùng Đất Mũi đến cửa Bảy Háp bên phía vịnh Thái Lan. Ở đây bờ có nền đáy rất nông và rộng bao quanh, nơi được tiếp nhận một lượng phù sa phong phú của sông Cửu Long cung cấp. Mạng lưới kênh rạch phát triển dày đặc. Hơn nữa vùng này có biên độ triều nhỏ (xấp xỉ 1 m), dòng năng lượng sóng yếu, thuận lợi cho sự phát triển rừng ngập mặn tạo ra vùng lá chắn bảo vệ bờ và tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tích tụ phù sa. Nhờ các yếu tố đó vùng bờ biển Cà Mau, nhất là vùng Bãi Bùng, Đất Mới, Mũi Ông Trang đất liền liên tục lấn ra biển hàng năm với tốc độ rất lớn, có năm đạt tới 80 m - 100 m. Quá trình phát triển các bãi bồi ở đây được hình thành từ các bãi bồi nông đến đất bãi ổn định.

Vùng tích tụ ven bờ Sóc Trăng - Bạc Liêu kéo dài khoảng gần 100 km từ Mỹ Thạch đến Rạch Cây Bông. Đặc điểm nổi bật ở đây là vùng tích tụ cửa Mỹ Thạch - Vĩnh Châu, bờ đã vươn ra biển nơi xa nhất tới 2 km, với cường độ trung bình 40 m/năm. Nguồn phù sa được cung cấp chủ yếu của hệ thống sông Cửu Long, trực tiếp là cửa Định An -Tranh Đề do dòng ven bờ mang tới. Trên vùng bờ Sóc Trăng - Bạc Liêu có đoạn bờ ít biến đổi trong chục năm gần đây như vùng Vĩnh Châu (dài khoảng 10 km), song có đoạn bờ đang diễn ra quá trình xói lở như đoạn bờ Vĩnh Lợi - Vĩnh Châu (dài khoảng 25 km). Trên vùng bờ này đang hình thành bãi bồi nông rộng khoảng 2 km, chỉ lộ ra khi thuỷ triều kiệt. Dải bãi này có tiềm năng hình thành vùng đất mới khoảng 15 - 20 năm tới thuộc ấp Hoàng Tàu tới xóm Gò (dài gần 20 km).

Sự phát triển các bãi bồi ven biển cửa sông vùng cửa sông Tranh Đề - Hàm Luông thuộc tỉnh Trà Vinh. Dải bờ này bồi tụ có tính trội trong nhiều năm trước đây, các điểm bồi tụ mạnh là Cù Lao Dung phía cửa Tranh Đề, cửa Định An, cửa Cung Hầu phía bờ Bắc và cửa Hàm Luông. Các vùng bồi có điểm chung là phát triển mạnh theo hướng Tây Nam, nơi dòng chảy từ cửa sông đổ ra gặp dòng chảy ven bờ tạo ra vùng lắng đọng thuận lợi. Tại vùng Cù Lao Dung trong giai đoạn 1930 - 1995 các bãi bồi liên tục được mở rộng theo hướng Tây Nam và đã lấn sâu ra biển gần 5 km với tốc độ 80 m - 90 m/năm. Trong những năm gần đây tốc độ bồi

tụ vùng Cù Lao Dung tăng với tốc độ khoảng 100 m/năm. Xen kẽ các vùng bờ bồi là các vùng bờ xói lở cục bộ.

Vùng bờ biển cửa sông Cửa Đại, Cửa Tiểu, Soài Rạp thuộc các tỉnh Bến Tre, Tiền Giang và vùng duyên hải thuộc thành phố Hồ Chí Minh, dải bãi bồi này hiện nay rất phức tạp. Trong dải này có những vùng bờ được bồi tụ liên tục nhưng lại có vùng bờ đang bị xói lở nghiêm trọng. Các điểm bồi tụ phát triển mạnh và liên tục là Ba Tri và Cồn Giồng Lợn (nằm giữa cửa Tiểu và cửa Đại). Tại Ba Tri trong giai đoạn 1930 - 1995 các bãi bồi đã hình thành và phát triển lấn ra biển tới 2 - 2,5 km với tốc độ trung bình 100 m/năm. Tại vùng Giồng Lợn nhiều bãi bồi mới đã trở thành các bãi ổn định và hình thành gần 1.000 ha đất canh tác.

Phần lớn các bãi bồi mới ổn định và chưa ổn định đã và đang được sử dụng khai thác nuôi trồng thuỷ hải sản.

❖ ***Hiện trạng xói lở khu vực nghiên cứu***

Theo kết qủa điều tra, khảo sát và tổng hợp báo cáo từ các địa phương cùng với kết qủa phân tích trên các bản đồ, ảnh viễn thám, cho thấy xói lở bờ biển Nam bộ từ những năm 1940 trở về trước, không hề xảy ra. Trong khoảng những năm 1940 - 1950 xói lở đã xảy ra ở một số đoạn bờ biển nhưng tốc độ xói lở không lớn. Từ năm 1960 trở lại đây, xói lở bờ biển diễn ra khá phổ biến, hầu như trên khắp dải ven biển thuộc các tỉnh ven biển đồng bằng Nam bộ.

Diễn biến hình thái bờ biển Nam Trung bộ và Nam bộ phần lớn tập trung vào các đoạn bờ lân cận các cửa sông và tại các vị trí có sự chênh lệch tương đối lớn về độ cao giữa thềm địa hình vùng đất liền và thềm biển.

Trong thời kỳ chục năm gần đây, hiện tượng xói lở dải bờ biển đồng bằng Nam bộ xảy ra rất phức tạp, nhiều nơi và gây ra hậu quả rất nghiêm trọng. Hiện trạng xói lở ở mỗi tỉnh xẩy ra khác nhau. Nơi xẩy ra quá trình xói lở mạnh nhất là bờ biển Cần Giờ, TP Hồ Chí Minh, Đông Hải tỉnh Trà Vinh, Ngọc Hiển, Đầm Rơi và Trần Văn Thời tỉnh Cà Mau. TP. Hồ Chí Minh có 4 đoạn; Tiền Giang 3 đoạn; Bến Tre 5 đoạn; Trà Vinh 7 đoạn; Sóc Trăng 3 đoạn; Bạc Liêu 1 đoạn; Cà Mau 6

đoạn và Kiên Giang 2 đoạn. Xói lở bờ biển đã đe doạ các công trình đê biển, khu dân cư, gây nguy cơ úng ngập và nhiễm mặn, đe doạ mất an toàn lương thực cho nhiều vùng ven biển rộng lớn, ảnh hưởng không nhỏ tới an toàn tính mạng dân cư và sự phát triển kinh tế của các vùng ven biển. Các tỉnh có bờ xói lở dài nhất là: Cần Thạnh, Thạnh An Cần Giờ - TP. Hồ Chí Minh; Mỹ Long Bắc - Cầu Ngang, Đông Hải - Duyên Hải tỉnh Trà Vinh; Gành Hào Đông Hải tỉnh Bạc Liêu; Tân Tiến - Đầm Rơi, Nguyễn Việt Khái Cái Nước tỉnh Cà Mau và Dương Hoà, Kiên Lương tỉnh Kiên Giang (bảng 3.13).

Bảng 3.13 Hiện trạng xói lở bờ biển cửa sông các tỉnh ven biển Nam Bộ

Số TT	Tên xã	Tên huyện	Tên tỉnh	Chiều rộng (m)	Diện tích xói (m^2)
1	2	3	4	5	6
1	Long Hoà	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	400	748.800,00
2	Lý Nhơn	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	400	1.072.000,00
3	Lý Nhơn	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	400	1.151.000,00
4	Thạch An	Cần Giờ	TP Hồ Chí Minh	1.000	6.786.000,00
5	Tân Thành	Gò Công Đông	Tiền Giang	750	750.000,00
6	Tân Điền	Gò Công Đông	Tiền Giang	1.700	3.400.000,00
7	Vòm Láng	Gò Công Đông	Tiền Giang	175	175.000,00
8	Thạnh Phước	Bình Đại	Bến Tre	200	743.000,00
9	Thạnh Phước	Bình Đại	Bến Tre	200	363.600,00
10	Thừa Đức	Bình Đại	Bến Tre	800	3.865.000,00
11	Bảo Thạch	Ba Tri	Bến Tre	500	1.718.000,00
12	Thạnh Hải	Thạnh Phú	Bến Tre	1.000	11.780.000,00
13	Đại An	Trà Cú	Trà Vinh	180	551.900,00
14	Mỹ Long	Cầu Ngang	Trà Vinh	200	614.800,00
15	Mỹ Long	Cầu Ngang	Trà Vinh	300	495.100,00
16	Tr.Long Hoà	Duyên Hải	Trà Vinh	600	4.230.000,00
17	Long Vĩnh	Duyên Hải	Trà Vinh	400	2.436.500,00
18	Đông Hải	Duyên Hải	Trà Vinh	500	1.665.000,00
19	Hiệp Thạnh	Duyên Hải	Trà Vinh	400	1.357.000,00
20	Trung Bình	Long Phú	Sóc Trăng	400	3.363.000,00

1	2	3	4	5	6
21	Trung Bình	Trung Bình	Sóc Trăng	500	2.026.000,00
22	Vĩnh Hải	Vĩnh Châu	Sóc Trăng	400	3.173.000,00
23	TT Gành Hào	Gia Rai	Bạc Liêu	300	1.844.000,00
24	Tân Thuận	Đầm Rơi	Cà Mau	1.100	5.940.000,00
25	Tân Tiến	Đầm Rơi	Cà Mau	700	6.912.000,00
26	Nguyễn Huân	Đầm Rơi	Cà Mau	900	8.965.000,00
27	Tam Giang	Ngọc Hiển	Cà Mau	1.400	14.980.000,00
28	Tam Giang	Ngọc Hiển	Cà Mau	1.000	16.610.000,00
29	Tân An	Ngọc Hiển	Cà Mau	1.100	15.930.000,00
30	Thuận Yến	Hà Tiên	Kiên Giang	200	400.000,00
31	Bình An	Hà Tiên	Kiên Giang	30	60.000,00
Tổng cộng					124.105.700,00

❖ ***Đặc điểm xói lở***

Phân cấp mức độ xói lở theo xu thế lấn sâu vào đất liền được chia ra 4 cấp:

- Yếu: Tốc độ xói lở trung bình lấn sâu vào đất liền dưới 5 m/năm

- Trung bình: Tốc độ lấn sâu vào đất liền từ 5 - 15 m/năm

- Mạnh: Tốc độ lấn sâu vào đất liền từ 15 - 30 m/năm

- Rất mạnh: Tốc độ lấn sâu vào đất liền trên 30 m/năm

Toàn dải bờ biển Nam Bộ Việt Nam có tốc độ xói lở yếu là 19 đoạn chiếm 45,2%; tốc độ trung bình có 7 đoạn, chiếm 16,6%; tốc độ mạnh có 5 đoạn, chiếm 11,9% và các đoạn bờ có tốc độ rất mạnh có 7 đoạn, chiếm 16,6%.

Cường độ xói lở thường mạnh ở các khu bờ thẳng và gần các cửa sông lớn thuộc bờ Nam, vùng Đông Nam bộ.

Cường độ bồi - xói phát triển chậm ở các đoạn bờ khúc khuỷu với nhiều đảo chắn ngoài thuộc bờ biển Hà Tiên, nằm ở phía Tây Nam bộ.

Các tỉnh hiện nay có bờ biển bị xói lở mạnh nhất với tốc độ xói lở trên 30 m/năm là Gò Công Đông - Tiền Giang, Hiệp Thạch - Duyên Hải, Trà Vinh, Gành Hào - Đông Hải, Bạc Liêu; Tân Thuận và Tân Tiến tỉnh Cà Mau.

Nếu xét diễn biến các quá trình xói lở bờ biển theo thời gian 10 năm có thể thấy rằng:

Từ năm 1950 đến năm 1959 có 3 đoạn xói lở

Từ năm 1960 đến năm 1969 có 4 đoạn xói lở

Từ năm 1970 đến năm 1979 có 7 đoạn xói lở

Từ năm 1980 đến năm 1989 có 10 đoạn xói lở

Từ năm 1990 đến năm 1999 có 13 đoạn xói lở

Từ năm 2000 đến nay có 4 đoạn xói lở.

Mức độ xói lở bờ biển Nam bộ, trước năm 1950 theo phiếu điều tra chưa thấy xuất hiện. Từ năm 1950 đến năm 2003 tăng dần và tăng rất nhanh, đặc biệt từ những thập kỷ 70 đến nay. Từ năm 1950 đến năm 1959 mới chỉ xuất hiện có 4 đoạn, song đến năm 2003 đã lên tới 38 đoạn xói lở. Tỉnh Kiên Giang trước đây bờ biển tương đối ổn định, ngày nay đã và đang có hiện tượng xói lở.

❖ ***Tương quan bồi tụ và xói lở bờ biển cửa sông vùng Nam bộ***

Quá trình bồi tụ và xói lở đang diễn ra dọc bờ biển cửa sông vùng Nam bộ có mối quan hệ tương tác lẫn nhau. Nhiều vùng bờ đang được bồi, nhưng ngược lại có vùng đang bị xói lở. Mức độ bồi - xói diễn ra ở mỗi tỉnh rất khác nhau. Hiện nay ở ven biển cửa sông Nam bộ hiện tượng bồi tụ vẫn chiếm ưu thế so với hiện tượng xói lở. Điển hình xói lở là TP. Hồ Chí Minh, Tiền Giang, Trà Vinh còn điển hình bồi tụ là tỉnh Cà Mau. Theo kết quả phiếu điều tra ở các tỉnh, diện tích đất mất đi do quá trình xói lở trội hơn diện tích bồi tụ là TP. Hồ Chí Minh và tỉnh Trà Vinh. Tỉnh có diện tích bồi lớn nhất là tỉnh Cà Mau, tiếp theo là các tỉnh Kiên Giang, Bạc Liêu và Sóc Trăng. Tỉnh có diện tích bồi trung bình là tỉnh Kiên Giang, còn tỉnh Bến Tre diện tích bồi ít nhất trong vùng hiện nay. Tổng diện đất bồi ở Nam bộ theo tính toán số liệu phiếu điều tra trội hơn đất mất đi do xói lở vào khoảng 3104 ha (bảng 3.14).

Bảng 3.14 Hiện trạng bồi và xói lở bờ biển cửa sông vùng Nam bộ (ha)

Số TT	Tên tỉnh	Bồi		Xói		Xói hoặc bồi
		Tổng diện tích	Trung bình	Tổng diện tích	Trung bình	
11	TP. Hồ Chí Minh	696, 1	139,2	975,8	243,9	-279,7
2	Tiền Giang	531,7	265,8	432,5	144,1	99,2
3	Bến Tre	1865,2	155,4	1846,9	369,4	18,2
4	Trà Vinh	914,5	264,5	1135,0	162,1	-220,5
5	Sóc Trăng	1585,4	792,7	856,2	285,4	729,2
6	Bạc Liêu	918,3	459,1	184,4	184,4	733,9
7	Cà Mau	6612,3	944,6	5438,8	906,5	1173,5
8	Kiên Giang	896,2	99,6	46,0	23,0	850,3
9	Tổng diện tích bồi và xói lở Nam bộ	14019,7	4750,0	10915.6	2318,8	3104,1

Tóm lại:

- Hiện trạng xói lở bờ biển Nam Bộ có xu thế tăng dần theo thời gian. Theo số liệu thống kê, mười năm lại đây (1992 -2002), số đoạn bờ bị xói lở đã tăng thêm 10 đoạn.

- Bờ biển xói lở mạnh vào thời kỳ gió mùa ĐB ở bờ phía Đông, còn bờ phía Tây Nam bộ vào mùa gió chướng Tây Nam và đặc biệt vào thời điểm triều cường.

- Tương tác bồi và xói lở diễn ra khác nhau trên toàn dải, tỉnh có diện tích bồi lớn nhất là Cà Mau, tỉnh có bờ biển cửa sông bị xói mất đất nhiều nhất là TP. Hồ Chí Minh và Trà Vinh.

- Tổng diện tích đất bồi ở ven biển cửa sông Nam bộ lớn hơn tổng diện tích mất đi do xói lở.

Trên cơ sở các số liệu thống kê hiện trạng xói lở, bồi tụ các đoạn bờ biển cửa sông, đề tài đã xây dựng được bản đồ hiện trạng xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam, tỷ lệ 1:250.000 (hình 3.4).

3.2. HIỆN TRẠNG XÓI LỞ - BỒI TỤ Ở MỘT SỐ KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM VEN BỜ BIỂN CỬA SÔNG VIỆT NAM

Dựa trên các số liệu khảo sát, và các số liệu thống kê hiện trạng xói lở, bồi tụ các đoạn bờ biển cửa sông như: Đình Vũ, Đồ Sơn - Hải Phòng; Ba Lạt - Thái Bình; Hải Hậu, Cửa Đáy - Nam Định; Thừa Thiên - Huế; Quảng Ngãi; Phú Yên, Gò Công Đông - Tiền Giang, Định An - Sóc Trăng, Gành Hào - Bạc Liêu, đề tài đã xây dựng sơ đồ các khu vực trọng điểm nghiên cứu xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông Việt Nam (hình 3.4a).

3.2.1. Hiện trạng xói lở - bồi tụ khu vực Đình Vũ - Hải Phòng

Ven đảo Đình Vũ có độ dài đường bờ khoảng 1500 m nằm ở đoạn bờ cuối cùng phía Đông Nam Đình Vũ, phía Bắc giáp với luồng Bạch Đằng, phía Đông giáp cửa Nam Triệu, phía Nam và Đông Nam giáp vịnh biển Đồ Sơn - Cát Bà, phía Tây giáp cửa Cấm nay đã bị bồi tụ nổi cao.

Hai sông chính chi phối toàn bộ chế độ thuỷ văn khu vực là sông Bạch Đằng và sông Cấm, cùng đổ ra biển qua cửa Nam Triệu và sẽ là luồng chính của dự án phát triển cảng này. Tổng lượng nước trung bình hằng năm qua luồng Nam Triệu là 12km^3 và lượng bùn cát xấp xỉ 5 triệu tấn. Ngoài ra, sông Lạch Tray ở phía Tây cũng góp phần ảnh hưởng đến sự tiến hoá tự nhiên của đảo Đình Vũ.

Kết quả nghiên cứu biến động bồi - xói của đường bờ trung bình ở Đông Nam đảo Đình Vũ cho thấy:

- Giai đoạn từ 1965 đến 1980 (15 năm) là giai đoạn trước khi có đập Đình Vũ, đây là giai đoạn diễn ra xói lở mạnh nhất và đạt tốc độ lớn nhất 11,8 m/năm. Bờ bị xói lở trên chiều dài 1610 m, chiếm 83% tổng chiều dài đoạn bờ bồi - xói và đoạn bờ xói lở mạnh nhất dài 1250 m, chiếm 64,4% tổng chiều dài đoạn bờ bồi - xói và bằng 77,6% tổng chiều dài bị xói lở. Tốc độ xói lở trung bình của đoạn bờ là 7,7 m/năm. Đoạn bờ xói lở mạnh nhất ở cách đầu bờ bê tông khoảng 1 km về phía Đông. Nơi đây trước kia tồn tại hai đê cát cổ, phía ngoài đê cát cổ là bãi triều cao có rừng ngập mặn.

- Giai đoạn 1980 - 2001 (21 năm) là giai đoạn đã có đập Đình Vũ. Ảnh hưởng của đập Đình Vũ đến đường bờ trung bình khá lớn do không những tốc độ xói lở giảm mà chiều dài đoạn bờ xói lở cũng giảm đi. Tuy nhiên, ở đường bờ cao như phân tích ảnh vệ tinh SPOT chụp năm 1994 và ảnh IKONO chụp năm 2001 vẫn liên tục bị xói xói trong vòng 7 năm trở lại đây với tốc độ trung bình 4,2 m/năm. Cũng theo các tư liệu đo sâu địa hình và những kết quả khảo sát trong khoảng 10 năm trở lại đây, mặc dù bãi triều thấp Đông Nam Đình Vũ có xu thế bồi tụ về phía biển nhưng cách đường bờ trung bình khoảng 250 - 500 m về phía Đông Nam luôn tồn tại một lạch triều nhỏ kéo dài theo phương Đông Bắc - Tây Nam rồi chuyển dần về phương gần Bắc - Nam. Lạch triều này xói mòn bãi thấp tạo ra các trũng thấp có độ sâu tương đối so với mặt bãi triều 1,0 - 1,5 m. Ảnh hưởng của đập Đình Vũ hơn 20 năm qua ở đoạn bờ nghiên cứu đã đi vào thế ổn định và chủ yếu gây bồi tụ mở rộng bãi thấp và đường bờ trung bình.

- Giai đoạn từ 1965 - 2001 (36 năm), đây là giai đoạn tổng hợp của 2 giai đoạn trên. Đoạn bờ từ đầu kè bê tông đến bến phà Đình Vũ dài gần 2000 m (đường bờ năm 1965), trung bình mỗi năm đường bờ trung bình lùi sâu vào 1,2 m/năm do

bị xói xói. Tốc độ trung bình này tuy không lớn nhưng nó lại diễn ra liên tục trong suốt hơn 30 năm qua trên đảo Đình Vũ và cho đến nay vẫn bị xói ở bờ cao. Dòng bùn cát di chuyển theo hai phương thức: lơ lửng và di đáy. Về mùa mưa do độ đục cao nên dòng bùn cát trên sông lớn hơn nhiều so với mùa khô và có xu hướng giảm dần về phía hạ lưu. Ở gần cửa sông về mùa khô, do ảnh hưởng của sóng và dòng triều, độ đục lại giảm từ ngoài vào trong, do vậy dòng bồi tích khi triều lên có vai trò quan trọng.

Hiện tượng xói lở mạnh đang diễn ra ở khu vực bãi triều cao và gây bồi lấp, sa bồi luồng lạch. Đến nay hầu hết các bãi triều cao ở hai bên sông Bạch Đằng và Cấm đã được quai đắp thành đầm nuôi thuỷ sản, làm cho trắc diện ngang của sông bị thu hẹp đáng kể và một loạt các lạch triều lớn nhỏ bị ngăn lại và ngừng hoạt động. Dòng bồi tích được tăng cường. Khu vực Đình Vũ là nơi chịu ảnh hưởng trực tiếp của các dòng bồi tích từ sông Cấm và sông Bạch Đằng nên sự bồi lắng lòng sâu diễn ra khá mạnh mẽ. Theo hải đồ năm 1938 ở giữa lòng có lạch sâu 10 - 14m, nay lạch này bị thu hẹp chiều rộng xuống còn 6m. Nguyên nhân của sự bồi lắng là do tăng nguồn bồi tích chuyển tới khu vực và có tới trên 10 lạch triều các loại bị bồi lấp.

Xói lở bờ đảo Đình Vũ xảy ra liên tục kéo dài, đã diễn ra từ rất lâu và còn tiếp tục trong tương lai. Quá trình diễn biến xói lở rất phức tạp, bờ phía TN có xu hướng chuyển thành bồi sau đắp đập Đình Vũ năm 1981 và quá trình xói dịch dần và mạnh dần về bờ phía Đông Bắc. Tại đây, đường mực biển cao liên tục bị xói lấn về phía đảo, trong khi đường mực biển trung bình khi lấn ra do bồi, khi lấn vào do xói và kết quả chung là lấn vào với tốc độ chậm hơn đường mực biển cao.

3.2.2. Hiện trạng bồi tụ khu vực Tây Nam Đồ Sơn và khả năng xây dựng cảng nước sâu

Vùng ven bờ Tây Nam bán đảo Đồ Sơn là bộ phận rìa cùng phía Đông Bắc châu thổ sông Hồng kéo dài từ Đồ Sơn đến Lạch Trường. Tiến hoá môi trường trầm tích của khu vực trong Holocen cho thấy rằng quá trình lắng đọng trầm tích liên tục diễn ra trong suốt 8000 năm qua với tốc độ trung bình 2,2 mm/năm. Khoảng 3000 năm trở lại đây, tốc độ lắng đọng trầm tích tăng lên mạnh và đạt trung bình 5 mm/năm, vượt xa tốc độ dâng cao mực nước và hạ lún kiến tạo (xấp xỉ 3 mm/năm).

Nguồn cung cấp bồi tích chính cho khu vực hiện nay là sông Văn Úc với tải lượng phù sa đạt khoảng 11 triệu tấn/năm. Đường bờ trung bình thể hiện pha bồi tụ, xói lở với biên độ khoảng 30 - 40 năm, tốc độ trung bình đạt xấp xỉ khoảng 10 m/năm, cực đại có nơi đạt 100 m/năm. Cân bằng bồi xói của hai pha bồi và pha xói liền nhau cho xu thế bồi tụ lấn biển. Đường "0" m hải đồ cho xu thế bồi tụ liên tục khi cân bằng bồi - xói với tốc độ bồi lấn trung bình trên 10 m/năm, cực đại có chỗ đạt 70 - 80 m/năm, thể hiện pha bồi - xói không rõ ràng. Phần sườn bờ, cân bằng bồi - xói ở các đường đẳng sâu cũng thấy xu thế liên tục bồi tụ lấn ra phía biển khá rõ với tốc độ lớn hơn chục lần so với các đường bờ khác.

Dự báo 5 - 10 năm tới, tốc độ bồi tụ ở bờ và sườn bờ như giai đoạn 10 năm trước đây, đường bờ trung bình sẽ cách hiện nay khoảng 500 - 600 m, đường "0" m hải đồ bồi tụ tiến ra biển khoảng 600 -700 m, trong khoảng độ sâu 4 - 12 m, tốc độ bồi tụ vẫn có điều kiện bồi tụ mạnh như hiện nay. Đến 20 năm tới, tốc độ bồi tụ bờ và bờ ngầm sẽ giảm đi so với 1992 - 2002 nhưng lớn hơn nhiều lần so với 1934 - 1965, đường bờ trung bình có hình thái gần giống đường đẳng cao 1 m trên "0" m hải đồ hiện nay. Đến 50 năm tới, phần sườn bờ ngầm sát bờ hoạt động bồi tụ của sóng tạo nên đê cát ngầm ở phía Đông Nam Hòn Dấu, đường "0" m hải đồ tiến tới ngang vụng Vạn Sét, gần tới đường đẳng sâu 2 m hiện nay và đường bờ trung bình tiến tới gần vụng Vạn Hương.

Xây dựng cảng nước sâu trong vùng cấu trúc châu thổ là không phù hợp với quá trình tự nhiên. Cấu trúc châu thổ với đặc điểm bồi tụ mạnh với hình thái lồi cong ra phía biển, đường đẳng sâu và đường bờ luôn biến động mạnh trong khi cảng nước sâu luôn cần duy trì luồng sâu từ chục mét trở lên. Cảng Hải Thịnh trong cùng cấu trúc châu thổ sông Hồng là một bài học cho ta thấy không nên xây cảng nước sâu trong vùng cấu trúc châu thổ.

Đối với cảng nước sâu dự kiến ở Tây Nam bán đảo Đồ Sơn, qui mô đầu tư xây dựng công trình rất lớn, điều kiện động lực bờ tác động đến vùng nước cảng sẽ thay đổi nhiều, nhưng tình hình sa bồi dự báo sẽ rất lớn dựa trên những căn cứ sau đây:

- Vị trí nằm trong vùng châu thổ sông Hồng, bồi tụ thuộc loại mạnh của thế giới. Những kết quả nghiên cứu trình bầy ở các phần trước đã khẳng định xu thế

bồi tụ lâu dài của khu vực này. Mặc dù bờ biển tại khu vực này có chu kỳ xói lở, bồi tụ xen kẽ nhưng phần bãi thấp, đặc biệt là phần bờ ngầm (phần chìm của châu thổ - đạt đến độ sâu 12 m) liên tục bồi lấn ra phía biển. Phần bãi cao hiện đang ở chu kỳ bồi mạnh (dự báo kéo dài khoảng 30 - 40 năm và đã bắt đầu khoảng 10 năm). Kết quả nghiên cứu của đề tài này đã dự báo khả năng sa bồi khu vực rất lớn vào 10, 20 và 50 năm tới.

- Luồng vào cảng theo mọi phương án thiết kế đều gần vuông góc với dòng dọc bờ và nằm trong vùng nước nông của châu thổ ngầm vì vậy sẽ bị sa bồi nghiêm trọng. Luồng Nam Triệu hiện tại nằm ở vùng cửa sông hình phễu Bạch Đằng có điều kiện động lực dòng chảy tốt hơn, nhưng trục luồng tàu chỉ lệch với hướng dòng chảy 20 - 30^0 mà đã bị sa bồi nghiêm trọng. Khu cảng Tây Nam bán đảo Đồ Sơn nằm trong đới tác động của dòng chảy triều và dòng chảy gió rất mạnh, không có dòng chảy dọc luồng tàu để đẩy bùn cát do dòng chảy triều và gió ven bờ đưa tới.

- Khi hình thành kè chắn sóng kéo từ cửa Văn Úc tới cửa luồng về mùa mưa bão bùn cát ven bờ và từ sông Văn Úc đưa ra sẽ được sóng tạo thành dòng di chuyển dọc bờ kè bồi lấp luồng vào cảng nhanh chóng, đặc biệt khi có bão. Vì thế, vấn đề sa bồi luồng khi xây cảng nước sâu ở đây sẽ cực kỳ to lớn và thường xuyên không thể khắc phục.

Để tận dụng vị trí rất thuận lợi của một cảng nước sâu tại Hải Phòng, trong điều kiện không thể xây dựng được ở Tây Nam bán đảo Đồ Sơn do sa bồi lớn, có thể chọn xây dựng cảng nước sâu ở khu vực sông Bạch Đằng. Những luận cứ của phương án này như sau:

- Nhiều cảng lớn nước sâu trên thế giới đều xây dựng ở vùng cửa sông hình phễu do tính chất ưu việt của động lực cửa sông có dòng chảy triều được cộng hưởng thêm dòng chảy sông dọc theo trục luồng chính vào cảng. Quá trình phát triển của cảng là liên tục, kế thừa theo hướng ra biển cùng với đòi hỏi nâng cấp cảng đáp ứng nhu cầu kinh tế xã hội.

- Tình trạng sa bồi luồng cảng hiện nay do qui mô phát triển cảng chưa lớn, chưa có giải pháp chỉnh trị nào, mà chỉ đơn thuần nạo vét thông luồng. Nếu quyết

định xây cảng nước sâu cỡ lớn như vậy dự kiến ở Tây Nam bán đảo Đồ Sơn, có thể xây kè 2 phía luồng chống cát bùn tràn ngang và mức kè kéo đến độ sâu cần thiết (khoảng 12 - 14 m) thì ảnh hưởng của dòng bùn cát dọc bờ và tác động dòng sóng tạo bãi ngang chắn cửa luồng không còn nữa. Hướng kè và luồng được định theo hướng dòng chảy tự nhiên nhằm tạo ra dòng chảy dọc luồng mạnh nhất, chống tích tụ ở cửa luồng.

- Việc xây cảng nước sâu trên cơ sở kéo dài tuyến luồng ra phía biển có thể thực hiện qua nhiều pha đoạn, trên cơ sở kế thừa và phát triển, nâng cấp toàn bộ cơ sở hạ tầng cảng và lợi thế cảng hiện có, cả về vận tải đường sông nội thuỷ và đường sắt.

Có hai tuyến luồng cảng nước sâu ở vùng cửa Bạch Đằng đều có thể lựa chọn. Việc quyết định tuyến nào là vấn đề cần tiếp tục cân nhắc. Tuyến Nam Triệu ra biển từ khu cảng Hải Phòng hiện nay và cả cảng Đình Vũ trong tương lai gần, không phải đào kênh Hà Nam và như vậy tổng chi phí phát triển cảng nước sâu đương nhiên thấp hơn. Tuyến Lạch Huyện đi từ Hải Phòng, Đình Vũ ra biển xa hơn, phải đào kênh Hà Nam nên tổng chi phí cao hơn. Mặt khác, xây dựng cảng và hoạt động của luồng cảng theo hướng này ảnh hưởng đáng kể đến môi trường sinh thái vùng đảo Cát Bà, có thế mạnh rất lớn về du lịch sinh thái và bảo tồn tự nhiên.

3.2.3. Bồi tụ cửa Ba Lạt

Bồi tụ cửa Ba Lạt có tính tiêu biểu cho ven biển cửa sông Đồ Sơn - Cửa Đáy. Do sự tập trung cao của bồi tích ở khu cửa sông nên tốc độ bồi tụ khu cửa Ba Lạt khá lớn.

Để nghiên cứu đánh giá mức độ và cường độ bồi tụ - xói lở ở khu vực nghiên cứu, chúng tôi đã tiến hành khảo sát, đo đạc địa hình định kỳ (vào các mùa đặc trưng) theo các mặt cắt cố định ở các bãi bồi bờ Bắc và bờ Nam cửa Ba Lạt. Đã tiến hành 3 chuyến khảo sát đo đạc biến dạng địa hình trong 3 năm theo phương pháp đo toàn đạc bằng máy THEO - 020. Kết quả tính toán sai số trùng phương khép góc và khoảng cách bảo đảm độ chính xác cho phép. Đồng thời, đã tiến hành đo sâu địa hình lòng dẫn sông Hồng đoạn cửa Ba Lạt theo 20 mặt cắt đo sâu dọc theo đê sông xã Nam Phú và Giao Thiện bằng máy hồi âm FURUNO - FE - 4300,

các điểm và tuyến đo sâu được định vị bằng máy định vị vệ tinh GPS - 901. Kết quả được trình bày ở bảng trong phụ lục 2.

Phân tích kết quả đo đạc, tính toán và các mặt cắt thẳng đứng biến động địa hình, đối sánh với hiện trạng địa hình năm 1983 cho thấy:

- Địa hình lòng dẫn cửa sông biến động mạnh, có xu hướng chuyển dịch về phía Nam. Bờ phía Nam (xã Giao Thiện) bị xói lở mạnh với cường độ xói 3 - 4 m/năm. Bờ phía Bắc (xã Nam Phú) được bồi tụ cao với xu thế ổn định, tốc độ bồi lấp khoảng 3 - 4 cm/năm, đáy lòng dẫn được bồi lấp khoảng 7 - 10 cm/năm.

- Các bãi bồi cửa Ba Lạt trong các năm 1994 - 1998 đang nằm trong pha phát triển khá mạnh về phía biển, tốc độ phát triển trung bình khoảng 25 - 30 m/năm, đặc biệt là các cồn bãi chắn ngay trước cửa sông toả về hai phía tốc độ bồi có giảm dần. Các nguồn vật liệu cửa sông được chuyển dần về các phần khép góc giữa bãi bồi với bờ biển và bồi tụ ở đó với mức độ khác nhau.

- Các bãi bồi được bồi cao tăng dần về phía cửa sông Hồng và từ đê biển ra phía biển. Ở vùng gần cửa sông có mức độ bồi cao khoảng 3 - 5 cm/năm, xa hơn về phía Bắc (giữa xã Nam Hưng và Nam Phú) đạt 7 - 10 cm/năm. Mức độ bồi tụ theo các mùa trong năm và các năm cũng khác nhau, vào mùa lũ lớn có nơi được bồi cao đến 12 - 15 cm/năm.

- Trong những năm gần đây do quá trình khai thác vùng bãi bồi cửa sông Ba Lạt để nuôi trồng thuỷ hải sản và khai thác tự nhiên (đón lõng) bằng đắp bờ đìa, khoanh đầm làm cho quá trình bồi tụ, xói lở xảy ra rất không đồng đều theo lãnh thổ và theo thời gian, ngăn cản quá trình bồi lấp các ô trũng sau cồn và thu hẹp không gian lắng đọng trầm tích bãi triều cao.

Trong khoảng 1938 đến nay, tốc độ bồi lấn biển trung bình của bãi bồi cao là 45 m/năm, cực đại 70 m/năm; tốc độ bồi tụ bãi bồi thấp chỉ 35 m/năm (bảng 3.15). Lý do có sự chênh lệch tốc độ giữa BBC và BBT là do kiểu bồi tụ lấp đầy ở đây. Trừ cồn Réo, các cồn Thủ, Lu, Vành, Ngạn cơ bản đều bồi tụ nổi cao từ 50 - 60 năm về trước tạo thành vành đai chắn sóng để bồi tụ lấp đầy phía trong trên 50 năm qua, có sự bồi tụ không đều giữa phía Bắc và phía Nam. Phía Nam bồi tụ mạnh hơn .

Bảng 3.15 Tốc độ bồi tụ ngang một số khu vực (1938 đến nay)

Đoạn bờ	Bãi bồi cao (m/năm)		Bãi bồi thấp (m/năm)	
	Khoảng	Trung bình	Khoảng	Trung bình
Đồ Sơn - Thái Bình	10 - 30	20	20 - 40	30
Thái Bình - C. Lân	8.0 - 40	30	20 - 50	35
Ba Lạt	28 - 70	45	20 - 40	35
Đáy (Lạch Giang - Càn)	35 - 100	70	20 - 50	35

Trong khoảng trên 50 năm, bồi tụ bãi triều thấp không đáng kể, còn bãi triều cao bồi tụ mở rộng mạnh phát triển trên nền BBT. Trong đó BBC phía Bắc mở rộng nhanh gấp trên 1,5 lần phía Nam cửa sông.

Sự hình thành, phát triển và tồn tại của các cồn cát trước cửa sông có liên quan đến hướng di chuyển của các nhánh sông. Nói chung, các cồn cát mới thành tạo và phát triển nằm ở phía cửa sông. Sau một thời gian nhất định, sự phát triển của cồn cát cản lấn dòng sông làm cho lòng sông bị phân nhánh. Ở một thời điểm thích hợp, thường trùng với lũ lớn, dòng chảy rất mạnh sẽ chọc thủng cồn cát chắn bị xói lở ở phía đối diện và mở ra một nhánh sông mới, còn nhánh cũ sẽ bị bồi tụ hoặc lấp kín. Một thời kỳ phát triển mới của cửa sông lại bắt đầu.

Sự di chuyển đồng thời và có chu kỳ của các nhánh sông về phía Đông Bắc và Tây Nam là điểm nổi bật của sự phát triển dải ven biển ở cửa Ba Lạt. Nửa thế kỷ qua, nhánh chính cửa Ba Lạt đổi hướng 3 lần với chu kỳ khoảng 20 - 25 năm, có hai lần cửa sông di chuyển về phía Nam và chỉ một lần di chuyển về phía Bắc (1938 - 1971). Cửa Ba Lạt chuyển về hướng Tây Nam khoảng trước năm 1938, về hướng Đông Bắc trong khoảng 1938 - 1971 và về hướng Tây Nam từ năm 1972 đến nay. Trầm tích được bồi tụ mạnh hơn với cỡ hạt mịn hơn ở phía cửa hướng về và bồi tụ chậm hơn, thậm chí bị xói lở ở phía đối diện.

Vùng đất bồi cửa Ba Lạt từ cửa Lân đến cửa Phú Hải dài khoảng 21 km, rộng trung bình 5,3 km ở phía Bắc, 9,5 km ở phía Nam. Nếu trừ 322 ha khu khai hoang Nam Thịnh đắp năm 1975 - 1978, toàn bộ vùng đất bồi nằm phía ngoài tuyến đê biển đắp khoảng năm 1962 - 1993 có diện tích 14295 ha, chiếm 32,5% tổng diện tích vùng đất bồi từ Đồ Sơn đến Cửa Đáy. Trong đó BBC 9442 ha (gần 50%), BBT 5513 ha (chiếm 20,4%). Nếu so sánh tỷ lệ BBC chiếm 63%, BBT chiếm

27%, tương quan này khác hẳn toàn ven biển cửa sông Đồ Sơn - Cửa Đáy (41% BBC, 59% BBT). Sự khác biệt này do đặc điểm bồi tụ kiểu hỗn hợp lấp đầy - lấn tiến đặc thù cho khu cửa.

Nhìn rộng hơn, khu cửa Ba Lạt có hình cánh cung, dây cung (Quất Lâm - Đồng Châu) dài 32 km, độ cao cung 18 km tạo nên phần nhô ra biển của giữa ven biển cửa sông Đồ Sơn - Cửa Đáy. Khu cửa Ba Lạt sụt hạ trong tân kiến tạo thuộc loại khá mạnh 0,08 - 0,09 mm/năm (không phải mạnh nhất ven biển cửa sông Đồ Sơn - Cửa Đáy). Từ đầu thế kỷ tới nay, tốc độ bồi luôn đạt xấp xỉ 80 m/năm lấn dần ra phía biển.

3.2.4. Xói lở bờ Hải Hậu và sa bồi luồng vào cảng Hải Thịnh

Xói lở ở Văn Lý đã trên 50 năm, có qui mô lớn trên chiều dài gần 30 km, tốc độ xói 10 - 15 m/năm, cực đại 20 - 30 m/năm, mỗi năm mất hàng chục ha đất bồi. Hiện có 1/4 chiều dài vùng ven bờ châu thổ sông Hồng đang bị xói lở.

Đánh giá tập trung vào trọng điểm Hải Hậu - vùng cửa sông Ninh Cơ - cảng Hải Thịnh (Nam Định), các kết quả khảo sát đã có thêm căn cứ để nhận định rằng biến động hình thái các dạng tích tụ ngầm vùng cửa Ninh Cơ là nguyên nhân trực tiếp gây biến dạng luồng vào cảng Hải Thịnh, và gián tiếp liên quan tới xói lở bờ biển Hải Hậu và dòng bồi tích dọc bờ hướng về phía Đông Nam trong mùa gió Đông Bắc. Phân tích các bản đồ đo sâu chi tiết tỷ lệ lớn, lặp lại từ năm 1998 tới nay với định kỳ mỗi năm hai lần, có thể thấy rằng khi kết thúc mùa mưa lũ là thời kỳ bồi lấp thu hẹp mặt cắt ướt cửa Ninh Cơ liên quan tới xói lở bờ Văn Lý và dòng bồi tích dọc bờ hướng về phía Đông Nam. Về mùa mưa lũ, các dạng tích tụ ngầm vừa hình thành lại có xu thế bị phá hủy mở rộng mặt cắt ướt cửa Ninh Cơ. Theo cơ chế như vậy, hình thái cấu trúc và hình thái động lực các dạng tích tụ vùng cửa sông Ninh Cơ biến động chu kỳ ngắn theo mùa và biến động chu kỳ dài làm thay đổi hướng dòng chảy chính hoặc về phía Đông Bắc do lũ đột phá hoặc về phía Đông Nam chừng 4 - 10 năm.

Khu vực Nghĩa Phúc do sự đổi dòng của cửa sông Ninh Cơ cũng xảy ra xói cục bộ trên đoạn bờ khoảng 2,7 km với biên độ tới 250 m từ 1965 đến 1995, tốc độ

8,3 m/năm. Từ 1991-1995 quá trình xói lở diễn ra trên đoạn bờ với chiều dài xấp xỉ 500 m, với biên độ xói tới 60 m, tốc độ 15 m/năm (bảng 3.16).

Bảng 3.16 Chiều dài và diện tích xói lở khu vực Văn Lý - Hải Thịnh

Giai đoạn	Chiều dài bờ (km)	Diện tích xói lở (ha)	Diện tích xói lở TB/năm (ha)	Tốc độ xói lở TB/năm (m)
1965 - 1991	19,5	436,8	16,8	8,6
1991 - 1995	17,2	100,0	20,0	14,5

Như vậy cường độ xói lở tại khu vực này tăng nhanh theo thời gian, và có xu hướng mở rộng về phía Hải Thịnh với tốc độ 500 m/năm trong giai đoạn 1965 - 1991 (bảng 3.17).

3.2.5. Hiện trạng bồi tụ luồng tàu vào cảng Hải Thịnh - Nam Định

Luồng tàu vào cảng Hải Thịnh dài gần 8 km, là luồng tự nhiên chưa được cải tạo. Luồng chạy qua vùng bãi bồi và luôn chịu tác động của gió, sóng và dòng chảy từ sông Ninh Cơ, làm cho hướng luồng luôn dịch chuyển. Để bảo đảm cho tàu đi lại an toàn, hàng năm Bảo đảm an toàn Hàng hải Việt Nam đã phải chi một khoản tiền từ 250 triệu đồng đến 350 triệu đồng để khảo sát, điều chỉnh phao hiệu hàng hải theo sự biến dạng luồng.

Bảng 3.17 Hiện trạng xói bờ biển Văn Lý - Hải Thịnh

Giai đoạn	1930-1965		1965-1991		1991-1995		1995-2003	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Tổng chiều dài xói	8,6		19,5		17,2		18,6	
Yếu	1,8	20,9	1,6	8,2	5,2	30,2	4,8	25,8
Trung bình	4,6	53,5	0,9	4,6	0	0	3,5	18,8
Mạnh	2,2	25,6	4,0	20,5	0	0	0	
Rất mạnh			13,0	66,7	12,0	69,8	10,3	55,4
Diện tích (ha/năm)	2,95		16,8		20,0		21,5	

Luồng có chiều rộng 60 m, cao độ đáy lớn nhất là 0,0 m, nhỏ nhất là 4,2 m. Trên luồng lắp đặt 11 phao hiệu dẫn tàu ban ngày và một đèn báo cửa cao 25 m. Do sử dụng luồng tự nhiên và không có báo hiệu đêm nên việc ra vào cảng của tàu thuyền có khó khăn, phải chờ nước (tần suất triều ở cửa Lạch Giang cho tàu biển 600 DWT vào cảng Hải Thịnh an toàn khoảng 70%).

Có thể nhận thấy gần đây khả năng bồi cạn và phát triển mạnh các cồn cát chắn cửa tại các cửa Đáy, cửa Lạch Giang và Ba Lạt. Sự suy giảm dòng chảy mùa lũ từ sông tạo điều kiện cho dòng bồi tích cát dọc bờ do sóng làm cạn các cửa, phát triển nổi cao cồn cát chắn cửa. Do bồi cạn và dịch chuyển luồng cửa khá nhanh, luồng vào cảng Hải Thịnh trong cửa sông Ninh Cơ hoạt động rất khó khăn.

Đặc điểm chung di chuyển cửa này là bắt đầu một chu kỳ phá mở cồn cát chắn ở phía Bắc để tạo trục luồng cửa mới. Sau đó, trục luồng di chuyển dần xuống phía Nam do bồi bờ Bắc, xói bờ Nam và sau khoảng trên dưới chục năm thì áp sát vào phía bờ Nghĩa Hưng ở phía Nam. Khi áp sát bờ Nam, cửa luồng bị bồi cạn nhanh chóng, gây cản trở thoát lũ. Đến một cơ hội có lũ lớn, dòng lũ lại phá vỡ cồn cát để tạo trục luồng cửa mới ở phía Bắc. Có thể dẫn ra một số ví dụ như sau:

- Năm 1974, dòng lũ phá mở cửa luồng ở phía Bắc. Đây là vị trí phá mở xa nhất về phía Bắc và luồng này dịch sát về phía Nam.

- Đến năm 1983, lũ phá mở luồng tại một vị trí phía Bắc, nhưng luồng tại vị trí này nhanh chóng bị bồi lấp. Có thời gian ngắn tồn tại hai luồng Bắc và Nam.

- Đến năm 1986, lũ phá mở lại luồng phía Bắc, nằm giữa vị trí 1974 và 1983. Luồng này di chuyển dần về phía Nam và sát vào bờ Nghĩa Hưng vào năm 1995.

- Đến năm 1995, lũ mở lại luồng ở gần vị trí năm 1986. Có thời gian ngắn tồn tại hai luồng Bắc và Nam.

- Từ năm 1995 đến nay, luồng phía Bắc dịch dần về phía Nam và đến nay rất gần sát bờ Nghĩa Hưng. Có nghĩa là, trong thời gian ngắn không xa, nếu có lũ lớn, dòng lũ sẽ mở một luồng mới ở phía Bắc.

Như vậy trong vòng 30 năm qua (1974-2003) có 4 lần dòng lũ phá mở cửa luồng về phía Bắc. Nếu không tính lần 1983 mở rồi lại bị lấp ngay thì có 3 lần mở cửa luồng về phía Bắc với thời khoảng 9 - 11 năm. Theo nhịp điệu này thì chỉ vài ba năm nữa, cửa luồng sẽ lại mở về phía Bắc.

3.2.6. Bồi tụ khu vực cửa Đáy

Vùng ven biển Nghĩa Hưng (cửa Đáy) tỉnh Nam Định nằm ở phía Nam của châu thổ sông Hồng kéo dài khoảng trên 10 km và bị giới hạn bởi hai phân lưu của

hệ thống sông Hồng đổ ra biển là sông Ninh Cơ (cửa Lạch Giang) ở phía Bắc và sông Đáy (cửa Đáy) ở phía Nam. Đây là khu vực đã và đang diễn ra các hoạt động dân sinh, kinh tế sôi động như nuôi trồng thuỷ sản, khai hoang nông nghiệp, làm muối...

Cửa Đáy liên tục là khu vực bồi tụ mạnh nhất châu thổ sông Hồng. Từ đầu thế kỷ tới nay, tốc độ bồi luôn đạt xấp xỉ 100 m/năm. Biên độ bồi tối đa Cửa Đáy giai đoạn 1930 - 1965 là 5,06 km, tương ứng với tốc độ mạnh nhất là 144,6 m/năm. Biên độ bồi tối đa giai đoạn 1965 - 1990 là 2,34 km, tương ứng với tốc độ mạnh nhất là 93,6 m/năm. Biên độ bồi tối đa giai đoạn 1991 - 1995 là 850 m, tương ứng với tốc độ mạnh nhất là 210 m/năm (bảng 3.18). Hiện nay tốc độ bồi rất cao đạt trên 100 m/năm, nơi mạnh nhất tới trên 200 m/năm. Bồi tụ diễn ra trên qui mô đường bờ và tốc độ rất lớn, với chiều dài bồi từ 30 đến 47 km. Bồi tụ mạnh nhất diễn ra theo hướng Đông Nam từ hai bên cửa sông thuộc khu vực Nghĩa Điền và Bình Minh (bảng 3.19).

Bảng 3.18 Biên độ và tốc độ bồi tụ khu vực Cửa Đáy

Giai đoạn / Đoạn bờ	1930-1965		1965-1990		1990-1995	
	Biên độ bồi TB (m)	Tốc độ bồi TB (m/năm)	Biên độ bồi TB (m)	Tốc độ bồi TB (m/năm)	Biên độ bồi TB (m)	Tốc độ bồi TB (m/năm)
Hải Thịnh	720	20,6	360	14	0	0
Rạng Đông	2100	60	1900	76	0	0
Nghĩa Điền	3100	88,6	1450	58	510	127
Bình Minh	3850	110	1920	76,8	740	185
Nga Tiến	1850	52,8	1020	40,8	530	132
Nga Tân	1900	54,3	560	22,4	420	105
Đa Lộc	1100	31,4	750	30	0	0

Bảng 3.19 Chiều dài và diện tích bồi tụ khu vực Cửa Đáy

Giai đoạn	Tình trạng	Chiều dài bờ biển (km)	Diện tích bồi (ha)	Diện tích bồi TB/năm (ha)
1930 - 1965	Bồi	47,1	9850,1	281,4
1965 - 1991	Bồi	31,8	4306,9	172,2
1991 - 1995	Bồi	35,8	2063,6	515,9

Hiện trạng bồi tụ khu vực cửa Đáy được đánh giá bằng bản đồ 1:250.000 thành lập năm 1930, bản đồ UTM năm 1965, ảnh vệ tinh MOS1 - MESSR năm 1991, ảnh vệ tinh SPOT đa phổ năm 1995 và các tài liệu thu thập được từ khảo sát thực địa.

Chỉ trong vòng 54 năm qua (1938-1992), bãi ngập triều cao (bãi bồi cao) bồi tụ mở rộng trung bình 47 ha/năm tại cửa Đáy. Tốc độ bồi theo mặt cắt ở Kim Sơn (Nam Cửa Đáy) đạt 120 m/năm, lớn nhất châu thổ sông Hồng. Vùng châu thổ ngầm, đường đẳng sâu 5m khu vực cửa Đáy lấn ra phía biển 30 m/năm trong khi đoạn bờ Văn Lý là 2,5 - 3,5 m/năm.

3.2.7. Hiện trạng xói lở bờ biển tỉnh Thừa Thiên - Huế

Bờ biển Thừa Thiên - Huế kéo dài theo hướng TB - ĐN, thẳng hướng sóng gió và vật chất cấu tạo bờ chủ yếu là cát, dài khoảng 120 km, quá trình xói lở ở đây xảy ra khá mạnh, đặc biệt trong thời gian gần đây. Tổng số đoạn bờ bị xói lở của tỉnh là 33 đoạn, tổng chiều dài bị xói lở là 29,5 km. Như vậy, tính trung bình gần 4 km lại có 1 đoạn bị xói lở và tổng chiều dài đoạn bờ biển bị xói lở chiếm 25% tổng chiều dài bờ biển. Toàn tỉnh có 5 huyện ven biển, trong đó có 15 xã đang bị xói lở (bảng 3.20, hình 3.5).

Bảng 3.20 Hiện trạng xói lở bờ biển Thừa Thiên - Huế

Số TT	Địa danh		Năm xảy ra xói lở	Vị trí (bờ biển, cửa sông)	Số đoạn bị xói lở	Chiều dài bị xói lở (km)	Tốc độ xói lở TB năm (m/năm)
	Huyện	Xã					
1	Phú Vang	Phú Hải	2000	Bờ biển	8	1,2	22,5
2		Vinh An	1999	Bờ biển	1	0,1	20,0
3		TT.Thuận An	1995	Bờ biển	4	2,0	8,0
4			1985	C. Thuận An			
5		Phú Nhuận	Th.xuyên	Bờ biển	1	4,5	1,5
6			1999	C. Hoà Duân			
7		Phú Diễn	1975	Bờ biển	2	7,5	4,0
8	Phong Điền	Điền Hoà	1990	Bờ biển	1	0,1	3,0
9		Hải Phong	1954		1		2,7
10	Hương Trà	Hải Dương	1999	Bờ biển	1	1,5	150

11			1999	C. Thuận An	1		22,0
12	Phú Lộc	Vinh Hải	1950	Bờ biển	Toàn bộ	5,0	1,5
13		Lộc Vĩnh	1999	Bờ biển	3	3,0	20
14		Lộc Hải	1999	Bờ biển	3	0,3	10
15		Vĩnh Hiền	1999-nay	Bờ biển	1	1,0	60
16		Vĩnh Mỹ	1978-nay	Bờ biển	1	0,1	2,2
17	Quảng Điền	Quảng Ngạn	1999	Bờ biển	3	3,1	20
18		Quảng Công	1980		1		4,0

- Tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền tính theo trung bình năm khá lớn và được chia làm 4 cấp:

+ Yếu: có tốc độ lấn sâu vào bờ trung bình < 5 m/năm chiếm 46,6%

+ Trung bình: có tốc độ lấn sâu vào bờ trung bình 5 - 15 m/năm chiếm 13,3%

+ Nhanh: có tốc độ lấn sâu vào bờ trung bình 15 - 30 m/năm chiếm 26,6%

+ Rất nhanh: có tốc độ lấn sâu vào bờ trung bình > 30 m/năm chiếm 13,3%.

Như vậy tốc độ xói lở lấn sâu vào bờ trung bình > 15 m/năm chiếm 40% song chủ yếu rơi vào năm 1999 và 2000.

- Mức độ xói lở lấn sâu vào lục địa (bờ bị xói lở tính từ khi bắt đầu tới nay), chia làm 4 cấp:

+ Yếu: bờ bị xói lở < 50 m chiếm 46%

+ Trung bình: bờ bị xói lở 51 - 100 m chiếm 25,7%

+ Mạnh: bờ bị xói lở 101 - 200 m chiếm 15%

+ Rất mạnh: bờ bị xói lở > 200 m chiếm 13,3%

Mức độ lấn sâu vào đất liền từ trước tới nay trên 100 m chiếm 38,3%. Khu vực bị lấn sâu vào đất liền lớn nhất là Phú Nhuận, Phú Diễn (Phú Vang); Hải Dương, Điền Hoà (Hương Trà); Vĩnh Hải (Phú Lộc).

- Tổng chiều dài của các đoạn bờ bị xói lở khá lớn. Có thể chia kích thước của đoạn bờ bị xói lở ra 5 cấp:

+ Ngắn: chiều dài đoạn bờ bị xói lở < 200 m, có 8 đoạn chiếm 24,2%

+ Đáng kể: chiều dài đoạn bờ bị xói lở 200 - 1000 m, có 13 đoạn chiếm 39,4%

+ Trung bình: chiều dài đoạn bờ bị xói lở 1000 - 2000 m, có 6 đoạn chiếm 18,2%

+ Lớn: chiều dài đoạn bờ bị xói lở 2000 - 6000 m, có 5 đoạn chiếm 15,2%

+ Rất lớn: chiều dài đoạn bờ bị xói lở > 6000 m, có 1 đoạn chiếm 3,0%

Như vậy, các đoạn bờ bị xói lở có chiều dài trên 1000 m trở lên chiếm xấp xỉ 40%. Khu vực bị xói có chiều dài từ 3000 m - 5000 m là Phú Nhuận (Phú Vang); Vinh Hải (Phú Lộc); Quảng Ngạn (Quảng Điền); còn khu vực bị xói lở > 7000 m là Phú Diễn (Phú Vang).

- Quá trình xói lở diễn ra khá mạnh trong giai đoạn hiện nay, phân theo từng thời kỳ ta có thể thấy:

+ Từ năm 1930 - 1949 không có

+ Từ năm 1950 - 1959 có 2 đoạn chiếm 6,1%

+ Từ năm 1960 - 1969 có 1 đoạn chiếm 3,0%

+ Từ năm 1970 - 1979 có 2 đoạn chiếm 6,1%

+ Từ năm 1980 - 1989 có 1 đoạn chiếm 3,0%

+ Từ năm 1990 - 2000 có 27 đoạn chiếm 81,8%

Riêng năm 1999, do ảnh hưởng của cơn lũ lịch sử vào tháng XI, ở Thừa Thiên - Huế có 14 đoạn bờ bị xói lở mạnh.

- Quá trình xói lở ở Thừa Thiên - Huế diễn ra chủ yếu ở các khu vực bờ cấu tạo bằng cát và đất cát, riêng ở Lộc Vĩnh - Phú Lộc xói lở cả trên đất sét pha và đất cuội, sỏi. Hiện nay ở đây đã có các công trình chỉnh trị như kè, mỏ hàn, trồng cây ở một số nơi là: Thuận An, Phú Nhuận (Phú Vang); Điền Hoà (Phong Điền); Vinh

Hải, Vinh Hiền (Phú Lộc); Quảng Ngạn (Quảng Điền) nhưng vẫn xảy ra xói lở mạnh. Chúng tôi đã thống kê được:

+ Số đoạn bị xói lở đã có đê, kè, mỏ hàn bảo vệ là 5 đoạn

+ Số đoạn xói lở đã được trồng cây là 13 đoạn

+ Số đoạn bờ bị xói lở có liên quan đến cửa sông là 3 đoạn

Quá trình xói lở xảy ra mạnh nhất ở bờ biển của thôn II - xã Hải Dương (Hương Trà), cả đoạn bờ dài gần 1500 m đã bị xói lở. Riêng năm 1999 đã xói lở vào bờ 150 m, làm hư hại các công trình dân sinh kinh tế và đưa xuống biển 54 nhà dân cùng tài sản. Nặng nhất là đoạn bờ từ xóm Đình đến miếu Phường Dừa, cả một cồn cát dài xấp xỉ 400 m, rộng xấp xỉ 70 m và cao 20 m đã bị xói lở gần hết, đưa 6 căn nhà dân xuống biển và 12 hộ dân phải di dời khẩn cấp.

Ở khu vực cửa Hòa Duân, quá trình xói lở diễn biến khá phức tạp. Trận lũ lịch sử vào tháng XI năm 1999 đã tạo ra cửa mới, đến tháng IV năm 2000 cửa Hoà Duân rộng xấp xỉ 300 m, các công trình bảo vệ bờ như đê, kè và các công trình dân sinh - kinh tế bị phá huỷ khá nặng nề.

Bờ biển cửa Tư Hiền cũng bị biến động mạnh. Trận lũ tháng XI/1999 đã mở ra 2 cửa mới ở Vinh Hiền và Vinh Hải, cuốn trôi hàng chục ngôi nhà. Nước lũ đã phá kè đá xếp trước cửa Tư Hiền, làm xói lở bãi bồi trồng phi lao phía bên phải và xói sâu tới 4 - 5 m, nhưng đến tháng V/2000 ở đây đã bồi tụ lại một bãi cát cao, rộng 100 - 240 m, các cửa mới cũng được bồi tụ thu hẹp cửa Tư Hiền. Nhưng đợt gió mùa tháng X/2000 lại làm xói lở cả bờ biển dài gần 700 m, lùi sâu vào đất liền 25 - 30 m, tạo nên các vách xói lở cao trên 3 m, làm cho hơn 60 hộ dân ở đây có nguy cơ phải di dời.

❖ ***Hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ phía trong cửa Thuận An***

Đây là vùng có biến động mạnh, do tác động của dòng sông, của con người, của đầm phá và của biển.

Nơi đây quá trình bồi tụ và xói lở xen kẽ nhau phức tạp và diễn ra trên quy mô lớn. Thêm vào đó, tác động của con người bằng việc quai đê để đưa các vùng đất bãi và bãi nông vào sử dụng đã làm cho bức tranh biến động thêm phức tạp. Ở

đây quy ước coi những vùng bồi tụ tự nhiên cùng với những vùng con người quai đê để sử dụng là đất lấn nước và gọi là bồi tụ. Với ý niệm như trên vùng cửa sông Hương là vùng bồi tụ mạnh, đặc biệt là từ năm 1965 trở lại đây. Trong thời gian này diện tích đất lấn ra biển tại vùng cửa sông Hương đạt tới gần 500 ha, chiếm 70% tổng diện tích bồi tụ và lấn biển của cả vùng. Trong đó có đến 75% số diện tích này là kết quả của việc quai đê để sử dụng các vùng đất bãi, bãi nông vào nuôi trồng thuỷ sản. Xu thế bồi tụ như trên vẫn đang tiếp diễn.

Cùng với xu thế bồi tụ, quá trình xói lở cũng đã diễn ra rất mạnh ở vùng cửa sông Hương, nhất là vào thời kỳ trước năm 1965. Thời kỳ đó xu thế trội là xói. Trong các thời kỳ sau 1965 đến 1985 và 1985 đến nay xói lở chỉ xuất hiện trên một số khu vực nhỏ như tại ấp Tân Mỹ xã Phú Tân.

Như vậy, nếu trước năm 1965 tại vùng cửa phía trong cửa Thuận An quá trình xói lở diễn ra mạnh, thì từ năm 1965 đến nay quá trình bồi tụ tự nhiên và việc quai đê lấn biển diễn ra rất mạnh làm tăng đáng kể diện tích lấn ra đầm phá. Đây là xu thế trội của hơn 30 năm qua và những năm tới xu thế này được hậu thuẫn bởi nguồn phù sa do sông Hương tải ra làm nông dần đáy đầm phá tạo ra những bãi nông mỗi năm một rộng ra.

Ngoài bờ biển và cửa Thuận An, vùng bờ còn lại thuộc bờ phá Tam Giang và các đầm Thanh Lam, Hà Trung. Kết quả khảo sát và bằng phương pháp phân tích bản đồ và ảnh vệ tinh chụp ở các thời điểm khác nhau cho thấy quá trình bồi tụ và xói lở đã diễn ra khá mạnh. Trong mỗi thời kỳ: trước năm 1965, 1965 - 1985, 1985 đến nay đều có những đoạn bờ được bồi tụ và có những đoạn bờ bị xói lở với cường độ biến động từ 3 - 9 m/năm... Có những đoạn bờ quá trình bồi tụ diễn ra liên tục như xã Phú Thuận, có những đoạn bờ quá trình bồi tụ xói lở diễn ra xen kẽ nhau như ở xã Phú Diễn. Bên cạnh đó có những đoạn bờ không biến động hoặc biến động không đáng kể qua các thời kỳ như Hải Dương, Quảng Ngạn. Cũng như vùng cửa sông Hương, ở các vùng bờ đầm, phá bên cạnh các vùng bồi tụ tự nhiên có những vùng đất lấn dần ra đầm, phá do con người quai đê để trồng trọt và nuôi trồng thuỷ sản.

❖ ***Diễn biến vùng cửa sông Thuận An***

Kết quả phân tích ảnh vệ tinh, bình đồ đo sâu qua các năm cho thấy tuyến lạch sâu cửa sông Thuận An diễn biến theo hình nan quạt, quét một góc từ Tây Bắc sang Đông Bắc rồi lại quay trở lại (hình 3.6). Năm 1984 là năm chuyển hướng từ NW- NE (lượt đi) sang NE – NW (lượt về). Thời gian lượt đi khá dài đến 40 – 50 năm, nhưng thời gian lượt về chỉ còn lại 15 năm? Đó là vì trong 15 năm lại đây, thời tiết biến đổi phức tạp, các hoạt động của các yếu tố động học từ hướng NE, E, SE... được tăng cường mạnh hơn. Trong năm 1983 có hai cơn bão: cơn bão Lex hướng E, cơn bão Sarah hướng SE. Có thể hai cơn bão này xúc tiến sự đổi chiều diễn biến của lạch sâu trong năm 1984. Tiếp đó cơn bão Cecil hương ESE năm 1985, cơn bão Dom hướng E năm 1986, cơn bão Betly hướng ESE năm 1987...

Sự chuyển dịch của lạch sâu về hướng NW kéo theo là mũi tên cát từ bờ Nam cửa Thuận An lấn dần lên hướng Tây Bắc, và sự xói lở của mỏm cát bờ Bắc của xã Hải Dương.

Nhìn chung, suốt dải bờ biển cửa sông Thuận An đều có xu hướng chung là xói lở với tốc độ yếu. Dải cát ngăn cách biển và đầm phá tồn tại hàng trăm năm nay tương đối ổn định, và cán cân bùn cát chủ yếu vẫn nghiêng về chuyển động từ Bắc xuống Nam. Hiện tượng xói bồi xen kẽ và xu thế trội của dòng bùn cát từ Nam lên Bắc là cục bộ.

Mặc dù tốc độ xói lở không lớn, nhưng do dải cát ở vùng Thuận An – Hoà Duân quá mỏng, nguy cơ bị chọc thủng, mở cửa liên thông biển và đầm phá ở vùng eo bầu vẫn có thể xảy ra.

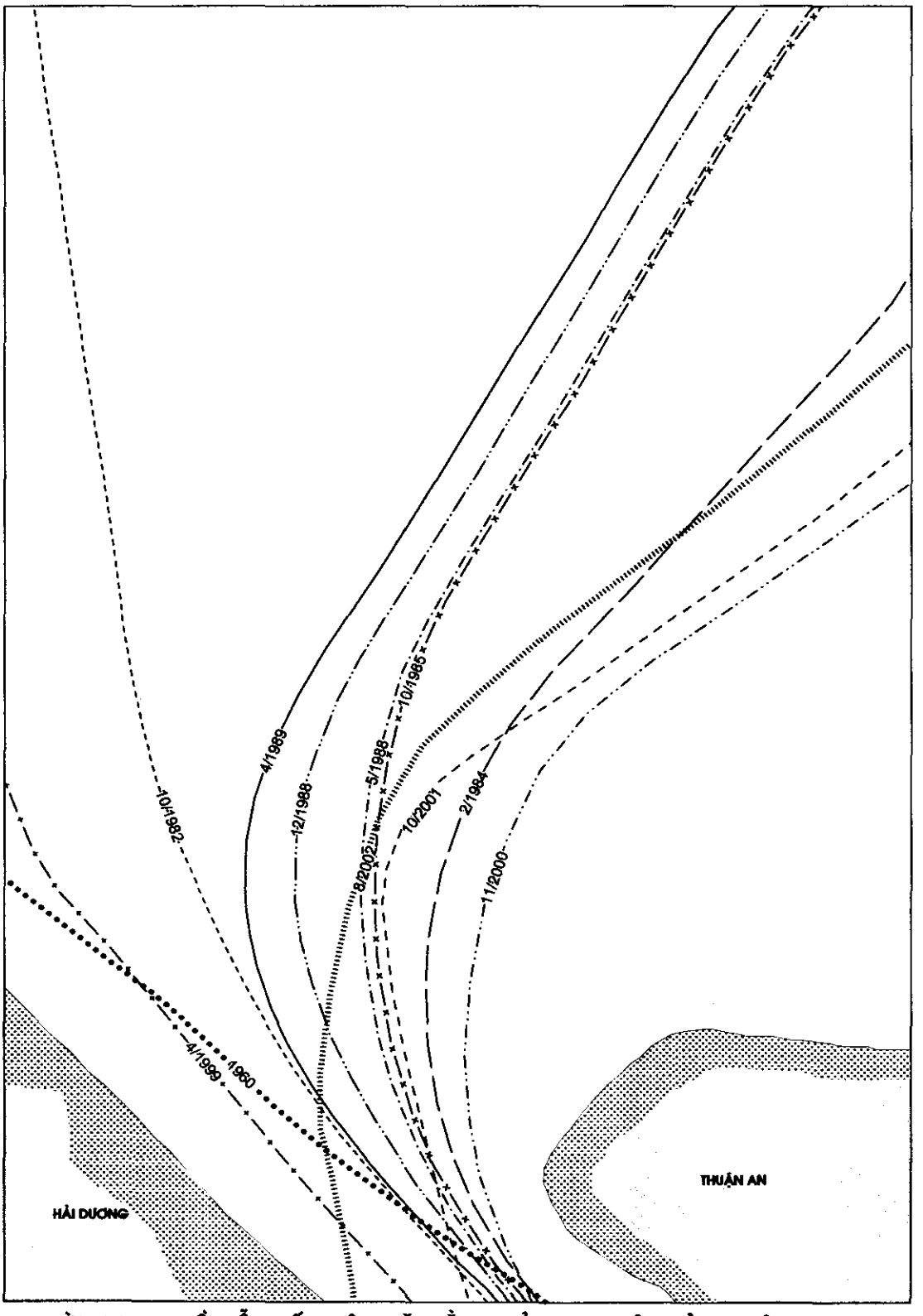
3.2.8. Hiện trạng xói lở, bờ biển, cửa sông tỉnh Quảng Ngãi

Quá trình xói lở xảy ra khá mạnh ở bờ biển Quảng Ngãi. Đây là tỉnh bị xói lở mạnh nhất trong 13 tỉnh ven biển đang bị xói lở ở dải ven biển miền Trung. Cả tỉnh có 11 huyện ven biển, trong đó có 30 xã đang bị xói lở (bảng 3.21, hình 3.7).

Bờ biển Quảng Ngãi kéo dài theo hướng TB - ĐN và vật chất cấu tạo bờ chủ yếu là cát. Tổng số đoạn bờ bị xói lở là 40 đoạn, tổng chiều dài bị xói lở là 60 km.

- Chia kích thước chiều dài đoạn bờ bị xói lở ra 5 cấp ta có như sau:

+ Ngắn: có độ dài xói lở < 200 m có 14 đoạn, chiếm 35%



HÌNH 3.6. SƠ ĐỒ DIỄN BIẾN TRÊN MẶT BẰNG CỦA LẠCH SÂU CỬA THUẬN AN

Bảng 3.21 Hiện trạng xói lở bờ biển Quảng Ngãi

Số TT	Địa danh		Năm xảy ra xói lở	Vị trí (bờ biển, cửa sông)	Số đoạn bị xói lở	Chiều dài bị xói lở (km)	Tốc độ xói lở trung bình năm (m)
	Huyện	Xã					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Lý Sơn	Lý Vĩnh	1985	Bờ biển, s.Phú Thọ, Cổ Luỹ	1	5,99	3,0
2		Nghĩa Phú	1987	Trà Khúc			
3		Nghĩa Hoà	Hàng năm	Cửa Lở			
4		Nghĩa An	1968	Bờ biển, Cửa Đại, s.Thu Bồn	2	1,8	6,25
5			1998-99	Trà Khúc, s. Vệ			
6		Nghĩa Hà	Hàng năm	Cửa Đại, Phú Thọ			
7	Sơn Tịnh	Tịnh Kỳ	1961-99	Bờ biển	3	2,8	0,38
8			1964-99	Khê Kỳ- Hoà Châu			
9	Bình Sơn	Bình Đông	1991	Bờ biển	1	0,75	1,0
10			Th.xuyên	Sa Cần			
11		Bình Phú	1999	Bờ biển	1	3,5	10,0
12		Bình Thuận	1999	Bờ biển	1	2,5	11
13		Bình Châu	1999	Bờ biển			
14		Bình Thanh		Bờ biển			
15		Bình Trị	1999	Bờ biển	1	1,5	10
16		Bình Trị	1975-98	Cửa Sa Cần, Sa Kỳ			
17				Bờ biển			
18	Đức Phổ	Phổ Vinh	1997	Bờ biển	1	1,5	3,3
		Sa Huỳnh	1997	Bờ biển	1	1,8	27,5
19		Phổ An	1999	Bờ biển	Toàn bộ	5,0	6
20	Mộ Đức	Đức Lợi	1999	Bờ biển	2	1,0	250
21		Đức Minh	Th. xuyên	Bờ biển	1	7,0	
22	Tuy Phước	Phước Thuận	1976	Bờ biển	3	2,8	37,5
23		Phước Thuận		Sông Thanh Hà			
24	Phù Mỹ	Mỹ Chánh	Hàng năm	An Mỹ			
25		Mỹ An	1965	Bờ biển	1	1	1,5
26		Mỹ Đức	1999	Bờ biển	2	3,0	150
27			1952	Cửa Hà Ra			
28		Mỹ Tho	1984	Bờ biển			
29	Quy Nhơn	Nhơn Châu	1999	Bờ biển	1	0,6	35
30		Nhơn Hải	1999	Bờ biển	2	0,7	15
31		Hải Cảng	1999	Bờ biển	7	2,9	35
32	Phù Cát	Cát Tiến	1999	Bờ biển	1	2,0	18,5
33		Hoài Chánh	1996	Bờ biển	Toàn bộ	10,0	3,0
34		Cát Khánh	1999	Bờ biển	1	0,75	
35			Hàng năm	Cửa Đề Gi			
36	Hoài Nhơn	Hoài Thanh	1983	Bờ biển	1	1,2	60
37			1976-99	Cửa An Vũ			
38		Tam Xuân Nam	1997	Bờ biển	1	1,5	33
39			1987	Cửa An Mỹ			

+ Đáng kể: có độ dài xói lở 200 - 1000 m có 9 đoạn, chiếm 22,5%

+ Trung bình: có độ dài xói lở 1000 - 2000 m có 8 đoạn, chiếm 20%

+ Lớn: có độ dài xói lở từ 2000 - 6000 m có 7 đoạn, chiếm 17,5%

+ Rất lớn: có độ dài xói lở > 6000 m có 2 đoạn, chiếm 5%

Như vậy số đoạn bị xói lở có chiều dài từ 1000 m trở lên có 17 đoạn chiếm 42,5%. Đoạn bị xói lở dài nhất là Hoài Chánh (Phù Cát) - xói 10 km; Đức Minh (Mộ Đức) - xói 7 km; Phổ An (Đức Phổ) - xói 5 km.

- Phân cấp mức độ xói lở theo xu hướng lấn sâu vào lục địa (bờ bị xói lở tính từ khi bắt đầu xói lở tới nay), chia ra 4 cấp:

+ Yếu: xói lở lấn sâu vào đất liền < 50 m chiếm 59,1%

+ Trung bình: xói lở lấn sâu vào đất liền 51 - 100 m chiếm 9,2%

+ Mạnh: xói lở lấn sâu vào đất liền 101 - 200 m chiếm 18,2%

+ Rất mạnh: xói lở lấn sâu vào đất liền > 200 m chiếm 13,7%

Như vậy cường độ xói lở lấn sâu vào đất liền từ 100 m trở lên có 16 đoạn, chiếm 32% tổng số đoạn bờ bị xói lở.

Các đoạn bờ bị xói lở mạnh nhất từ trước đến nay là Phước Thuận (Tuy Phước); Hoài Thanh (Hoài Nhơn); Nghĩa An (Lý Sơn); Sa Huỳnh (Đức Phổ). Còn các đoạn bờ bị xói lở điển hình vào trận lũ tháng XI/1999 và năm 2000 là Đức Lợi (Mộ Đức); Mỹ Đức (Phù Mỹ); Cát Tiến (Phù Cát), đều bị xói lở trên 100 m.

- Tốc độ xói lở vào đất liền trung bình năm (m/năm), ta có thể chia ra 4 cấp như sau:

+ Chậm: tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền trung bình < 5 m/năm chiếm 27,3%.

+ Trung bình: tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền trung bình 5 - 15 m/năm chiếm 31,8%.

+ Nhanh: tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền trung bình 15 - 30 m/năm chiếm 9,1%.

+ Rất nhanh: tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền trung bình > 30 m/năm chiếm 31,8% (riêng cấp này xói lở chủ yếu do ảnh hưởng của trận lũ vào tháng XI/1999).

- Phân cấp quá trình xói lở theo 5 giai đoạn từ năm 1930 đến nay, ta có 5 cấp:

+ Từ năm 1930 đến năm 1949 không có

+ Từ năm 1950 đến năm 1959 không có

+ Từ năm 1960 đến năm 1969 có 3 đoạn

+ Từ năm 1970 đến năm 1979 có 3 đoạn

+ Từ năm 1980 đến năm 1989 có 8 đoạn

+ Từ năm 1990 đến năm 2000 có 26 đoạn

Riêng năm 1999 do ảnh hưởng của trận lũ vào tháng XI đã bị xói lở mất 20 đoạn.

- Các đoạn bị xói lở vật chất cấu tạo bờ chủ yếu là cát. Hiện nay ở đây đã có các công trình phòng chống xói lở như kè, đóng cọc, mỏ hàn, xây tường, trồng cây nhưng vẫn xảy ra xói lở như: Lý Vĩnh (Lý Sơn); Phổ Vinh (Đức Phổ); Phước Thuận (Tuy Phước); Mỹ Đức (Phù Mỹ); Nhơn Châu (Qui Nhơn); Phổ Vinh (Đức Phổ). Cả tỉnh hiện nay số đoạn bị xói lở đã có các công trình gia cố bảo vệ và phòng chống là:

+ Số đoạn bị xói lở đã có đê, kè là 6 đoạn

+ Số đoạn bị xói lở đã đóng cọc là 7 đoạn

+ Số đoạn bị xói lở đã tường chắn bảo vệ bờ là 5 đoạn

+ Số đoạn bị xói lở đã trồng cây là 11 đoạn

+ Các đoạn bờ xói lở có liên quan đến cửa sông là 16 đoạn

Hiện nay bờ biển tỉnh Quảng Ngãi có số đoạn bờ bị xói lở và tổng chiều dài các đoạn bị xói lở lớn nhất dải ven biển miền Trung. Quá trình xói lở và bồi tụ bờ biển cửa sông ở đây xảy ra rất phức tạp, song quá trình xói lở vẫn là chủ yếu. Đặc biệt trong thời gian gần đây (năm 1999 - 2000) tình trạng xói lở tăng khá nhanh, nổi bật nhất là bờ biển xã Đức Lợi (Mộ Đức) năm 1999 bị xói vào bờ 250 m; Mỹ

Đức (Phù Mỹ) - 150 m. Ở Sa Huỳnh quá trình xói lở tương đối lớn, tốc độ xói lở trung bình năm là 27,5 m/năm, đã phá huỷ đường đi, rừng dương và các cơ sở hạ tầng dân sinh kinh tế.

3.2.9. Hiện trạng xói lở bờ biển - cửa sông tỉnh Phú Yên

Bờ biển thuộc tỉnh Phú Yên dài khoảng 80 km, hiện nay đang bị xói lở khá mạnh. Toàn tỉnh có 4 huyện ven biển trong đó có 13 xã đang trong tình trạng bị xói lở khá trầm trọng (bảng 3.22, hình 3.8).

Bảng 3.22 Hiện trạng xói lở bờ biển Phú Yên

Số TT	Địa danh		Năm xảy ra xói lở	Vị trí (bờ biển, cửa sông)	Số đoạn bị xói lở	Chiều dài bị xói lở (km)	Tốc độ xói lở trung bình năm (m)
	Huyện	Xã					
1	Tuy Hoà	Hiệp Hoà Trung	1998	Bờ biển	2	1.8	50
2		Hiệp Hoà Bắc	2000	Bờ biển			
3		Hoà Tân Đông	2000	Bờ biển			
4	Sông Cầu	Xuân Hải	1995-99	Bờ biển	1	0.5	26.3
5				Cửa Cù Mông	1	0.8	
6		Xuân Phương	1990	Bờ biển			
7				V.Xuân Đài			
8		TT.SôngCầu	1980	Bờ biển	1	7.0	1.0
9			1987	Lạch Tam Giang			
10		Xuân Hoà	1998	Bờ biển	1	0.6	10
11				Cửa Cù Mông			
12	Tuy An	An Ninh Đông	1991	Bờ biển	3	3.1	20
13			1991	Cửa Xuân Đài			
14		An Ninh Tây	1978	Bờ biển	1	1.3	
15			1978	Bình Bá			
16		An Hoà	1993-99	Bờ biển	2	2.65	7.1
17		An Phú	2000	Bờ biển	1	1.2	
18			1993-99	Sông Đồng Nai			
19		An Chấn	1999	Bờ biển	3	1.8	
20	An Nhơn	Nhơn Phúc	2000	Sông Côn	1	2.5	108
21			1995-99	Biển ngoài			

Bờ biển tỉnh Phú Yên kéo dài theo hướng Bắc - Nam, thẳng với hướng sóng gió. Vật chất cấu tạo bờ chủ yếu là cát, riêng khu vực vũng Chao bờ được cấu tạo bằng cuội, sỏi; khu vực vũng Xuân Đài - Xuân Thọ - thị trấn Sông Cầu bờ được cấu

tạo bằng đất pha sét. Toàn tỉnh có 16 đoạn bị xói lở với tổng chiều dài bị xói lở là 23,3 km. Như vậy tính trung bình khoảng 3,5 km bờ biển lại có một đoạn bị xói lở và tổng chiều dài các đoạn bị xói lở chiếm 29% tổng chiều dài bờ biển của tỉnh.

- Mức độ xói lở (xói lở lấn sâu vào đất liền tính từ trước tới nay) thì khu vực nghiên cứu chia làm 4 cấp:

+ Yếu: xói lở lấn sâu vào đất liền < 50 m chiếm 42%

+ Trung bình: xói lở lấn sâu vào bờ từ 51 - 100 m chiếm 25%

+ Mạnh: xói lở lấn sâu vào bờ từ 101 - 200 m chiếm 23%

+ Rất mạnh: xói lở lấn sâu vào bờ > 200 m chiếm 10%

Như vậy mức độ xói lở lấn sâu vào đất liền từ trước tới nay đạt > 100 m chiếm 33% trong đó đoạn bị xói lở mạnh > 150 m là những khu vực Hiệp Hoà Trung (Tuy Hoà); Xuân Hải, thị trấn Sông Cầu (Sông Cầu); An Ninh Đông, An Hoà, An Phú (Tuy An).

- Dựa trên tốc độ xói lở trung bình năm (m/năm), ta có thể chia ra 4 cấp:

+ Chậm: có tốc độ xói lở lấn sâu đất liền < 5 m/năm chiếm chiếm 25,7%.

+ Trung bình: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền từ 5 - 15 m/năm chiếm 25,5%.

+ Mạnh: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền 15 - 30 m/năm chiếm 25,5%.

+ Rất mạnh: có tốc độ xói lở lấn sâu vào đất liền > 30 m/năm chiếm 23,3%.

Tốc độ xói lở trung bình năm lớn nhất xảy ra ở Thị trấn Sông Cầu, Xuân Hải (Sông Cầu); An Ninh Đông (Tuy An); Riêng ở Nhơn Phúc (An Nhơn) theo số liệu điều tra năm 2000 bị xói lở 108 m.

- Phân bố cường độ xói lở theo kích thước chiều dài của đoạn bờ: chia kích thước chiều dài của đoạn bờ bị xói ra 5 cấp:

+ Ngắn: các đoạn bờ có độ dài bị xói lở < 200 m có 3 đoạn chiếm 18,8%.

+ Đáng kể: các đoạn bờ có độ dài bị xói lở từ 200 - 1000 m có 4 đoạn chiếm 25%.

+ Trung bình: các đoạn bờ có độ dài bị xói lở từ 1000 - 2000 m có có 6 đoạn chiếm 37,5%.

+ Lớn: các đoạn bờ có độ dài bị xói lở từ 2000 - 6000 m có 2 đoạn chiếm 12,5%.

+ Rất lớn: các đoạn bờ có độ dài bị xói lở > 6000 m có 1 đoạn chiếm 6,3%.

Như vậy các đoạn bờ bị xói lở có kích thước từ 1000 m trở lên chiếm 56% so với tổng số các đoạn bờ bị xói lở. Những khu vực bị xói lở dài nhất là Thị trấn Sông Cầu - 7 km; An Ninh Đông - 3,1 km; Hiệp Hoà Trung (Tuy Hoà), An Chấn (Tuy An) xấp xỉ 2 km.

- Các hiện tượng xói lở đang diễn ra có liên quan đến các đất đá cấu tạo bờ như sau:

+ Có 2 đoạn xói lở trên đất sét pha (khu vực thị trấn Sông Cầu).

+ Có 14 đoạn xói lở trên đất cát.

- Hiện trạng xói lở bờ đang xảy ra ở nhiều nơi đã có gia cố chống xói lở bằng công trình và các biện pháp chống xói lở khác nhau. Tuy nhiên, các phương pháp phòng chống này chỉ có ở một số khu vực, có những khu vực vừa có kè, cọc, trồng cây, một số khu vực chỉ có kè hoặc cọc hoặc trồng cây, song cũng có khu vực chưa có công trình phòng chống nào.

Khu vực có các giải pháp phòng chống: Xuân Hải, thị trấn Sông Cầu (Sông Cầu); An Hoà, An Chấn (Tuy An).

Khu vực chưa có giải pháp phòng chống nào: Bao gồm An Ninh Đông (Tuy An); Xuân Phương (Sông Cầu); Hiệp Hoà Bắc, Hoà Tân Đông (Tuy Hoà).

Sau đây là số đoạn đã có các công trình phòng chống nhưng vẫn bị xói lở là:

+ Số đoạn bị xói lở đã có kè là 5 đoạn.

+ Số đoạn bị xói lở đã được trồng cây là 10 đoạn.

+ Số đoạn bờ đã được đóng cọc là 4 đoạn.

+ Số đoạn bờ có liên quan đến cửa sông, lạch, vụng là 8 đoạn.

◆ Phân cấp diễn biến xói lở: Nếu xét diễn biến quá trình xói lở từ năm 1930 đến nay thì có thể phân ra làm 5 thời kỳ:

+ Từ năm 1930 đến năm 1949 không có

+ Từ năm 1950 đến năm 1969 không có

+ Từ năm 1970 đến năm 1979 có 2 đoạn

+ Từ năm 1980 đến năm 1989 có 2 đoạn

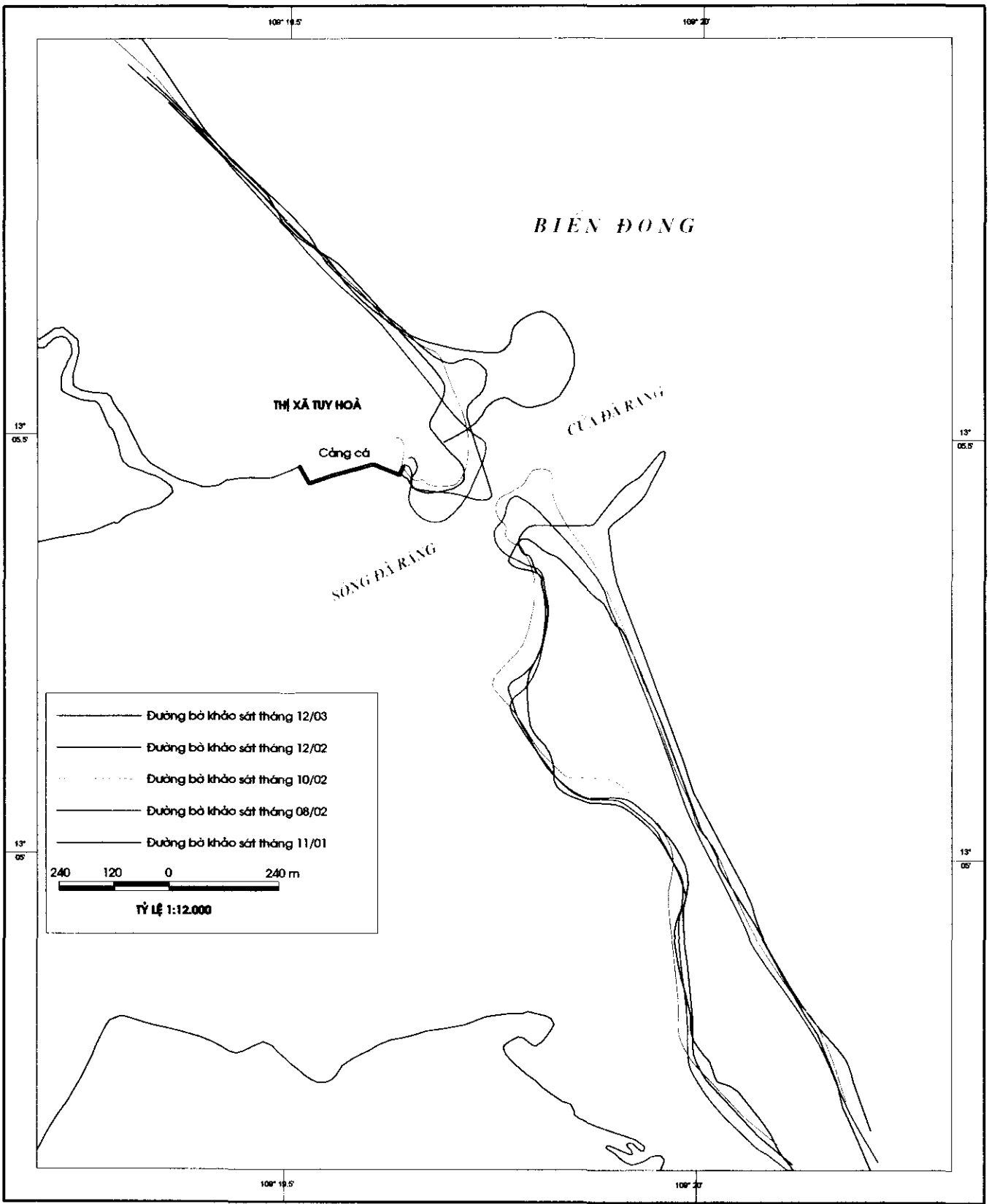
+ Từ năm 1990 đến năm 2000 có 12 đoạn. Trong thời kỳ này quá trình xói lở chủ yếu xảy ra từ năm 1995 trở lại đây, riêng năm 2000 bị xói lở thêm 4 đoạn.

Hiện nay ở Phú Yên quá trình xói lở xảy ra mạnh nhất ở bờ biển của xã Xuân Hải (Sông Cầu) dài khoảng 7 km thường xuyên bị xói, chỉ trong vòng 1995 đến 2000 quá trình xói lở đã làm cho bờ biển lùi sâu vào trong đất liền 30 m, đặc biệt là mùa mưa bão năm 1999 khu vực này đã bị xói một đoạn bờ dài trên 500 m làm sập 25 ngôi nhà dân xây khá kiên cố, phá hoại nhiều các công trình dân sinh kinh tế khác.

Bên cạnh đó, trong những năm gần đây cửa sông Đà Rằng diễn ra bồi lấp biến dạng mạnh ảnh hưởng lớn đến giao thông thuỷ và thoát lũ (hình 3.9).

3.2.10. Vùng bờ xã Tân Thành, huyện Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang

Cũng như ở các vùng bờ Gành Hào và mũi Cà Mau, vùng bờ ở xã Tân Thành, Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang nhìn chung cũng có độ dốc, độ cao địa hình và cấu trúc địa chất đường bờ khá giống nhau. Đường bờ ở đây có hướng Bắc - Nam, qua số liệu của đợt khảo sát điều tra vào tháng 1999 cho thấy: trong mùa hè, gió có hướng Tây Nam với tốc độ không lớn khoảng 4 m/s; sóng có hướng 130^0 với độ cao 0,3 m; còn dòng ven bờ thì chảy về hướng Bắc với tốc độ 8 cm/s. Cũng theo số liệu của đợt điều tra vào tháng XII - I/2002 - 2003, cho thấy: gió có hướng 90^0 với tốc độ gần 8 m/s; sóng có hướng 100^0 và độ cao 0,7 - 1,0 m; dòng dọc bờ chảy về phía Bắc với tốc độ 10 cm/s. Trên cơ sở các số liệu vừa nêu trên có thể đưa ra nhận xét về quá trình xói lở và bồi tụ xảy ra trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc và Tây Nam. Trong thời kỳ gió mùa Tây Nam, từ tháng IV đến tháng VIII, đối chiếu với các điều kiện khí tượng và động lực tác động vào đường bờ, thì thấy khả năng



HÌNH 3.9. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐƯỜNG BỜ BIỂN CỬA SÔNG ĐÀ RẰNG

xảy ra quá trình bồi tụ lớn hơn quá trình xói lở. Khi chuyển sang thời kỳ gió mùa Đông Bắc, do gió có hướng chếch một góc 45^0 so với đường bờ, đã tạo nên trường sóng có hướng truyền gần như vuông góc với đường bờ. Điều kiện này đã tạo ra một áp lực sóng rất mạnh lên đường bờ, đồng thời gây ra hiện tượng nước dâng tạo cho sóng có sức công phá mạnh hơn. Như vậy, khả năng gây ra hiện tượng xói lở ở vùng bờ biển này chủ yếu xảy ra trong thời kỳ gió chuyển mùa và thời kỳ gió mùa Đông Bắc. Hiện tượng xói lở mạnh xảy ra ở vùng biển này chủ yếu vào thời kỳ từ tháng X đến tháng III, khi trường gió có hướng Đông hoặc Đông Bắc và khi mực nước được dâng cao, tạo ra dòng dọc bờ rất mạnh về phía Nam, lôi cuốn các sản phẩm bồi tích bị xói lở từ bờ do sóng. Theo kết quả điều tra tại địa phương cho thấy, cách đây khoảng 40 - 50 năm về trước, bờ biển cũ nằm cách bờ biển mới hiện nay khoảng 1 km, nghĩa là với tốc độ trung bình biển lấn hàng năm vào đất liền khoảng 20 m/năm. Hiện nay chính quyền địa phương đã cho xây bờ đê mới và nhiều đoạn đã được gia cố bằng bê tông cốt thép vững chắc, nhằm hạn chế sự công phá của sóng biển vào các thời kỳ xảy ra sự cộng hưởng giữa mực nước của triều cường nước lớn và mực nước dâng do tác động của gió.

3.2.11. Hiện trạng biến động luồng lạch vùng cửa sông Định An

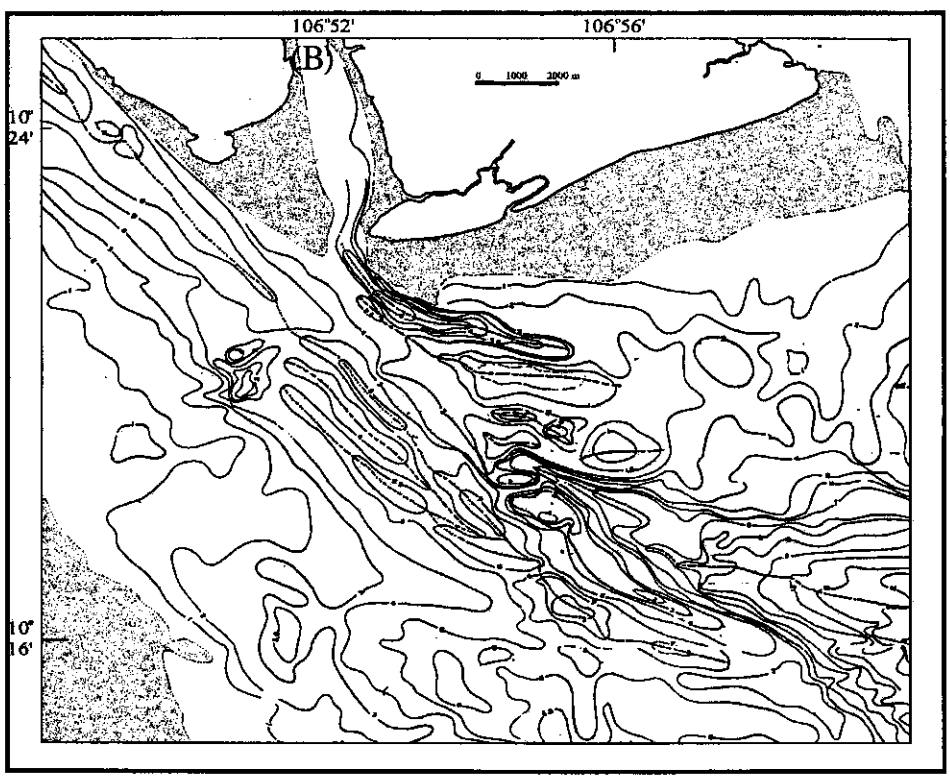
Cửa sông Định An là một trong 9 cửa sông lớn của đồng bằng sông Cửu Long, đây là một trong những cửa sông có cảng cá quan trọng phục vụ phát triển chung về kinh tế biển ở khu vực phía Nam. Trong những năm gần đây quá trình bồi lấp cảng và biến đổi luồng lạch thường xảy ra mạnh mẽ ở khu vực này làm cản trở sự phát triển chung về kinh tế - xã hội và ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống cư dân quanh vùng.

Để xác định hiện trạng biến động khu vực nghiên cứu chúng tôi đã dựa trên các tài liệu thu thập từ các nguồn khác nhau như các bản đồ do Hải quân Mỹ thành lập năm 1972, bản đồ do Quân đội nhân dân Việt Nam thành lập năm 1976, các số liệu từ các đề tài cấp Nhà nước tiến hành ở khu vực (KH.06.08, KHCN.5C) [50] và đặc biệt là các tài liệu đo đạc khảo sát mới nhất trong những năm gần đây do đề tài tiến hành. Ngoài ra để báo cáo có tính thuyết phục cao nhóm tác giả đã sử dụng các nguồn ảnh viễn thám khác nhau như ảnh SPOT, ASTER, LANDSAT, phủ kín khu

vực nghiên cứu để phân tích bổ sung các đặc điểm địa hình cũng như minh họa các kết quả thu được.

Khác với vùng cửa sông Soài Rạp, phân tích bản đồ địa hình cửa Định An và vùng lân cận năm 1976 cho thấy hình thái địa hình và luồng lạch vùng cửa sông Định An có những nét chính sau đây cần được ghi nhận (hình 3.10):

- Tồn tại một bậc thềm cổ và đường bờ cổ nằm ở độ sâu 7 m (so với mực triều thấp nhất), cách bờ khoảng 8 - 10 km, chạy song song với bờ. Đường bờ cổ này theo quan điểm mực nước chân tĩnh đại dương thế giới của Fairbridge (1961) [115] sẽ có tuổi khoảng 1000 năm.



Hình 3.10 Đặc điểm hình thái địa hình vùng cửa sông Định An - Tranh Đề và phần thềm ngoài của chúng

Nguồn : Biên tập từ các tờ bản đồ địa hình 1:100.000 của QĐNDVN 1976

- Hình thành hệ thống các rãnh sông cổ xuất phát từ độ sâu khoảng 20 m dưới chân bậc thềm cổ 7 m vừa nêu trên và kéo dài ra tận vùng khơi xa. Hình thái dạng chân chim của hệ thống này gợi ý cho chúng ta về sự hình thành dấu vết một đường bờ cổ thứ hai ở giai đoạn sớm hơn (trước Neogen - Faibridge (1961) [115]). Ranh giới phân cách của hai đường bờ cổ là một vách đứng có độ dốc lớn

(i = 0,004 - 0,008). Nó thể hiện rõ rệt quá trình sụt tân kiến tạo với biên độ khoảng 13 m và lấp đầy trầm tích ở bồn trũng sông Cửu Long vào trước Neogen.

- Từ 1000 năm trước (dấu vết đường bờ cổ 7 m) cho đến nay, hình thái địa hình hầu như ít biến đổi và thể hiện các dạng địa hình chịu tác động của các quá trình ngoại sinh sau:

+ Sự hình thành doi cát dạng móc câu ở Khâu Cư là kết quả tác động tổng hợp của hệ thống hoàn lưu dòng triều: dòng triều lên ép sát bờ có hướng Đông Bắc - Tây Nam từ Ba Động đến Khâu Cư và dòng triều rút từ cửa sông Định An chảy ra theo hướng Tây Nam - Đông Bắc và sau đổi hướng sang Tây - Đông.

+ Hệ thống các thể tích tụ (linear sand body) kéo dài theo hướng dòng triều đặc trưng cho các châu thổ triều rút cỡ lớn như ở cửa Soài Rạp chỉ tồn tại ở khu vực này vào một số thời kỳ nhất định.

+ Hệ thống các bãi cạn ven rìa (marginal shoal) như bãi cạn Cồn Lòi ở vùng cửa Định An và bãi cạn Mỹ Thạnh ở vùng cửa Tranh Đề - Mỹ Thạnh. Vị trí và hình thái các bãi cạn này hầu như ít thay đổi, ngoại trừ các thay đổi nhỏ theo mùa từ 1990 đến 1995, như sẽ trình bày chi tiết ở phần sau.

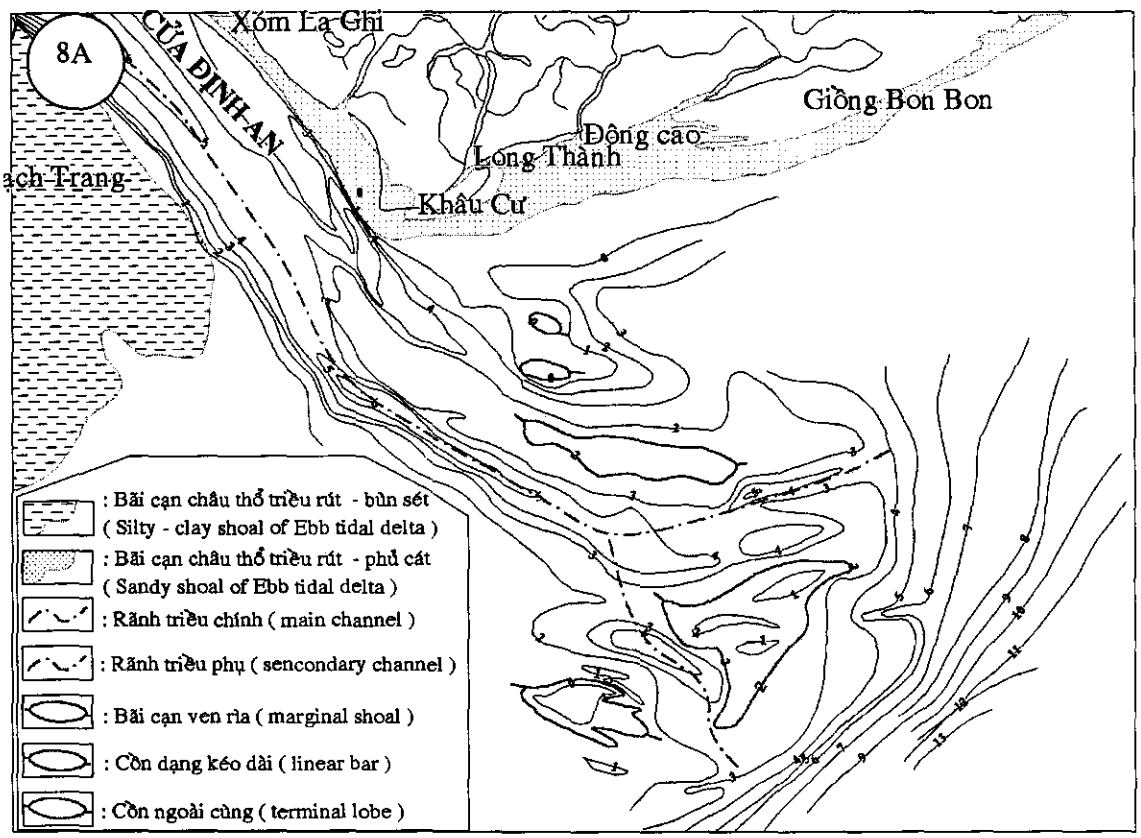
+ Bãi cạn Mỹ Thạnh là dạng tích tụ ngoài cùng (terminal lobe) nằm phân cách giữa hai luồng lạch chính ở cửa sông Định An. Nó là sản phẩm tích tụ được hình thành dưới tác động cân bằng của sóng, dòng triều và cả dòng chảy sông.

+ Châu thổ triều lên (flood tidal delta) nằm bên trong sâu như cù lao Dung, cù lao Cồn Cỏ, cù lao Cự Trôn đã trở nên ổn định sau một quá trình địa chất lâu dài và biến thành các vùng đất trù phú, màu mỡ.

+ Châu thổ triều rút là các thể tích tụ bùn - cát ở phần ven bờ có dạng mũi tên tiến dần ra biển là sản phẩm hợp lưu dòng bồi tích từ cửa Định An và các cửa Tranh Đề, Mỹ Thạnh,... Ở khu vực nghiên cứu tồn tại bãi triều rút phủ cát ở phần Đông Bắc và bãi triều rút phủ trầm tích bùn sét ở phần Tây Nam.

+ Cửa Định An là ranh giới phân biệt giữa các tích tụ cát ở phần phía Bắc (từ Soài Rạp đến - Định An) và các tích tụ bùn - cát ở phần phía Nam (từ Định An đến mũi Cà Mau).

+ Ở cửa Định An tồn tại hai hệ thống luồng: luồng lạch chính sâu 5 - 7 m tồn tại quanh năm, nó chảy từ trong sông ra theo hướng Tây Bắc - Đông Nam sau đó rẽ sang hướng Tây - Đông và một luồng phụ nông hơn tồn tại theo mùa rẽ sang hướng Bắc - Nam. Phân tích biến đổi luồng lạch từ năm 1990 đến nay cho thấy các luồng này ngày càng bị nông hóa mạnh cần có các giải pháp nạo vét kịp thời phục vụ tốt cho giao thông đường thủy qua vùng cửa sông này (hình 3.11).



Hình 3.11: Các đơn vị hình thái cơ bản ở vùng cửa sông Định An

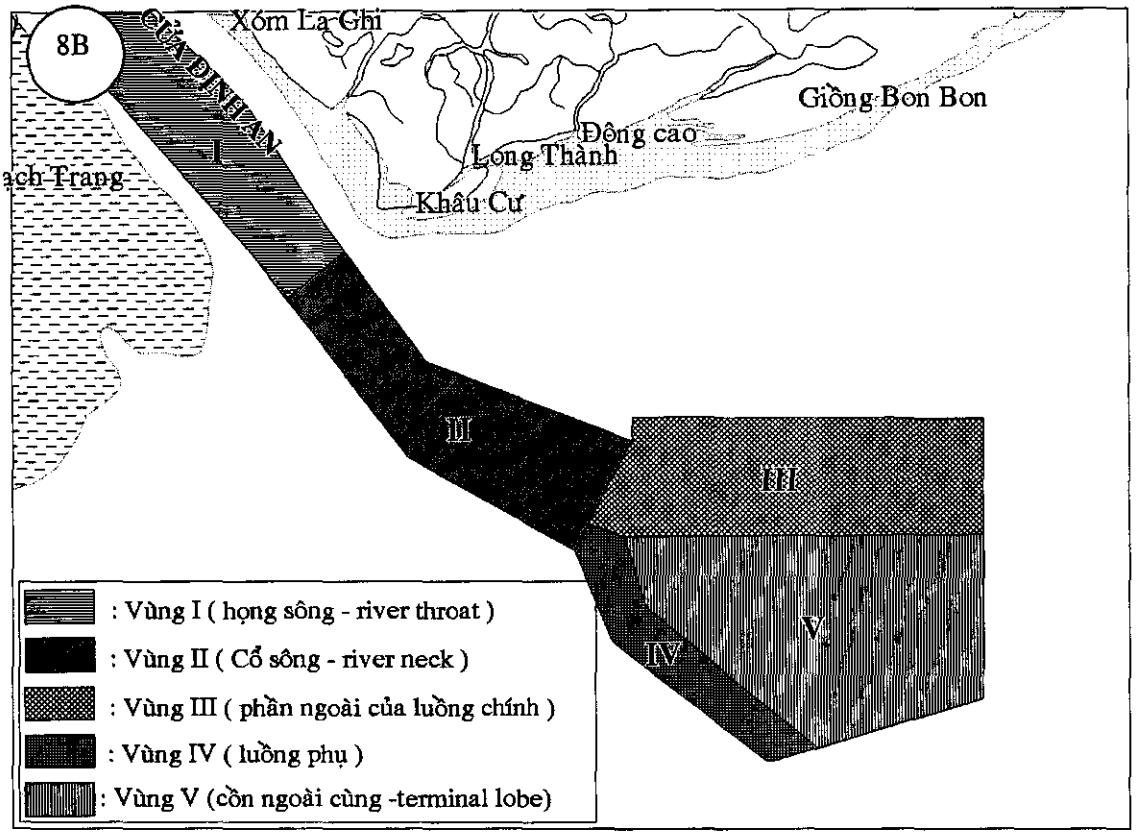
Để hiểu rõ các biến đổi địa hình mang tính địa phương chúng tôi đã phân tích sự biến động luồng lạch cửa Định An thông qua các khảo sát đo đạc từ năm 1990 đến nay.

Dựa theo đặc điểm hình thái luồng lạch vùng cửa sông Định An có thể phân ra các đơn vị địa hình chính phục vụ tính toán bồi - xói như sau (hình 3.12):

- Vùng I : Họng sông (river throat) là phần trong cùng của luồng chảy chính, nó kéo dài theo hướng Đông Bắc - Tây Nam từ trong sông ra đến ranh giới ngoài

cùng của các bãi cạn Khâu Cư ở phía Đông và bãi cù lao Dung ở phía Tây. Vùng này có diện tích 22,6 km^2.

- Vùng II: Cổ sông (river neck) luồng chính tiếp tục kéo dài từ họng sông cho đến ranh giới phân lưu của luồng chính và luồng phụ. Vùng này có diện tích 21,7 km^2.



Hình 3.12 Các đơn vị hình thái chính được chúng tôi phân chia phục vụ tính toán xói, bồi ở vùng cửa sông Định An.

- Vùng III: Phần ngoài cùng của luồng chính (terminal main channel) là phần luồng chính kéo dài và rẽ về phía Tây - Đông. Vùng này có diện tích 19,5 km^2

- Vùng IV: Luồng phụ (secondary channel) là phần phụ tách ra từ luồng chính và rẽ hướng về phía Bắc - Nam. Vùng này có diện tích 13,7 km^2.

- Vùng V: Cồn ngoài cùng (Terminal lobe) nằm kẹp giữa phần luồng chính nối dài và luồng phụ và hình thành nên bãi cạn Định An. Vùng này có diện tích 41,5 km^2.

Ngoài ra địa hình vùng cửa sông Định An còn có các bãi cạn ven rìa (marginal shoal) như bãi cạn Cồn Lòi nằm ở phía Đông Bắc cửa sông chỉ thể hiện vào một số thời kỳ trên các bản đồ đo đạc từ năm 1990 đến 1996, nên không đưa vào tính toán.

Phân tích sự biến động địa hình vào các thời kỳ khác nhau ở các khu vực này (bảng 3.23) cho thấy:

Bảng 3.23 Thể tích (m^3) lượng bùn cát bồi (+) và xói (-) ở các vùng chính thuộc cửa sông Định An vào các thời kỳ khác nhau

	Vùng I		Vùng II		Vùng III		Vùng IV		Vùng V	
	Bồi	Xói	Bồi	Xói	Bồi	Xói	Bồi	Xói	Bồi	Xói
04/90	1919270	11157600	4590430	12147400	3083050	8649790	5025300	3072790	9764180	26498300
- 12/90	-9238330		-7556970		-5566740		+1952510		-16734120	
12/90	8723930	10991300	3840230	9310670	5263440	3153940	2679850	3004310	13915600	9484220
- 11/91	-2267370		-5470440		+2109500		-324460		+4431380	
11/91	9990100	7991390	5095900	9281180	4299120	1064470	2360540	6869640	27284500	6470530
- 03/92	+1998710		-4185280		+3234650		-4509100		+20813970	
03/92	8399990	2854240	17038200	1192020	3408070	3941770	11267600	3312780	35641600	6185930
- 11/92	+5545750		+15846180		-533700		+7954820		+29455670	
11/92	9958220	11196800	3531990	9629040	6921170	2989510	3831270	9354170	3181310	63099600
- 03/93	-1238580		-6097050		+3931660		-5522900		-59918290	
03/93	8619130	10869900	18211300	8091510	9992290	1151860	7615050	2025070	27574600	6220030
- 06/94	-2250770		+10119790		+8840430		+5589980		+21354570	
06/94	1519500	3104210	8825490	1408360	4116690	2220960	3628910	4125880	21528100	9071970
- 12/94	-1584710		+7417130		+1895730		-496970		+12456130	
12/94	6082690	5891870	4768120	5574230	1983550	1086660	5234120	3803780	4600140	35280400
- 04/95	+190820		-806110		+896890		+1430340		-30680260	
04/95	5100000	4218650	8497820	3873390	10106500	479302	3126000	5541090	17172500	11336900
- 12/95	+881350		+4624430		+9627198		-2415090		+5835600	
12/95	6490730	177341	4568330	3956980	4890530	3986980	5533100	2363840	17884000	7857860
- 05/96	+6313389		+611350		+903550		+3169260		+10026140	
04/90 - 05/96	-1649741		+4503030		+5339168		+828390		-2959210	

Ngoại trừ thời kỳ năm 1990 (liên quan với một đợt nạo vét lớn toàn diện ở vùng cửa sông Định An) lấy đi một lượng lớn bùn cát trên toàn bộ lòng sông. Còn phần lớn các thời kỳ còn lại quá trình bồi tụ xảy ra gây bồi lắng mạnh mẽ trên toàn bộ lòng sông.

- Sau một thời gian dài từ năm 1990 đến 1996, quá trình bồi xảy ra mạnh ở phần ngoài của các luồng lạch chính và yếu hơn ở trên luồng phụ, còn quá trình xói nhẹ xuất hiện ở phần trong họng sông và cả ở bãi cạn ngoài cùng.

- Do tác động cân bằng của tác động tương hổ của dòng triều và dòng chảy sông ra ở khu vực họng sông (vùng I), quá trình xói bồi xảy ra xen kẽ và không theo quy luật rõ rệt.

- Ở phần cổ sông (vùng II): Quá trình bồi thường xảy ra mạnh vào thời kỳ gió mùa Tây Nam (từ tháng IV đến tháng XI) và xói nhẹ thường xảy ra vào thời kỳ gió mùa Đông Bắc (từ tháng XI đến tháng III của năm sau).

- Ở phần rẽ của luồng chính (vùng III) phía ngoài quá trình bồi xảy ra liên tục (trừ thời kỳ IV/1990 - XII/1990 và III/1992 - XI/1992) và tích tụ bồi tích ngày càng nhiều theo thời gian ở khu vực này.

Ở luồng phụ (vùng IV) quá trình bồi xói thường xảy ra theo hướng ngược lại với quá trình biến đổi địa hình luồng chính, xói vào mùa gió Tây Nam và bồi trở lại vào mùa gió Đông Bắc. Vào mùa gió Tây Nam dòng chảy chủ đạo chảy theo hướng của luồng chính mang theo một lượng bồi tích lớn và bồi ở khu vực này, còn vào mùa gió Đông Bắc dưới tác động bổ sung của dòng sóng gây ra đã đẩy dòng chảy theo hướng của luồng phụ và gây ra bồi ở khu vực này.

Ở bãi cạn Định An (vùng V): quá trình bồi xói xảy ra tương tự ở vùng cổ sông (vùng II). Quá trình bồi thường xảy ra vào thời kỳ gió mùa Tây Nam (từ tháng IV đến tháng XI) và xói thường xảy ra vào thời kỳ gió mùa Đông Bắc (từ tháng XI đến tháng III năm sau). Song các đợt xói lớn vào mùa Đông Bắc đã gây ra hiện tượng xói chung sau một thời gian dài (từ 1990 đến 1996) ở khu vực này. Song theo các nhận định ở phần trên, bãi cạn này sẽ nhận bù trừ nguồn bồi tích gây bồi trở lại, để tạo ra một thế cân bằng động, tồn tại ổn định lâu dài cho bãi cạn này.

Ngoài ra, thông qua việc phân tích sự biến đổi địa hình dọc mặt cắt trục của lòng sông theo các thời kỳ khác nhau, cho thấy rõ hơn tính chất bồi tụ mạnh mẽ ở trục luồng chính cửa sông Định An.

Từ các phân tích các dữ liệu vừa nêu trên có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Về mặt địa chất vùng bờ nghiên cứu chịu tác động hạ tân kiến tạo và tích tụ lấp đầy trong Neogen - Đệ tứ .

- Dòng chảy và dòng bồi tích dọc bờ tồn tại ở vùng ven bờ Nam bộ chịu tác động đồng thời của hai hệ thống dòng có hướng ngược nhau là Đông Bắc - Tây Nam và Tây Nam - Đông Bắc. Ở phần sát bờ hoàn lưu dòng triều chiếm ưu thế, ở phần ngoài khơi dòng gió chiếm ưu thế.

Sự hình thành các doi cát dạng móc câu ở các bờ phía Nam gần vị trí các cửa sông là một hệ quả rõ rệt của dòng dọc bờ do sóng hướng Đông Bắc - Tây Nam kết hợp với tác động của dòng triều rút.

Sự phân bố của toàn bộ các thể tích tụ cát ở phần Bắc từ Soài Rạp đến Định An phân dị rõ với các thể tích tụ bùn sét ở phần phía Nam (từ Định An đến mũi Cà Mau) cũng là một hệ quả của dòng dọc bờ vừa nêu trên, chúng mang các vật liệu mịn (bùn, sét) đi xa về phía Nam và để lại các vật liệu thô (cát) ở các khu vực cửa sông.

- Đặc trưng hình thái của các châu thổ triều ở khu vực Nam bộ thường tồn tại các dạng địa hình chính như sau:

+ Cửa sông thường có dạng hình phễu (funel shape) và miệng rộng.

+ Tồn tại hàng loạt các thể tích tụ cát (các cồn ngầm) dạng kéo dài theo hướng của dòng triều và nằm kẹp giữa các rãnh xói.

+ Các châu thổ triều lên (flood tidal delta) nằm sâu trong cửa sông có diện tích phân bố lớn, phần lớn các châu thổ này đều trải qua quá trình địa chất lâu dài và biến thành các cồn nổi nằm giữa các nhánh sông lớn.

+ Rãnh triều rút chính (main ebb tidal chanel) thường kéo dài từ bên trong sông ra tận ngoài xa (cách cửa từ 7 - 8 km) chúng thường ổn định, ít biến động.

Ngoài ra còn có các rãnh triều phụ biến động mạnh theo mùa, chúng thường bị bồi lấp ít nhiều vào mùa kiệt và khơi thông trở lại vào mùa lũ.

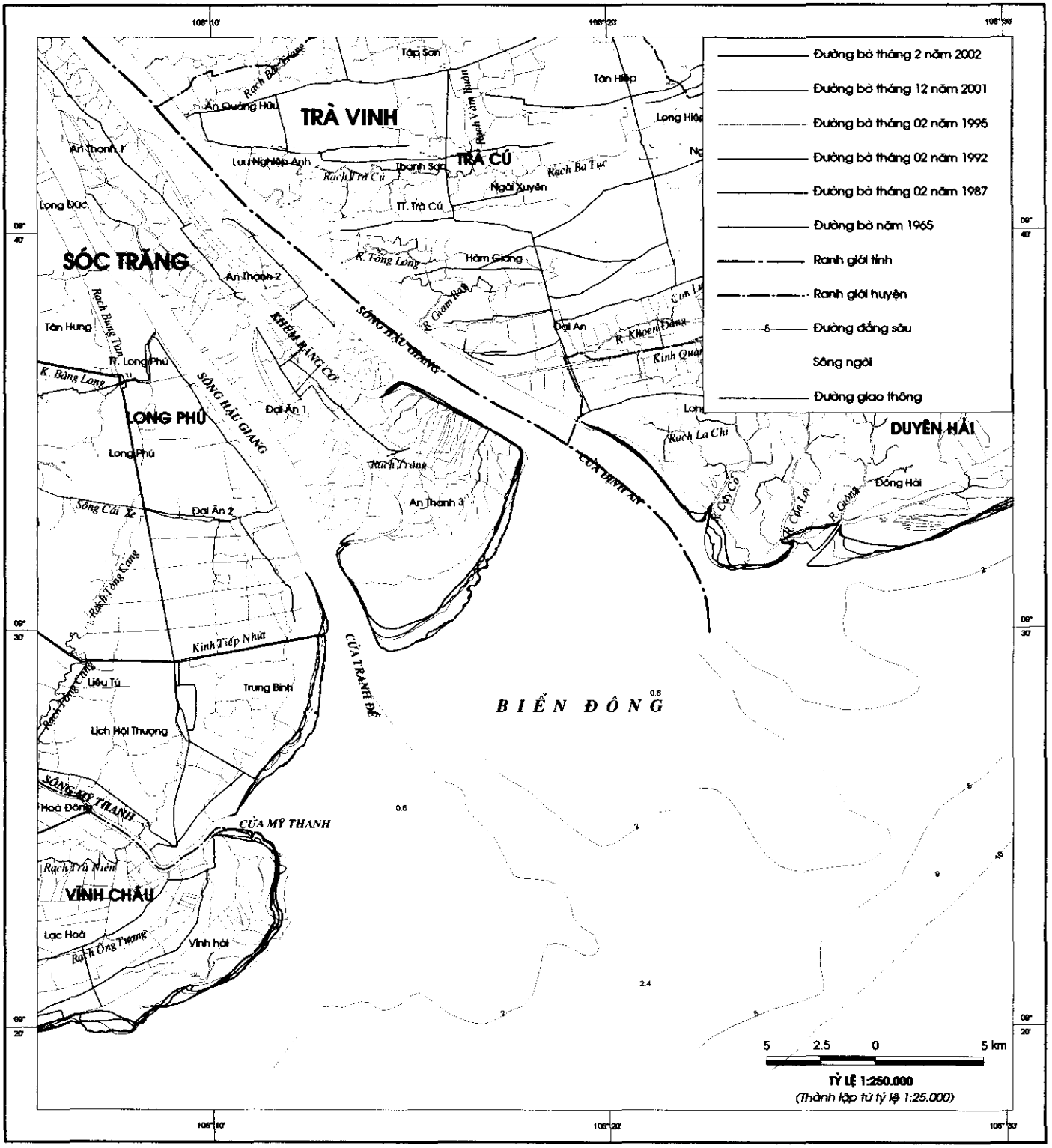
+ Các châu thổ triều rút (ebb tidal delta), các bãi cạn ven rìa (marginal shoal), các cồn sóng vỡ (swash bar) phân bố hai bên rãnh triều chính là các thể tích tụ hình thành do các tác nhân khác nhau như dòng triều, dòng sóng và cả bởi hoạt động hỗn hợp bởi nhiều yếu tố .

+ Đặc điểm hình thái chung của cửa sông Định An đã định hình rõ rệt ít biến động theo thời gian và bao gồm các dạng đơn vị địa hình chính sau: vùng họng sông (V1), họng sông (V2), phần ngoài cùng của luồng chính (V3), phần ngoài cùng của luồng phụ (V4) và bãi cạn Định An nằm ở ngoài cùng. Ngoài ra ở khu vực này còn có các bãi cạn ven rìa nằm ở hai phía luồng chính.

Đặc biệt đề tài đã xây dựng sơ đồ biến động đường bờ biển cửa sông Định An qua các năm (1965 - 2002) dựa trên kết quả phân tích tổng các số liệu điều tra khảo sát và tính toán với các tài liệu ảnh vệ tinh (LANDSAT) và ảnh máy bay (SPOT) (hình 3.13).

3.2.12. Xói lở bờ cửa sông Gành Hào, tỉnh Bạc Liêu

Theo số liệu đo đạc trong đợt điều tra vào tháng VI/1999 cho thấy: gió có hướng Tây Nam với vận tốc khoảng 5 m/s, dòng có hướng dọc bờ lên phía Đông Bắc với tốc độ khoảng 10 - 15 m/s. Cũng theo số liệu đo đạc trong đợt thẩm định vào tháng XII - I/2002 - 2003, cho thấy: gió có hướng 85^0 với tốc độ khoảng 7 m/s; sóng có hướng 100^0 với độ cao khoảng 0,5 - 0,7 m; còn dòng dọc bờ thì có tốc độ khá nhỏ khoảng 3 - 4 cm/s và hướng biểu hiện không rõ nét. Như vậy theo các điều kiện khí tượng và động lực đã đo được trong hai mùa, có thể phân tích đánh giá về khả năng xảy ra hiện tượng xói lở và bồi tụ ở vùng biển này: trong thời kỳ gió mùa Tây Nam, từ tháng IV đến tháng VIII, do các điều kiện không thuận lợi về trường gió, sóng, mực nước và dòng chảy, nên cán cân xói lở - bồi tụ xảy ra ở vùng biển này có xu thế nghiêng về quá trình bồi tụ. Tuy nhiên khi chuyển sang thời kỳ gió mùa Đông Bắc, thì các điều kiện khí tượng và động lực là các nhân tố chính gây nên hiện tượng xói lở mạnh. Thời kỳ này, diễn ra từ tháng X đến tháng III, tức là vào thời kỳ chuyển mùa và thời kỳ thịnh hành của trường gió mùa Đông Bắc.



HÌNH 3.13. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐƯỜNG BỜ CỬA ĐỊNH AN

Trong thời kỳ này, ngoài tác động trực tiếp của sóng vào vùng bờ rất mạnh, còn do nguyên nhân mực nước cao trong mùa lũ và hiện tượng nước dâng trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc, nên cường độ xói lở xẩy ra đạt giá trị cực đại. Hiện tượng xói lở xẩy ra ở vùng bờ này bắt đầu từ năm 1970, cho đến nay đường bờ đã lùi sâu vào đất liền khoảng 300 - 400 m, tức là tốc độ trung bình xói lở hàng năm vào khoảng 10 - 15 m. Hiện nay ở vùng bờ Gành Hào, Nhà nước đã cho xây bờ đê chắn sóng ở đoạn bờ gần cửa sông, tuy nhiên quá trình xói lở vẫn tiếp tục diễn ra rất mạnh, đặc biệt ở khu vực gần cửa sông. Trong tháng X/2002 đã xảy ra một đợt sóng lớn vào lúc triều cường trong đêm, đã cuốn băng kè đá mới xây, nước đã ập vào khu dân cư gây thiệt hại đáng kể. Hiện nay nhà nước đang tiến hành một dự án xây bờ kè đá mới có quy mô lớn hơn, nhằm bảo vệ cho khu dân cư ở Gành Hào có trị giá 40 tỷ đồng. Ở đoạn bờ phía Bắc sông Gành Hào, quá trình xói lở thường xảy ra mạnh trên một đoạn chiều dài bờ biển khoảng 12 km, còn ở các đoạn bờ phía Nam sông Gành Hào quá trình xói lở có cường độ yếu hơn.

PHẦN II : XÁC ĐỊNH NGUYÊN NHÂN XÓI LỞ - BỒI TỤ

3.3. NHỮNG NHẬN ĐỊNH VỀ NGUYÊN NHÂN XÓI LỞ - BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG VIỆT NAM

Xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông là một dạng thiên tai phổ biến ở dọc bờ biển nước ta, nguyên nhân xảy ra là do tổng hoà các yếu tố tác động liên quan đến tiến hoá tự nhiên của dải ven biển cửa sông và tác động của con người. Có thể thấy rằng ở một đoạn bờ cụ thể với cấu trúc địa chất và thành phần đất đá xác định bị xói lở hay bồi tụ là do một trong ba nhóm nguyên nhân: Ngoại sinh, nội sinh và nhân sinh, hoặc tổ hợp của 2 hoặc cả 3 nguyên nhân đó.

Trên cơ sở phân tích hiện trạng và các tác nhân gây xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Việt Nam có thể rút ra một số nhận xét về nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông như sau:

Nguyên nhân nội sinh là do tác động của hoạt động tân kiến tạo và chuyển động hiện đại gây nên chuyển động nâng, hạ, tách dãn, trượt của lớp hoặc các mảng đất đá dẫn tới xói lở hoặc bồi tụ ở khu bờ.

Khi nghiên cứu nguyên nhân nội sinh chúng tôi không đề cập đến tất cả mọi tác động và những biểu hiện khác nhau của quá trình kiến tạo mà chỉ quan tâm đến những vấn đề như các vòm nâng, chậu trũng mà bằng sự có mặt của chúng có thể phản ánh được mức độ tương phản, căng thẳng kiến tạo và xu hướng chuyển động lên, xuống của từng phần địa hình của vùng. Trên cơ sở bình đồ cấu trúc đó có thể dự báo, phân tích để gián tiếp chỉ ra những nguy cơ gây ra ngập lụt, xói lở bờ biển.

Khi giải đoán các vòm nâng, chậu trũng, chúng tôi dựa vào quan điểm địa mạo của A.I. Spiridonov (1983) và từ điển địa chất của Liên Xô (1978) có qui định rằng, vòm hoặc chậu trũng là những cấu trúc hình tròn, đẳng thước. Khi phân tích ảnh vệ tinh và đưa kết quả lên bản đồ, nhìn chung, có thể thấy rằng, các vòm hoặc chậu trũng có sự gắn bó chặt chẽ với cảnh quan tự nhiên. Thí dụ, có những vòm (hoặc chậu trũng) phát triển dày đặc các nếp uốn ở trên mặt. Có thể nhận thấy nếp uốn hình ô van và hàng loạt những cánh gần đồng tâm với nó, nhưng tâm của nếp uốn này hoàn toàn lệch tâm với vòng khoanh chân của vòm nâng. Như vậy, lực

nâng vòm hoặc làm sụt lún những chậu trũng là lực có sau này, xuất hiện muộn hơn rất nhiều, nhưng để tạo vòm nó có thể làm biến dạng, các nếp uốn khác.

Dù sao, hiện nay chỉ có thể kết luận rằng rất khó lý giải các quá trình xói lở hay bồi tụ diễn ra khá trầm trọng ở nhiều nơi bằng các nguyên nhân nội sinh.

Nguyên nhân ngoại sinh gây xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông chủ yếu là do tác động của sóng, gió, bão, dao động mực nước. Các nhà địa lý hải dương, động lực học sông - biển đều cho rằng các yếu tố ngoại sinh là các nguyên nhân chính và phổ biến chi phối quá trình xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông.

❖ ***Tác động của gió***

Gió có tác động trực tiếp mang vật chất từ bờ biển đi nơi khác gây ra hiện tượng cát bay, cát nhảy làm cho một lượng đáng kể cát ở ven bờ biển tràn vào đất liền, hiện tượng này thường thấy ở một số địa điểm miền Trung.

Gió có tác động gián tiếp gây xói lở - bồi tụ bằng cách tạo ra sóng, dòng chảy là những yếu tố trực tiếp gây ra hiện tượng đó. Gió trong giông, bão có thể bốc đi một khối lượng đáng kể cát ở bờ biển, song tác động chính gây xói lở vẫn do các hậu quả chính của gió bão là sóng bão và dòng chảy trong bão. Tuy nhiên, thông thường những thay đổi địa hình bờ biển do chúng chỉ tồn tại trong một thời gian nào đó, và sẽ được các yếu tố động lực thường xuyên bồi đắp để lại đạt được xu thế cân bằng trước bão. Sự xuất hiện hoặc biến mất của các doi cát ở một số cửa sông nước ta khi có bão thuộc loại nguyên cơ này.

❖ ***Sự phân bố không đều nguồn bồi tích ở khu bờ***

Nguồn gốc bùn cát trong vùng ven biển cửa sông nói chung là từ 2 nguồn cơ bản: bùn cát từ thượng lưu các con sông đổ ra biển từ các dòng chảy sông và từ biển mang vào khu bờ dưới tác động của sóng và dòng triều. Bùn cát lơ lửng từ thượng lưu mang về đóng vai trò chính trong việc hình thành các bãi bồi, đảo chắn ở vùng cửa sông ven biển, còn thành phần bùn cát do dòng triều mang từ biển vào đóng vai trò thứ yếu. Điều này cũng có nghĩa rằng những đoạn bờ gần cửa sông thường được bồi tụ và ít bị xói lở còn những đoạn bờ xa cửa sông thì thường bị xói lở. Hiện tượng này xuất hiện ở khu bờ biển cửa sông như bờ biển Hải Hậu - Nam Định, Đồng Châu - Thái Bình, Gò Công - Tiền Giang.

❖ ***Dao động mực nước***

Sự thay đổi mực nước không đóng vai trò chính gây nên hiện tượng xói lở hay bồi tụ mà nó chỉ có tác động tương hỗ với sóng gây xói lở bờ biển.

Khi mực nước dâng cao hơn, khả năng sóng vỗ được vào lớp đất cao hơn của bờ biển, đê biển (thường là lớp kém bền vững hơn các lớp thấp hơn) sẽ lớn hơn. Do vậy dễ gây xói lở hơn. Tuy nhiên, nếu sự dâng lên đó chỉ xảy ra trong thời gian ngắn và hậu quả xói lở tức thì không quá nghiêm trọng thì bờ biển có thể trở lại trạng thái cân bằng như trước đó (điều này thường đúng với mực nước dâng do bão, có thể cao tới trên 3 m, song chỉ tồn tại trong 2 - 3 giờ). Nước dâng do gió mùa có thể chỉ dâng lên cỡ 30 - 40 cm song có thể tồn tại 1 tuần hoặc lâu hơn, tạo thời gian lâu dài hơn cho sóng đánh vào bờ ở mực cao hơn, đặc biệt là khi có cả mực triều cao. Cũng như vậy có thể kết luận về tác động mực nước triều: Sự thay đổi mực nước triều không phải nguyên nhân trực tiếp, thường xuyên gây xói, xói. Một bằng chứng khá rõ rệt là hiện tượng xói lở xảy ra ở mọi nơi, không phân biệt chế độ thuỷ triều và biên độ của nó.

❖ ***Sự dâng lên của mực nước biển***

Theo các nghiên cứu về dao động mực nước đại dương trên thế giới cho thấy nhiều thập kỷ gần đây mực nước đại dương có chiều hướng tăng lên, với mức độ khác nhau. Ở Việt Nam qua số liệu thống kê nhiều năm của các trạm ven biển từ Bắc đến Nam như trạm Cô Tô, Hòn Dáu, Sơn Trà, Phú Quí, Vũng Tàu, Côn Sơn, Phú Quốc trong vòng mấy chục năm qua cũng thể hiện quá trình biến động của mực nước biển có chiều hướng tăng. Mức độ tăng trung bình nhỏ nhất là 0,05 mm/năm và lớn nhất là 2,5 mm/năm [78].

Trong những năm gần đây mực nước biển tăng trung bình 2,25 mm/năm (tại Hòn Dáu), trong khi đó phần lục địa ven biển Trung bộ chỉ được nâng lên với giá trị trung bình 0,05 - 0,1 mm/năm, nhỏ hơn hẳn so với mực nước biển dâng tại Hòn Dáu tới 37 lần. Điều đó chứng tỏ biển tiến đang xảy ra trên suốt dọc bờ biển của nước ta, dẫn đến nhiều đoạn bờ bị chìm ngập dưới mực nước biển và năng lượng sóng truyền vào bờ cũng được tăng lên, kết quả là mức độ xói lở bờ tăng lên.

Quá trình dâng lên của mực nước biển đã thúc đẩy quá trình phá huỷ bờ và gây nhiễm mặn vào các đồng bằng ven biển. Theo dự báo của tổ chức CSIRO (Úc) đến năm 2070 mực nước ven biển ở nước ta sẽ dâng cao 45 cm thì đa số các vùng đất thấp ven biển như Cát Hải, Tiên Lãng, Vĩnh Bảo - Hải Phòng; Thái Thuỵ, Tiền Hải - Thái Bình; Giao Thuỷ - Nam Định; Tĩnh Gia - Thanh Hoá; Quảng Điền, Phú Vang - Thừa Thiên Huế; Vũng Tầu - Cần Giờ... và các phần cửa sông ven biển nước ta sẽ bị chìm sâu trong nước biển. Hậu quả của nó sẽ làm cho hệ sinh thái ven biển bị phá huỷ, nhiều công trình ven biển như đê đập, cầu cảng, đầm nuôi hải sản, khu du lịch... bị tàn phá và diện tích canh tác bị giảm đi nghiêm trọng.

❖ ***Sự gia tăng của bão và áp thấp nhiệt đới***

Theo kết quả thống kê thì từ năm 1891 đến năm 2002 tần suất bão đổ bộ vào bờ biển nước ta ngày càng gia tăng. Nếu tính cho từng thời kỳ 30 năm thì từ 1901 - 1930 là 117 cơn, từ 1931 - 1960 là 134 cơn và từ 1961 - 1990 là 171 cơn. Song có một điều đặc biệt hơn cả là trong khoảng 40 năm trở lại đây bão và áp thấp nhiệt đới lại có xu hướng dịch chuyển từ Bắc vào Nam, tăng cả tần suất lẫn cường độ và tập trung nhiều nhất ở Nam Trung bộ. Bão và áp thấp nhiệt đới gây sóng to, gió lớn, nước dâng có sức phá huỷ bờ rất lớn, gây xói lở bờ nghiêm trọng.

❖ ***Dòng chảy***

Dòng chảy đóng vai trò chính để phân bố lại bùn cát từ sông đưa ra và tải bùn cát đã được sóng bứt ra khỏi bờ, đáy ở khu bờ. Dòng triều có tính chất thuận nghịch và do đó có tác động tổng hợp vận chuyển bùn cát bằng không sau mỗi chu kỳ triều. Dòng dư, dòng từ sông đổ ra và dòng do sóng tạo nên dòng chảy ven bờ tổng hợp vận tải bùn cát dọc bờ.

❖ ***Sóng***

Sóng là tác nhân chính gây ra sự phá hoại các công trình ven bờ và xói xói bờ biển. Ngoài tác động phá hoại trực tiếp (áp lực sóng vỗ), năng lượng sóng được truyền qua dòng chảy sóng là nguyên nhân chủ yếu gây ra sự vận chuyển bùn cát đáy biển và tạo ra các vùng bồi xói.

Nguyên nhân nhân sinh

Các hoạt động khai hoang lấn biển, thuỷ lợi, khai thác sa khoáng, vật liệu xây dựng, chặt phá rừng ngập mặn v.v... có thể gây nên, thường là ở mức độ địa phương, trong phạm vi hẹp, sự xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông ở nước ta có thể dẫn ra khá nhiều ví dụ như vậy.

❖ ***Quai đê lấn biển, khai hoang nông nghiệp***

Khai hoang nông nghiệp (KHNN) các vùng đất bồi cửa sông ven biển là truyền thống lâu đời của nhân dân ta đặc biệt là ở vùng đồng bằng sông Hồng. Việc KHNN ở các vùng cửa sông châu thổ đất dễ cải tạo, hệ sinh thái vùng cửa sông ít bị suy giảm. Tuy nhiên không phải vùng đất bồi nào cũng có thể KHNN, bởi sự ổn định của các bãi bồi phụ thuộc rất nhiều vào chu kỳ biến đổi của các yếu tố khí tượng - thuỷ văn và quy luật thành tạo của các cửa sông. Nếu chúng ta không có một cơ sở khoa học chắc chắn về cơ chế thành tạo và quy luật biến động của chúng thì khi khai thác sẽ gặp phải những bất lợi to lớn. Việc quai đê lấn biển thiếu khoa học dễ gây ra mất cân bằng cán cân bùn cát - phù sa. Nhiều đoạn bờ trước khi có công trình lấn biển hoặc là ổn định, hoặc là được bồi, trở nên bị xói lở sau khi có các công trình đó. Chẳng hạn, vùng cửa sông hình phễu Bạch Đằng xu thế chung là biển lấn vào lục địa, nhưng nhân dân lại tiến hành quai đê lấn biển khai hoang đất bồi vùng cửa sông cho nông nghiệp là điều trái với qui luật tự nhiên. Từ 1938 - 1995 tổng diện tích đã khai hoang cho nông nghiệp, trong đó có cả xây dựng hồ chứa nước với diện tích rất lớn. Các hồ chứa nước ngọt để tưới nước cho các khu khai hoang chủ yếu là các lạch triều bị chặn đắp lại cùng các khu bị KHNN. Diện tích đất KHNN được khoanh đắp chủ yếu trên các bãi triều cao thuộc đới bồi tụ ngưng keo - kết bông lúc triều cao và một phần diện tích lạch triều đi cùng. Khai hoang nông nghiệp, xây dựng đồng ruộng và hồ chứa để sản xuất nông nghiệp đã biến một phần vùng cửa sông thuộc hệ sinh thái biển thành hệ sinh thái đồng ruộng. Nước triều hàng ngày không được trao đổi với các khu khai hoang nông nghiệp dẫn đến sự trao đổi nước giữa biển và đất liền trở nên khó khăn, chế độ dòng chảy vùng cửa sông bị thay đổi, gây xói lở lòng dẫn và các bãi bồi ven biển cửa sông.

Theo các phiếu điều tra cũng cho thấy một số vùng như đoạn quai đê lấn biển đã ảnh hưởng trực tiếp đến địa phương mình hoặc vùng lân cận, gây ra xói lở bờ. Nhơn Bình, Nhơn Hải, thành phố Quy Nhơn bị xói lở sau khi quai đê thứ hai và khoanh đìa nuôi hải sản. Bờ biển Xuân Hoà, Sông Cầu tỉnh Phú Yên cũng bị xói lở sau khi quai đê lấn biển.

❖ ***Khoanh đắp các đầm nuôi hải sản***

Khoanh đắp các bãi triều thành các khu nuôi trồng hải sản tự nhiên trở thành phong trào mạnh mẽ trên cùng các cửa sông từ những năm 1960, nhưng khoanh đắp mạnh nhất là từ 1985 đến nay. Các bãi triều cao tự nhiên có rừng ngập mặn là nơi cư trú của nguồn giống tôm, cua, cá được đắp đê khoanh kín lại, xây dựng hệ thống lấy nước và thải nước theo qui luật thuỷ triều. Dùng lưới chặn giữ lại các nguồn giống để nuôi lớn mới khai thác. Khi khoanh đắp các đầm nuôi hải sản cũng gây ra hiệu quả của sự trao đổi nước hạn chế vào vùng cửa sông, không gian cửa sông bị thu hẹp. Ngoài ra đắp đập nuôi trồng hải sản đã kéo theo một diện tích lớn rừng ngập mặn bị chặt phá bừa bãi, do đó RNM không còn là vành đai chắn sóng bảo vệ đê có hiệu quả và là đới giảm bớt động lực tạo điều kiện cho ngưng keo - kết bông lắng đọng phù sa, làm mất đi một hợp phần quan trọng nhất của cấu trúc cửa sông.

❖ ***Xói lở - bồi tụ do ảnh hưởng của các công trình giao thông - thuỷ lợi***

Các công trình điều tiết nước trên vùng thượng nguồn các con sông đã làm giảm đáng kể lượng bùn cát vận chuyển về hạ du bồi đắp cho vùng cửa sông ven biển, gây thiếu hụt lượng trầm tích hàng năm bổ sung cho vùng ven biển và cửa sông dẫn đến hiện tượng bờ bị xói lở. Đối với các sông miền Trung do lượng bùn cát hàng năm đổ về vùng cửa sông không lớn nên khi có các công trình điều tiết nước ở thượng nguồn, lượng nước trong mùa cạn giảm đi đáng kể không đủ động năng để khơi thông luồng cửa sông đã tạo điều kiện cho sóng, dòng chảy sóng ven bờ gây bồi lấp cửa sông.

Một số công trình giao thông (xây dựng cầu, cống) và công trình thuỷ lợi tưới tiêu vùng cửa sông ven biển (như cống thoát nước, kè nắn dòng) các hệ thống kênh đào và mương máng tưới tiêu, các đập và hồ chứa nước đầu nguồn đã làm ảnh

hưởng tới dòng chảy trên sông và lượng vận chuyển bùn cát ra bờ biển gây nên hiện tượng xói lở cục bộ ở vùng cửa sông ven biển. gây nên hiện tượng xói lở cục bộ ở vùng cửa sông ven biển. Qua điều tra nghiên cứu trong những năm gần đây đã cho thấy nhiều công trình giao thông, thuỷ lợi ở khu vực nghiên cứu mới được xây dựng đã ảnh hưởng đáng kể đến diễn biến vùng ven biển cửa sông. Chẳng hạn như:

- Đập sông Bạng Thanh Hoá đã gây xói lở các xã ven biển của huyện Tĩnh Gia như Hải Thanh, Hải Bình. Trước khi chưa có đập cống Bạng, cửa sông được mở rộng và sâu trung bình 5 m, thuyền bè ra vào thuận lợi, sau khi xây dựng cống Bạng (1978), cửa sông bị lấp và thu hẹp lại, độ sâu lòng cửa sông giảm xuống chỉ còn 2 m. Hiện tượng xói lở bờ của các xã ven biển đã xảy ra nghiêm trọng, làm thiệt hại nhiều tài sản và nhà cửa của nhân dân. Xói lở đã cướp đi một số làng ven biển có số dân trên 200 hộ. Nhân dân các xã trong huyện đã kiến nghị dỡ bỏ cống Bạng và tình trạng cửa sông đã trở nên như cũ.

- Cửa sông Vệ (đổ ra cửa Cổ Luỹ), do thu hẹp mặt cắt qua cầu sông Vệ, độ dài đoạn sông thu hẹp tới 70 m chủ lưu bị đẩy sang bờ kia của sông [17],[19]. Điều này không những đã ảnh hưởng đến đoạn sông cong ở sát hạ lưu cầu mà còn ảnh hưởng nhiều đến qui luật diễn biến trên suốt độ dài sông từ đó đổ ra biển. Đoạn sông trước khi đổ ra cửa Cổ Luỹ chủ lưu của dòng chảy có xu hướng ép sát vào bờ phải (Phổ An) gây xói lở bờ, còn phía bờ bên kia (Hưng Nhơn) lại đang có xu hướng bồi dần.

- Một số nơi khác khi có công trình thuỷ lợi cũng đã gây xói lở bờ, như bờ biển Hoàng Yến (Hoàng Hoá), bờ biển Quảng Tiến (thị xã Sầm Sơn) tỉnh Thanh Hoá bị xói lở từ khi có ghềnh Hới xây dựng. Bờ Nhân Trạch, Bố Trạch bị lở sau khi có đập Đá Mài, bờ Triệu An (Triệu Phong, Quảng Trị) xói lở từ khi có công trình thủy lợi.

Ảnh hưởng của hệ thống sông đào và mương máng tưới tiêu đến hiện tượng xói lở bờ biển không lớn lắm, song cũng cần quan tâm. Khi chưa mở cửa sông Hoàng và sông Lý (huyện Quảng Xương) đổ vào hạ lưu sông Yên thì bờ biển Hải Châu (Tĩnh Gia, Thanh Hoá) không có xói lở bờ biển, cũng tương tự như bờ biển Diễn Kim (Diễn Châu, Nghệ An) bị xói lở từ sau khi có kênh đào Vách Bắc, bờ Diễn Ngọc bị xói lở từ khi có 2 kênh đào thuỷ lợi.

❖ ***Xói lở do khai thác khoáng sản và vật liệu xây dựng***

Bờ biển Hàm Thuận tỉnh Bình Thuận, trước khi chưa có Xí nghiệp khai thác Khoáng sản Thuận Hải về khai thác cát đen (imminit) và tin tan, thì không thấy xói lở xảy ra. Từ sau năm 1983 trở lại đây, do khai thác sa khoáng ven biển bờ phía Nam của xã sau 2 lần gió mùa Đông Bắc thì bờ biển đã bị xói lở mất 20 m.

Một số địa phương đã khai thác san hô làm đá xây dựng, đã phá vỡ bức tường chắn sóng tự nhiên của bờ. Từ sau khi bờ bị khai thác san hô làm vôi đã làm cho nhiều đoạn bờ bị xói lở nghiêm trọng như ở Vĩnh Lương, Khánh Hoà, Ninh Phước, Ninh Thuận.

Hậu quả của việc phá rừng ngập mặn và rừng chắn gió ven biển đã gây ra hiện tượng xói lở tại các xã Hải Lĩnh - Tĩnh Gia - Thanh Hoá, Nghi Yên - Nghi Lộc - Nghệ An, Thanh Trạch - Quảng Trạch - Quảng Bình, Bình Phú - Bình Sơn - Quảng Nam.

Trên đây là những nguyên nhân chung gây nên hiện tượng xói lở - bồi tụ ven biển cửa sông, nhưng đối với từng đoạn bờ cụ thể có vị trí địa lý khác nhau, hình thái địa mạo khác nhau... thì sẽ chụi ảnh hưởng của các tác nhân trội khác nhau, tức là có những nguyên nhân khác nhau. Nguyên nhân chính gây xói lở - bồi tụ của từng miền như sau:

3.4. NGUYÊN NHÂN XÓI LỞ - BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG MIỀN BẮC (TỪ QUẢNG NINH ĐẾN NINH BÌNH)

Qua kết quả nghiên cứu phân tích các yếu tố ảnh hưởng và đánh giá hiện trạng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc có thể rút ra một số nguyên nhân gây xói lở - bồi tụ khu vực nghiên cứu như sau:

- Bờ biển tự nhiên vùng miền Bắc thường bị chia cắt phức tạp bởi các lạch, cửa sông, cồn bãi, bãi lầy sú vẹt... hình dáng uốn lượn với bán kính cong nhỏ. Hệ thống đê dạng tuyến làm cho đường bờ đơn giản hơn, bán kính cong của các đoạn uốn lớn. Hệ thống đê dạng tuyến đôi khi nối liên tiếp các hệ cồn cát, cùng với sự chỉnh sửa đê kè chống xói lở đã tạo nên tuyến bờ thẳng tắp dài đến 30 km ở Giao Thuỷ, Hải Hậu. Ngược lại sự dồn tụ phù sa vào các cửa chính đã tạo nên những mỏ lồi lớn vươn xa ra biển như cửa Ba Lạt, cửa Đáy, Trà Lý, xen với các cung lõm,

đoạn thẳng kéo dài. Nhiều nhánh sông nhỏ bị chặn đắp, phù sa được đổ dồn ra ở các nhánh cửa chính đổ ra biển, gây thiếu hụt bồi tích nghiêm trọng cho những vùng khuất. Trên các ảnh vệ tinh chụp cả hai mùa mưa và khô, thấy rõ ven bờ Hải Hậu, phù sa lơ lửng có hàm lượng không cao ngay cả sát bờ, khối nước đục từ cửa Ba Lạt đưa ra xa bờ rồi lan toả chủ yếu lên phía Bắc vào mùa gió Tây Nam và xuống phía Nam vào mùa gió Đông Bắc. Chính sự phân bố lượng bùn cát không đồng đều từ sông đưa ra này đã gây ra hiện tượng bồi tụ, xói lở xen kẽ. Ở những đoạn bờ xa cửa sông thì xảy ra hiện tượng xói lở (ven biển Hải Hậu) còn vùng cửa sông thì bồi tụ với tốc độ rất lớn (như cửa Ba Lạt, cửa Đáy).

- Do tác động của các yếu tố khí tượng - thuỷ văn và đặc điểm uốn khúc lòng dẫn, các lạch cửa sông chính dịch chuyển về phía Bắc, hoặc phía Nam với thời khoảng trước kia chừng 40 - 50 năm, sau đó rút ngắn gần đây 30 - 40 năm do có tác động của hệ thống đê biển. Các bãi bồi được bồi tụ mạnh dẫn đến khả năng phát triển nhanh hơn các hệ thống đê biển. Các hệ thống đê biển mở rộng nhanh góp phần làm thay đổi dòng chảy ở cửa chính, dẫn đến gây bồi tụ ở lạch cửa sông và khi gặp lũ lớn lạch cửa mới phá mở sớm hơn về phía đối diện.

- Quai đê lấn biển làm khép kín các vùng cửa sông, tạo nên dồn ứ các dòng lũ trước khi ra biển, gây tích tụ cát rất lớn ở các bãi, đảo giữa sông và lòng sông phần phía trên đồng bằng. Bức tranh phân bố trầm tích hiện đại ven bờ, cũng chịu tác động gián tiếp của quá trình quai đê lấn biển, thông qua di chuyển lắng đọng như ven bờ Hải Hậu, phổ biến trầm tích mặt đáy là cát nhỏ và bột lớn. Trên ảnh vệ tinh cũng dễ nhận thấy phân bố các trường cát vùng triều ven bờ hiện nay hạn chế hơn nhiều phần đồng bằng phía trong đê. Đối với vùng bồi tụ, điển hình là khu vực Kim Sơn, phía Nam cửa Đáy, hệ thống đê do khai hoang lấn biển phát triển liên tục nhiều thế hệ, đã cho thấy xu thế chung, tốc độ bồi lấn ngày càng nhanh khi đi từ phía lục địa ra phía bờ biển hiện đại. Ngoài nguyên nhân tự nhiên, chính đường đê biển đã đẩy nhanh đường bờ ra phía biển, để lại những ô trũng thấp còn rất thiếu phù sa bồi tụ lấp đầy ở phía trong. Kết quả phân tích đường bờ các thế hệ qua ảnh vệ tinh cũng cho thấy, trong giai đoạn hiện tại, đường bờ mực nước cao, chịu tác động mạnh hơn của các công trình khai hoang lấn biển, lấn ra bờ biển nhanh hơn đường bờ mực nước thấp, ít ảnh hưởng hơn của hệ thống đê nhân tạo. Vì thế, trắc

diện bờ rút ngắn - độ dốc bờ tăng và sau một thời gian bờ sẽ chuyển từ pha bồi sang xói xói. Hiện tượng đổi pha bồi xói như vậy thấy rõ ở khu vực Đồ Sơn - Ba Lạt, điển hình ở Đồng Châu (Thái Bình), Vinh Quang (Tiên Lãng, Hải Phòng).

Hiện tượng xói lở bờ biển mạnh và bất thường do nhiều nguyên nhân, nhưng có liên quan chặt chẽ đến quá trình quai đê lấn biển ở ven bờ châu thổ sông Hồng. Nguyên nhân sâu xa của xói xói mạnh mẽ gần thế kỷ nay của trên chục kilomet bờ Hải Hậu có liên quan chặt chẽ đến các công trình khai hoang lấn biển, đắp đê làm mất nguồn phù sa cung cấp cho khu vực này. Vật liệu được giải phóng từ quá trình xói lở bờ biển tại đây chuyển thành dòng bồi tích dọc bờ bồi lấn cửa sông Ninh Cơ, gây sa bồi luồng vào cảng Hải Thịnh.

- Sa bồi là một tai biến thường liên quan đến sử dụng tài nguyên nước trên lưu vực. Sa bồi vùng cửa sông là hiện tượng khá phổ biến ở ven bờ châu thổ sông Hồng. Do có hồ chứa, lưu lượng và tốc độ dòng chảy qua cửa bị giảm dẫn đến bồi cạn luồng cửa dưới tác động của dòng bồi tích dọc bờ. Trong điều kiện như vậy, nếu xuất hiện mưa lớn trên lưu vực sẽ gây ngập lụt do thoát nước tại cửa kém. Sự kết hợp giữa biến động khí hậu cực đoan và hoạt động nhân tác, trong đó có xây dựng và vận hành hồ chứa trên lưu vực đã góp phần làm gia tăng bồi cạn cửa sông và ngập lụt đi kèm . Vào những năm khô hạn có Elnino, nguồn nước ngọt suy giảm và nước được tích vào các hồ dẫn đến tăng cường bồi cạn cửa sông. Vào những năm Lanina có mưa lớn tiếp theo, do cửa bị bồi cạn nên dễ xảy ra ngập lụt ven bờ.

Gần đây, hiện tượng bồi cạn và các cồn cát chắn cửa tại các cửa Đáy, cửa Lạch Giang và Ba Lạt phát triển mạnh. Sự suy giảm dòng chảy mùa lũ từ sông tạo điều kiện cho dòng bồi tích cát dọc bờ do sóng làm cạn các cửa, phát triển nổi cao cồn cát chắn cửa. Do bồi cạn và dịch chuyển luồng cửa khá nhanh, luồng vào cảng Hải Thịnh trong cửa sông Ninh Cơ hoạt động rất khó khăn. Cửa này năm 1995 bị bồi cạn và phá mở về vị trí phía Bắc trong một trận lũ. Hiện cửa đang bị đẩy về phía Nam, liên tục xê dịch vị trí và có thể lại mở về phía Bắc trong một tương lai gần khi xuất hiện lũ do chính sự bồi tắc cửa gây ra.

Sa bồi luồng vào cảng Hải Phòng do nhiều nguyên nhân tự nhiên và nhân tác. Nguyên nhân tự nhiên quan trọng nhất đó là quá trình tái lắng đọng vật liệu liên quan tới nguồn vật liệu trầm tích giải phóng từ quá trình xói lở, trong đó có xói

lở bờ đảo Cát Hải. Việc xây dựng đập Đình Vũ ngăn sông Cấm, xây dựng hệ thống đê, đầm và cả việc xây dựng đập Hoà Bình trên lưu vực đã tăng cường quá trình sa bồi luồng cảng. Sự gia tăng bùn cát lơ lửng và lượng nước ngọt khu vực cửa Cấm - Nam Triệu là một nguyên nhân góp phần tăng cường sa bồi luồng vào cảng Hải Phòng. Để duy trì độ sâu tối thiểu 6 m cho tàu một vạn tấn cập cảng, trước đây lượng nạo vét chỉ khoảng 1 - 2 triệu tấn, nay đến 4 - 5 triệu tấn. Lượng bùn cát tham gia hoàn lưu hàng năm ở vùng Cửa Cấm - Nam Triệu có khoảng 2 triệu tấn giải phóng từ quá trình xâm thực xói lở bờ, 3 triệu tấn do sông đưa ra. Sau khi có hồ Hoà Bình, lượng bồi tích do sông đưa ra tăng thêm 2 triệu tấn (Trần Đức Thạnh, 1995).

Sau khi hồ Hoà Bình đi vào hoạt động, lưu lượng nước trạm Sơn Tây tuy ít thay đổi, nhưng càng về phía hạ du lưu lượng nước lại thay đổi khá rõ nét với xu hướng giảm. Trạm Hà Nội trước khi hồ Hoà Bình đi vào hoạt động lưu lượng trung bình năm là 2650 m^3/s và sau khi hồ hoạt động là 2610 m^3/s. Nhưng lưu lượng nước ở trạm Thượng Cát lại tăng lên, trước khi hồ Hoà Bình đi vào hoạt động là 857 m^3/s và sau khi hồ hoạt độnglà 955 m^3/s. Các tháng cuối mùa khô II, III, IV lượng dòng chảy tăng lên do xả nước bổ sung phát điện. Các tháng mùa mưa VIII, IX trữ nước làm dòng chảy sông giảm đi. Khi có hồ Hoà Bình, về mùa khô dòng chảy hệ thống sông Thái Bình và Văn Úc tăng lên so với trước. Tổng lượng nước phân phối cho hệ thống sông Thái Bình tăng lên rõ rệt. Tính trung bình nhiều năm thì tỷ lệ chuyển nước này là 21,8% trước khi có hồ Hoà Bình và 25,5% sau khi có hồ Hoà Bình. Hàm lượng bùn cát ở Thượng Cát (sông Đuống) trước khi có hồ Hoà Bình 811 g/m^3, sau khi có hồ Hoà Bình là 805 g/m^3. Do vậy, tổng lượng bùn cát qua sông Đuống trước khi có hồ là khoảng 25,6 triệu tấn/năm, sau khi có hồ khoảng 23,7 triệu tấn/năm. Như vậy, mức độ giảm không đáng kể, chỉ khoảng 1,0%, tuy nhiên cũng gây tác động đáng kể đến hiện tượng bồi xói khu vực ven biển cửa sông châu thổ sông Hồng hiện đại từ Đồ Sơn đến Lạch Trường. Tính từ đê Quốc gia đến hết đới bồi tụ châu thổ ngầm rộng khoảng 1500 km^2, độ dốc tự nhiên trung bình 0,00125, lượng bùn cát lơ lửng sông đưa ra vùng ven bờ châu thổ sông Hồng hiện đại từ Đồ Sơn đến Lạch Trường là 67 triệu tấn/năm, nếu tính 10% khối lượng di đáy thì tổng lượng bùn cát sông đưa ra là 73,7 triệu tấn/năm, tương đương 40.062.500 m^3. Tạm tính rằng 1/3

lượng bồi tích phân tán khỏi khu vực và 2/3 lượng bồi tích tích tụ tại chỗ, tương đương 27.637.500m^3. Tốc độ bồi thẳng đứng sẽ là 27.637.500 m^3/năm: 1500.000.000 m^2 = 0,018425 m/năm. Tốc độ bồi tụ ngang lấn ra biển là: 0,018425 m/năm: 0,00125 = 14,7 m/năm.

Như vậy, do bùn cát bị lắng lại dưới đáy hồ Hoà Bình và những thay đổi do điều tiết hồ, tốc độ bồi tụ ven bờ châu thổ sông Hồng giảm từ 27,4 m/năm xuống 14,7 m/năm, giảm đi 12,7 m/năm, tương đương 190 ha/năm. Cụ thể là:

Giảm tốc độ bồi tụ thực tế ở cửa Ba Lat

- Biên độ bồi lớn nhất giai đoạn 1930 - 1965 là 2,2 km, tương ứng với tốc độ mạnh nhất là 62,8 m/năm.
- Biên độ bồi lớn nhất giai đoạn 1965 - 1990 (giáp trước khi có hồ Hoà Bình) là 2,22 km, tương ứng với tốc độ mạnh nhất là 88,8 m/năm.
- Biên độ bồi lớn nhất giai đoạn 1990 - 1998 (sau hồ Hoà Bình) là 0,47 km, tương ứng với tốc độ mạnh nhất là 58,7 m/năm. Tốc độ này thấp nhất trong vòng 70 năm qua và giảm 30 m/năm so với giai đoạn trước đắp đập.

Hiện nay Cửa Ba Lạt vẫn tiếp tục bồi tụ mặc dù phía ngoài các cồn cát đã có hiện tượng xói lở cục bộ.

Tăng cường xói lở một số đoạn bờ

Theo phân cấp cường độ xói lở ở ven bờ châu thổ sông Hồng, cường độ yếu dưới 2,5 m/năm, trung bình 2,5 - 5 m/năm, mạnh 5 - 10 m/năm và rất mạnh trên 10 m/năm (Trần Đức Thạnh và nnk, 2000). Trong giai đoạn 1965 - 1990, chiều dài bờ xói xói 59 km, cường độ xói lở trung bình chiếm 9%, mạnh chiếm 45,5% và rất mạnh chiếm 45,5%. Trong giai đoạn 1991 - 1995, chiều dài bờ xói xói chỉ 25,5 km do đê kè được củng cố vững chắc thêm nhiều và một số đoạn phía Bắc chuyển sang bồi tụ như Bằng La, Tiên Lãng, nhưng tăng về cường độ, bờ xói lở rất mạnh chiếm đến 87,5% và mạnh 12,5%.

Tại bờ Hải Hậu, cường độ xói lở tại khu vực này tăng nhanh theo thời gian, và có xu hướng mở rộng về phía Hải Thịnh với tốc độ: giai đoạn 1965 đến 1991 là 500 m/năm. Khu vực Nghĩa Phúc do sự đổi dòng của cửa sông Ninh Cơ cũng xảy

ra xói cục bộ trên đoạn bờ khoảng 2,7 km với biên độ tới 250 m từ 1965 đến 1995, tốc độ 8,3 m/năm. Từ 1991 - 1995 quá trình xói lở diễn ra trên đoạn bờ với chiều dài xấp xỉ 500 m, với biên độ xói tới 60 m, tốc độ 15 m/năm. Tại Hậu Lộc, cường độ và qui mô xói lở của đoạn bờ này đang ngày càng tăng do tốc độ xói lở tăng và chiều dài bị xói lở cũng tăng lên.

Tại vùng ven bờ châu thổ sông Hồng, từ Đồ Sơn đến Nga Sơn, quá trình bồi tụ vẫn chiếm ưu thế, nhưng diễn biến hết sức phức tạp và tốc độ không đồng đều theo không gian và thời gian.

Để xác định nguyên nhân xói lở - bồi tụ khu vực bờ biển cửa sông miền Bắc, đề tài đã tiến hành phân tích các tài liệu đo đạc khảo sát các yếu tố thuỷ thạch - động lực các khu vực trọng điểm xảy ra xói lở - bồi tụ, kết hợp với sử dụng các mô hình số trị mô phỏng các quá trình vật lý cho toàn dải ven biển cửa sông khu vực nghiên cứu. Sau đây, đề tài xin trình bày nguyên nhân của các khu vực bồi tụ - xói lở điển hình của miền Bắc:

3.4.1. Khu vực bờ đảo Đình Vũ

Khu vực nghiên cứu có độ dài đường bờ khoảng 1500 m nằm ở đoạn bờ cuối cùng phía Đông Nam Đình Vũ, phía Bắc giáp với luồng Bạch Đằng, phía Đông giáp cửa Nam Triệu, phía Nam và Đông Nam giáp vịnh biển Đồ Sơn - Cát Bà, phía Tây giáp cửa Cấm nay đã bị bồi tụ nổi cao.

Khu vực nghiên cứu bị chi phối bởi chế độ thuỷ văn của 2 sông chính là sông Bạch Đằng và sông Cấm, cùng đổ ra biển qua cửa Nam Triệu, ngoài ra sông Lạch Tray ở phía Tây cũng góp phần ảnh hưởng đến sự tiến hoá tự nhiên của đảo Đình Vũ. Tổng lượng nước trung bình hằng năm qua luồng Nam Triệu là 12 km^3 và lượng bùn cát xấp xỉ 5 triệu tấn.

Chế độ sóng khu vực đảo Đình Vũ phụ thuộc vào chế độ gió, thay đổi theo mùa và hình dạng đường bờ. Sóng ven biển Hải Phòng chủ yếu là sóng truyền từ ngoài khơi đã bị khúc xạ và phân tán năng lượng do ma sát đáy. Khu vực ven bờ, vào mùa đông (từ tháng IX - II) thịnh hành sóng hướng E với tần suất 34% và NE tần suất 14%, độ cao trung bình 0,5 - 0,75 m. Mùa hè (tháng III - VIII) thịnh hành sóng SE, tần suất 22%, độ cao 0,7 - 0,9 m. Trong năm, độ cao sóng cực đại xấp xỉ 2

m, nhưng có thể đạt 4 - 5 m trong bão. Trong các tháng chuyển tiếp (tháng IV, X), sóng hướng E và SE chiếm ưu thế, tần suất 25 - 32%, độ cao trung bình 0,75 m.

Dòng chảy ở phía ngoài biển từ độ sâu 6 m là dòng hải lưu ven bờ, ít có ảnh hưởng tới khu vực. Ở các luồng lạch trong cửa sông, dòng chảy triều đóng vai trò quan trọng cùng với dòng chảy sông. Dòng chảy mạnh nhất khi mực nước dao động lên - xuống ngang qua mực nước trung bình. Tốc độ dòng chảy tại khu vực dao động trong khoảng rất rộng từ 0,1 - 1,8 m/s tuỳ thuộc mùa. Dòng chảy triều đưa một khối lượng lớn nước biển vào vùng cửa sông. So với lượng chảy sông thì lượng chảy triều trên sông Cấm đạt 60 - 70%. Dòng triều cũng kéo theo một khối lượng lớn bùn cát từ sườn bờ ngầm vào vùng cửa sông gây sa bồi luồng lạch và hình thành các hệ lạch triều và các bãi sú vẹt.

Dòng bùn cát ở khu vực nghiên cứu di chuyển theo hai phương thức: lơ lửng và di đáy. Về mùa mưa do độ đục cao nên dòng bùn cát trên sông lớn hơn nhiều so với mùa khô và có xu hướng giảm dần về phía hạ lưu. Ở gần cửa sông về mùa khô, do ảnh hưởng của sóng và dòng triều, độ đục lại giảm từ ngoài vào trong, do vậy dòng bồi tích khi triều lên có vai trò quan trọng.

Hiện tượng xói lở mạnh đang diễn ra ở khu vực bãi triều cao và gây san lấp, sa bồi luồng lạch. Đến nay hầu hết các bãi triều cao ở hai bên sông Bạch Đằng và sông Cấm đã được quai đắp thành đầm nuôi thuỷ sản, làm cho trắc diện ngang của sông bị thu hẹp đáng kể và một loạt các lạch triều lớn nhỏ bị ngăn lại và ngừng hoạt động. Dòng bồi tích được tăng cường ở lòng sông. Khu vực dự án cảng nước sâu là nơi chịu ảnh hưởng trực tiếp của các dòng bồi tích từ sông Cấm và sông Bạch Đằng nên sự bồi lắng lòng sông diễn ra khá mạnh mẽ. Theo bản đồ năm 1938 ở giữa lòng có lạch sâu 10 - 14 m, nay lạch này bị thu hẹp cả về chiều rộng lẫn chiều ngang xuống còn 6 m. Nguyên nhân của sự bồi lắng là do tăng nguồn bồi tích chuyển tới khu vực và có tới trên 10 lạch triều các loại bị ngăn đắp.

Chế độ dòng chảy trong khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng mạnh của dao động triều từ ngoài biển và dòng chảy cửa sông Cấm, Nam Triệu thay đổi theo mùa (khô, mưa). Từ sau khi có đập Đình Vũ, phía sau đập đã bị bồi thành lạch triều rất

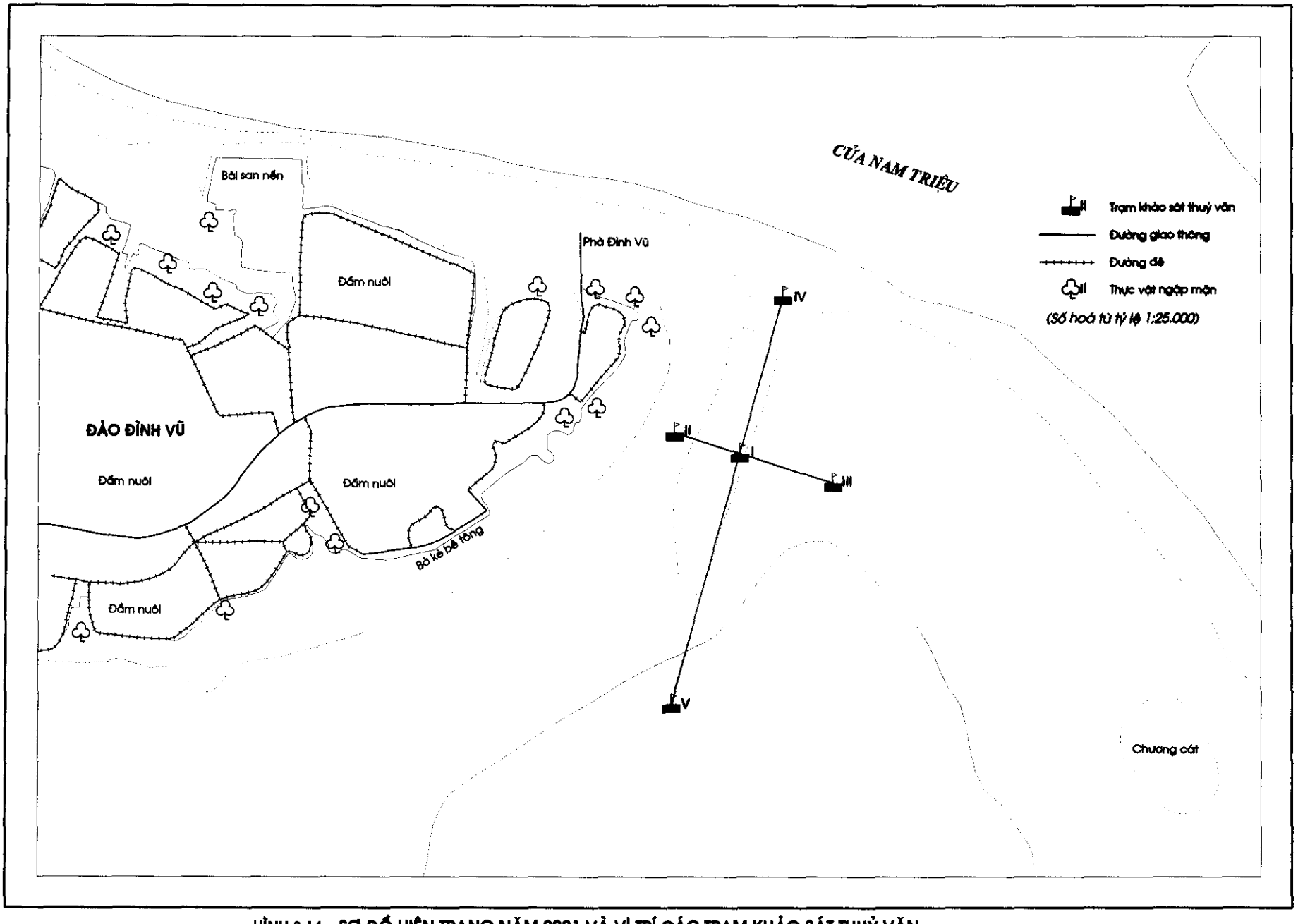
nông, địa đình đáy khu vực đã bị thay đổi đáng kể nên ảnh hưởng của dòng chảy sông Cấm đã bị suy giảm đáng kể.

Các kết quả khảo sát, tính toán cho thấy, hướng dòng chảy ở khu vực ven bờ đảo mang tính thuận nghịch phụ thuộc vào dòng triều và dòng chảy sông, hướng chảy chủ yếu N - S, các hướng khác tần suất khá nhỏ. Giá trị vận tốc dòng chảy khá lớn, dòng chảy xuống thường chiếm ưu thế so với dòng chảy lên cả về tốc độ và thời gian chảy. Các cực đại của vận tốc dòng chảy thường quan trắc được vào khoảng thời gian độ cao mực nước đạt giá trị trung bình. Giá trị cực tiểu của vận tốc dòng chảy xuất hiện khi đổi hướng dòng chảy, tức là thời gian nước lớn và nước ròng tại điểm quan trắc. Điều này chứng tỏ ảnh hưởng mạnh của dao động triều biên độ khá lớn tới dòng chảy khu vực.

Chuỗi số liệu quan trắc dòng chảy tại các trạm đã được dùng để phân tích các thành phần dòng chảy có tính chất tuần hoàn (dòng chảy triều) và các thành phần phi tuần hoàn (dòng dư). Kết quả phân tích, tính toán cho thấy: bán trục lớn elíp dòng triều có hướng gần N - S, hơi lệch về bên phải tại các trạm I, IV, V, và lệch về trái tại các trạm II, III (hình 3.14). Tại trạm IV, bán trục nhỏ của elip khá lớn do dòng lên hướng Bắc và Đông Bắc, dòng xuống hướng S và SW. Tại tất cả các trạm đo, dòng nhật triều chiếm ưu thế tuyệt đối, đạt cực đại tới 0,40 m/s ở trạm IV và 0,17 m/s ở trạm V. Dòng bán nhật cực đại chỉ cỡ 0,10 m/s, lớn nhất 0,17 m/s (trạm II) và nhỏ nhất 0,07 m/s (trạm V). Dòng 1/4 ngày có vai trò không đáng kể, giá trị chỉ trong khoảng 0,02 - 0,05 m/s. Dòng dư chủ yếu hướng Nam hoặc Đông Nam, tốc độ khá nhỏ, chỉ 0,02 - 0,07 m/s. Riêng trạm IV ở phía Bắc do ảnh hưởng của vùng cửa Cấm, dòng dư đạt tới 0,20 m/s. Dòng dư tuy nhỏ nhưng cũng đóng góp đáng kể vào quá trình vận chuyển bồi tích trong khu vực.

Kết quả phân tích hàm lượng bùn cát lơ lửng ở tầng giữa cho thấy, nhỏ nhất là 5,00 g/m^3 và lớn nhất 486 g/m^3. Một số đặc trưng lượng bùn cát lơ lửng được cho trong bảng 3.24.

Nhìn chung tại tất cả các trạm khảo sát, hàm lượng bùn cát lơ lửng trong pha triều xuống thường cao hơn lúc triều lên. Tại trạm Đình Vũ V và II hàm lượng trong pha triều lên cao hơn trong pha triều xuống, điều này chứng tỏ trong khu vực nghiên cứu hàm lượng bùn cát lơ lửng chịu sự chi phối của phù sa sông và sóng



HÌNH 3.14. SƠ ĐỒ HIỆN TRẠNG NĂM 2001 VÀ VỊ TRÍ CÁC TRẠM KHẢO SÁT THUỶ VĂN KHU VỰC ĐÔNG NAM ĐÌNH VŨ

khuấy đáy nông ven bờ. Lượng bùn cát lơ lửng trong pha triều lên gấp 5,8 lần trong pha triều xuống (Đình Vũ V), chứng tỏ quá trình tương tác sông - biển ở đây xảy ra rất mạnh mẽ.

Bảng 3.24 Các giá trị đặc trưng lượng bùn cát lơ lửng tầng giữa tại khu vực nghiên cứu

Trạm	Độ đục (g/m^3)		
	Trung bình	Min	Max
Đình Vũ I	66,9	7,70	210
Đình Vũ II	81,9	18,9	189
Đình Vũ III	77,9	24,3	173
Đình Vũ IV	18,2	5,00	68,0
Đình Vũ V	68,5	7,00	486

Lượng bùn cát lơ lửng trong khu vực biến đổi theo thủy triều lên xuống. Khi dòng chảy nhỏ mà sự xáo trộn thẳng đứng yếu khi đó có sự phân tầng mạnh thì khả năng sa lắng của các vật liệu lơ lửng sẽ cao. Lượng bùn cát lơ lửng ở tầng giữa đạt cực đại 486 g/m^3, tốc độ dòng chảy tầng đáy trong ngày nước lớn lên tới 0,67 m/s tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình vận chuyển di đáy của các vật liệu trầm tích, chứng tỏ quá trình sa lắng ở đây chiếm ưu thế so với bào mòn đáy và các vật liệu thô hơn trong khối nước dần dần sa lắng xuống đáy.

Kết quả phân tích mẫu trầm tích cho thấy, trầm tích chủ yếu là bột lớn với đường kính trung bình (Md) từ 0,065 - 0,087 mm (Md trung bình = 0,076 mm), độ chọn lọc từ trung bình đến tốt. Trầm tích cát nhỏ Md biến đổi từ 0,124 - 0,160 mm (Md trung bình = 0,1382 mm) loại trầm tích này có độ chọn lọc tốt. Trầm tích bùn bột nhỏ đường kính trung bình Md biến đổi từ 0,013 - 0,033 mm (Md trung bình 0,026 mm), có độ chọn lọc từ trung bình đến kém.

Khu vực nghiên cứu nằm trong hệ thống cửa sông hình phễu nên hàm lượng bùn cát mang tính phân tầng, phụ thuộc dòng triều lên xuống và mùa trong năm cũng như địa hình đáy, dòng bồi tích được tăng cường ở lòng sông và chịu ảnh hưởng trực tiếp của các dòng bồi tích từ sông Cấm và sông Bạch Đằng nên sự bồi lắng diễn ra khá mạnh mẽ.

Nhìn chung trong khu vực nghiên cứu, trầm tích đáy tầng mặt tương đối thô hơn và có một lớp phù sa màu vàng dày khoảng 1 - 2 mm phủ lên trên ở hầu hết các mẫu trầm tích. Theo các mặt cắt song song với bờ (ĐB - TN), thành phần trầm tích đáy có xu hướng thô về phía ĐB và mịn dần về phía TN và tại mặt cắt vuông góc với bờ (TB - ĐN) trầm tích có xu hướng mịn dần về hai bờ đến độ sâu 0,4 m. Từ độ sâu 0,4 m đi vào bờ là trầm tích cát nhỏ và có xu hướng thô hơn.

Sự biến đổi thành phần trầm tích theo hai mặt cắt ngang và mặt cắt dọc cho ta thấy thành phần trầm tích ở phía ĐB thô hơn ở phía TN và có xu hướng thô dần về phía ĐB (Đình Vũ II, Md = 0,087 mm). Mặt khác dòng chảy trong khu vực lại có xu hướng chảy về phía ĐB vào lúc triều lên, phù sa ở ngoài biển đưa vào kết hợp với vật liệu tại chỗ đưa lên sẽ làm nguồn cung cấp vật liệu cho sự lắng đọng trầm tích và có xu hướng bồi về phía bờ ĐN của đảo Đình Vũ.

Số liệu đo đạc dòng chảy và số liệu mực nước đo đạc đã được sử dụng để tính lưu lượng và vận chuyển bùn cát qua các mặt cắt vuông góc với bờ (MCI) và dọc bờ (MCII) trong khoảng thời gian khảo sát từ ngày 12/XII đến ngày 14/XII/2001.

Lưu lượng bùn cát (tải lượng phù sa) qua mặt cắt phụ thuộc đồng thời vào cả 2 yếu tố lưu lượng nước và hàm lượng bùn cát lơ lửng và được tính chi tiết cho từng khoảng thời gian trong mỗi pha triều. Lưu lượng nước tính cho từng giờ, kết quả tính tải lượng phù sa qua các mặt cắt được trình bày trong các bảng trong phụ lục 2.

Tại MCI (vuông góc với bờ), tổng lượng nước vận chuyển qua mặt cắt trong 01 ngày đêm là +20.362.111 m^3 chảy lên, -18.583.226 m^3 chảy xuống, cân bằng +1.778.885 m^3 chảy lên. Tổng lượng phù sa vận chuyển lên phía Bắc qua toàn bộ mặt cắt là 1.886.164 kg, vận chuyển xuống phía Nam là -1.039.072 kg. Cân bằng vận chuyển dương (+), hướng từ Nam lên Bắc là +847.092 kg.

Tại MCII (dọc bờ), tổng lượng nước vận chuyển qua mặt cắt trong 01 ngày đêm là +16.539.895 m^3 chảy vào, - 49.207.926 m^3 chảy ra, cân bằng -32.668.031 m^3 chảy ra. Tổng lượng phù sa vận chuyển vào bờ qua toàn bộ mặt cắt là 494.806 kg, vận chuyển ra là -1.504.101 kg. Cân bằng vận chuyển âm (-), hướng từ bờ ra là -1.009.295 kg.

Như vậy, dòng bùn cát lơ lửng trong thời gian khảo sát có xu hướng từ bờ ra ngoài và từ phía Nam lên phía Bắc.

Căn cứ vào tài liệu điều tra khảo sát nhiều năm trên diện rộng và tài liệu điều tra khảo sát chi tiết khu vực bờ đảo Đình Vũ vào mùa gió Đông Bắc năm 2001, có thể đưa ra những nhận xét chung nhất về diễn biến, nguyên nhân xói lở bờ đảo Đình Vũ như sau:

- Xói lở bờ đảo Đình Vũ xảy ra liên tục kéo dài, đã diễn ra từ rất lâu và còn tiếp tục trong tương lai. Tuy nhiên, cường độ xói có xu hướng tăng và giảm rất chậm.

- Quá trình diễn biến xói lở theo pha đoạn ngắn rất phức tạp, bờ phía Tây Nam có xu hướng chuyển thành bồi sau khi đắp đập Đình Vũ năm 1981 và quá trình xói dịch dần và mạnh dần về bờ phía Đông Bắc. Tại đây, đường mực biển cao liên tục bị xói lấn về phía đảo, trong khi đường mực biển trung bình khi lấn ra do bồi, khi lấn vào do xói và kết quả chung là lấn vào với tốc độ chậm hơn đường mực biển cao.

- Đoạn bờ ĐN Đình Vũ là đoạn bờ duy nhất có cấu tạo bãi cát còn hầu hết xung quanh Đình Vũ là bãi triều lầy. Bờ được cấu tạo bằng trầm tích hạt mịn và bở rời như cát nhỏ, bột lớn, bùn sét bột và bùn sét. Đoạn bờ này chịu tác động trực tiếp là sóng và là đoạn bờ đã và đang nằm trong tình trạng xói xói.

- Khu vực Đông Nam Đình Vũ nằm ở trung tâm bồn sụt võng tương đối mạnh Hải Phòng, có tốc độ sụt hạ lớn nhất vùng cửa sông hình phễu Bạch Đằng. Hơn nữa, hiện nay mực nước biển đang ngày càng dâng cao trên toàn hành tinh, trong đó sự dâng cao mực nước biển khu vực là 2,24mm/năm (Nguyễn Ngọc Thụy, 1993), do đó sườn dốc đường bờ cao tăng lên, làm cho đường bờ cao Đông Nam Đình Vũ liên tục bị xói lở cho đến nay.

- Các bãi triều - rừng ngập mặn trước đây xanh tốt và dày sít nhau có khả năng chống xói xói bờ rất tốt. Vài chục năm lại trở lại đây con người đã chặt phá rừng ngập mặn, nên rừng ngập mặn hiện nay mọc tái sinh thưa thớt và khả năng chống xói xói bờ kém.

- Nguyên nhân cơ bản xói lở bờ Đình Vũ là sự thiếu hụt bồi tích (lượng chuyển đi lớn hơn lượng chuyển đến) trong điều kiện vùng cửa sông hình phễu ngập chìm do cả nguyên nhân hạ kiến tạo và nâng cao chân tĩnh do nguyên nhân khí hậu.

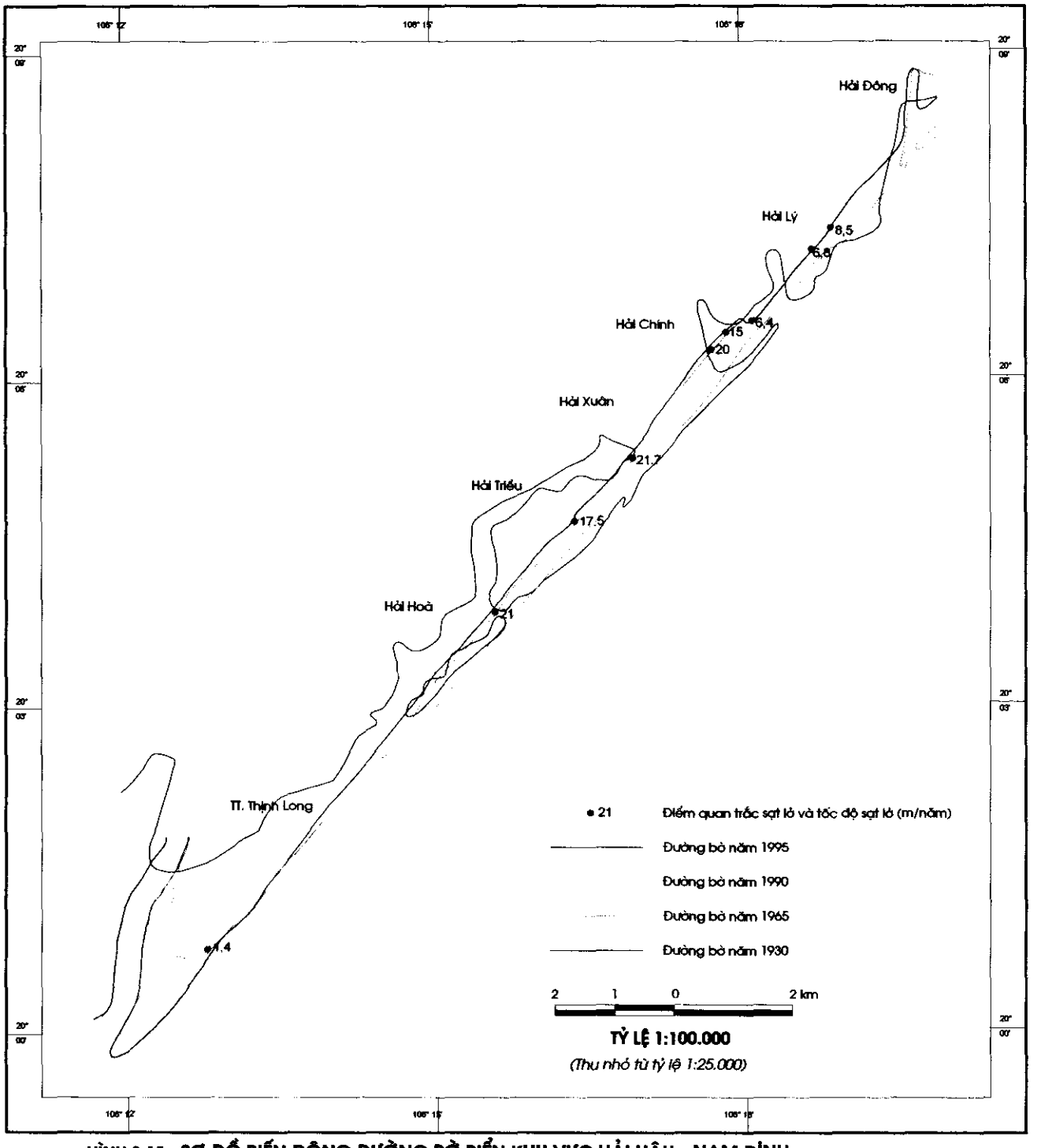
- Nguyên nhân trực tiếp phá huỷ bờ là tác động của sóng nhưng cơ chế vận chuyển gây thiếu hụt bồi tích lại chủ yếu do dòng chảy triều có tốc độ khá mạnh với ưu thế tần suất dòng trên 20 cm/s đủ để đưa bùn cát di chuyển ra khỏi khu vực. Dòng chảy triều, chủ yếu là dòng triều lên đã di chuyển bùn cát về phía Bắc cùng với tác động của dòng sóng về mùa gió Tây Nam tạo nên dòng bùn cát dọc bờ ưu thế về phía Bắc, và vì thế, mùa xói chủ yếu vào mùa gió Tây Nam vào mùa hè.

- Dòng vận chuyển ngang từ bờ ra xa cũng rất quan trọng liên quan đến dòng rút của sóng, dao động triều rất mạnh của khu vực và sự dâng cao mực biển lâu dài (tăng tốc độ chậm cỡ 2 - 3 mm/năm).

3.4.2. Xói lở khu vực bờ biển Hải Hậu và bồi tụ luồng tàu cảng Hải Thịnh

Khu vực ven bờ Hải Hậu - Nghĩa Hưng là vùng biển hở không bị các đảo che chắn, địa hình bằng phẳng, đường bờ thẳng theo hướng Đông Bắc - Tây Nam nên gió có điều kiện phát triển theo nhiều hướng, là nơi tập trung năng lượng sóng cao do sóng có điều kiện phát triển mạnh gây xói lở bờ nghiêm trọng (hình 3.15).

Vùng ven biển khu vực nghiên cứu nằm trong dải ven biển Tây vịnh Bắc bộ, vì vậy vừa chịu ảnh hưởng của hoàn lưu khí quyển và chế độ gió chung của khu vực, vừa có những nét riêng về các đặc trưng khí hậu, khí tượng. Mùa hè, gió hướng S, SE thịnh hành, phát triển mạnh vào các tháng V - VIII, đạt tần suất lớn nhất 60% vào tháng VII, tốc độ trung bình hướng này đạt 4,5 - 5,9 m/s. Mùa đông, từ tháng X - XII gió N, E và NE thịnh hành, tần suất và tốc độ trung bình 3 hướng này lần lượt là: N: 27,7 - 29,7%, 3,5 - 3,8 m/s; E: 17,1 - 21,3%, 4,6 - 4,8 m/s; NE: 11,6 - 14,3%, 4,4 - 4,9 m/s. Thời kỳ tháng I - IV, gió E chiếm ưu thế với tần suất 25,2 - 41,9%, tốc độ trung bình 4,2 - 4,8 m/s. Gió hướng N và NE chiếm tần suất nhỏ hơn, mỗi hướng chiếm khoảng 15 - 20%. Tốc độ trung bình hướng N 3,2 - 3,5 m/s, hướng NE tương đương hướng E (4,2 - 4,8 m/s). Tốc độ gió trung bình theo các hướng trong mùa



HÌNH 3.15. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐƯỜNG BỜ BIỂN KHU VỰC HẢI HẬU - NAM ĐỊNH

đông đạt 3,5 - 3,7 m/s, nhỏ hơn trong mùa hè (3,3 - 4,4 m/s). Theo thống kê số liệu gió nhiều năm, tốc độ gió NE cực đại đạt tới 48 m/s trong các tháng IX, X, XII, gió E và S chỉ đạt cực đại 18 m/s. Phân bố tốc độ gió trung bình theo các hướng trong năm được thống kê trong bảng 3.25 cho thấy bức tranh chung về đặc điểm chế độ gió trên toàn khu vực ven bờ vịnh Bắc bộ và phân bố tốc độ và hướng gió trung bình các tháng trong năm tại trạm Văn Lý được cho trong bảng 3.26.

Bảng 3.25 Vận tốc gió trung bình V (m/s) và hướng thịnh hành (α)

Trạm \ Tháng		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Móng	V	2,6	2,5	2,5	2,4	2,6	2,6	2,5	2,3	2,3	2,3	2,6	2,5	2,5
Cái	α	NE	NE-E	NE-E	NE-E	SW-S	S-SW	S-SW	NE-S	NE-N	NE	NE	NE	
Hòn	V	2,9	2,6	2,1	2,4	3,1	3,0	3,4	3,0	3,4	3,5	3,3	3,1	3,1
Gai	α	N-NE	N-SE	N-SE	E-SE	S-SE	SE-N	SE-S	SE-N	N-NE	N-NE	N-NE	N-NE	
Hải	V	5,7	5,4	5,5	5,6	6,3	6,3	6,5	5,4	5,6	5,8	6,3	5,9	5,8
Phòng	α	E	E	E	E	E-SE	S	S-SE	S	NW-N	N	N-E	N-NE	
Hòn	V	4,8	4,6	4,4	4,7	5,6	5,7	6,0	4,7	4,6	5,0	4,9	4,7	5,0
Dáu	α	E-NE	E	E	E	E-SE	S-SE	S-SE	S-SE	E-N	N-E	N-E	E-N	
Văn	V	3,7	3,7	3,5	3,8	4,2	4,1	4,4	3,3	3,4	3,7	3,6	3,6	3,8
Lý	α	E	E	E	E-SE	S-SE	S-SE	S-SE	S-SE	N-SE	N-E	N-E	N-E	

Bảng 3.26 Tốc độ gió trung bình (m/s) các tháng tại Văn Lý

Tháng	N	NE	E	SE	S	SW	W	TB
1	3,2	4,4	5,0	3,7	4,0	3,0	0	3,7
2	3,2	4,5	4,9	39,	4,3	2,5	2,0	3,4
3	3,1	4,8	3,5	3,6	3,3	4,0	1,0	3,7
4	2,9	4,6	4,5	4,2	4,5	2,6	2,2	3,5
5	3,8	4,6	4,9	4,7	5,5	4,0	2,8	3,6
6	3,2	4,0	4,4	4,5	5,8	3,8	2,7	2,3
7	3,0	4,5	4,4	5,4	5,9	4,2	4,0	4,2
8	3,0	3,8	4,7	4,6	5,2	3,6	2,3	3,1
9	3,7	4,7	5,3	5,3	4,8	2,2	2,4	3,8
10	3,8	5,6	4,8	4,5	5,0	1,7	1,8	3,8
11	3,5	4,1	4,8	4,5	5,0	1,7	1,8	3,8
12	3,3	4,8	4,9	3,4	3,4	2,6	0	3,8

Khu vực Văn Lý, ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc và đường bờ thể hiện rất rõ, sóng NE chiếm ưu thế tuyệt đối (36,8%), còn lại sóng E và SE chiếm 4,7%. Độ cao sóng nhỏ, không vượt quá 0,75m. Tần suất khoảng độ cao dưới 0,25m

chiếm 60%, còn lại từ 0,25-0,75 chiếm 40%. Trong tháng 8, sóng SW (68,5%) và S (24,7%) chiếm ưu thế, độ cao trung bình 45-55 cm, lớn nhất gần 80 cm.

Các kết quả khảo sát năm 2000 cho thấy, vào tháng III, gió hướng NE và E thịnh hành với tần suất tương ứng 33,9% và 24,2%, tốc độ trung bình cả hai hướng đều đạt 3,7 m/s. Các hướng khác là N và SE chỉ chiếm 10,5% và 12,1%, tốc độ trung bình 7 m/s và 5 m/s. Tốc độ gió cực đại đạt 10 m/s, hướng NE. Vào tháng VIII, xuất hiện gió ở tất cả các hướng, trong đó gió hướng SE chiếm ưu thế cả về tần suất (31,1%), tốc độ trung bình (4,5 m/s) và tốc độ cực đại (8 m/s) (bảng 3.27, 3.28). Khác với ở Hòn Dáu, thời kỳ này ở Văn Lý có gió hướng SW (16,1%) và N (14,5) với tần suất khá lớn, nhưng tốc độ không cao, trung bình hướng SW 2,8 m/s và hướng N 3,6 m/s. Các hướng còn lại đều có tần suất dưới 10%, trong đó nhỏ nhất là gió hướng W, tốc độ trung bình 2,5 m/s, chiếm tần suất không đáng kể (1,6%).

Các hiện tượng thời tiết đặc biệt, nhất là bão, tuy chỉ xảy ra trong thời gian ngắn nhưng có sức công phá lớn, có thể làm thay đổi hình thái địa hình khu vực.

Hàng năm trên toàn dải Bắc bộ trung bình phải chịu từ khoảng 3 đến 5 cơn bão đổ bộ vào. Theo số liệu thống kê 94 năm (1884 - 1977) có 403 cơn bão đổ bộ vào các đồng bằng ven biển, trong đó vùng ven bờ vịnh Bắc bộ có tỷ lệ bão đổ bộ vào lớn nhất toàn quốc với 126 lần chiếm 31%. Nếu chỉ xét trong vòng 34 năm trở lại đây số cơn bão đổ bộ vào bờ biển khu vực nghiên cứu chiếm 17,5% và cứ bình quân 3 năm lại xuất hiện một cơn bão cấp 12.

Tần suất của bão trong năm thường phân bố không đều trong các tháng. Tháng XII là thời gian không có bão, tháng I đến tháng V chiếm 2,5%/tháng, tháng VII đến tháng IX tần suất lớn nhất đạt 35 - 36%/tháng, trong khi đó khu vực Nam Định tần suất cực đại rơi vào tháng IX đạt 32,2%.

Tuy bão xuất hiện không thường xuyên nhưng năng lượng lớn gấp nhiều lần các quá trình động lực khác. Tốc độ gió cực đại trong hầu hết các cơn bão đều đạt trên 20 m/s, có cơn đạt trên 40 m/s. Trong thời gian bão có thể phá huỷ, xoá nhoà toàn bộ các dạng địa hình bờ biển đã tồn tại trước đó và làm xuất hiện những dạng địa hình mới. Quá trình đổ bộ của bão vào đới bờ biển thường làm cho mực nước biển dâng cao gây nên quá trình phá huỷ bờ, đe doạ các hệ thống đê và các công trình ven biển. Theo các số liệu thống kê và tính toán cho thấy khi bão đổ bộ vào dải ven bờ châu thổ sông Hồng mực nước biển dâng cao tối đa là 2,8 m. Tuy nhiên độ cao nước dâng do bão không thể hiện đồng đều trên mọi đoạn bờ biển mà phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó địa hình bờ đóng một vai trò quan trọng.

Bảng 3.27 Tần suất gió theo các hướng tại Văn Lý, tháng III/2000

Khoảng vận tốc (m/s)	Hướng gió								Tần suất (%)	Tổng số số liệu	Xuất đảm bảo (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
Lặng (< 1)									16,1	20	100
1 - 6	9,7	27,4	21	12,1	0	0,8	0	1,6	72,6	90	83,9
6 - 11	0,8	6,5	3,2	0	0	0	0	0	10,5	13	11,3
11 - 16	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0,8	1	0,8
16 - 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
≥ 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tần suất (%)	10,5	33,9	24,2	12,1	0	0,8	0,8	1,6	100	124	0
Vtb (m/s)	3,2	3,7	3,7	2,5	0	1	12	5			
Vmax (m/s)	7	10	8	5	0	1	12	5			

Bảng 3.28 Tần suất gió theo các hướng tại Văn Lý, tháng VIII/2000

Khoảng vận tốc (m/s)	Hướng gió								Tần suất (%)	Tổng số số liệu	Xuất đảm bảo (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
Lặng (< 1)									9,7	12	100
1 - 6	13,8	6,5	3,3	23,6	8,9	16,3	1,6	4,9	78,9	97	90,2
6 - 11	0,8	1,6	0	7,3	0,8	0	0	0,8	11,4	14	11,4
11 - 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 - 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
≥ 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tần suất (%)	14,6	8,1	3,3	30,9	9,7	16,3	1,6	5,7	100	123	0
Vtb (m/s)	3,6	4,1	3,5	4,5	4,2	2,8	2,5	3,7			
Vmax (m/s)	8	7	5	8	6	5	3	6			

Một số kết quả tính toán nước dâng do bão của một số cơn bão đổ bộ vào vùng ven bờ biển châu thổ Bắc bộ được cho trong bảng 3.29:

Bảng 3.29 Nước dâng do bão ven bờ vịnh Bắc bộ

Tên cơn bão đổ bộ	Nước dâng tại cửa Ba Lạt (m)	Nước dâng tại cửa Đáy (m)
Rose (1968)	1,50	1,50
Alice (1975)	1,70	1,70
Nancy (1982)	1,55	1,80
Cecil (1985)	1,60	1,90

Trong điều kiện bão đổ bộ trùng với pha triều dâng thì hiệu ứng mực nước biển dâng cao gấp từ 2 đến 3 lần các giá trị thu được ở trên và như vậy gây nguy hiểm lớn cho vùng ven biển.

Ảnh hưởng của khí hậu còn biểu hiện qua hoạt động của chế độ sóng trong khu vực. Trên đất liền gió thường thể hiện chức năng phá huỷ, vận chuyển và tích tụ, song đối với phần ngập nước của dải ven bờ, năng lượng của gió được chuyển qua hoạt động của sóng hay nói khác đi gió có vai trò quyết định đối với sóng ven bờ. Sóng trong khu vực có vai trò rất quan trọng đối với chế độ động lực của khu vực. Năng lượng sóng lớn gây phá huỷ, bào mòn bãi, bờ ngầm và đê kè. Dòng sóng lại có tác dụng vận chuyển và tái phân bố vật chất do sóng phá huỷ. Vùng ven biển Hải Hậu - Nghĩa Hưng, sóng là một trong những yếu tố động lực rất quan trọng và quyết định. Do đặc điểm địa hình và hướng đường bờ, sóng hướng E và NE trong gió mùa Đông Bắc phát triển rất mạnh, tạo nên động lực phá huỷ bờ và đê kè. Dòng chảy sóng dọc bờ có vai trò rất quan trọng trong việc vận chuyển vật chất ven bờ xuống phía Nam trong trường sóng NE, gây xói lở bờ vùng ven biển Hải Hậu và bồi tụ ở Nghĩa Hưng.

Chế độ sóng phụ thuộc vào chế độ gió thay đổi theo mùa. Tại khu vực ven bờ Văn Lý, khi xuất hiện sóng hướng SE, h = 1,0 - 1,5 m, năng lượng sóng đạt 1,77 kg/s^2 đến 2,76 kg/s^2. Sóng hướng E - SE năng lượng sóng là 1,48 kg/s^2 với h = 1,65 m và 1,40 kg/s^2 với h =1,1 - 1,4 m. Khi xuất hiện sóng hướng NE thì đoạn bờ này bị tác động khá mạnh, với độ cao sóng 1,0 m năng lượng tác động vào bờ là 1,125 kg/s^2. Vào mùa hè, khu vực này chịu tác động mạnh mẽ của sóng bão có các hướng S- SE, SE, E - SE với độ cao sóng từ 3,45 - 5,0 m, tuy tần suất xuất hiện chỉ đạt 0,01% đến 0,1%, nhưng năng lượng rất lớn, 5 - 6,49 kg/s^2 và gây nên những đột biến trong quá trình thành tạo trầm tích và địa hình của dải ven bờ. Qua khảo sát thực tế cũng như các kết quả tính toán cho thấy các đoạn bờ Văn Lý là nơi thường xuyên bị tác động của sóng với nhiều hướng khác nhau. Do đó, địa hình và trầm tích đáy ở các khu vực này luôn luôn bị biến động, các luồng Lạch Giang, cửa Ba Lạt bị xê dịch từ 1,0 m tới 10 m trong một năm.

Ngoài ra, biên độ triều lớn của khu vực tạo điều kiện mở rộng đới sóng vỗ bờ trong vùng bãi triều thoải và khá bằng phẳng. Đặc biệt khi có triều cường, sóng có điều kiện phát triển và truyền vào bờ, có khi vỗ sát ngay chân đê, kè gây tác động trực tiếp lên các tuyến đê và bar cửa sông.

Dao động mực nước là nguyên nhân chính gây ra dòng chảy trong khu vực. Biên độ dao động mực nước thay đổi theo các tháng trong năm cùng với sự thay đổi của trường gió, sóng tạo nên sự biến đổi cán cân vận chuyển bồi tích trong khu vực. Trong mùa đông, biên độ triều lớn vào các tháng X - I là thời kỳ sóng hướng E và NE phát triển mạnh sẽ phát triển mạnh dòng vận chuyển bồi tích về phía Nam trong pha triều xuống, gây xói lở vùng ven bờ. Ngược lại, trong mùa hè, sóng hướng S và SE phát triển tạo dòng chảy sóng kết hợp với dòng triều lên sẽ vận chuyển bồi tích lên phía Bắc. Mực nước dao động với biên độ khá lớn (cực đại > 3 m) tạo cho đới sóng đổ có ranh giới khá rộng ở dải ven bờ, làm tăng khả năng biến đổi địa hình đáy biển trên phạm vi rộng. Khi mực nước dâng cao, sóng có thể đổ sát chân đê, kè gây xói xói, phá huỷ đê kè. Ngược lại, mực nước xuống thấp nhất, đới sóng đổ bị kéo ra xa bờ, năng lượng sóng có thể ảnh hưởng tới vùng bờ ngầm dưới sâu hơn.

Dòng chảy vùng ven bờ khu vực Hải Hậu - Nghĩa Hưng có những đặc điểm sau:

❖ ***Vào mùa khô***

Dòng chảy tầng mặt khu vực có hai hướng chủ đạo là chảy lên (hướng NE) và chảy xuống (hướng S và SW). Trong đó, dòng chảy xuống hoàn toàn chiếm ưu thế cả về tần suất xuất hiện lẫn vận tốc. Tần suất xuất hiện dòng chảy lên ở các vị trí khác nhau đạt từ 8% đến và 25%, trong khi đó tần suất xuất hiện dòng chảy xuống đạt từ 44% đến 79%. Vận tốc trung bình dòng chảy lên đạt 0,14 m/s đến 0,33 m/s, vận tốc trung bình chảy xuống đạt từ 0,19 m/s đến 0,41 m/s. Giá trị cực đại dòng chảy lên quan trắc được đạt 0,78 m/s, hướng NE, dòng chảy xuống cực đại đạt 0,83 m/s hướng SW.

Dòng chảy tầng đáy có tốc độ nhỏ hơn so với tầng mặt, giá trị không vượt quá 0,40 m/s. Giống như tầng mặt, dòng chảy xuống hướng SW chiếm ưu thế về tần suất (47-51%) so với dòng chảy lên hướng NE (dưới 20%). Ở phía ngoài, cũng xuất hiện dòng chảy theo các hướng N, E và S với tần suất và tốc độ đáng kể (13 - 17% mỗi hướng). Vận tốc dòng chảy tầng đáy lớn nhất quan trắc được đạt 0,37 m/s hướng SW.

❖ *Vào mùa mưa*

Trên tầng mặt, về cơ bản, hướng dòng chảy mùa mưa không khác nhiều so với mùa khô. Dòng chảy vẫn tập trung vào hai hướng chủ đạo là NE và SW. Tuy nhiên tần suất xuất hiện dòng chảy theo các hướng đã có nhiều thay đổi, vai trò của dòng chảy xuống không còn thể hiện mạnh như mùa khô mà ngược lại dòng chảy lên có xu hướng thống trị. Trong số 5 trạm quan trắc thì có đến 3 trạm dòng chảy lên chiếm ưu thế với tần suất xuất hiện dòng chảy lên hướng NE từ 23 - 54%, trong khi tần suất chảy xuống hướng SW trong khoảng 15 - 32%, tuy nhiên có nơi vẫn đạt tới 77%. Giá trị cực đại dòng chảy mùa mưa nhỏ hơn so với mùa khô.

Dòng chảy tầng đáy trong mùa mưa có giá trị nhỏ hơn so với tầng mặt, vận tốc dòng chảy không vượt quá 0,30 m/s. Dòng chảy hướng NE và SW vẫn là những dòng chiếm ưu thế so với những hướng khác. Giá trị vận tốc cực đại quan trắc được đạt 0,27 m/s.

Dòng chảy tổng hợp có hướng song song với đường bờ (Đông Bắc - Tây Nam) và bị chi phối rất mạnh bởi chế độ thủy triều. Hướng dòng chảy gió vào mùa gió Tây Nam trùng với hướng dòng triều lên, vào mùa gió Đông Bắc hướng dòng chảy gió trùng với hướng dòng triều xuống. Vì thế, vào mùa gió Đông Bắc, dòng chảy có hướng SW chiếm ưu thế, ngược lại vào mùa gió Tây Nam dòng chảy hướng NE chiếm ưu thế. Sự thay đổi theo mùa của dòng chảy chi phối mạnh mẽ tới dòng vận chuyển vật chất ven bờ. Dòng triều xuống hướng SW ưu thế trong gió mùa Đông Bắc đã góp phần vận chuyển một lượng vật chất đáng kể từ khu vực Hải Hậu xuống ven bờ Nghĩa Hưng vào mùa đông. Hơn nữa, cùng với dòng triều và gió, dòng bồi tích dọc bờ do sóng trong thời gian này có hướng SW là yếu tố quyết định cân bằng và vận chuyển bùn cát trong khu vực. Hàng năm, một lượng dòng bùn cát khá lớn được vận chuyển về phía Tây Nam là một trong những nguyên nhân quan trọng kéo dài mũi Thịnh Long gây bồi lấp cửa Lạch Giang.

Nhìn chung, dòng chảy khu vực có hướng chủ đạo song song với đường bờ (NE - SW), dòng chảy có giá trị khá lớn, vận tốc cực đại lên tới 0,83 m/s. Tầng mặt lớn hơn so với tầng đáy. Vào mùa khô, dòng chảy có hướng ưu thế là SW, ngược lại vào mùa mưa dòng chảy hướng NE có ưu thế hơn.

❖ ***Sự di chuyển các dòng bùn cát dọc bờ Hải Hậu***

Dòng bùn cát lơ lửng

Cân bằng dòng bùn cát lơ lửng ven bờ được tính toán từ số liệu khảo sát quan trắc vào mùa gió Đông Bắc và Tây Nam năm 2000. Lưu lượng bùn cát lơ lửng được xác định di chuyển dọc bờ theo hai mặt cắt vuông góc với bờ đến độ sâu 6 m, phía Bắc là mặt cắt Hải Đông, phía Nam là mặt cắt Hải Thịnh.

Vào mùa gió Đông Bắc ở cả hai mặt cắt, bùn cát lơ lửng đều di chuyển về phía Tây Nam, nhưng lượng di chuyển qua Hải Đông lớn hơn, tạo cân bằng dương, tập trung bồi tụ sườn bờ ngầm. Trái lại, về mùa mưa bùn cát ở mặt cắt Hải Thịnh vẫn tiếp tục di chuyển xuống phía Tây Nam, tuy khối lượng nhỏ, ở mặt cắt Hải Đông, bùn cát lơ lửng di chuyển về phía Đông Bắc với lưu lượng lớn tạo cơ chế phân tán bồi tích từ ven bờ Hải Hậu theo hai hướng ngược nhau, gây nên bào mòn mặt đáy. Tổng hợp cả năm, cân bằng di chuyển xuống phía Nam qua mặt cắt Hải Thịnh gây thiếu hụt 16.358.000 tấn, làm khu vực bào mòn đáy lâu dài, kích thích xói xói phần bờ bãi phía trên.

Dòng bùn cát di đáy

Dòng bùn cát di đáy chủ yếu tạo nên do hoạt động bào mòn đáy và di chuyển vật chất của dòng chảy tổng hợp ở phần sườn bờ ngầm. Phương pháp tính theo biểu đồ Sundborg được áp dụng để xác định tần suất bào mòn đáy và cân bằng tần suất bào mòn đáy di chuyển vật chất theo hai luồng dọc bờ và vuông góc với bờ.

Xét tương quan cả hai mùa (mùa mưa và mùa khô) dòng xói chiếm ưu thế hơn so với dòng bồi và tạo nên khả năng di đáy mạnh. Ở khu vực phía Bắc, tổng hợp cân bằng dòng xói hai mùa 4,2%, trong đó hướng về phía Tây Nam là 2,9%, hướng vuông góc với bờ ra phía biển là 1,3%. Tương tự, ở phần giữa Hải Hậu, tổng cân bằng dòng xói 3,1% trong đó hướng xuống phía Tây Nam chỉ 0,1% còn hướng ngang ra biển 3,0%. Điều này chứng tỏ vật liệu di đáy di chuyển ngang phân tán xa bờ ở khu giữa Hải Hậu (Hải Chính, Hải Triều) vô cùng quan trọng.

Dòng bùn cát di chuyển dọc bờ do sóng

Kết quả tính mô hình CERC cho nhiều năm, dòng bùn cát dọc bờ Hải Hậu như sau:

+ Di chuyển về phía Tây Nam (Q_{lf}): 1.268.673 m^3.

+ Di chuyển về phía Đông Bắc (Q_{rt}): 592.874 m^3.

+ Tổng lượng xuất chuyển (Q_{Gross}): 1.861.547 m^3.

- Cân bằng di chuyển về phía Tây Nam (Q): 675.799 m^3.

Các sóng hướng NE và E có vai trò chủ đạo gây di chuyển bùn cát dọc bờ về phía Tây Nam vào mùa gió Đông Bắc. Các sóng S và SE có vai trò chủ đạo di chuyển bùn cát dọc bờ về phía Đông Bắc vào mùa gió mùa Tây Nam.

- Dòng bồi tích tổng hợp có hướng chủ đạo dọc bờ di chuyển về phía Tây Nam, một bộ phận quan trọng di chuyển ngang ra phía biển để bồi tụ ở phần bờ phía ngoài độ sâu 10 m hoặc tiếp tục bị dòng chảy đưa ra khỏi khu vực.

- Dòng bùn cát lơ lửng di chuyển trên sườn bờ ngầm có lưu lượng lớn, cơ bản cùng chiều với dòng sóng dọc bờ mùa gió Đông Bắc, nhưng cân bằng dương gây bồi tụ sườn bờ ngầm và phân kỳ theo hai hướng NE và SW tạo thiếu hụt lớn vào mùa gió Tây Nam.

- Dòng bồi tích dọc bờ do sóng di chuyển trong khoảng độ sâu 2 m trở vào đổi hướng rõ rệt theo mùa gió và cân bằng tổng hợp di chuyển về phía Tây Nam.

- Dòng di đáy trên bờ ngầm do dòng chảy tổng hợp gây ra mạnh vào mùa gió Tây Nam, cân bằng ưu thế di chuyển xuống phía Tây Nam ở khu vực phía Bắc, di chuyển ngang xa bờ ở khu vực giữa và yếu dần, bị triệt tiêu gây bồi tụ ở khu vực phía Nam. Di chuyển ngang bùn cát ra phía biển ở Hải Hậu rất quan trọng gây thiếu hụt bồi tích sát bờ.

Cấu trúc hướng của các dòng bùn cát ven bờ Hải Hậu được trình bày trong bảng 3.30.

Tổng hợp các kết quả tính toán cho phép xác định được cấu trúc dòng bồi tích tổng hợp như sau: Dòng bồi tích tổng hợp di chuyển dọc bờ về phía Tây Nam và một phần di chuyển ngang xa bờ hàng năm gây thiếu hụt cho khu vực 2.485.322 tấn/năm. Trong đó, mất ở đới bãi và dòng ven 1.795.680 tấn (72,2%) trên chiều dài bờ 17.200 m, gây xói xói 14,5 m/năm và thiếu hụt 689.614 tấn/năm (27,8%) do dòng chảy tổng hợp đưa đi gây bào mòn đáy trung bình 1,3mm/năm đến độ sâu 10

m. Ở đới dòng ven sát bờ, thiếu hụt do dòng sóng dọc bờ đưa về phía Tây Nam (60%) và do di chuyển ngang phân tán xa bờ 40%. Phương pháp thể tích cho biết trong nhiều năm, lượng bùn cát bị mất đi do xói xói bờ và bào mòn đáy đến độ sâu 10 m là 1.553.300 m^3/năm (2.458.500 tấn/năm) trong đó đới bãi và dòng ven mất 72,2%, mặt đáy bờ ngầm mất 27,8%.

Bảng 3.30 Cấu trúc hướng của các dòng bùn cát bộ phận ven bờ Hải Hậu

Địa điểm	Mùa	Dọc bờ do sóng	Lơ lửng	Di đáy	Tổng hợp
Phía Bắc	Đông Bắc Tây Nam Hai mùa		Về phía TN Về phía ĐB Về phía TN	Yếu, bồi tụ Mạnh, về TN Về TN	Về phía TN Về phía ĐB Về phía TN
Khu giữa	Đông Bắc Tây Nam Hai mùa			Yếu, bồi tụ Mạnh, ra biển Ra biển	Về phía TN Về phía TN Về phía TN
Phía Nam	Đông Bắc Tây Nam Hai mùa		Về phía TN Về phía TN Về phía TN	Yếu, bồi tụ Yếu, bồi tụ Yếu, bồi tụ	Về phía TN Về phía ĐB Về phía TN, ra biển
Cân bằng tổng hợp	Đông Bắc Tây Nam Hai mùa	Về TN, xói mạnh. Về ĐB, bồi tụ Về TN, xói xói	Tập trung, bồi Phân tán, xói Về phía TN, xói	Yếu, bồi tụ Mạnh, về TN, ra biển Về TN, ra biển	Về tây nam Về Đông Bắc Về tây nam, ra biển

Sự phân tán bồi tích ở đới dòng ven sát bờ, từ độ sâu 2 - 3 m trở vào chủ yếu do tác động của dòng năng lượng sóng gây di chuyển bùn cát dọc bờ, mỗi năm là 1.269.000 m^3 về phía Tây Nam và 593.000 m^3 về phía Đông Bắc, cân bằng 676.000 m^3 tương đương 1.081.300 tấn/năm di chuyển khỏi khu vực về phía Tây Nam. Các sóng hướng ĐB và Đ vào mùa gió Đông Bắc có vai trò chủ đạo di chuyển bùn cát về phía Tây Nam. Các sóng hướng S và SE vào mùa gió Tây Nam có vai trò chủ đạo di chuyển bùn cát về phía Đông Bắc. Ngoài di chuyển dọc bờ còn có 446.500 m^3/năm (714.400 tấn/năm) di chuyển ngang phân tán ra sâu làm tổng thiếu hụt ở đới bãi và dòng ven 1.715.680 tấn/năm.

Sự phân tán bồi tích ở đới bờ ngầm, từ độ sâu 2 - 3 m đến 8 - 10 m chủ yếu do tác động của dòng chảy tổng hợp. Dòng tổng hợp có thành phần chủ yếu là dòng nhật triều, tuần hoàn nhưng giá trị vectơ thay đổi lớn do ảnh hưởng của thành phần dòng dư đặc biệt là dòng gió cộng hưởng hoặc triệt tiêu.

Sự phân tán bồi tích từ bờ ra phía ngoài theo hướng vuông góc với bờ do dâng cao mực nước lâu dài, dâng cao kỳ triều cường và đột xuất có gió mạnh, bão dưới tác động của quá trình trọng lượng, dòng sóng rút và dòng chảy tổng hợp.

❖ ***Sự thiếu hụt bồi tích gây bồi xói bờ Hải Hậu***

Dòng bùn cát vận chuyển dọc bờ do sóng trong đới dòng ven đi về phía Tây Nam vào mùa gió Đông Bắc và ngược lại vào mùa gió Đông Nam tạo nên cân bằng âm đi về phía Tây Nam gây thiếu hụt 675.800 m^3/năm. Dòng bùn cát ở sườn bờ ngầm (lơ lửng và di đáy) di chuyển về phía Tây Nam nhưng tạo cân bằng dương lưu giữ bồi tích gây bồi tụ đáy, về mùa gió Tây Nam dòng bồi tích di chuyển phía Đông Bắc, tuy nhiên lượng vận chuyển nhỏ hơn mùa gió Đông Bắc, tạo nên sự bào mòn đáy khu vực, cả năm tạo cân bằng âm hướng về phía Tây Nam. Dòng bồi tích di chuyển ngang có lưu lượng khá lớn di chuyển từ bờ ra sâu vào mùa gió Đông Bắc và từ phía biển vào bờ về mùa gió Tây Nam, cân bằng cả năm phân tán ra xa bờ. Dòng bồi tích tổng hợp di chuyển về phía Tây Nam. Mỗi năm khu vực thiếu hụt 2.485.320 tấn bùn cát. Trong đó, di chuyển do sóng ở đới dòng ven sát bờ 1.081.300 tấn (675.800 m^3). Mỗi năm, đới dòng ven và sát bờ xói xói, bào mòn khoảng 1.795.700 tấn bùn cát (1.122.300 m^3), trong đó 60% di chuyển dọc bờ về phía Tây Nam và 40% phân tán xa bờ. Ở đới bờ ngầm đến độ sâu 10m, dòng chảy mỗi năm bào mặt đáy 689.640 tấn (431.000 m^3/năm), gây bào mòn mặt đáy trung bình 1,3 mm/năm. Trong khi đó, mặt đáy biến dạng bồi xói theo mùa biên độ 4,6 cm/2 mùa.

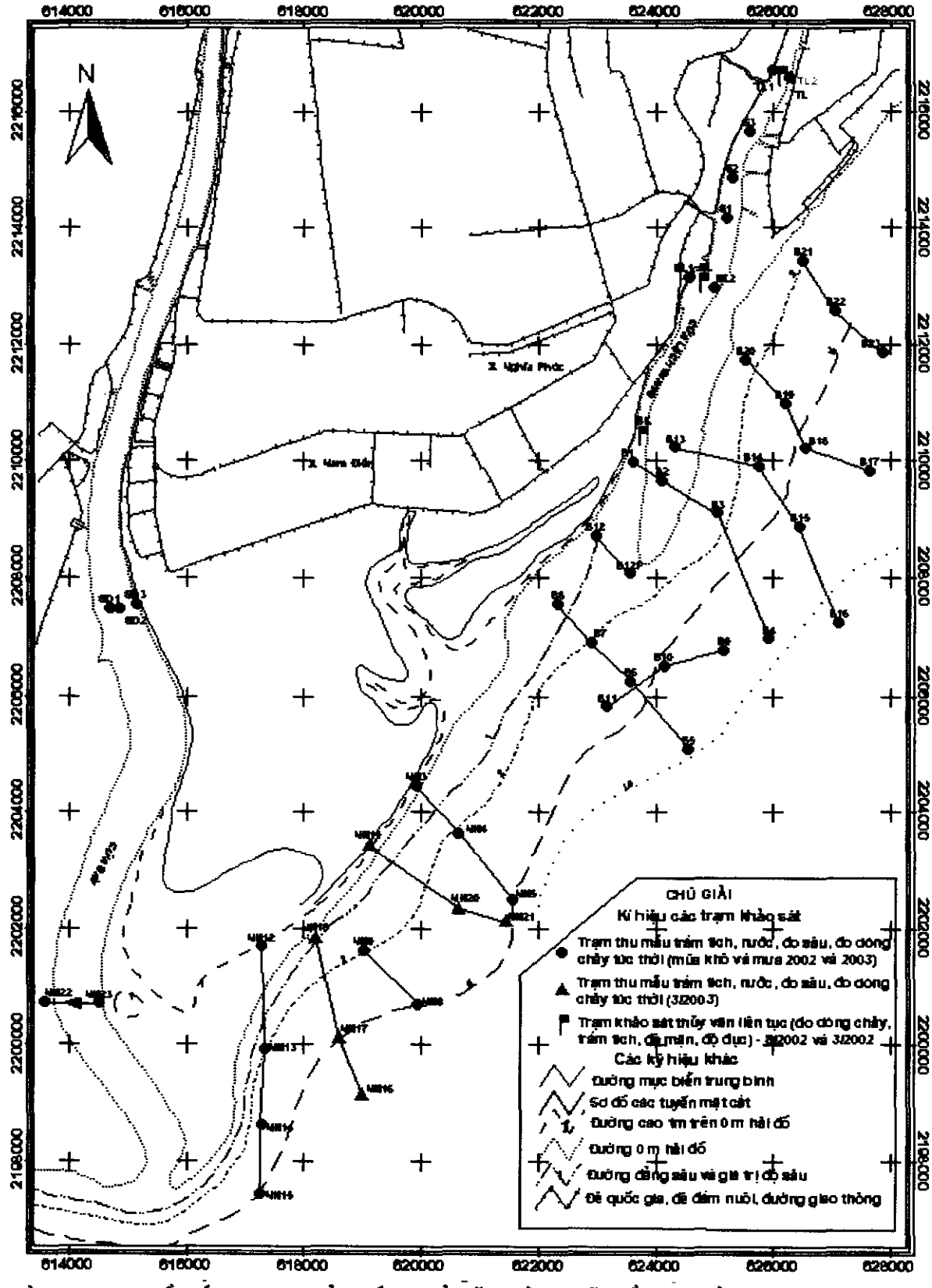
Sự thiếu hụt lớn bồi tích ở sườn bờ ngầm kích hoạt di chuyển ngang cùng với di chuyển dọc làm mất bồi tích gây xói xói bờ Hải Hậu trên quy mô lớn.

❖ ***Nguyên nhân sa bồi và di chuyển luồng cửa Lạch Giang***

Để nghiên cứu đặc điểm dòng chảy và tính toán lưu lượng và vận chuyển phù sa, đề tài đã tiến hành đo đạc và quan trắc thuỷ văn theo 2 mùa (mùa mưa: tháng VIII/2002; mùa khô: tháng III/2003) tại khu vực cửa sông Ninh Cơ (hình 3.16):

- Mặt cắt I (thượng lưu, gần cảng vụ Ninh Cơ)

- Mặt cắt II (hạ lưu, cửa sông Ninh Cơ)



HÌNH 3.16. SƠ ĐỒ CÁC TRẠM KHẢO SÁT THUỶ VĂN VÙNG BÃI BỒI VEN BỜ NGHĨA HƯNG

Các kết quả tính toán cụ thể diện tích mặt cắt, lưu lượng nước, tải lượng phù sa cho từng mặt cắt được trình bày ở các bảng trong phụ lục 2.

Ngoài ra còn tiến hành đo đạc dòng chảy ở khu vực ngoài cửa Lạch Giang. Các kết quả đo đạc và quan trắc dòng chảy, sóng, gió tại các trạm liên tục và mặt rộng được trình bày trong phần phụ lục 2. Các số liệu quan trắc đã được xử lý, tính toán tần suất tốc độ dòng chảy theo các hướng và vẽ các hoa dòng chảy tại các trạm liên tục.

Từ các kết quả có thể đưa ra một vài nhận xét về dòng chảy như sau:

❖ ***Kết quả khảo sát mùa mưa (VIII/2002)***

- Trong sông Ninh Cơ, tại khu vực thượng lưu, dòng chảy đồng nhất về hướng từ mặt xuống đáy và luôn chảy xuống theo hướng S đến SW. Do thời gian khảo sát vào thời kỳ mùa mưa, tốc độ dòng chảy khá lớn, tầng mặt dòng chảy hướng S chiếm tần suất 56% đạt trung bình 84,5 cm/s, cực đại 155 cm/s; hướng SW có tần suất nhỏ hơn (44%) nhưng tốc độ lớn hơn, trung bình 115,8cm/s, cực đại 171cm/s. Trong đó riêng dòng chảy có tốc độ trên 100cm/s chiếm tới 64%. Dòng chảy tầng đáy nhỏ hơn tầng mặt, nhưng tốc độ cũng khá lớn và cũng chảy theo hai hướng S và SW như tầng mặt. Dòng chảy hướng S chiếm tần suất 52%, tốc độ cực đại 127 cm/s, trung bình 69,8 cm/s, dòng hướng SW có tốc độ lớn hơn, chiếm tần suất 44%, tốc độ cực đại 131 cm/s, trung bình 87,8 cm/s.

- Tại khu vực hạ lưu, đã xuất hiện dòng chảy lên hướng NE vào thời điểm triều lên mạnh, tuy nhiên tần suất chảy lên khá nhỏ, chỉ đạt 8,3% trên mặt và 18,3% ở tầng đáy. Tốc độ chảy lên cực đại đạt 12cm/s ở tầng mặt và 39cm/s ở tầng đáy. Thời gian còn lại dòng chảy xuống chiếm ưu thế về thời gian và tốc độ chảy. Dòng chảy xuống tầng mặt chủ yếu hướng SW chiếm tần suất 83,3%, tốc độ trung bình 57,2 cm/s, cực đại 96,0 cm/s. Dòng chảy tầng đáy có hướng phân tán hơn, có thể do ảnh hưởng của địa hình đáy ở khu vực và các cồn cát ngầm chắn phía cửa sông. Hướng dòng chảy xuống tập trung trong 2 hướng chính là S (36,7%) và SW (30,6%), còn lại là hướng W chỉ chiếm 8%. Tốc độ dòng chảy hướng W đạt trung bình 71,2 cm/s, cực đại 89 cm/s. Các giá trị tương ứng đối với hướng SW là 37,1 cm/s và 83 cm/s, hướng W là 76 cm/s và 85 cm/s.

Nhìn chung, trong thời gian khảo sát mùa mưa, dòng chảy trong sông khá lớn và tốc độ dòng chảy giảm dần từ thượng lưu xuống hạ lưu thể hiện ưu thế của dòng chảy sông trong mùa mưa.

- Vùng ven biển phía ngoài cửa sông Ninh Cơ, tại khu vực quan trắc vụng Ông Dư, chỉ xuất hiện dòng chảy hướng SW ở trên mặt và ở tầng đáy, dòng chảy xuống chủ yếu hướng S, SW, chảy lên hướng N, NW. Ngoài ra, tại tầng đáy còn xuất hiện dòng chảy hướng W nhưng tần suất nhỏ (6,1%) và tốc độ yếu (trung bình 13,3 cm/s). Dòng chảy tầng mặt có tốc độ trung bình 63,3 cm/s, cực đại 99 cm/s. Tầng đáy dòng chảy yếu hơn, đạt trung bình 53,7 cm/s, cực đại 99 cm/s (hướng nam) và trung bình 23 cm/s, cực đại 36 cm/s (hướng SW).

- Dòng chảy tại các trạm mặt rộng tức thời (29 trạm) phân bố rộng khắp vùng ven biển cửa sông Ninh Cơ cũng có tốc độ khá lớn, thường đạt giá trị cỡ 20 - 40 cm/s, cực đại tới 79 cm/s. Dòng chảy thường đạt giá trị lớn ở vùng cửa sông, ven bờ và có hướng song song với đường bờ hoặc luồng lạch.

Kết quả phân tích điều hoà dòng chảy các chuỗi số liệu quan trắc liên tục cho thấy: dòng toàn nhật chiếm ưu thế, trục chính các elíp triều có hướng NE - SW. Dòng triều chu kỳ ngày chiếm ưu thế (cỡ 30-50 cm/s), dòng bán nhật thường chỉ bằng 1/2 - 1/3 dòng toàn nhật, dòng 1/4 ngày chỉ cỡ 10 cm/s. Dòng dư khá lớn, đạt đến 94 cm/s hướng chảy xuống ở trạm thượng lưu, thể hiện ảnh hưởng mạnh của dòng chảy sông trong mùa mưa. Tại trạm vụng Ông Dư phía ngoài cửa, elíp dòng triều tầng mặt hướng NE - SW, còn ở tầng đáy có hướng NW - SE do ảnh hưởng của địa hình đáy khu vực này.

❖ ***Kết quả khảo sát mùa khô (III/2003)***

- Dòng chảy trong sông Ninh Cơ đều cơ bản có hướng chảy theo trục lòng sông ở cả tầng mặt và đáy. Tuy nhiên, vào mùa khô, do lượng chảy sông nhỏ, đã xuất hiện dòng chảy ngược lên thượng lưu theo hướng N và NE, nhưng dòng chảy xuống vẫn chiếm ưu thế về thời gian và tốc độ chảy. Tại trạm thượng lưu, trên tầng mặt, dòng chảy xuống hướng S và chếch S chiếm tần suất 92%, tốc độ trung bình hướng S là 64 cm/s, cực đại 114 cm/s, trong khi dòng chảy lên chỉ chiếm 8%, tốc độ trung bình 26 cm/s, cực đại 34,4 cm/s. Tại tầng đáy, xuất hiện dòng chảy ngược với tần suất khá lớn,

chiếm 52%, tốc độ trung bình hướng NE 35 cm/s, cực đại 53,7 cm/s. Như vậy tại trạm thượng lưu, nếu như trong mùa mưa không xuất hiện dòng chảy ngược thì vào mùa khô, dòng chảy ngược đã có giá trị đáng kể, nhất là ở tầng đáy.

- Tại trạm hạ lưu, dòng chảy tầng mặt và đáy có sự khác nhau về hướng chảy và tốc độ chảy. Về hướng chảy, trên tầng mặt, dòng chảy xuống có hướng S, SE, chảy lên hướng N và hơi chếch N, trong khi đó tại tầng đáy dòng chảy lên hướng NE và dòng chảy xuống hướng SW. Về tốc độ dòng chảy, có sự khác biệt khá lớn giữa dòng chảy lên và xuống ở tầng mặt: dòng xuống chiếm tổng tần suất 84%, tốc độ trung bình 25,8 cm/s, cực đại 49 cm/s ở hướng SE và trung bình 46,5 cm/s, cực đại 109,4 cm/s ở hướng S, dòng lên chỉ chiếm 12%, tốc độ trung bình 20,2 cm/s, cực đại 38,2 cm/s. Ở tầng đáy, tần suất và tốc độ khá cân bằng giữa chảy lên và xuống, dòng chảy xuống chỉ chiếm ưu thế không đáng kể so với dòng chảy lên: tần suất chảy lên 33%, chảy xuống 44%, tốc độ trung bình và cực đại chảy lên 23,1 cm/s và 33 cm/s, chảy xuống 26 cm/s và 44 cm/s.

Như vậy, trong mùa khô, thường xuất hiện dòng chảy ngược trong sông, nhất là ở tầng đáy, tốc độ chảy lên vẫn còn khá lớn cả ở trạm xa ngưỡng cửa sông chứng tỏ vào mùa này, lượng chảy sông đã giảm đi đáng kể so mùa mưa, khối nước biển có điều kiện xâm nhập sâu trong sông.

- Tại khu vực phía ngoài cửa sông Ninh Cơ (vụng Ông Dư), do ảnh hưởng của địa hình phức tạp, dòng chảy có hướng khá phân tán và thay đổi so với mùa mưa. Sự thay dổi hướng dòng chảy có thể liên quan đến địa hình đáy đã thay đổi so với mùa mưa. Dòng chảy tầng đáy hướng SE và SW chiếm ưu thế, tần suất 2 hướng này chiếm gần 90%, tốc đọ trung bình cở 15-20 cm/s.

- Dòng triều vào thời kỳ này thể hiện ưu thế của dòng bán nhật, dòng toàn nhật nhỏ hơn và dòng 1/4 ngày không đáng kể. Dòng dư giảm đáng kể so với mùa mưa, đạt trung bình 44 cm/s ở thượng lưu và 31 cm/s ở hạ lưu đối với tầng mặt, còn tại tầng đáy dòng dư rất nhỏ, chỉ vài m/s. Tại khu vực ngoài cửa (vụng Ông Dư), dòng triều khá nhỏ và dòng dư giảm đáng kể so với trong sông.

Dựa trên tài liệu khảo sát, đo đạc dòng chảy, hàm lượng bùn cát lơ lửng trong nước và trắc diện mặt cắt tại 2 mặt cắt thượng lưu (TL) và hạ lưu (HL) lặp lại

theo 2 mùa (mùa mưa: VIII/2002 và mùa khô: III/2003), đã tiến hành tính toán lưu lượng và lượng vận chuyển bùn cát lơ lửng trong nước qua 2 mặt cắt trong 1 ngày đêm theo từng mùa. Các kết quả tính toán cụ thể diện tích mặt cắt, lưu lượng nước, tải lượng phù sa cho từng mặt cắt được trình bày trong các bảng 15, 16, 17 và 14, 16 (xem phụ lục 2).

Kết quả tính toán lưu lượng và tải lượng phù sa trong 01 ngày đêm qua các mặt cắt cho thấy:

❖ ***Vào mùa mưa (VIII/2002)***

- Tại mặt cắt thượng lưu (TL): lưu lượng nước trung bình là 1201 m^3/s, tải lượng phù sa chảy xuống là 103.228 tấn/ngày.đêm, không có chảy lên, cân bằng là 103.228 tấn/ngày.đêm (chảy xuống).

- Tại mặt cắt hạ lưu (HL): lưu lượng nước chảy lên trung bình là - 250 m^3/s, chảy xuống trung bình là 639 m^3/s, tải lượng phù sa chảy xuống là 50.297 tấn/ngày đêm, chảy lên là - 1.499 tấn/ngày.đêm, cân bằng là 48.798 tấn/ngày.đêm (chảy xuống).

Như vậy, tải lượng phù sa tại cả 2 mặt cắt đều có hướng chảy xuống, trong đó ở mặt cắt thượng lưu có tải lượng phù sa lớn hơn ở hạ lưu. Do đó, lượng phù sa giữa 2 mặt cắt là 54.430 tấn/ngày.đêm, đây chính là lượng phù sa góp phần gây bồi tụ trong luồng sông giữa 2 mặt cắt.

❖ ***Vào mùa khô (III/2003)***

- Tại mặt cắt thượng lưu (TL): lưu lượng nước trung bình là - 192 m^3/s chảy lên và 452 m^3/s chảy xuống, tải lượng phù sa chảy xuống là 195 tấn/ngày.đêm, chảy lên là - 42 tấn/ngày.đêm, cân bằng là 152 tấn/ngày.đêm (chảy xuống).

- Tại mặt cắt hạ lưu (HL): lưu lượng nước chảy lên trung bình là -231m3/s, chảy xuống trung bình là 426 m^3/s, tải lượng phù sa chảy xuống là 363 tấn/ngày.đêm, chảy lên là - 175 tấn/ngày.đêm, cân bằng là 188 tấn/ngày.đêm (chảy xuống).

Như vậy, tải lượng phù sa tại cả 2 mặt cắt đều có hướng chảy xuống, nhưng tải lượng phù sa qua mặt cắt hạ lưu lớn hơn mặt cắt thượng lưu 36 tấn/ngày.đêm.

Điều này có nghĩa là có một lượng bùn cát đáng kể đã được mang ra vùng biển cửa sông.

So sánh kết quả trong 2 mùa nhận thấy, vào mùa mưa, lưu lượng và tải lượng phù sa qua các mặt cắt lớn hơn mùa khô rất nhiều lần do vào mùa mưa lượng chảy sông rất lớn và hàm lượng bùn cát trong nước sông cũng tăng đáng kể vào mùa này. Tuy nhiên tính cân bằng giữa các mặt cắt cho thấy có sự ngược nhau giữa 2 mùa. Trong mùa mưa có sự cân bằng dương về bồi tích giữa 2 mặt cắt (54.430 tấn/ngày.đêm) thì trong mùa khô khu vực này đã bị thiếu hụt lượng bùn cát là 36 tấn/ngày.đêm. Do đó, lượng phù sa giữa 2 mắt cắt là 54.430 tấn/ngày đêm, đây chính là lượng phù sa góp phần gây bồi tụ trong luồng sông giữa 2 mặt cắt.

Hàng năm, sông Ninh cơ đưa ra cửa Lạch Giang 2,577 triệu tấn bùn cát, trong đó vào mùa mưa 2,361 triệu tấn và mùa khô chỉ 0,216 triệu tấn. Lượng bồi tích này chủ yếu là bùn mịn, ít vật liệu cát, có khả năng phân tán xa bờ, là nguồn quan trọng gây khả năng sa bồi tại cửa.

Quá trình xói lở bờ Hải Hậu mỗi năm đưa 1.077.420 tấn bùn cát (thành phần chủ yếu là cát) về phía Nam là nguyên nhân chủ yếu gây bồi lấp trực tiếp cửa Lạch Giang và đẩy dịch cửa này về phía Nam.

Sau khi xây đập Hoà Bình, tỷ lệ tải lượng nước qua cửa Lạch Giang giảm rõ rệt. Đây cũng là nguyên nhân quan trọng làm tăng khả năng sa bồi cửa luồng do dòng bồi tích dọc bờ.

3.4.3. Khu vực bãi bồi Nghĩa Hưng

Vùng ven biển Nghĩa Hưng, tỉnh Nam Định nằm ở phía Nam của châu thổ sông Hồng kéo dài khoảng trên 10 km và bị giới hạn bởi hai phân lưu của hệ thống sông Hồng đổ ra biển là sông Ninh Cơ (cửa Lạch Giang) ở phía Bắc và sông Đáy (cửa Đáy) ở phía Nam. Đây là khu vực đã và đang diễn ra các hoạt động dân sinh, kinh tế sôi động như nuôi trồng thuỷ sản, khai hoang nông nghiệp, làm muối... Hoạt động của con người cùng với các yếu tố động lực nội, ngoại sinh đã tác động và làm thay đổi mạnh mẽ cấu trúc, hình thái vùng ven bờ và tạo nên một vùng bãi bồi có quy mô và tốc độ bồi lấn lớn ở dải ven bờ châu thổ sông Hồng. Trong các yếu tố trên, các yếu tố khí hậu, thuỷ văn, hải văn có vai trò quan trọng chi phối và

ảnh hưởng trực tiếp đến chế độ động lực của khu vực. Ảnh hưởng của chế độ động lực khu vực cho thấy, chỉ trong vòng 54 năm (1938 - 1992), bãi ngập triều cao (bãi bồi cao) bồi tụ mở rộng trung bình 47 ha/năm tại cửa Đáy. Tốc độ bồi theo mặt cắt ở Kim Sơn (Nam Cửa Đáy) đạt 120 m/năm, lớn nhất châu thổ sông Hồng. Vùng châu thổ ngầm, đường đẳng sâu 5 m khu vực cửa Đáy lấn ra phía biển 30 m/năm trong khi đoạn bờ Văn Lý là 2,5 - 3,5 m/năm.

Dòng chảy trong khu vực nghiên cứu là tổng hợp của dòng chảy triều, dòng chảy sóng ven bờ, dòng chảy gió... Nhìn chung dòng chảy có giá trị vận tốc khoảng 0,4 m/s đến 1,0 m/s. Hướng dòng chảy thường song song với đường bờ, trừ các khu vực cửa sông hướng dòng chảy thay đổi phụ thuộc vào các luồng lạch chính. Khi triều lên dòng chảy thường có hướng Bắc, Đông Bắc, khi triều xuống dòng chảy có hướng ngược lại. Ở khu vực sườn bờ ngầm trước các cửa sông, dòng chảy bị chi phối bởi dòng triều và dòng sóng trong khu vực đới sóng vỗ. Càng xa đới sóng vỗ vai trò của dòng triều càng tăng và đóng vai trò chủ yếu. Vào mùa đông khi dòng chảy sông giảm, hướng gió và sóng ven bờ thay đổi, tại các khu vực cửa sông dòng triều trở nên thống trị và chi phối toàn bộ chế độ dòng chảy trong khu vực (vào thời gian triều cường tốc độ dòng chảy có thể đạt tới 0,9 m/s).

Vùng ven bờ, dòng chảy thường không đồng nhất với dòng chảy ngoài khơi về hướng cũng như về tốc độ. Dòng ven bờ chủ yếu hình thành do dòng triều, dòng chảy sóng vùng ven bờ. Tuy tốc độ không lớn nhưng có vai trò quan trọng trong việc vận chuyển và phân phối bồi tích trong khu vực.

Dòng chảy hình thành do gió phụ thuộc chủ yếu vào hướng, tốc độ và thời gian tác động của gió trên mặt biển. Vùng ngoài khơi, theo một số kết quả tính toán ở khu vực nghiên cứu cho thấy: với trường gió hướng NE tốc độ gió cấp 7 (tức là ứng với vận tốc 14 m/s) trường dòng chảy đồng nhất về hướng, không có các xoáy nhỏ hình thành trong dải ven bờ, xu thế chung dòng chảy trong vùng là xu thế xoáy thuận cỡ lớn của vịnh Bắc bộ, tức là dòng dọc bờ có hướng thống trị từ Bắc xuống Nam, ở gần bờ dòng chảy có xu thế song song với đường bờ. Ở vùng cửa sông, dòng chảy gió thường có hướng cắt ngang lạch gây nên hiện tượng bồi lấp cục bộ các lạch cửa sông. Trong trường gió SE vận tốc dòng trung bình đạt từ 0,05

- 0,07 m/s đôi khi đến 0,10 m/s. Dọc đoạn bờ biển Nam Định dòng ven xuất hiện hướng SW đến NE và tạo ra một vài xoáy nhỏ ở phía Đông cửa Đáy và Đông Bắc Văn Lý.

Chế độ sóng phụ thuộc chủ yếu vào chế độ gió thay đổi theo mùa. Mùa đông ở khu vực này sóng hướng NE - E thịnh hành, độ cao trung bình 0,1 - 1,0m, lớn nhất 2,3 - 2,8m. Mùa hè, sóng hướng SE - S thịnh hành, độ cao trung bình 0,7 - 0,9m, cao nhất có thể tới 3,5 - 4,5m , dải ven bờ delta chịu tác động mạnh mẽ của sóng hướng E, SE và hướng S. Trong các tháng chuyển tiếp gió mùa, hướng sóng thịnh hành khoảng NE đến SE (tháng IV) và SE đến NE (tháng IX). Các sóng có hướng W, NW, SWchỉ đóng góp một phần không đáng kể trong khu vực.

Trong mùa đông, biên độ triều lớn vào các tháng X - I cũng là thời kỳ sóng hướng E và NE phát triển mạnh hình thành dòng vận chuyển bồi tích về phía Nam trong pha triều xuống, có thể là một trong những nguyên nhân gây bồi tụ ở khu vực Nghĩa Hưng. Ngược lại, trong mùa hè sóng hướng S và SE phát triển tạo dòng chảy sóng kết hợp với dòng triều lên sẽ vận chuyển bồi tích lên phía Bắc.

Khi sóng truyền vào bờ có hướng NE và hướng E với độ cao của sóng cấp 4 thì đoạn bờ từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy xuất hiện dòng ven có vận tốc trung bình 0,15 - 0,20 m/s, lớn nhất đạt 0,60 m/s. Với trường sóng SE, đoạn bờ từ Thái Bình - Nam Định dòng chảy ven bờ có hướng SW đến NE, vận tốc cực đại V_{max} = 0,40 - 0,60 m/s (đối với sóng cấp 4). Riêng vùng Văn Lý - Hải Triều dòng chảy có tốc độ nhỏ hơn.

Khu vực nghiên cứu được hình thành do sự phát triển của vùng châu thổ sông Hồng, vì vậy đặc điểm thuỷ văn của hệ thống sông Hồng có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình phát triển của khu vực. Dòng chảy chính của sông Hồng đổ ra biển tại cửa Ba Lạt, còn các phân lưu khác chảy ra biển qua các cửa Văn Úc, Thái Bình, Diêm Điền, Trà Lý, Cửa Lân, Lạch Giang, Cửa Đáy và cửa Càn.

Dòng chảy bùn cát sông Hồng rất lớn. Độ đục nhiều năm tại Sơn Tây lên tới 990 g/m^3. Tổng lượng phù sa lơ lửng của sông Hồng bình quân nhiều năm xấp xỉ 114 triệu tấn. Tuy nhiên lượng bùn cát này phân phối rất không đều trong năm. Tổng lượng

phù sa trong mùa lũ lên tới 91,6% của cả năm, còn 7 tháng mùa kiệt chỉ có 8,4%, có tháng trong mùa kiệt lượng phù sa chỉ chiếm 0,5% tổng lượng phù sa năm.

Bùn cát sông Hồng sau khi chuyển một phần sang sông Đuống và sông Luộc, phần còn lại được phân phối qua các phụ lưu ra vịnh Bắc bộ bằng các cửa chính Ba Lạt, Cửa Đáy, Trà Lý, Lạch Giang. Lượng bùn cát sau khi đưa tới cửa, một phần được bồi lắng ngay trước cửa sông, phần khác được dòng hải lưu ven bờ đưa ra xa và phân phối lại cho cả khu vực rộng lớn ven bờ.

Lượng bùn cát trung bình đổ ra các cửa sông hằng năm của hệ thống sông Hồng ở bảng 3.31.

Bảng 3.31 Lượng bùn cát trung bình đổ ra các cửa sông hằng năm của hệ thống sông Hồng

STT	Tên cửa sông	Tổng lượng bùn cát (10^6 tấn)
1	Cửa Đáy	19,312
2	Cửa Lạch Giang	2,577
3	Cửa Ba Lạt	27,774
4	Cửa Trà Lý	9,003

Vùng ven bờ Nghĩa Hưng có 2 cửa sông là Lạch Giang và cửa Đáy. Cửa Lạch Giang nằm giữa đoạn bờ biển Hải Hậu đang bị xói lở mạnh và vùng cửa Đáy đang bị bồi tích với cường độ cao. Cửa Lạch Giang có lòng dẫn diễn biến phức tạp, lạch sâu không ổn định trên mặt bằng cả về vị trí và độ sâu. Cửa Đáy di chuyển có tính chu kỳ gây ra các pha phát triển khác nhau ở khu bãi bồi và hướng di chuyển cửa tương ứng hướng mở rộng của mép bãi. Cửa Đáy có lượng bùn cát khá lớn (19,312 triệu tấn/năm), cao thứ hai của hệ thống sông Hồng. Do cửa sông có hình thái mở rộng ra biển, đã làm khuếch tán phù sa ra xa bờ, tạo thành vùng bồi tụ ở cửa Đáy với tốc độ cực đại tới 100m/năm.

Trong năm, chế độ dòng chảy sông, lưu lượng, độ đục thay đổi mạnh theo mùa khô và mùa mưa. Động lực dòng sông giảm từ thượng lưu về hạ lưu nhưng về mùa mưa lũ động lực dòng sông cũng còn rất mạnh ở vùng cửa sông, thể hiện ở lưỡi nước đục xâm nhập ra biển theo hướng vuông góc với bờ đến trên 20 km tại vùng cửa Đáy. Mặc dù vậy những tác động của động lực dòng sông đã bị chi phối và thay đổi nhiều ở vùng nước ven bờ do tương tác với chế độ động lực biển ven

bờ. Cùng với động lực dòng chảy, lượng bùn cát mà sông mang theo là nguồn cung cấp bồi tích cho khu vực. Lượng bùn cát sau khi đưa tới cửa, một phần được bồi lắng ngay trước cửa sông, phần khác được dòng hải lưu ven bờ đưa ra xa và phân phối lại cho cả khu vực rộng lớn ven bờ.

Lưu lượng nước và dòng bùn cát lớn do sông đưa ra, đặc biệt vào mùa mưa cùng với lượng bùn cát do xói lở bờ biển Hải Hậu trong mùa khô là nguồn cung cấp bồi tích quan trọng cho việc hình thành các bãi bồi ven biển ở khu vực.

3.5. NGUYÊN NHÂN XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG MIỀN TRUNG (TỪ THANH HOÁ ĐẾN BÌNH THUẬN)

Vùng ven biển cửa sông miền Trung là vùng biển thoáng, các lưu vực sông ngắn và dốc, nguồn bồi tích từ sông đưa ra vùng ven biển thuộc loại nhỏ nhất nước ta, song năng lượng sóng ở đây lại thuộc loại lớn nhất. Trên cơ sở phân tích các yếu tố tác động đến quá trình xói lở - bồi tụ khu vực nghiên cứu đã cho thấy yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến quá trình xói lở - bồi tụ ở đây là sóng và dòng chảy ven bờ. Do vậy, để xác định nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung đề tài đã tiến hành nghiên cứu tính toán áp lực sóng lên sườn bờ và dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ - đây chính là 2 tác nhân chính của sóng tác động trực tiếp lên sườn bờ ở khu vực nghiên cứu.

3.5.1. Áp lực sóng lên sườn bờ

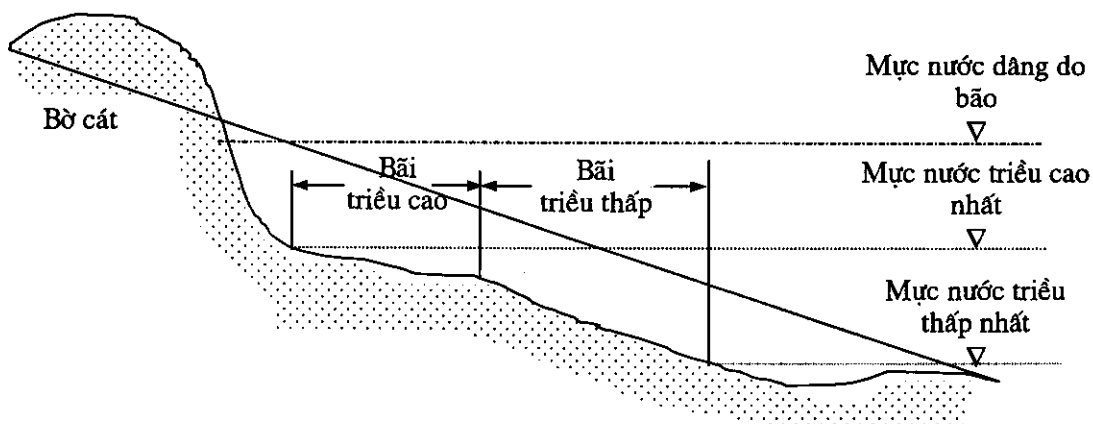
Khi xảy ra những nhiễu động thời tiết (bão, áp thấp nhiệt đới, gió mùa), chiều cao sóng tăng lên rất nhanh và áp lực sóng lên đới bờ tăng lên đột ngột. Dưới áp lực lớn của sóng vỡ đã làm cho bờ biển, đê kè bị xói lở, phá huỷ và biến dạng nghiêm trọng.

Kết quả khảo sát, tính toán [107],[108] đã chỉ ra rằng, áp lực sóng phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố:

- Giá trị các yếu tố đặc trưng của sóng: chiều cao, chu kỳ, tốc độ truyền sóng...
- Mực nước tính toán và độ sâu nước tại chân công trình, sườn bờ.
- Hình dạng của công trình, sườn bờ và độ nhám của chúng.

- Tính chất của sóng lan truyền ngoài khơi vào công trình, sườn bờ, phụ thuộc vào địa hình đáy biển độ dốc sườn bờ ngầm.

Qua khảo sát nghiên cứu xói lở vùng ven biển miền Trung cho thấy về mặt hình thái các bờ biển bị xói lở đều bao gồm 2 phần: bãi triều cao và bãi triều thấp được cấu tạo bởi các trầm tích bở rời là cát. Các đặc trưng hình thái của chúng hoàn toàn khác nhau ở mỗi đoạn bờ cụ thể, song nhìn chung đều quan sát thấy các bãi triều thấp dốc, hẹp chuyển sang bãi triều cao bằng một vách xói lở có độ dốc khá lớn (thường 8° ÷ 20°), còn bãi triều cao chuyển sang các bãi cát ven bờ bằng một sườn dốc đứng (≥ 45°) với độ cao từ 1,5 ÷ 2,5 m (hình 3.17). Như vậy, khi mực nước triều trung bình mực nước biển ngập ở vị trí đỉnh bãi triều thấp và khi mực nước triều cao mực nước biển ngập ở vị trí đỉnh bãi triều cao. Còn khi có bão xuất hiện kèm theo nước dâng, mực nước biển ngập ngang vách dốc của bờ cát, với độ dốc của sườn bờ cát khá lớn nên sóng từ ngoài khơi truyền vào bờ hầu như bị phá huỷ ngay trên sườn bờ tạo nên một áp lực sóng vỡ có trị số lớn làm xói lở bờ mạnh nhất.



Hình 3.17 Mặt cắt ngang bờ biển bị xói lở vùng Trung bộ

Theo qui phạm của Bộ Thuỷ lợi (QP.TL.C-1-78) [11] và qui phạm của Liên Xô (cũ) **СНИП**-92-60 [82] thì áp lực sóng lên bờ trong trường hợp có nước dâng phải sử dụng công thức tính toán cho loại mái dốc 45° ≤ α < 90° có dạng:

$$P_0 = \gamma h \frac{1,5}{\frac{H_d}{h} - 0,1} \quad (T/m^2) \qquad (3.1)$$

Trong đó: P_0 - Áp lực sóng tại mực nước tĩnh (T/m^2)

γ - Khối lượng riêng của nước biển

C - Vận tốc truyền sóng ($C = \lambda/\tau$) (m/s)

λ - Chiều dài bước sóng (m)

τ - Chu kỳ sóng (s)

h - Độ cao sóng (m)

H_d - Độ sâu trước công trình, sườn bờ tính từ mực nước tĩnh (m).

Áp lực sóng tại đáy công trình hay sườn bờ được tính theo công thức:

$$P_d = 0{,}6P_o \frac{H_d}{h} \quad (T/m^2) \tag{3.2}$$

Sau khi đỉnh sóng đập vào sườn bờ chắn, tạo nên một dòng chảy đáy dưới chân công trình khi sóng rút. Vận tốc dòng chảy đáy lớn nhất khi sóng rút được tính theo công thức:

$$V_d = \frac{2n\pi H}{\sqrt{\frac{\pi\lambda}{g}\mathrm{Sh}\frac{4\pi h}{\lambda}}} \quad (m/s) \tag{3.3}$$

Chiều cao sóng leo lớn nhất trên mái dốc của sóng được xác định theo công thức:

$$V_d = \frac{2n\pi H}{\sqrt{\frac{\pi\lambda}{g}\mathrm{Sh}\frac{4\pi h}{\lambda}}} \quad (m/s) \tag{3.4}$$

Trong đó:

$$h_0 = \frac{\pi h^2}{\lambda} + cth\frac{2\pi h}{\lambda} \quad (m) \quad ; m = ctang(\alpha) \tag{3.5}$$

Còn đối với trường hợp không có nước dâng thì phải áp dụng công thức của Y. M. Krulov và nnk [108] tính cho loại mái dốc $\alpha < 45°$ có dạng:

$$P = 1{,}7\ \gamma \frac{V_B^2}{2} \mathrm{Cos}^2\varphi \tag{3.6}$$

Trong đó: P - Áp suất lớn nhất tại toạ độ điểm B do sự va đập của luồng chảy tại thời điểm sóng đổ sập

γ - Khối lượng riêng của nước biển

$$\varphi = 90° - (\alpha + \beta) \text{ với } tg\beta = -\frac{gX_B}{V_A^2} \quad (3.7)$$

Toạ độ điểm B (X_B) được tính theo công thức:

$$X_B = \frac{\frac{-V_A^2}{m} + V_A\sqrt{\frac{V_A^2}{m^2} + 2gY_0}}{g} \quad (3.8)$$

Trong đó: Y_0 - Tung độ điểm A đặc trưng cho vị trí của đỉnh sóng tại thời điểm bắt đầu đổ sập.

$$Y_0 = H_{pg} + h_d \quad \text{với} \quad (3.9)$$

$$H_{pg} = h\,(0{,}47 + 0{,}023\frac{\lambda}{h})\frac{1+m^2}{m^2} \quad (3.10)$$

$$h_d = 0{,}095 - (0{,}84\,m - 0{,}25)\,\frac{h}{\lambda} \quad (3.11)$$

V_A - Hình chiếu ngang của vận tốc ban đầu của luồng chảy sập đổ xuống từ đỉnh sóng:

$$V_A = n\sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}th\frac{2\pi H}{\lambda}} + \sqrt{\frac{\pi\, g}{2\lambda}Cth\frac{2\pi H}{2\lambda}} \quad (3.12)$$

Ở đây: n - hệ số phụ thuộc vào tỷ số λ/h

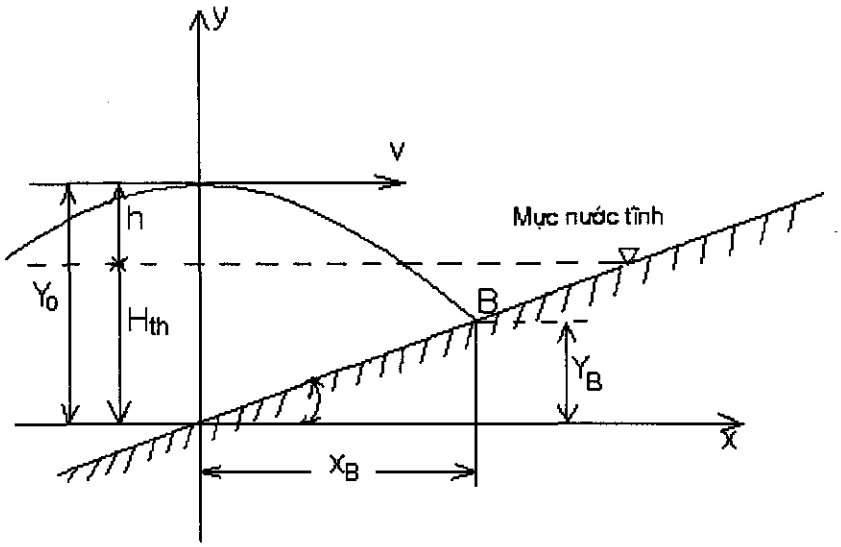
($\lambda/h = (8 \div 20)$ thì $n = (0{,}6 \div 0{,}8)$)

V_B - Vận tốc lớn nhất của nhóm sóng khi va đập lên mái tại điểm B được tính theo công thức (hình 3.18):

$$V_B = \sqrt{\eta(V_A + \frac{gX_B}{V_A})^2)} \quad \text{Với } \eta = 1 - (0{,}017m - 0{,}02)h \quad (3.13)$$

- Vận tốc lớn nhất của dòng chảy tại mực nước tĩnh được tính theo công thức:

$$V_0 = \frac{10K_{nh}\sqrt{g}}{2\pi + m}\sqrt[6]{h^2\lambda} \quad (3.14)$$



Hình 3.18 Sơ đồ đổ sập của sóng trên mái dốc

Trong đó: K_{nh} - hệ số nhám (K_{nh} = 0,25 với bề mặt là cát)

- Vận tốc dòng chảy ở đáy công trình được tính theo công thức (3.3)

- Chiều cao sóng leo lớn nhất tính từ mực nước tĩnh được xác định :

$$h_1 = \frac{2K_{nh}h}{m}\sqrt[3]{\frac{\lambda}{h}} \qquad (3.15)$$

Trên cơ sở các tài liệu quan trắc sóng và thuỷ triều ở khu vực nghiên cứu chúng tôi đã tiến hành tính toán áp lực sóng lên sườn bờ cho hướng sóng đổ trực tiếp vuông góc với đường bờ trong trường hợp có nước dâng và không có nước dâng. Trường hợp có nước dâng được tính theo 2 độ cao nước dâng là 1,0 và 1,5 m tính từ mực nước triều cao nhất với cấp độ cao sóng trung bình trong bão là 2,0 ÷ 3,0 m; còn đối với trường hợp không có nước dâng thì được tính cho mực nước triều cao nhất với cấp độ cao sóng từ 0,5 ÷ 3,0 m.

Trên cơ sở các tài liệu quan trắc nhiều năm sóng, gió, tài liệu mực nước đã được công bố trong các công trình [17],[89],[119]; các tài liệu thực đo địa hình đáy biển, địa hình bãi biển ven bờ, trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu trong các năm 1999 ÷ 2003 chúng tôi đã tiến hành tính toán áp lực sóng cho các đoạn bờ bị

xói lở mạnh nhất trong 3 năm gần đây: bờ biển Sa Huỳnh tỉnh Quảng Ngãi; bờ biển xã Xuân Hải, huyện Sông Cầu; bờ biển xã Hải Dương, Thuận An, Tư Hiền tỉnh Thừa Thiên Huế. Sơ đồ mặt cắt tính toán được mô tả trên hình 3.17 và kết quả tính toán được trình bày trong bảng 3.32 ÷ 3.36.

❖ ***Trường hợp có nước dâng***

Kết quả tính toán đã cho thấy, với độ cao sóng là 2 m, áp lực sóng tại mặt khi mực nước tĩnh ngập sườn bờ 1,5 m đạt ≈ 8 T/m^2, áp lực tại đáy đạt ≈ 2,5 T/m^2 và vận tốc xói đáy trước sườn bờ đạt khoảng 2,5 m/s; còn đối với mực nước tĩnh ngập sườn bờ là 2,0 m thì áp lực sóng tại mặt chỉ đạt ≈ 5,0 T/m^2, áp lực tại đáy đạt ≈ 2,5 T/m^2 và vận tốc xói đáy lớn nhất trước sườn bờ đạt trên 2,0 m/s (bảng 3.32, 3.33). Kết quả tính toán cũng cho thấy, áp lực sóng tăng lên rất nhanh khi độ cao sóng tăng. Với độ cao sóng trong bão ở khu vực nghiên cứu là 3 m và mực nước tĩnh ngập sườn bờ 1,5 m áp lực sóng tác động lên sườn bờ đạt tới 19,7 T/m^2, vận tốc xói đáy đạt tới 3,7 m/s và chiều cao sóng leo là 5,13 m. Nếu đối sánh với chỉ tiêu vận tốc trung bình cho phép không xói của Tổng cục Xây dựng Thuỷ năng (Cm 24-2396) đối với loại trầm tích bở rời như ở ven bờ biển Trung bộ thì trong điều kiện độ cao sóng trung bình vận tốc xói đáy có thể cuốn trôi được tất cả các trầm tích có đường kính cấp hạt ≤ 100 mm; còn với độ cao sóng trong bão vận tốc xói đáy có thể cuốn trôi cả những trầm tích có đường kính cấp hạt từ 150 ÷ 200 mm. Như vậy, với áp lực sóng và vận tốc xói đáy có giá trị lớn trong thời gian có bão thì mức độ phá huỷ bờ rất mạnh mẽ, chỉ trong 1 ÷ 3 ngày khi bão xuất hiện tốc độ xói lở bờ có thể lấn sâu vào trong đất liền hàng chục mét.

Bảng 3.32 Áp lực sóng lên sườn bờ bị xói lở vùng ven biển Trung bộ (Trường hợp mực nước dâng trong bão 1,0 m)

Độ cao sóng H(m)	Áp lực sóng tại mực nước tĩnh P_o (T/m^2)	Áp lực sóng tại đáy P_d (T/m^2)	Vận tốc xói đáy lớn nhất V_{max} (m/s)	Chiều cao sóng leo lớn nhất Z_{max}(m)
2,0	7,42	2,12	2,01	1,41
2,5	7,67	2,76	3,12	2,39
3,0	11,50	3,45	3,75	3,62

Bảng 3.33 Áp lực sóng lên sườn bờ bị xói lở vùng ven biển Trung bộ (Trường hợp mực nước dâng trong bão 1,5 m)

Độ cao sóng H(m)	Áp lực sóng tại mực nước tĩnh P_o (T/m^2)	Áp lực sóng tại đáy P_d (T/m^2)	Vận tốc xói đáy lớn nhất V_{max} (m/s)	Chiều cao sóng leo lớn nhất Z_{max} (m)
2,0	7,67	2,30	2,49	2,75
2,5	12,79	3,06	3,12	3,86
3,0	19,73	3,94	3,75	5,13

Bảng 3.34 Áp lực sóng lên sườn bờ bị xói lở ven biển Thừa Thiên - Huế

Độ cao sóng H(m)	Vận tốc xói đáy lớn nhất Vz_{max} (m/s)	Vận tốc lớn nhất tại điểm B V_{Bmax} (m/s)	Vận tốc lớn nhất tại mực nước tĩnh Vo_{max} (m/s)	Chiều cao sóng leo lớn nhất Z_{max} (m)	Áp lực sóng lớn nhất tại điểm B P_B (T/m^2)
0,50	0,87	3,65	0,94	0,21	1,01
1,00	1,16	4,52	1,26	0,38	1,54
1,50	1,36	5,23	1,49	0,53	2,03
2,00	1,54	5,80	1,68	0,68	2,45
2,50	1,73	6,24	1,85	0,82	2,80
3,00	1,85	6,62	2,00	0,96	3,10

❖ ***Trường hợp không có nước dâng***

Kết quả tính toán cho 4 đoạn bờ bị xói lở cho thấy áp lực sóng phụ thuộc rất nhiều vào độ dốc địa hình, với cùng một độ cao sóng tính toán thì đoạn bờ có độ dốc đới bờ lớn thì áp lực sóng sẽ có trị số lớn.

So sánh kết quả tính toán cho 2 trường hợp có nước dâng và không có nước dâng cho thấy áp lực sóng khi không có nước dâng nhỏ hơn rất nhiều so với trong trường hợp có nước dâng. Điều này được giải thích là khi có nước dâng sóng tác động lên bờ cát có độ dốc lớn ($\geq 45°$) tạo ra áp lực sóng lớn hơn so với trường hợp không có nước dâng, sóng chỉ tác động lên sườn bờ của bãi triều cao và bãi triều thấp có độ dốc nhỏ hơn nên áp lực sóng nhỏ hơn. Với cùng một độ cao sóng 3,0 m thì trong trường hợp có nước dâng áp lực sóng đạt tới 19,7 T/m^2 còn trong trường hợp không có nước dâng thì áp lực sóng chỉ đạt có 3,9 T/m^2 (bảng 3.32, 3.33). Ngoài ra, vận tốc xói đáy và chiều cao sóng leo trong trường hợp không có nước

dâng cũng nhỏ hơn rất nhiều so với trong trường hợp có nước dâng (bảng 3.32 ÷ 3.36). Với cùng độ cao sóng 3,0 m thì trong trường hợp có nước dâng vận tốc xói đáy đạt tới 3,7 m/s và chiều cao sóng leo đạt tới 5,1 m, còn trong trường hợp không có nước dâng thì vận tốc xói đáy chỉ đạt 1,9 m/s và độ cao sóng leo đạt 1,0 m.

Bảng 3.35 Áp lực sóng lên sườn bờ bị xói lở Sa Huỳnh - Quảng Ngãi

Độ cao sóng H(m)	Vận tốc xói đáy lớn nhất Vz_{max} (m/s)	Vận tốc lớn nhất tại điểm B V_{Bmax} (m/s)	Vận tốc lớn nhất tại mực nước tĩnh Vo_{max} (m/s)	Chiều cao sóng leo lớn nhất Z_{max} (m)	Áp lực sóng lớn nhất tại điểm B P_B (T/m^2)
0,50	0,79	3,61	1,09	0,26	1,01
1,00	1,05	4,51	1,45	0,47	1,57
1,50	1,22	5,27	1,71	0,66	2,12
2,00	1,38	5,90	1,94	0,84	2,61
2,50	1,55	6,41	2,13	1,01	3,05
3,00	1,65	6,87	2,30	1,18	3,46

Bảng 3.36 Áp lực sóng lên sườn bờ bị xói lở Xuân Hải - Sông Cầu - Phú Yên

Độ cao sóng H(m)	Vận tốc xói đáy lớn nhất Vz_{max} (m/s)	Vận tốc lớn nhất tại điểm B V_{Bmax} (m/s)	Vận tốc lớn nhất tại mực nước tĩnh Vo_{max} (m/s)	Chiều cao sóng leo lớn nhất Z_{max} (m)	Áp lực sóng lớn nhất tại điểm B P_B (T/m^2)
0,50	0,64	3,42	1,40	0,40	0,96
1,00	0,83	4,35	1,87	0,72	1,55
1,50	0,96	5,16	2,21	1,01	2,15
2,00	1,08	5,86	2,49	1,28	2,74
2,50	1,20	6,46	2,74	1,55	3,31
3,00	1,26	7,02	2,96	1,81	3,88

Như vậy có thể nhận định rằng, hiện tượng xói lở bờ biển miền Trung xảy ra ác liệt nhất là trong trường hợp có bão (hoặc các nhiễu động thời tiết khác) xuất hiện kèm theo nước dâng còn trong trường hợp không có nước dâng hiện tượng xói lở, xói lở xảy với cường độ không lớn.

Các kết quả tính toán trên đây không những phục vụ cho thiết kế các công trình phòng chống xói lở, xói lở mà còn tạo cơ sở khoa học cho việc tìm ra nguyên

nhân gây xói lở, xói lở nhằm góp phần đưa ra những giải pháp khoa học phòng tránh và xây dựng các công trình chống xói lở bờ biển miền Trung một cách hợp lý và hiệu quả nhất. Song cũng cần lưu ý rằng, đối với khu vực nghiên cứu độ cao sóng cực đại có trị số rất lớn, theo kết quả được trình bày trong các công trình [89] thì độ cao sóng lớn nhất quan trắc được tại Cồn Cỏ - Quảng Trị là 9,0 m, tại Sơn Trà - Đà Nẵng là 6,0 m, tại ngoài khơi Nha Trang là 8,5 m và tại Phú Quý - Bình Thuận là 10,0 m.

3.5.2. Dòng bùn cát ven bờ

Trong đới sóng vỡ, năng lượng sóng khi vỡ đã tạo ra dòng chảy. Dưới tác động của sóng và dòng chảy sóng, bùn cát ven bờ bị đào bới và vận chuyển dọc theo đới bờ hoặc vuông góc với đường bờ làm mất sự cân bằng cán cân bùn cát, gây nên hiện tượng bồi - xói bờ biển. Nhiều công trình nghiên cứu kỹ thuật bờ biển [107],[110],[113],[119] đã cho thấy, dòng chảy sóng và dòng bùn cát ven bờ là những nhân tố quan trọng trong kỹ thuật bờ biển bởi nó đánh giá được định lượng nguyên nhân bồi - xói ven biển cửa sông.

Trên thực tế dòng chảy sóng xuất hiện gián đoạn và không liên tục giữa các chu kỳ sóng vỡ. Trong một chu kỳ dòng chảy đổi hướng hai lần (lúc chảy vào bờ và khi rút ra) với trị số tốc độ tăng lên nhanh và giảm xuống đột ngột. Tuỳ thuộc vào hình thái của đường bờ mà trị số tốc độ và hướng dòng chảy sóng khác nhau. Đối với các tia sóng đổ xiên với đường bờ một góc nhọn thì dòng sóng có hướng song song với đường bờ, còn tia sóng vuông góc với đường bờ thì dòng sóng có hướng từ bờ ra. Chính vì sự phức tạp đó của dòng sóng, việc đo đạc dòng chảy sóng bằng các thiết bị lưu tốc thông thường khó có thể thực hiện được, nhất là trong thời gian có các hiện tượng nhiễu động thời tiết xuất hiện mà phải khắc phục bằng cách tính toán gián tiếp, thông qua các đặc trưng của sóng như: độ cao sóng, hướng sóng tác động, chu kỳ sóng, độ dốc đới bờ ngầm [106],[107],[111],[116].

Đối với vùng bờ biển miền Trung áp dụng công thức CERC tính dòng chảy sóng và dòng bùn cát ven bờ cho kết quả khá phù hợp với thực tế. Công thức này được giới thiệu và lập sẵn trong phần mềm CRESS (Coastal and Rier Engineering support system) của Hà Lan, Version 7.0 - 1998.

Kết quả tính toán dòng bùn cát ven bờ cho 3 đoạn bờ bị xói lở: Sa Huỳnh tỉnh Quảng Ngãi; bờ biển xã Xuân Hải, huyện Sông Cầu; bờ biển xã Hải Dương, Thuận An, Tư Hiền tỉnh Thừa Thiên Huế được trình bày trong bảng 3.37 ÷ 3.39. Trong các bảng, dấu (-) biểu thị dòng bùn cát có hướng từ Nam lên Bắc và dấu (+) thì ngược lại từ Bắc xuống Nam. Do các trạm quan trắc sóng ở khu vực khá ít nên các số liệu sóng dùng trong tính toán được lấy ở những trạm gần nhất và đặc trưng cho khu vực nghiên cứu. Cụ thể là đoạn bờ ven biển Thừa Thiên - Huế được sử dụng số liệu sóng của trạm Cửa Tùng - Quảng Trị, đoạn ven bờ biển Quảng Ngãi, Tuy Hoà được sử dụng số liệu sóng trạm Quy Nhơn - Bình Định.

Bảng 3.37 Khối lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ tại các mặt cắt đoạn bờ biển Thừa Thiên - Huế

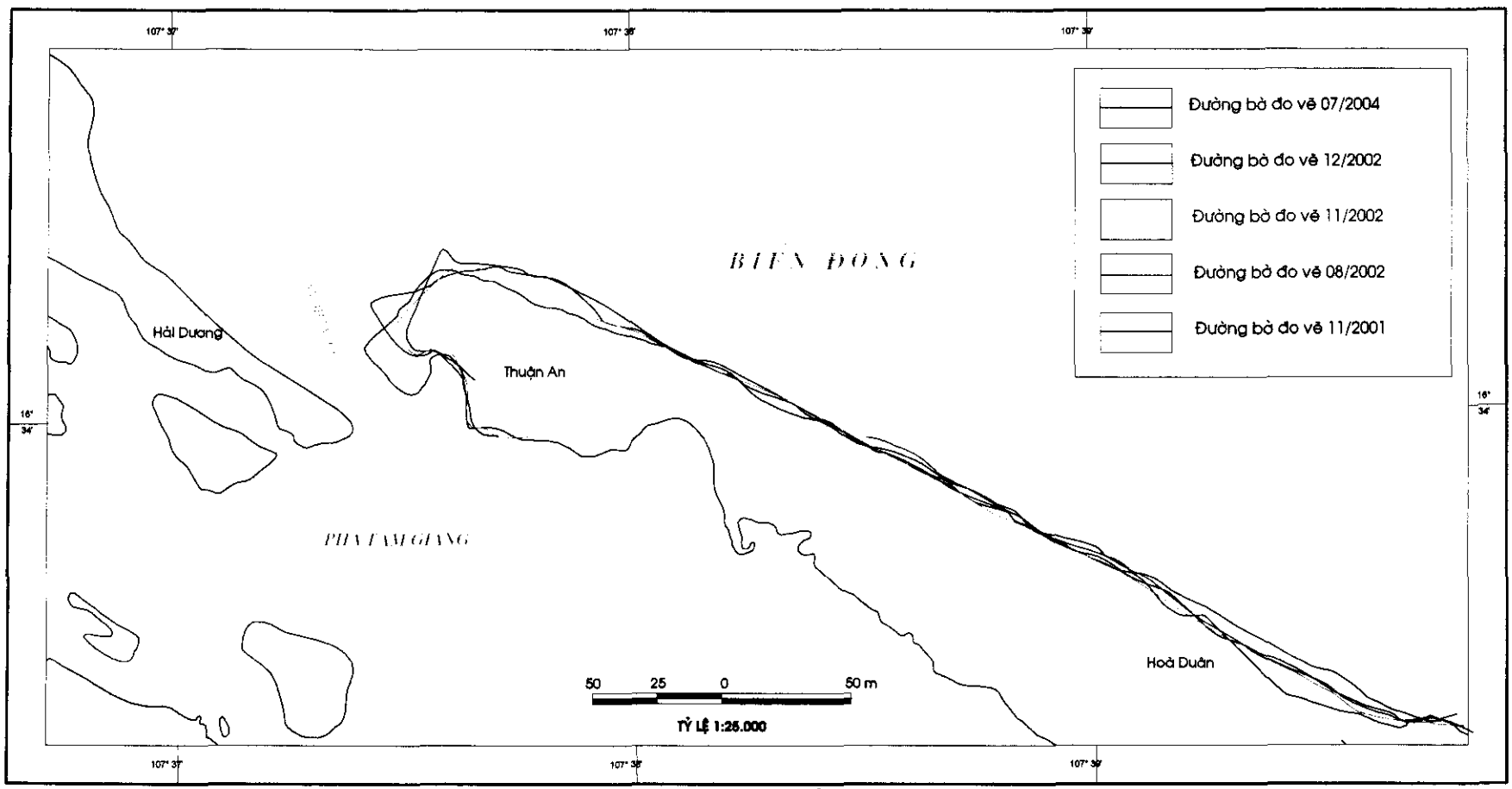
Hướng sóng	Cấp sóng	Tần suất sóng (%)	Khối lượng bùn cát (m^3/năm)			
			Mặt cắt I	Mặt cắt II	Mặt cắt III	Mặt cắt IV
N	0,25 ÷ 0,75	0,02	28	25	28	28
	0,75 ÷ 1,25	0	0	0	0	0
	1,25 ÷ 2,00	0	0	0	0	0
	2,00 ÷ 3,50	0	0	0	0	0
	3,50 ÷ 6,00	0	0	0	0	0
NE	0,25 ÷ 0,75	9,22	-3743	-7912	-2359	-2359
	0,75 ÷ 1,25	1,5	-3448	-7288	-2173	-2173
	1,25 ÷ 2,00	0,4	-3464	-7321	-2183	-2183
	2,00 ÷ 3,50	0,2	-5936	-12548	-3741	-3741
	3,50 ÷ 6,00	0,02	-1040	-2219	-662	-662
E	0,25 ÷ 0,75	49,5	-62504	-51348	-66737	-66737
	0,75 ÷ 1,25	8,3	-59331	-48737	-63351	-63351
	1,25 ÷ 2,00	2,1	-56553	-46456	-60384	-60384
	2,00 ÷ 3,50	1	-92399	-75936	-98640	-98640
	3,50 ÷ 6,00	0,12	-19601	-16106	-20926	-20926
Tổng			-307993	-275884	-321129	-258017
Chênh lệch bùn cát giữa các mặt cắt			-32109	45245	-63112	

Qua kết quả tính toán có thể rút ra một số nhận xét sau:

❖ ***Đoạn bờ biển Thừa Thiên - Huế:*** Dòng bùn cát ven bờ ở khu vực này có trị số không lớn lắm và sự chênh lệch khối lượng bùn cát giữa các mặt cắt cũng không lớn. Dòng bùn cát ven bờ có hướng từ Bắc xuống Nam và từ Nam lên Bắc phụ thuộc vào mùa sóng gió thống trị, chính điều này đã quyết định hình thái của các cồn cát ven biển và hình thái các cửa sông. Dòng bồi tích từ sông đưa ra trong mùa lũ được dòng sóng vận chuyển dần lên phía Bắc, kéo dài các doi cát ven cửa sông về phía Bắc đẩy các cửa sông theo hướng ĐB mặc dù hướng chính của dòng chảy phía trong cửa sông đều là hướng Đ hoặc ĐN.

Từ bảng 3.37, hình 3.19 có thể thấy rằng, đoạn bờ đang bị xói lở mạnh nhất là đoạn bờ phía Nam của cửa Thuận An. Hiện nay đoạn bờ phía Bắc cửa Hoà Duân đang bị xói lở khá mạnh, song hiện tượng này mang tính cục bộ nhằm lập lại cán cân bùn cát ở khu vực sau khi đắp cửa Hoà Duân. Hiện tượng này có thể được giải thích như sau: Trận lũ đầu tháng XI/1999 cửa biển mới Hoà Duân được mở, với tốc độ dòng chảy lũ lớn đã tạo nên một cửa khá sâu và rộng, chỗ sâu nhất đạt tới 8 m. Sau thời kỳ lũ nguồn bùn cát từ trong sông đưa ra và lân cận có xu hướng di chuyển về khu vực bị xói sâu để lập lại một thế cân bằng động mới. Việc đắp cửa Hoà Duân đã ngăn chặn nguồn bùn cát từ trong sông đưa ra dưới tác động của dòng triều và dòng chảy lũ. Hơn nữa việc đắp cửa Hoà Duân đã tạo nên hiện tượng nhiễu xạ sóng xảy ra ở khu vực khá mạnh. Do đó, hiện tượng xói lở bờ ở hai phía cửa Hoà Duân để cung cấp bùn cát lấp đầy các hố xói là không thể tránh khỏi và phù hợp với qui luật tự nhiên đang diễn ra hàng ngày, hàng giờ ở khu vực ven biển cửa sông.

❖ ***Đoạn bờ biển Sa Huỳnh - Quảng Ngãi:*** Dòng bùn cát ven bờ có hướng từ Bắc xuống Nam. Sự thiếu hụt bồi tích giữa mặt cắt I và mặt cắt II là 5162 m^3/năm và giữa mặt cắt II và III là 12831 m^3/năm (bảng 3.38) đã cho thấy đoạn bờ tại mặt cắt I và II xảy ra hiện tượng xói lở khá mạnh, trong đó mạnh nhất là đoạn bờ tại mặt cắt II. Kết quả tính toán này khá phù hợp với kết quả đo đạc sự biến dạng bờ bằng máy trắc đạc ở khu vực nghiên cứu. Chỉ trong 2 năm 1999 - 2000 đoạn bờ khu vực nhà nghỉ Sa Huỳnh và lân cận (tại mặt cắt I và II) đã bị xói lở trên



HÌNH 3.19. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐƯỜNG BỜ BIỂN THUẬN AN - HOÀ DUÂN

30 m, nhiều công trình của nhà nghỉ Sa Huỳnh và đường quốc lộ 1 đang bị đe doạ nghiêm trọng.

Bảng 3.38 Khối lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ tại các mặt cắt đoạn bờ biển Sa Huỳnh - Quảng Ngãi

Hướng sóng	Cấp sóng	Tần suất sóng (%)	Khối lượng bùn cát (m^3/năm)		
			Mặt cắt I	Mặt cắt II	Mặt cắt III
NE	0,25 ÷ 0,75	24,52	27744	33799	30726
	0,75 ÷ 1,25	2,62	16782	20446	18589
	1,25 ÷ 2,00	0,75	18098	22049	20046
	2,00 ÷ 3,50	0,3	24845	30253	27489
	3,50 ÷ 6,00	0,09	13175	16046	14450
E	0,25 ÷ 0,75	6,2	4796	321	-1586
	0,75 ÷ 1,25	0,66	2917	193	-956
	1,25 ÷ 2,00	0,2	3300	221	-1091
	2,00 ÷ 3,50	0,07	3959	265	-1309
	3,50 ÷ 6,00	0,02	2000	134	-662
SE	0,25 ÷ 0,75	1,8	-2256	-2510	-2189
	0,75 ÷ 1,25	0,2	-1419	-1579	-1377
	1,25 ÷ 2,00	0,05	-1336	-1487	-1297
	2,00 ÷ 3,50	0,02	-1833	-2040	-1780
	3,50 ÷ 6,00	0	0	0	0
Tổng			110773	116108	99052
Chênh lệch bùn cát giữa các mặt cắt				5335	-17056

Song, sự xói lở này đã đến mức tới hạn và chu kỳ tiếp theo là sự bồi tụ trở lại.

❖ ***Đoạn bờ biển Xuân Hải - Phú Yên:*** Dòng bồi tích ở đoạn bờ này có hướng từ Bắc xuống Nam. Sự xói lở xảy ra khá mạnh ở phía Bắc của đoạn bờ này (đoạn bờ tại mặt cắt I), khối lượng bùn cát chênh lệch giữa mặt cắt I và mặt cắt II thể hiện sự thiếu hụt bồi tích tại đoạn bờ nghiên cứu đạt tới 22130 m^3/năm (bảng 3.39). Đây là đoạn bờ khá thẳng và có độ dốc lớn lại nằm theo hướng TB - ĐN nên chịu tác động mạnh của hướng sóng ĐB có tần suất xuất hiện cao, gây nên hiện tượng xói lở bờ khá lớn. Bên cạnh đó con đường mới mở từ Qui Nhơn đến Sông Cầu đã hạ thấp độ cao gần 50 m của quả núi đâm sát ra biển ở phía Bắc của đoạn

bờ này cũng phần nào làm tăng mức độ tác động của hướng gió B và ĐB làm tăng quá trình xói lở ở đây.

Bảng 3.39 Khối lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ tại các mặt cắt đoạn bờ biển Xuân Hải - Sông Cầu - Phú Yên

Hướng sóng	Cấp sóng	Tần suất sóng (%)	Khối lượng bùn cát (m^3/năm)	
			Mặt cắt I	Mặt cắt II
N	0,25 ÷ 0,75	6,8	4477	7054
	0,75 ÷ 1,25	0,72	2683	4228
	1,25 ÷ 2,00	0,2	2808	4424
	2,00 ÷ 3,50	0,08	3858	6075
	3,50 ÷ 6,00	0,02	1704	2684
NE	0,25 ÷ 0,75	24,52	30726	20016
	0,75 ÷ 1,25	2,62	18589	10446
	1,25 ÷ 2,00	0,75	20046	13059
	2,00 ÷ 3,50	0,3	27489	17906
	3,50 ÷ 6,00	0,09	14450	9499
E	0,25 ÷ 0,75	6,2	-4004	-6872
	0,75 ÷ 1,25	0,66	-2413	-4180
	1,25 ÷ 2,00	0,2	-2755	-4728
	2,00 ÷ 3,50	0,07	-3305	-5725
	3,50 ÷ 6,00	0,02	-1655	-2866
SE	0,25 ÷ 0,75	1,8	-2037	-1402
	0,75 ÷ 1,25	0,2	-1281	-890
	1,25 ÷ 2,00	0,05	-1207	-838
	2,00 ÷ 3,50	0,02	-1656	-1151
	3,50 ÷ 6,00	0	0	0
Tổng:			106518	66739
Chênh lệch bùn cát giữa 2 mặt cắt			39779	

Sau đây là một số nhận định về nguyên nhân gây xói lở bờ biển ở các khu vực trọng điểm:

❖ ***Nguyên nhân xói lở bờ biển Thừa Thiên - Huế:***

Xói lở bờ biển khu vực trọng điểm Hải Dương - cửa Hoà Duân tỉnh Thừa Thiên - Huế có nguyên nhân sâu xa liên quan đến nguồn gốc hình thành và tiến hoá của hệ thống cửa sông - ven biển và đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. Phá Tam Giang - Cầu Hai nằm ở rìa đồng bằng Huế, phát triển trên nền kiến tạo hiện đại

nâng yếu và chuyển tiếp với các đới sụt hạ trên thềm lục địa. So với khối nâng mạnh phía Tây Huế và Bạch Mã đã đẩy khu vực nghiên cứu trở thành vùng sụt lún tương đối. Đầm phá và hệ đụn cát chắn phía biển được hình thành ở vùng biển nông ven bờ. Nguồn cát khổng lồ của dải cồn cát ven biển Thừa Thiên Huế được Zenkovich, 1967 giải thích là có nguồn gốc sông Hương cổ bồi đắp nên đồng bằng đáy vịnh Bắc bộ từ Pleixtoxen. Khi mực nước thấp hơn hiện nay gần 100 m. Trong quá trình biển tiến sóng đã di chuyển ngang bồi tích cát vào ven bờ khu vực nghiên cứu. Theo kết quả nghiên cứu của Nguyễn Đắc Thạch (1985), thì tuổi các cồn cát nguồn gốc biển - gió này mới chỉ khoảng 3000 năm (Holoxen muộn). Khoảng 500 ÷ 700 năm trở lại đây mực nước biển dâng cao do cả nguyên nhân chân tĩnh và kiến tạo, đồng thời nguồn bồi tích giảm hẳn và năng lượng sóng mạnh lên. Xói lở bờ có xu thế dài lâu do kết hợp cả xâm thực ngang gây xói lở bờ và bào mòn mặt đáy sườn bờ ngầm sát bờ (hiện tượng moi đáy).

Nguyên nhân trực tiếp xói lở bờ biển Thừa Thiên Huế là áp lực sóng lớn trong dông bão và gió mùa Đông Bắc (bảng 3.34). Chế độ sóng biển ở đây chịu ảnh hưởng trực tiếp của chế độ gió. Mùa đông, sóng hướng NE chiếm ưu thế với tần suất 99%, độ cao sóng dao động từ 0,25 ÷ 3 m. Mùa hè, sóng hướng E và SE chiếm ưu thế với tần suất đạt 93%, độ cao sóng dao động từ 0,25 ÷ 1,0 m.

Sóng có vai trò chính gây xói lở bờ và khuấy đục bùn cát đáy và vận chuyển dọc bờ và ra khỏi khu bờ. Tính toán cân bằng bùn cát qua các mặt cắt vuông góc với đường bờ cho thấy dòng sa bồi trong khu vực nghiên cứu có hướng thịnh hành từ Bắc xuống Nam. Với tổng lượng là 290755 m^3/năm ở sát vùng cửa sông dòng sa bồi sát bờ có hướng ngược lại từ Nam lên Bắc. Dòng sa bồi tổng hợp được phân kỳ ở giữa di chuyển bùn cát dọc bờ đưa về 2 phía NW và SE, xói, xói chủ yếu xảy ra vào mùa gió mùa Đông Bắc kết hợp với các nhiễu động thời tiết. Đường biên xói xói và xói mòn đáy ở độ sâu 4 - 5 m. Ngoài độ sâu 5 m là khu vực có xu thế bị bồi tụ thành các val ngầm.

Cơ chế vận chuyển sa bồi gây thiếu hụt bồi tích dẫn đến xói xói bờ biển đoạn từ Hải Dương đến cửa Hoà Duân được thể hiện như sau: dòng sa bồi dọc bờ do sóng vỡ có lưu lượng không lớn, cân bằng âm đi về phía SE gây thiếu hụt khoảng 45245 m^3/năm. Tổng lượng sa bồi thiếu hụt trung bình nhiều năm của khu

bờ là 290755 m^3/năm đã gây xói lở bờ nghiêm trọng ở Hải Dương và bờ biển Thuận An.

❖ ***Nguyên nhân xói lở bờ Sa Huỳnh - tỉnh Quảng Ngãi:***

Xói lở khu bờ trọng điểm Sa Huỳnh - Quảng Ngãi có nguyên nhân sâu xa là sự chuyển pha từ bồi tụ sang xói lở của đoạn bờ vũng vịnh. Sự sắp xếp các cấu trúc địa chất theo qui luật cánh cung với các đứt gãy cánh cung tồn tại theo 2 hướng: hướng song song với đứt gãy cánh cung sông Trà Khúc và hướng ngược lại theo chiều cong chung của đường bờ biển. Trong khu vực nghiên cứu tồn tại các chậu trũng Mộ Đức, Đức Phổ phân bố dọc Quốc lộ 1A có đường kính xấp xỉ 20 km. Trong tương lai nếu võng trũng này tiếp tục hạ lún cùng với nước biển dâng cao thì có thể nước biển sẽ tràn vào.

Nguyên nhân trực tiếp xói lở bờ biển Sa Huỳnh là do thiếu hụt một khối lượng sa bồi vận chuyển dọc bờ đi khỏi khu vực xuống phía SE và di chuyển ngang phân tán ra sâu. Ở khu vực sát bờ vai trò của áp lực sóng và dòng chảy sóng khá lớn (bảng 3.35), còn ở sườn bờ ngầm vai trò của dòng chảy tổng hợp cùng với sự di chuyển ngang trong điều kiện dâng cao mực nước biển chậm chạp, lâu dài và dao động thuỷ triều trong thời kỳ triều cường, cùng với nước dâng do bão và gió mùa Đông Bắc. Trong khu vực nghiên cứu sóng đóng vai trò quan trọng gây xói lở và di chuyển sa bồi ven bờ. Mùa xói lở trùng vào thời kỳ gió mùa Đông Bắc (từ tháng XI đến tháng II năm sau) và khi có dông bão. Đường biên xói xói kéo dài đến độ sâu 6 m. Ngoài độ sâu 6 m là khu vực bồi tụ yếu tạo thành các val cát ngầm chạy song song với đường bờ.

Kết quả tính toán dòng sa bồi ven bờ cho thấy: Tổng dòng sa bồi ven bờ có hướng từ Bắc xuống Nam. Sự thiếu hụt bồi tích giữa mặt cắt I và mặt cắt II là 5335 m^3/năm và giữa mặt cắt II và mặt cắt III là 17056 m^3/năm (bảng 3.38). Điều này cho thấy đoạn bờ giữa mặt cắt I và mặt cắt II xảy ra xói lở, trong đó mạnh nhất là đoạn bờ tại mặt cắt II.

Dòng sa bồi di chuyển ngang có lưu lượng khá lớn, di chuyển từ bờ ra biển sâu vào bờ vào mùa gió Tây Nam. Trung bình hàng năm vùng bờ nghiên cứu bị thiếu hụt 108844 m^3/năm bùn cát gây xói lở bờ.

❖ ***Nguyên nhân xói lở bờ Xuân Hải - Sông Cầu - Phú Yên***

Đoạn bờ biển tỉnh Phú Yên nói chung và Xuân Hải - Sông Cầu nói riêng là nơi hứng chịu nhiều thiên tai: bão, áp thấp nhiệt đới, nước dâng, lũ lụt. Hiện tượng xói lở bờ, bồi lấp cửa sông diễn ra thường xuyên. Bờ biển xã Xuân Hải nằm ở đỉnh phía Bắc của vụng hở hứng sóng gió. Áp lực sóng lên sườn bờ xã Xuân Hải theo tính toán thuộc vào loại lớn nhất so với 2 đoạn bờ Thừa Thiên - Huế và Sa Huỳnh - Quảng Ngãi (bảng 3.36). Dòng bồi tích ở đoạn bờ này có hướng từ Bắc xuống Nam. Quá trình xói lở này với khối lượng bùn cát chênh lệch giữa mặt cắt I và II thể hiện sự thiếu hụt bồi tích ở đây lên tới 39779 m^3/năm (bảng 3.39). Đây là đoạn bờ có độ dốc sườn bờ ngầm lớn lại nằm theo hướng NW - NE nên chịu tác động trực tiếp của hướng sóng NE với tần suất xuất hiện cao nên đã gây ra xói lở bờ nghiêm trọng.

3.6. NGUYÊN NHÂN XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG MIỀN NAM (TỪ VŨNG TÀU ĐẾN HÀ TIÊN)

- Vùng bờ biển cửa sông Đông Nam bộ (Vũng Tàu đến Cà Mau) nguyên nhân ngoại sinh đóng vai trò chủ đạo. Với tính chất dải bờ hạ hoặc nâng đều yếu thì vai trò các tác nhân nội sinh chỉ có tính chất thứ yếu. Nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Nam bộ chủ yếu do tác động đồng thời của sóng, thuỷ triều và dòng chảy ven bờ di chuyển bồi tích tại khu bờ.

❖ ***Khu vực Long Hải, Bà Rịa - Vũng Tàu***

Bãi Long Hải là một bãi thoải cấu tạo cát mịn. Trắc diện ngang của bãi có một số đặc điểm sau:

Từ đỉnh triều cao tới độ sâu 2 - 2,5 m là đới có độ rộng khoảng 50 m với độ dốc khoảng 0,05. Ngay tại vị trí bãi triều cao là các công trình xây dựng phục vụ cho du lịch; nhà hàng, khách sạn tiếp đến là một lạch trũng không rõ rệt và sau đó là bãi thoải đều.

Đây là một khu vực chịu tác động nhiều các hoạt động của con người: bãi tắm phục vụ du lịch, bãi phục vụ neo đậu tàu thuyền của ngư dân. Trên mặt bãi (kể

cả phần không ổn định) có rất nhiều các công trình xây dựng: nhà hàng, khách sạn, và đặc biệt ngay trên đới không ổn định của bãi có rất nhiều nhà dân được xây dựng tạm bợ theo kiểu đóng cọc làm nhà sàn, đổ đá làm kè bao quanh nền nhà... Chính sự xây dựng bừa bãi, không tuân theo quy luật phát triển tự nhiên của các bãi ven biển mà cuối năm 1999 do triều cường, sóng lớn đã phá huỷ rất nhiều nhà cửa của nhân dân. Tuy nhiên sau đó bãi lại nhanh chóng được bồi trở lại. Qua đợt khảo sát tháng XI/2002 chúng tôi nhận thấy bãi hoàn toàn ổn định, so với thời gian sau đợt triều cường năm 1999 thì bãi trở lại nguyên trạng. Đó là sự xói, bồi xảy ra xen kẽ nhau theo các mùa trong năm. Tại bãi Long Hải quá trình xói thường xảy ra vào mùa gió Đông Bắc và bồi lại vào mùa gió Tây Nam. Cán cân xói, bồi theo mùa tại đây có thể coi là cân bằng.

❖ ***Khu vực Gò Công Đông, Tiền Giang***

Đây là một khu vực xảy ra xói lở từ vài chục năm trở lại đây. Đã có nhiều công trình nghiên cứu để tìm ra nguyên nhân gây nên quá trình xói lở nhằm đưa ra giải pháp hữu hiệu giảm thiểu tác động tiêu cực của quá trình này tại khu vực.

Trong chuyến khảo sát tháng III/2002 và III/2003 chúng tôi đã tiến hành các đo đạc 14 trắc diện bãi cho dải bờ đang xảy ra quá trình xâm thực mạnh dài khoảng 7 km. Trong đợt khảo sát tháng XI/2002 chúng tôi tiến hành đo đạc lại một số trắc diện bãi điển hình của đợt đo trước nhằm xem xét sự biến đổi của trắc diện bãi trong thời gian từ tháng III đến tháng XI, có nghĩa là các trắc diện này đều có hướng 90^0 so với góc Bắc la bàn (Tây - Đông). Các trắc diện được đo đạc để so sánh là các trắc diện I, II trong chuyến đo đạc trước. Kết quả khảo sát, đo đạc thực tế cho thấy, khu vực xảy ra quá trình xâm thực bờ theo kiểu bóc mòn vào mùa gió chướng (từ tháng XI - III năm sau). Năng lượng sóng tác động trực tiếp lên mặt bãi, vật liệu cấu thành bãi chủ yếu là sét màu nâu đỏ sẽ bị chuyển thành dạng lơ lửng và bị các quá trình thuỷ thạch động lực mang ra khỏi khu vực. Các thành phần thô hơn (cát mịn, vỏ xác sinh vật...) chủ yếu chịu tác động của quá trình vận chuyển ngang đã tạo ra các tích tụ tại đỉnh triều cao trên bãi hoặc bị đưa ra phía biển làm cho đáy biển có xu thế thoải và nông dần. Theo bản đồ tỷ lệ 1/50.000 do hải quân Mỹ thành lập năm 1967 thì đường bờ biển đã lấn sâu vào đất liền từ 1000 - 1300 m.

Trắc diện bãi tại khu vực này khá giống với bãi ở 2 khu vực Đất Mũi (Cà Mau) và Gành Hào (Bạc Liêu). Nhiều nơi quá trình xâm thực tạo ra những vách dốc đứng cao từ 0,8 - 1,0 m. Đới ngoài cùng có độ dốc thoải với cường độ bóc mòn yếu hơn. Đây là là đới có độ dốc khá nhỏ, từ 0,005 - 0,01, thoải dần về phía biển. Qua chuyến khảo sát tháng XI/2002 cho thấy: toàn bộ đáy biển thuộc đới ngoài cùng đã được bồi một lớp phù sa với độ dày từ 10 - 30 cm, có nơi đạt 40 cm. Hầu như trên toàn bộ khu vực nghiên cứu quá trình biển lấn ở đới 2 không xảy ra. Có thể lý giải như sau: Chuyến khảo sát tháng III/2002 là vào cuối mùa gió chướng, mực nước triều cùng với mực nước dâng do gió không lớn, sóng tác động lên đới này yếu không đủ năng lượng gây xói mòn đới 2. Tuy nhiên năng lượng sóng vẫn đủ bào mòn nốt những phần đỉnh *"răng cưa"* của đới 3 làm đới này bị hạ thấp xuống và trở nên bằng phẳng hơn. Thời gian tiếp theo là mùa lũ của hệ thống sông Cửu Long, một lượng phù sa rất lớn do sông Soài Rạp đưa ra gặp điều kiện động lực thuận lợi đã lắng đọng tại khu vực này tạo ra lớp phù sa dày như đã nói trên. Tuy nhiên trên các trắc diện bãi đã không thể hiện được mặt *"nền"* đã bị bóc mòn trước khi có quá trình bồi lắng phù sa tại đây.

Nếu chỉ tính đến phần bãi có độ rộng 200 m được bồi lắng 1 lớp phù sa dày trung bình 15 cm/năm thì trong dải bãi có độ dài 7 km có khoảng 210.000 m^3 vật liệu được lắng đọng giữa 2 lần đo đạc.

Qua 2 lần khảo sát có thể đánh giá quá trình xâm thực bờ xảy ra mạnh mẽ vào mùa gió chướng (từ tháng XI đến tháng III năm sau). Quá trình xâm thực theo kiểu bóc mòn. Nguyên nhân chủ yếu là do: Mùa gió chướng trùng với thời gian thuỷ triều trong khu vực lớn, thêm vào đó hiện tượng nước dâng do gió chướng đã làm cho nước biển tại khu vực dâng cao. Sóng có năng lượng lớn tác động trực tiếp vào bờ gây ra quá trình bóc mòn đáy.

Vào mùa gió Tây Nam, trùng với mùa lũ của hệ thống sông Cửu Long, một lượng lớn phù sa đổ ra biển qua cửa sông Soài Rạp gặp điều kiện động lực thuận lợi đã lắng đọng tại khu vực này tạo ra lớp phù sa dày trung bình khoảng 15 cm. Tuy nhiên do lớp phù sa này rất yếu về độ cố kết nên vào mùa gió chướng chúng rất dễ dàng bị phá huỷ tạo ra dạng vật liệu lơ lửng và đưa ra khỏi khu vực.

❖ ***Khu vực thị trấn Gành Hào, Bạc Liêu***

Quá trình xói lở xảy ra cả ở 2 phía của cửa sông Gành Hào, tuy nhiên tại khu vực phía bờ Bắc, quá trình xói xẩy ra mạnh hơn, kéo dài khoảng 12 km từ cửa sông tới khu vực Gò Cát, với cường độ xói cũng giảm dần. Tại khu vực thị trấn Gành Hào quá trình xói có cường độ 20 - 25 m/năm. Theo nhân dân sự xói lở bờ ở đây diễn ra từ những năm 1970. Các trắc diện bãi cũng đã được đo đạc tại tại đây.

Trắc diện ngang của bãi đang bị xói lở cũng tương tự như bãi của khu vực Rạch Tàu và có thể chia bãi ra làm 3 đới nhỏ.

Đới 1: Mặt bãi, tại khu vực này hoàn toàn thoát khỏi ảnh hưởng của thuỷ triều,đất đai cằn cỗi, chỉ có nhữnng cây bụi nhỏ mọc lưa thưa. Phần đỉnh triều cao là các tích tụ xen kẹp xác sinh vật dày 20 cm, rộng 10 - 20 m. Các tích tụ này là do sóng tạo ra khi triều cao.

Đới 2: Quá trình xói xẩy ra mạnh mẽ tại đới này (độ rộng từ 80 - 100 m) với độ dày đới đạt 3 m. Cấu tạo đới này như sau: phần trên là sét màu đen độ dày thay đổi từ 30 - 80 cm. Phần bên dưới là sét màu nâu đỏ. Tại chỗ tiếp gíap giữa hai đới quá trình xói tạo ra những vách dốc cục bộ có độ cao 70 - 100 cm.

Đới 3: Độ dốc thoải dần ra phía biển, càng ra xa xuất hiện các tích tụ cát mịn, xen lẫn xác sinh vật từ phía trong bờ đưa ra do quá trình vận chuyển ngang.

Phía bờ Nam cửa sông Gành Hào, quá trình xói bãi cũng theo cơ chế bóc mòn, nhưng cường độ yếu hơn nên tạo ra bãi có trắc diện thoải đều.

Trên cơ sở phân tích hiện trạng và xác định nguyên nhân xói lở - bồi tụ của các khu vực bờ biển cửa sông ở trên có thể đưa ra những nhận định tổng quát về nguyên nhân xói lở - bồi tụ của 3 khu vực Bắc bộ, Trung bộ và Nam bộ như sau:

❖ ***Nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Bắc bộ***

Xói lở bờ biển cửa sông Bắc bộ liên quan đến tiến hoá tự nhiên ở mức độ khác nhau và tác động trực tiếp hoặc gián tiếp của con người. Nguyên nhân sâu xa xói lở bờ phổ biến là sự thiếu hụt bồi tích lâu dài hoặc cục bộ trên nền ngập chìm - mực biển dâng cao và thiếu hụt bồi tích.

- Vùng Móng Cái - Đồ Sơn có nguyên nhân xói lở chủ yếu liên quan đến tiến hoá tự nhiên trong điều kiện mực biển dâng chậm chạp, thiếu nguồn bồi tích cung cấp và hoạt động mạnh của dòng triều.

- Vùng Đồ Sơn - Lạch Trường, ngoài tiến hoá tự nhiên, hoạt động nhân tác kể cả ở khu vực thượng nguồn cực kỳ quan trọng, gây xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông.

❖ ***Nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Trung bộ***

Xói lở bờ biển Trung bộ gây ra do các nguyên nhân ngoại sinh (sóng, gió, bão, dao động mực nước, dòng chảy), nguyên nhân nội sinh (do tác động của hoạt động tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại gây nên chuyển động nâng, hạ, tách giãn, trượt của lớp hoặc các mảng đất đá dẫn tới xói lở bờ) và nguyên nhân nhân sinh (các hoạt động khai hoang lấn biển, thuỷ lợi, khai thác sa khoáng, vật liệu xây dựng, chặt phá rừng ngập mặn...). Nguyên nhân ngoại sinh được coi là nguyên nhân chính, phổ biến. Nguyên nhân nội sinh gây ra tác động chậm chạp, lâu dài nhưng không loại trừ tác động mạnh hơn, nhanh hơn với xói lở bờ biển liên quan hoặc trùng hợp giữa các đoạn bờ xói lở bờ với các đứt gãy hướng á kinh tuyến và á vĩ tuyến. Nguyên nhân nhân sinh thường ở mức độ địa phương, phạm vi hẹp.

Trong số nhiều nguyên nhân có thể tham gia ở mức độ khác nhau gây xói lở các đoạn bờ biển Trung bộ, xuất hiện một số nguyên nhân chính nổi bật:

- Sự thiếu hụt nguồn bồi tích ở khu bờ do lượng bùn cát hàng năm từ thượng nguồn các con sông mang về bồi đắp vùng ven biển cửa sông không lớn, lại tập trung đến 90% vào 3 - 4 tháng mùa lũ, tạo nên sự phân bố khá chênh lệch trong năm và là một nguyên nhân tăng cường xói lở bờ biển.

- Mực nước biển dâng cao với mức độ tuy nhỏ ở Trung bộ, chỉ 0,05 - 0,1 mm/năm cũng gây ảnh hưởng với phương thức gây ngập chìm, tăng năng lượng sóng truyền vào bờ và làm tăng xói lở bờ biển cửa sông.

- Sự gia tăng của bão và áp thấp nhiệt đới vào bờ biển Trung bộ là đáng kể. Nếu tính theo thời kỳ 30 năm, lượng bão tăng 3,9 cơn/năm, 4,5 cơn/năm và 5,7 cơn/năm trong khoảng 1901 - 1990. Hiện tượng xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Trung bộ xảy ra ác liệt khi có bão hoặc nhiễu động thời tiết khác kèm theo nước

dâng. Trong trường hợp không có nước dâng, xói lở - bồi tụ xảy ra cường độ không lớn.

- Hoạt động của con người đắp đập thượng nguồn làm giảm đáng kể bồi tích vận chuyển bồi đắp cho vùng ven biển cửa sông. Các hiện tượng đắp đầm nuôi hải sản, thuỷ lợi ven biển, khai thác sa khoáng và vật liệu xây dựng, phá rừng ngập mặn và cây chắn cát ven biển đã làm tăng xói lở bờ biển.

❖ ***Nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Nam bộ***

- Tại Cần Giờ (thành phố Hồ Chí Minh), thuỷ triều là nguyên nhân quan trọng hàng đầu gây xói lở bờ biển. Đập Trị An làm giảm bồi tích ven bờ.

- Xói lở bờ biển tại Gò Công Đông (Tiền Giang) là do sự thiếu hụt bồi tích do di chuyển ngang vật liệu ra xa bờ. Hệ thống thuỷ lợi và thoát lũ biển Tây đã làm giảm bồi tích cung cấp cho khu vực.

- Tại Gành Hào (Bạc Liêu), sự thiếu hụt bồi tích do xa cửa sông lớn, lưu lượng dòng bồi tích dọc bờ từ phía Bắc đưa xuống nhỏ, dòng di chuyển ngang do sóng đưa ra xa bờ gây mất cân bằng bồi tích.

- Vùng bờ biển cửa sông Tây Nam bộ (Cà Mau - Hà Tiên), xói lở bờ biển không lớn, cục bộ, chủ yếu do nguyên nhân ngoại sinh dưới tác động của sóng và dòng chảy ven bờ do triều và gió mùa. Các hoạt động nhân sinh như nuôi trồng thuỷ sản, tàn phá rừng ngập mặn đã làm gia tăng đáng kể xói lở bờ biển cửa sông.

Chương IV

DỰ BÁO XU THẾ XÓI LỞ - BỒI TỤ MỘT SỐ KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

4.1. CƠ SỞ DỰ BÁO XU THẾ XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG

Hiện tượng bồi tụ, xói lở bờ biển, cửa sông diễn biến phức tạp theo thời gian và không gian, phụ thuộc vào các điều kiện khí tượng thuỷ văn và các yếu tố thuỷ thạch động lực và cả những tác động của con người cụ thể trong vùng. Bồi xói diễn biến theo các quy mô thời gian rất khác nhau. Có vùng hiện tượng xói lở hay bồi tụ chỉ xảy ra trong 1 cơn bão lớn; có vùng bị bồi vào mùa kiệt nhưng bị xói vào mùa lũ; có vùng bồi tụ và xói lở xen kẽ nhau mang tính chu kỳ.

Việc dự báo được dựa trên cơ sở phân tích các tác nhân gây bồi tụ - xói lở, hiện trạng và xu thế diễn biến, nguyên nhân bồi tụ - xói lở ở các đoạn bờ cụ thể. Các tác nhân gây bồi tụ - xói lở bờ biển, cửa sông Việt Nam trong tương lai được xem xét theo 3 nhóm yếu tố: Nội sinh, ngoại sinh và tác động của con người.

- Các tác nhân nội sinh được xem như là ít biến đổi trong phạm vi thời gian quá ngắn (20, 50, 100 năm) so với thời gian địa chất.

- Nguồn bồi tích từ trong các sông đổ ra biển ít có biến động lớn, trừ trường hợp có các công trình điều tiết lớn ở thượng lưu các con sông. Theo qui hoạch tổng thể phát triển KT - XH các vùng và các địa phương thuộc khu vực nghiên cứu, thì từ nay cho đến năm 2010, nước ta sẽ xây dựng mới thêm một số hồ chứa nước ở vùng thượng lưu các con sông Đà, sông Thao, sông Hương, sông Bồ, sông Trà Khúc, sông Ba, sông Cái - Phan Rang, sông Luỹ... do đó lượng bùn cát từ trong các sông đổ ra biển sẽ giảm đi đáng kể.

- Tác động của con người do các hoạt động nhân tác trên lưu vực sông và khu bờ ngày càng lớn cùng với quá trình công nghiệp hoá, hiện đại hoá nông nghiệp - nông thôn.

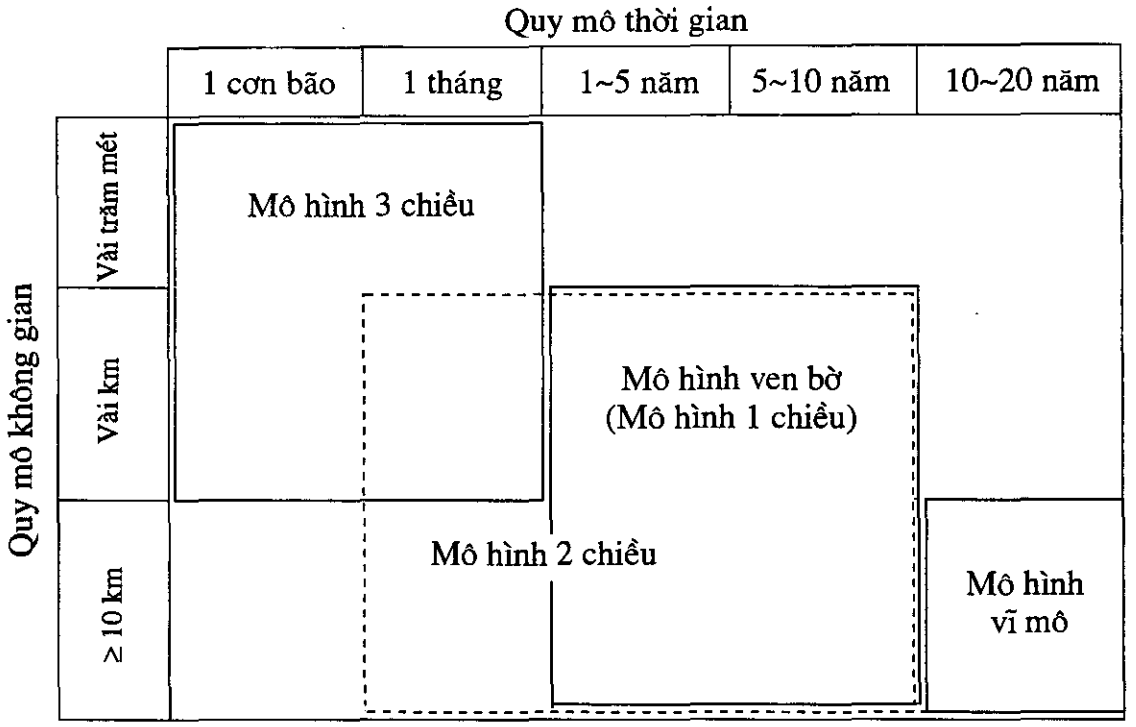
- Mực nước biển dâng cao do trái đất nóng dần lên. Hiện nay nhiệt độ không khí trên trái đất đang tăng nhanh, khoảng 0,2 ÷ 0,5°C trong mỗi thập kỷ. Nhiệt độ

tăng sẽ làm tan băng ở 2 cực và do đó mực nước biển sẽ dâng cao dần. Với tốc độ tăng liên tục như thế thì đến giữa thế kỷ 21 (năm 2050) nhiệt độ trái đất sẽ tăng lên 2 ÷ 5°C. Và mực nước biển sẽ dâng cao vào khoảng 0,2 m so với hiện nay. Sự xâm lấn của biển đã và sẽ diễn ra ở hầu khắp thế giới, được coi như một pha " biển tiến hiện đại", nhiều vùng đất thấp sẽ chìm ngập, biển sẽ tiến xa vào đất liền. Theo dự báo của các chuyên gia trên thế giới thì mực nước biển dâng cao trung bình từ năm 1990 đến năm 2020 là 80 mm đến năm 2050 là 200 mm và đến năm 2100 là 490 mm. Kết quả nghiên cứu về dao động mực nước tại trạm Hòn Dáu - Hải Phòng của các tác giả Nguyễn Ngọc Thuỵ [78],[80] cũng cho thấy: Thay đổi bất thường của các yếu tố khí tượng hải văn (bão, áp thấp nhiệt đới, nước dâng...) sẽ tăng lên cả về tần suất và cường độ theo hướng bất lợi.

Những căn cứ nêu trên là các dữ kiện đầu vào cho phép dự báo xu thế bồi tụ - xói lở bờ biển cửa sông nước ta. Việc đánh giá dự báo tốc độ bồi tụ - xói lở bờ biển có thể dựa vào nhiều phương pháp khác nhau. Do thời gian và kinh phí thực hiện đề tài hạn chế nên chúng tôi chủ yếu dựa vào các tài liệu khảo sát thực tế kết hợp với phương pháp bản đồ viễn thám, phương pháp mô hình số trị để dự báo xu thế bồi tụ - xói lở bờ biển trong khu vực nghiên cứu.

Đối với mô hình số trị, tuỳ thuộc vào quy mô cần dự báo mà chúng ta chọn loại mô hình dự báo dài hạn hay ngắn hạn cho phù hợp (hình 4.1). Trước tiên cần xác định quy mô thời gian dự báo. Trong điều kiện hiện nay có thể dự báo theo quy mô vừa và lớn, ví dụ biến động mùa và năm, tương ứng với quy mô không gian từ vài km đến vài trăm km. Đồng thời xác định yếu tố chủ đạo trong quá trình vận chuyển đối với từng khu vực: khi sóng chiếm ưu thế sẽ sử dụng phương pháp năng lượng, khi dòng chảy chiếm ưu thế sử dụng phương pháp ứng suất, hoặc kết hợp sóng và dòng chảy. Trước hết phải tính toán dự báo được các đặc trưng cơ bản của sóng và dòng chảy.

Để có những kết quả dự báo đạt độ chính xác cho phép, cần thiết phải triển khai đo đạc thực tế các yếu tố thuỷ thạch động lực, địa hình đáy ven bờ cửa sông bằng các máy móc hiện đại có tính năng đa dụng và độ chính xác cao để có số liệu đầu vào cho mô hình và kiểm chứng mô hình.



Hình 4.1. Phạm vi áp dụng của các mô hình dự báo biến dạng bờ biển cửa sông

4.2. DỰ BÁO XU THẾ XÓI LỞ - BỒI TỤ MỘT SỐ KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM BỜ BIỂN CỬA SÔNG VIỆT NAM

4.2.1. Khu vực ven biển cửa sông miền Bắc

Việc định lượng hoá quá trình xói lở - bồi tụ vùng cửa sông ven biển là một công việc rất khó khăn và phức tạp. Tuy nhiên, ngày nay với những phương tiện đo đạc, quan trắc khá chính xác cùng với những phương tiện tính toán mà con người đã dần nắm bắt được một số quy luật cơ bản của nhiều hiện tượng vật lý xảy ra ở đây.

Để dự báo được xu thế xói lở - bồi tụ khu vực nghiên cứu, đề tài đã sử dụng kết hợp phương pháp khảo sát thực địa và phương pháp mô hình số trị nhằm mô phỏng có định lượng quá trình chuyển tải bùn cát vùng ven bờ cửa sông khu vực nghiên cứu.

Cho đến nay, trong nghiên cứu vận chuyển bùn cát người ta thường phân biệt hai dạng chuyển động:

- Dạng di đáy (bed motion)- các hạt chuyển động dưới dạng trượt, lăn trên mặt đáy hay nhảy cóc một đoạn. Lượng hạt chuyển động dạng này được gọi là

tải đáy. Chiều dày của lớp bùn cát chuyển động theo dạng này khó xác định, vì có liên quan đến đường kính hạt.

- Dạng lơ lửng (motion in suspension), nồng độ phù sa trong dòng nước rất cao ở lớp sát đáy và giảm rất nhanh lên mặt nước. Đây là phần phù sa chuyển động mà các hạt không tiếp đáy. Lực giữ cho các hạt luôn ở trạng thái lơ lửng được gọi là sức nâng thuỷ động và sức nổi thuỷ tĩnh. Sức nâng thuỷ động trong dòng chảy rối phụ thuộc vào thành phần lưu tốc mạch động theo phương thẳng đứng (w').

Độ lớn của thành phần này phụ thuộc vào cường độ rối (turbulence intensity) và áp lực tiếp tuyến ở đáy (τ_b), trọng lực tác dụng lên hạt lơ lửng gọi là độ thô thuỷ lực (w_f) (chúng phụ thuộc vào trọng lượng và hình dạng của hạt cũng như tỷ trọng của nước).

Lượng tải phù sa lơ lửng có thể được xác định như biểu thức sau:

$$q_s = \frac{u_{b*}}{w_f} \tag{4.1}$$

Trong đó: $u_{b*} = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}}$

Theo phương ngang, sự khác nhau giữa chuyển động bùn cát trong đới sóng vỡ và các vùng khác trong vùng duyên hải ở chỗ:

- Ở dải (strip) hẹp giữa đường sóng vỡ (breaker line) và đường bờ, hiện tượng chảy rối xảy ra rất mạnh do sóng vỡ. Trong vùng này một lượng lớn bùn cát được chuyển tải theo hướng song song với bờ của dòng ven bờ (longshore current hay littoral drift). Quá trình vật lý này quá phức tạp do đó việc nghiên cứu được tập trung vào tính toán tổng lượng bùn cát chuyển động trong vùng và mối quan hệ của nó với các đặc trưng sóng vỡ.

- Trong mô hình dòng hai chiều ven bờ, cấu trúc được mở rộng không thể bỏ qua quá trình vận chuyển bùn cát do tác dụng tổng hợp của sóng và dòng chảy. Việc nghiên cứu này được tính toán đến độ sâu khoảng 10 m (chịu sự tác động của sóng có chu kỳ T < 10 giây).

Các mô hình toán mô tả quá trình chuyển tải bùn cát đáy và phù sa lơ lửng trong vùng ven bờ (littoral zone) và lớn hơn nữa có thể mô tả như sau:

a) Xây dựng những mô hình thành phần của chuyển tải bùn cát

❖ ***Phương trình cân bằng bùn cát***

Quan hệ toán học dùng vào việc dự tính sự phát triển của các đường bờ hay độ sâu ở vùng ven biển có liên quan đến sự chuyển tải bùn cát đều dựa trên phương trình cân bằng vật chất đối với các hạt vật liệu rắn. Khi xác định lưu lượng tổng cộng bùn cát chuyển động theo các trục x và y: q_{sx}, q_{sy}, q_{bx}, q_{by} trong đó chỉ số s là *"lơ lửng"* và b là *"bùn cát di đáy"*.

Sự thay đổi cao trình đáy sông ζ_b có thể viết như sau:

$$\frac{\partial \zeta_b}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(q_{sx} + q_{bx}) + \frac{\partial}{\partial y}(q_{sy} + q_{by}) = S \qquad (4.2)$$

Trong đó: S - số hạng mô tả nguồn cấp hay lượng bùn cát mất đi. Lượng trữ bùn cát dưới dạng lơ lửng trong một đơn vị cột nước dx, dy, h:

$$S = \frac{\partial}{\partial t}\int_{-h}^{0} C \times dz \qquad (4.3)$$

Trong đó: nồng độ C(x,y,z,t) - là tỷ số giữa thể tích chất lơ lửng so với thể tích hỗn hợp. S thường được bỏ qua.

Quan hệ giữa lưu lượng bùn cát và trọng lượng chuyển cát g_s, g_b là:

$$g_s = (1- n) \times \gamma_s \times q_s \qquad (4.4)$$

Ở đây: n - là độ rỗng, γ_s - trọng lượng riêng của hạt (thí dụ đối với cát thạch anh $\gamma_s = 2{,}6$ tấn/m^3).

Trong phương trình (4.2) tổng q_s+q_b là lượng bùn cát chuyển tải tổng cộng hay suất chuyển bùn cát q_t:

$$q_t = q_s + q_b \qquad (m^3/m/s) \qquad (4.5)$$

Phương trình (4.2) thường được sử dụng trong các bài toán nghiên cứu sự hình thành lòng sông dạng mô hình 1 chiều hay 2 chiều.

❖ ***Mô hình toán chuyển tải bùn cát đáy***

Như đã phân tích ở trên, một phần lượng bùn cát chuyển tải là các hạt di chuyển dưới dạng lăn, trượt hay nhảy cóc trên mặt đáy. Chiều dày của lớp này nằm gần sát đáy. Trong trường hợp đáy trơn thì dày khoảng (2 ÷ 3) D_{50}. Những nghiên cứu trong kỹ thuật sông ngòi cho thấy suất tải đáy (q_b) có quan hệ với áp lực tiếp tuyến đáy (τ_b) do sự chuyển động vô hướng của nước. Các hạt bắt đầu chuyển động khi giá trị τ_b vượt áp lực tiếp tuyến đáy giới hạn. Giá trị τ_{cr} áp lực tiếp tuyến giới hạn được xác định theo toán đồ Shield.

Những nghiên cứu hiện nay cho thấy toán đồ Shield có thể sử dụng ngay cả khi trong trường hợp do sóng gây nên lớn hơn tốc độ ma sát lớn nhất do Jonsson đưa ra. Để áp dụng toán đồ này, ta phải biết đường kính hạt trung bình D_{50} và tỷ khối của hạt di chuyển. Việc ứng dụng áp lực tiếp tuyến giới hạn này phải chấp nhận giả thiết là nó có quan hệ với độ cao của sóng vùng nước nông (trong đó sự dao động của tốc độ và bề mặt tự do không đối xứng với điều kiện dòng chảy) tạo nên sự chuyển động thực (net) của các hạt suốt chu kỳ sóng.

Tất nhiên, mô hình nhận thức này không thích hợp đối với các đáy có dạng gợn sóng (ripped bed), ở đây các xoáy có trục quay ngang đã hình thành lên trên các sườn sóng cát chuyển động tịnh tiến dạng sóng. Điều này đòi hỏi phải có một cơ chế vật lý khác để giải thích sự di chuyển thực của bùn cát. Trong phạm vi rộng, các mô hình toán hiện tượng cục bộ như vậy không được phân tích và các tham số sử dụng sẽ dẫn đến việc xác lập mối quan hệ giữa lượng tải bùn cát với các điều kiện ma sát đáy.

Mối quan hệ đại số giữa áp lực đáy và lưu lượng bùn cát đáy dựa trên giả thiết là các ảnh hưởng bên trong bị bỏ qua hiện tượng trễ so với các điều kiện thuỷ động ở đáy. Giả thiết này trở thành hiện thực đối với nhiều trường hợp.

Trong lịch sử nghiên cứu cho thấy phương trình Duboys là một trong những quan hệ đơn giản đầu tiên xác lập mối quan hệ định lượng của bùn cát di đáy:

$$q_b = x.\ \tau_b(\tau_b - \tau_{cr}) \qquad (4.6)$$

Ở đây: x- là hệ số có thứ nguyên phụ thuộc vào kích thước hình học và tỷ trọng của hạt. Về sau Meyer-Peter và Kalinske-Frijlink đã đưa ra công thức:

$$q_b = 5 \times D_{50} \times \frac{U}{C} \times \mu \times \sqrt{g} \times \exp\left[\frac{-0.27.\Delta\rho.C^2.D_{50}}{\mu.U^2}\right] \quad (4.7)$$

Trong đó: U - là tốc độ trung bình của dòng chảy; $\Delta\rho = (\rho_s-\rho_w)/\rho_w$ là mật độ hạt; μ - là hệ số có xét đến ảnh hưởng của sóng cát và được xác định bởi quan hệ sau:

$$\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{3/2} \quad (4.8)$$

Trong đó C - là hệ số cản Chezy đối với đáy dạng sóng:

$$C = 18\log(12.h/k_s) \quad (4.9)$$

và h là độ sâu, k_s - độ nhám tuyệt đối bằng nửa độ cao của sóng cát và C':

$$C' = 18\log(12.h/D_{90}) \quad (4.10)$$

Phương trình (4.7) là tích của hai nhân tử; nhân tử thứ nhất là nhân tử chuyển tải, nhân tử thứ hai dưới dạng hàm mũ được gọi là nhân tử bứt hạt (stirring factor). Phương trình (4.7) cho suất tải thể tích của bùn cát di đáy trong môi trường có dòng chảy là chính. Còn trong trường hợp có cả dòng chảy và sóng, công thức này có thể biến đổi bằng cách đưa vào xem xét trong thành phần bứt hạt tác động của sóng. Theo phân tích của Bijker ứng suất tiếp tuyến tổng cộng của đáy (do sóng cộng với dòng chảy) trung bình trong một chu kỳ sóng được viết như sau:

$$\tau_{c-} = \tau_c\left[1 + \frac{1}{2}\left(\xi\frac{u_b}{U}\right)^2\right] \quad (4.11)$$

Trong đó τ_c - là ứng suất đáy do dòng chảy tạo nên ($\tau_c=\rho.g.U^2/C^2$). Nhân tố hiệu chỉnh đối với τ_c chứa u_b - biên độ sóng gần đáy (lý thuyết bậc nhất có thể sử dụng đối với độ sâu trung bình tính là: $u_b = (\pi.H/T)(\sin.k.h)^{-1}$ và tham số không thứ nguyên có quan hệ với độ nhám đáy:

$$\xi = \frac{C}{\sqrt{2.g}} \times \sqrt{f_w} \quad (4.12)$$

Ở đây, f_w - hệ số cản đáy đối với sóng, sử dụng công thức Jonsson. Thay (4.20) vào phương trình Kalinske-Frijlink để tính dòng bùn cát di đáy khi có cả dòng và sóng:

$$q_b = 5 \times D_{50} \times \frac{U}{C} \times \mu \times \sqrt{g} \times \exp\left[\frac{-0.27.\Delta\rho.C^2.D_{50}}{\mu.U^2.\left[1+\frac{1}{2}\xi\frac{u_b}{U}\right]^2}\right] \quad (4.13)$$

Ngày nay, công thức của Acker và White được chú ý nhiều. Công thức này tính dòng chuyển tải bùn cát tổng cộng với các đặc trưng dòng có dạng như sau:

$$q_t = \frac{U}{1-n} D_{35}\left(\frac{U}{u_*}\right)^3 \frac{C.D_{gt}}{A^m}\left(F_c - A\right)^m \quad (4.14)$$

Trong đó, D_{35}, CD_{gt} là giá trị đo đạc được của các hạt bùn cát, A là tham số không thứ nguyên, còn F_c là nhân tố kích động, được xác định như sau:

$$F_c = \frac{U\left(\frac{\overline{u_*}}{U}\right)^2 C^{2-1}}{g^{z/2}(\Delta\rho D_{35})^{1/2}} \quad (4.15)$$

Chính công thức của Kalinske-Frijlink cải tiến sẽ được sử dụng trong nhiều công trình nghiên cứu chuyển tải bùn cát lơ lửng trong các thuyết minh về sự hình thành chuyển tải bùn cát nói chung, như công thức Bijkers chẳng hạn, có tính thực tiễn, đơn giản và độ chính xác có thể chấp nhận được.

❖ ***Mô hình tải cát lơ lửng***

Tuỳ thuộc vào trọng lượng và hình dạng của các hạt cát, và cường độ rối của dòng chảy mà sự chuyển tải bùn cát có thể xảy ra không có sự tiếp xúc đáy của các hạt ở trạng thái lơ lửng. Yêu cầu là độ thô thuỷ lực (tốc độ rơi của hạt) nhỏ hơn tốc độ theo phương thẳng đứng của tốc độ trong chuyển động rối ($\sqrt{\overline{u'^2}}$). Độ lớn không thứ nguyên định lượng bằng chỉ tiêu Z_* được xác định:

$$Z_* = \frac{w_f}{\beta.k.u.u_*} \quad (4.16)$$

Trong đó β là tỷ số ε/ν của độ khuyếch tán bên của hạt cát; ε là hệ số độ nhớt bên ν, và k là hệ số Von Karman (≅ 0.4).

Độ thô thuỷ lực được mô tả bằng quan hệ sau:

$$w_f = \frac{1}{18}\frac{(\gamma_s - 1).g.D_{50}^2}{\nu}, \text{ với} \qquad D_{50} < 100\mu \tag{4.17}$$

$$w_f = \frac{10.\nu}{D_{50}}\left\{1+\left(\frac{0.01(\gamma_s - 1).g.D_{50}^3}{\nu^2}\right)^{0.5} - 1\right\}, \tag{4.18}$$

với $100\ \mu < D_{50} < 1000\ \mu$

$$w_f = 1.1\left\{(\gamma_s - 1).g.D_{50}\right\}^{0.5}, \text{ với} \qquad D_{50} > 1000\mu \tag{4.19}$$

Ở đây γ_s là tỷ trọng riêng của hạt, D_{50} là đường kính trung bình cấp hạt và ν là hệ số nhớt động học phân tử của nước. Giả thiết rằng, vật lơ lửng xem như là chất hoà tan trong trạng thái khuyếch tán rối đối lưu (ε = D), phương trình thực tế đối với chuyển tải bùn cát lơ lửng trong dòng chảy tựa ngang có thể viết như sau:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial (cu)}{\partial x} + \frac{\partial (cv)}{\partial y} - w_f \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_h \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_h \frac{\partial c}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\varepsilon_v \frac{\partial c}{\partial z}\right) \tag{4.20}$$

Số hạng khuyếch tán vật chất theo phương ngang có thể bỏ qua. Hệ số khuyếch tán theo phương thẳng đứng sẽ được phân tích ở đoạn sau. Theo định nghĩa nồng độ c là thể tích hay trọng lượng của bùn cát trong một đơn vị thể tích hỗn hợp (nước và hạt). Trong trường hợp nồng độ thể tích, thì lượng bùn cát lơ lửng được chuyển tải (lưu lượng chuyển tải) tính bằng tích phân theo độ sâu:

$$q_{s,x} = \int_{-h+a}^{0} u.c.dz\ ; \quad q_{s,y} = \int_{-h+a}^{0} v.c.dz; \tag{4.21}$$

Giới hạn dưới của tích phân trên không phải là đáy mà ở một khoảng nào đó bằng chiều dày của vùng chuyển tải đáy. Nồng độ trung bình của bùn cát trên vùng gần đáy được xác định như sau:

$$c_a = \frac{q_b}{a.u_a} \tag{4.22}$$

Trong đó u_a là tốc độ trung bình của chuyển tải đáy. Đối với nồng độ tải đáy trung bình là c_a, Bijker đề nghị dùng công thức sau:

$$c_a = \frac{q_b}{6.34\sqrt{\left(\frac{\tau_b}{\rho}\right)}.k_s} \tag{4.23}$$

Trong đó $\sqrt{\left(\frac{\tau_b}{\rho}\right)}$ là tốc độ cản đáy và k_s là nửa độ cao của sóng cát.

Dựa vào phương trình (4.22) nồng độ biên ở đáy của mô hình chuyển tải lơ lửng được xác định.

Ở khoảng cách a kể từ đáy, tốc độ bồi lấp được xác định bằng $w_f.c$. Tốc độ bùn cát lơ lửng được mô tả bằng biểu thức: $\varepsilon.\partial c/\partial z$.

$$D = w_f . c\Big|_{z=-h+a} \quad , \quad E = -\varepsilon_v \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_{z=-h+a} \quad ; \tag{4.24}$$

điều kiện biên đáy có dạng tổng quát như sau:

$$\varepsilon_v \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_{-h+a} = w_f\left(c^\infty + Rc|_{-h+a}\right) \tag{4.25}$$

Ở đây c^∞ là nồng độ cân bằng khi D = E. Trong trường hợp cân bằng $c^\infty = c_a$, trong đó c_a đã cho bởi (4.31). Hệ số R' mô tả tải lơ lửng của các hạt bùn cát đã sa lắng. Đối với cát có D>100μ có thể bỏ qua và phương trình (4.34) sẽ có dạng sau:

$$E = -\varepsilon_v \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_{-h+a} = w_f . c^\infty = w_f . c_a \tag{4.26}$$

Phương trình (4.35) cho ta tốc độ lơ lửng gần đáy.

Từ tính toán $c|_{z=-h+a}$ tốc độ sa bồi có thể ước tính được. Sự khác nhau giữa D - E cho ta tốc độ thay đổi cao trình đáy theo thời gian ($\partial\zeta_b/\partial t$). Trên mặt nước rõ ràng bùn cát không thể chuyển qua mặt nước được. Do đó, điều kiện biên mặt nước được mô tả sự cân bằng lượng bùn cát sa lắng và lơ lửng.

$$w_f . c\Big|_{z=0} = -\varepsilon_v \frac{\partial c}{\partial z}\Big|_{z=0} \tag{4.27}$$

Trên các biên bên sự phân bố bùn cát lơ lửng thường được coi là đã biết. Trên các biên cứng ta có:

$$\frac{\partial c}{\partial n} = 0 \tag{4.28}$$

Trên biên ngoài biển khơi ta có:

$$\frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{\partial c}{\partial n}\right) = 0 \tag{4.29}$$

Vấn đề rối cuối cùng còn lại phải giải quyết đó là sự phân bố của hệ số khuyếch tán do xoáy. Độ lớn này liên quan đến hệ số nhớt và có thể được biểu diễn như sau:

$$\varepsilon_t = \varphi.\beta.\nu_v \tag{4.30}$$

Trong đó β là hệ số tỷ lệ không thứ nguyên (giá trị của nó: $2 > \beta > 1$) mô tả sự khác biệt giữa phản ứng của dòng chất lỏng và các phần tử chất rắn trong vùng xoáy, và φ cũng là hằng số không thứ nguyên mô tả sự ảnh hưởng của nồng độ cao trong trạng thái thuỷ động. Khi O[c]<0.1 thì ảnh hưởng của φ có thể loại bỏ.

Đối với dòng chảy hở đồng nhất có thể lấy theo dạng đặc biệt:

$$\varepsilon_v = \varphi.\beta.u_*.h.k.\frac{z}{h}\left(1+\frac{z}{h}\right) \tag{4.31}$$

Những nghiên cứu thực nghiệm ngày nay cho thấy theo độ sâu, nửa trên mặt hằng số ε có giá trị bằng ε_{max} là có thực. Đối với dòng chảy có bùn cát, phương trình (4.20) lấy theo dạng sau:

$$w_f c = -\varepsilon\frac{\partial c}{\partial z} \tag{4.32}$$

Nghiệm giải tích của nó đối với phân bố ε(z) cho trong (4.42) sẽ là:

$$c(z) = c_a.\left(\frac{h-z}{z}.\frac{a}{h-a}\right)^{z_*} \tag{4.33}$$

Ở đây z_* đã được xác định theo (4.16).

Hàm c(z) được xác định trong khoảng z = 0 đến z > -h+a. Trong nhiều trường hợp dòng chảy không đồng nhất và trạng thái chảy không cân bằng đối với bùn cát, nghiệm số trị của phương trình (4.20) rất cần thiết để tính toán c(x,y,z,t). Nghiệm gần đúng tính c cho một vị trí bằng cách sử dụng phương trình (4.33) có sử dụng điều kiện thuỷ động lực địa phương.

Ở đây cả sóng và dòng chảy xảy ra. Phương trình (4.33) viết cho dòng chảy đồng nhất và cân bằng với z* được biến đổi như sau:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_c}{\rho}} \quad \text{đổi sang} \quad \sqrt{\frac{\tau_{cw}}{\rho}} \tag{4.34}$$

Việc dùng (4.20) trong (4.42) dẫn đến:

$$c(z) = c_a.\left(\frac{a}{h-a}.\frac{h-z}{z}\right)^{z_*} \tag{4.35}$$

Trong đó:

$$z_* = \frac{w_f\sqrt{\rho}}{k.\sqrt{\tau_c}\left\{1+\frac{1}{2}\left(\xi\frac{u_b}{U}\right)^2\right\}^{1/2}}$$

Để tính toán lưu lượng tải bùn cát lơ lửng q_s theo (4.21), phương trình (4.33) dùng theo luật phân phối logarit của u(z) đối với dòng chảy đều đồng dạng.

$$u(z) = \frac{u_*}{k}\ln\left(\frac{h+z}{z_o}\right) \tag{4.34}$$

Trong đó: $z_o = k_s/33$ và tung độ z được đo từ mực nước tĩnh (SWL) trở lên. Tích phân phương trình (4.21) sau khi áp dụng (4.33) và (4.34) ta có thể viết như sau:

$$q_s = A.q_b \tag{4.35}$$

Trong đó: nhân tử A là hàm số của z_* và a/h.

Đối với z_* có giá trị từ 0.1 đến 3, lưu lượng đơn vị tải bùn cát có thể biểu diễn gần đúng là hàm số của c_a, h và độ sâu trung bình của dòng chảy $u = \frac{1}{h}\int u.dz$ bằng quan hệ sau:

$$q_s = \frac{\left[\left(\frac{a}{h}\right)^{z_*} - \left(\frac{a}{h}\right)^{1.2}\right] Uhc_a}{\left(1-\frac{a}{h}\right)^{z_*}(1.2-z_*)} \tag{4.36}$$

Tổng q_s+q_b xác định lưu lượng đơn vị tải bùn cát tổng cộng. Công thức đơn giản tính lưu lượng đơn vị tải bùn cát theo Engelund và Hansen thường cho ước tính thiên lớn q_t.

$$q_t = q_s + q_b = 0.05U\frac{\tau_c^2 C}{\rho^2 g^{5/2}\Delta\rho^2 D_{50}} \tag{4.37}$$

Công thức này có thể sử dụng vào trường hợp dòng và sóng trong đó τ_c được thay thế bởi τ_{cw} tính theo phương trình (4.11).

❖ ***Tính toán dòng chuyển tải bùn cát trong vùng sóng vỡ***

Trong vùng sóng vỡ có chiều rộng có thể đạt tới hàng trăm mét, hiện tượng sóng vỡ và tạo nên dòng chảy rối làm cho các hạt bùn cát đáy bất ổn định duy trì một lượng bùn cát ở trạng thái lơ lửng. Trong trường hợp sóng vỡ chéo, mô men thành phần vuông góc đối với bờ tham gia vào cân bằng bởi tổn thất năng lượng và tạo nên gradient mặt dương (sóng xô leo trên bãi cát), còn thành phần song song với bờ tạo nên dòng chảy song song với bờ phát triển trong đới sóng vỡ.

Dòng chảy ven bờ mang theo các hạt bùn cát không ổn định và lơ lửng theo hướng song song với bờ tạo thành dòng chuyển tải bùn cát ven bờ. Bùn cát không chỉ do sóng vỡ được vận chuyển dọc bờ mà còn vận chuyển theo hướng vuông góc với bờ. Kết quả vận chuyển bùn cát vào và ra bờ có thể biểu diễn bằng các cách khác nhau.

- Có thể có một hoặc nhiều các cồn cát ngầm ở đáy (bar) dọc theo bờ, khoảng cách của nó đến bờ tuỳ thuộc vào quá trình vận chuyển bùn cát vào ra. Sự hình thành cồn cát ngầm thường có ở đường sóng vỡ và bảo vệ bờ khỏi bị xói mòn tiếp.
- Chất liệu bãi biển được sắp xếp tuần tự vuông góc gới đường bờ. Các hạt thô ở gần đường bờ trong khi đó các hạt mịn thì lơ lửng giữa dòng nước và được dòng chảy chuyển ra khơi.

Dòng chuyển tải bùn cát ven bờ có ý nghĩa rất lớn trong quá trình hình thành địa mạo ven biển trong trường hợp cấu trúc bờ biển mở rộng qua đới sóng vỡ. Đã có rất nhiều công trình nghiên cứu nhằm định lượng quá trình này. Có những nghiên cứu dựa vào đo đạc thực địa và nghiên cứu cân bằng năng lượng. Những nghiên cứu thường tập trung xác lập các mối quan hệ giữa sự biến đổi lượng bùn cát với sự biến đổi năng lượng dọc bờ. Mối quan hệ này có dạng tổng quát như sau:

$$S = A.U \tag{4.38}$$

Trong đó S là tổng lượng bùn cát di chuyển (lưu lượng bùn cát đáy + lưu lượng bùn cát lơ lửng) trong đới sóng vỡ, A là nhân tử tương quan và U là thành phần biến đổi năng lượng sóng dọc bờ. U được biểu diễn dưới dạng sau:

$$U = E.\ c_g \tag{4.39}$$

Trong đó E là thành phần năng lượng sóng dọc bờ, và c_g là tốc độ nhóm sóng. Từ những nghiên cứu ngoài thực nghiệm, trong phòng thí nghiệm và hiện trường cho thấy thừa số (không thứ nguyên) A có thể lấy bằng 0,014. Và phương trình (4.38) có dạng như sau:

$$S = 0.014 \times H_o^2 \times c_o \times k_{r,br} \times \sin \varphi_{br} \times \cos \varphi_{br} \tag{4.40}$$

Ở đây [S] = m^3/s, H_o là độ cao sóng ở ngoài khơi, c_o là tốc độ truyền sóng ở ngoài khơi, $k_{r,br}$ là hệ số khúc xạ trên đường sóng vỡ và φ_{br} là góc giữa đường bờ và đỉnh sóng trên đường sóng vỡ. Khi [S] = m^3/năm thì hệ số A lấy bằng $0.44x10^6$. Đối với tần số sóng hàng năm f thì ta có biểu thức tính như sau:

$$S = 0.44 \times 10^6 \times H_o^2 \times c_o \times k_{r,br} \times \sin \varphi_{br} \times \cos \varphi_{br} \times f \tag{4.41}$$

Đây là công thức CERC (Coastal Engineering Research Center, USA) được sử dụng rộng rãi trong việc xác định lượng bùn cát ven bờ do sóng tạo nên. Công thức này ta có một số nhận xét như sau:

- Giá trị của hệ số A biến động rất lớn đối với thực địa.
- Phương trình (4.52) không xét đến sự đông đặc của cát. Nó được rút ra từ đo đạc khảo nghiệm đối với cát có cấp độ hạt $175\mu<D_{50}<1000\mu$. Nó không xem xét đến độ dốc của đáy và chiều rộng của đới sóng vỡ.

- Công thức này không cho ta biết thông tin về sự phân bố bùn cát dọc đới tải bùn cát ven bờ.
- Công thức này không áp dụng được cho các bãi bùn lỏng và bãi sỏi.
- Vậy, mỗi khi ứng dụng công thức CERC này ta phải tiến hành hiệu chỉnh tham số (xác định tham số A).

b) Sự biến đổi đường bờ do dòng bùn cát ven bờ.

Phần lớn các quan hệ toán học được thiết lập để tính toán chuyển tải bùn cát do quá trình sóng vỡ là công thức CERC (4.51) cung cấp cho ta lượng bùn cát tổng cộng như là hàm số của độ cao sóng, góc vỡ sóng và các đặc trưng sóng vỡ. Trong trường hợp các đường đẳng sâu gần như song song với bờ, công thức này có thể mô tả là hàm số của góc tới (incidence angle) φ_o chứ không phải góc sóng vỡ φ_{br}. Phương trình (4.38) trở thành.

$$S = 0.014\ H_o^2\ C_{br}\ Sin\varphi_o\ Cos\varphi_o \qquad (4.42)$$

Phương trình này thể hiện quan hệ hàm số $S(\varphi_o)$. Quan hệ này không đơn giản vì C_{br} cũng ẩn dấu quan hệ với φ_o. Có hai giả thiết đơn giản hoá đưa ra ở đây là:

- Giả thiết chỉ tiêu sóng vỡ là: $H/h_{br} = 0.78$.

- Theo lý thuyết sóng truyền trong vùng nước nông cấp một là:

$$C = \sqrt{g\left(h + \frac{H}{2}\right)}$$

Với hai giả thiết này cho ta c_{br}:

$$C_{br} = 4.H_o^{1/2} \qquad (4.43)$$

Thế (4.54) vào (4.53) cho thấy $S(\varphi_o)$ biến đổi xấp xỉ như $\sin 2\varphi_o$ với φ_o. Mô hình cổ điển dự tính biến dạng đường bờ do chênh lệch bùn cát S(x) đã được biết là lý thuyết Penlard - Considere (lý thuyết đường đơn giản với bờ thẳng và sóng không đổi hướng). Lý thuyết này được mở rộng sang đường bờ có hình dạng khác. Thuật toán giải số và nghiệm của nó sẽ được trình bày sau.

Việc đầu tiên là xác định độ sâu tổng (h) mà sóng có thể đạt tới làm ổn định bùn cát duyên hải. Độ sâu này có thể ước tính theo các đặc trưng sóng (H, T) và các đặc trưng bùn cát (D_{50}, ρ_s). Một thủ pháp đơn giản có thể dùng vào ước tính độ sâu h gồm các bước sau:

- Tính sóng tương đương tạo nên ứng suất đáy theo Jonsson:

$$\frac{\tau_w}{\rho} = \frac{f_w}{12\rho} u_{b,\max}^2 \tag{4.44}$$

- Sử dụng đường cong Shields xác định giá trị ứng suất đáy (4.2) để tính toán giá trị tới hạn $\tau_{b,c}$. Xấp xỉ liên tục để tính toán giá trị của h đối với ứng suất đáy là giới hạn.

Lý thuyết đường đơn giả thiết là sự biến dạng đáy (bed deformation) chuyển động song song với vị trí gốc từ đường bờ đến độ sâu h. Nếu y(x,t) là toạ độ đường bờ theo chiều của trục x (thường là hướng của đường bờ), khi đó phương trình liên tục của bùn cát được viết dưới dạng lưu lượng thể tích của bùn cát dọc theo đường bờ cho ta thấy sự phát triển theo thời gian của y như sau:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{h}\frac{\partial S}{\partial x} \tag{4.45}$$

Phương trình này giả thiết rằng đường cong y(x) có độ dốc thoải.

Một mô hình phức tạp với phương trình động lực cung cấp S(x,t). Công thức CERC (4.40) có thể sử dụng trong mối liên kết với (4.45). Góc sóng vỡ đối với đường bờ được biểu diễn như là tổng của góc sóng vỡ với trục x (hàm số của x) và góc với đường bờ tạo nên (hàm của x và t).

$$\varphi_{br} = -\varphi_{br}' + \tan^{-1}\frac{\partial y}{\partial x} \tag{4.46}$$

Thay việc sử dụng (4.40) dạng phương trình vi phân đối với S có thể tạo nên dựa vào (4.42). Từ mối quan hệ hình học tương tự với (4.46) nhưng được viết dưới dạng góc tới $\varphi_{o'}$.

$$\varphi_{o'} = -\varphi_o' + \tan^{-1}\frac{\partial y}{\partial x} \tag{4.47}$$

Sử dụng nguyên lý phân tích chuỗi vi phân đối với (4.41) tìm được:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial S}{\partial \varphi_o} \cdot \frac{\partial \varphi_o}{\partial t} = \frac{\partial S}{\partial \varphi_o} \left(- \frac{\partial \varphi_o'}{\partial t} + \frac{\partial^2 y}{\partial t . \partial x} \left(1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right)^{-1} \right)$$

Trong đó φ'_o độc lập của t và thay thế $\partial y/\partial t$ từ (4.45) ta được:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial S}{\partial \varphi_o} \left(1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right)^{-1} \frac{1}{h} \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} \qquad (4.48)$$

Phương trình (4.59) là phương trình parabolic đối với S(x,t). Hệ số tương đương với hệ số khuyếch tán là:

$$\sigma = \frac{\partial S}{\partial \varphi_o} \left(1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right)^{-1} \frac{1}{h} \qquad (4.49)$$

Nếu $\partial S/\partial \varphi_o$ được xác định chính xác hay gần đúng (các phương trình (4.42) và (4.43)) mô hình toán được tạo lập bởi các phương trình (4.45), (4.47) và (4.48) có thể giải được bằng phương pháp số. Các điều kiện biên để khép kín mô hình có thể là một trong ba dạng:

Phía thượng hay hạ lưu của đường bờ S có thể giả thiết là đồng nhất y = constant ($\partial y/\partial t=0$).

Trên cấu trúc vùng bờ mở rộng cắt ngang qua đường sóng vỡ ban đầu S = 0.

Ở những vị trí xác định bùn cát có thể di chuyển qua công trình (như kênh đào hay đập chắn sóng) cần có mối quan hệ S(y) phải được cho trước.

Điều kiện ban đầu của mô hình là những giá trị của y(x) và S(x) đã biết trước.

Tích phân theo thời gian được thể hiện bằng số của $y(x_i,t_n)$, $S(x_i,t_n)$ ở các vị trí đặc trưng có chỉ số là i và n theo không gian x và t. Mục đích chính của mô hình là cung cấp cho ta công cụ dự báo sự biến đổi hạn dài (năm, mùa) của y trên đường bờ dưới tác dụng của sóng gió. Những nhân tố chủ yếu gây nên sự biến đổi đường bờ là do sóng, mà nó được đặc trưng bởi: độ cao sóng H_o, chu kỳ sóng T, góc đổ bộ φ_o và thời gian. Để mô hình là việc đòi hỏi phải biết hàng loạt các hiện tượng thời

tiết có liên quan đến sóng. Điều này có thể có được từ các chuỗi tài liệu đo được hàng năm hay tính toán từ quá trình sóng hay gió. Chuỗi tài liệu tính toán có thể được tạo ra từ kỹ thuật Monte Carlo.

Sự mô tả vùng duyên hải đã được thực hiện ở mô hình 1 chiều (1-D) với lưới sử dụng là lôgarít. Lưu lượng chuyển cát được tính toán ở các mặt cắt ngang và toạ độ đường bờ giữa hai mặt cắt ngang.

Ta có thể sử dụng một sơ đồ sai phân hiện để tính phương trình liên tục của bùn cát như sau:

$$y_i^{n+1} = y_i^n.\theta + \frac{1-\theta}{2}(y_{i+1}^n + y_{i-1}^n) + \frac{(S_{i+1}^n - S_i^n).\Delta t}{\Delta x.h} \tag{4.50}$$

Phương trình động lực dùng tính lưu lượng bùn cát có thể là theo công thức CERC hay dạng khác của nó (dạng parabol PDE đối với S (4.48)).

Đối với trường hợp thứ nhất, sơ đồ sai phân hữu hạn dạng hiện như sau:

$$S_i^n = 0.014 \times H_o^2 \times c_o^2 \times k_{ri}^2 \times \cos\varphi_{bri} \times \sin\varphi_{bri} \tag{4.51}$$

Trong đó φ_{br} cho trước dưới dạng quan hệ (4.46):

$$\varphi_{br,j} = -\varphi_{br,i}' + \tan^{-1}\left(\frac{y_i^n - y_{i-1}^n}{\Delta x}\right) \tag{4.52}$$

Trong trường hợp thứ hai, khi PDE đối với S được đề nghị sử dụng sơ đồ sai phân ẩn để khắc phục về giới hạn ổn định của Δt ($\Delta t<\Delta x^2/(2\sigma)$). Phương trình (4.48) được viết dưới dạng sai phân:

$$S_i^{n+1} = S_i^n + \frac{\Delta t.\sigma_i^n}{\Delta x^2}\left(S_{i+1}^{n+1} - 2.S_i^{n+1} + S_{i-1}^{n+1}\right) \tag{4.53}$$

Trong đó theo phương trình (4.60):

$$\sigma_i^n = 0.014 H_o^{2.5} \frac{1}{h}\cos(2.\varphi_{o,i}^n).\left[1 + \left(\frac{y_i^n - y_{i-1}^n}{\Delta x}\right)^2\right]^{-1} \tag{4.54}$$

Trong đó $\varphi^n_{o,i}$ cho theo phương trình (4.60):

$$\varphi_{o,i}^{n} = -\varphi^{n}{}_{o,i}^{\cdot} + \tan^{-1}\left(\frac{y_i^n - y_{i-1}^n}{\Delta x}\right) \quad (4.55)$$

Các mô hình số trị mô phỏng sự thay đổi đường bờ ngày nay có khả năng xem xét đánh giá sự biến đổi của các quá trình tự nhiên cả theo không gian và thời gian. Mô hình đường đơn giản chỉ tập trung vào riêng đường bờ biến đổi theo điều kiện sóng nước sâu, phản xạ và khúc xạ sóng, sự thay đổi nguồn cung cấp phù sa.

Những mô hình số trị hiện đại mô phỏng đường bờ phần lớn là ba chiều, cho phép mô phỏng sự thay đổi các mặt cắt ngang có sự chuyển tải bùn cát qua, cũng như tính toán dòng chuyển cát ven bờ.

Cơ sở của các mô hình số trị đường bờ là phương trình liên tục bùn cát và sử dụng phương pháp giải sai phân dạng:

$$\Delta y_i = (Q_{i-1} - Q_i \pm Q_r)\frac{\Delta t}{d.\Delta x} \quad (4.56)$$

Trong đó: d là "*độ sâu*" chọn sao cho quan hệ của sự thay đổi thể tích và độ sâu là đúng.

Khi Δy là âm thì có sự xói mòn và đường bờ suy thoái (retreat) và khi Δy dương thì đường bờ tiến (advance).

Q_i là lưu lượng chuyển bùn cát ven bờ từ ô thứ i sang ô thứ i + 1.

Sự thay đổi đường bờ của ô thứ i là hàm số của lượng bùn cát chuyển vào và ra.

Do Δt, d, và Δx nói chung là cố định trong mô hình nên Δy_i phụ thuộc vào sự cân bằng của các số hạng Q.

Phương trình trên chính xác hơn có dạng:

Trong mô hình máy tính mô phỏng sự thay đổi đường bờ, thì lưu lượng bùn cát qua các ô phải được tính toán dựa vào các Q_i và Q_{i-1} tính toán cho từng ô. Ta biết rằng theo phương pháp năng lượng ta có thể xác định lượng chuyển cát theo bờ:

$$Q_l = 1.1\rho g^{3/2} H_{br}^{5/3} \sin\alpha_b \cos\alpha_b \quad (4.57)$$

Q_l - lượng chuyển cát m^3/s

H_{br} - độ cao sóng vỡ (m)

α_b- góc truyền sóng trên đường sóng vỡ.

$g = 9.81\ m/s^2$.

Δt có thể là ngày đêm.

Các mô hình số trị mô phỏng sự thay đổi đường bờ theo Komar thường được tiến hành giải quyết theo các bước sau:

- Xác định hình dạng ban đầu của đường bờ.
- Chia đường bờ ra làm nhiều ô có chiều rộng Δx.
- Xác định sự biến đổi nguồn bùn cát (Q_r).
- Cung cấp cho mô hình các điều kiện cần thiết của sóng ngoài khơi (độ cao, chu kỳ và góc của hướng truyền sóng).
- Xác định rõ lượng chuyển cát ven bờ bằng phương trình:

$$Q_l = 1.1\rho g^{3/2} H_{br}^{5/3} \sin\alpha_b \cos\alpha_b$$

- Chạy mô hình tính cho toàn bộ thời gian cần tính. Đánh giá sự thay đổi đường bờ so với điều kiện ban đầu.

Quá trình phát triển hoặc suy thoái bờ thực chất là sự cân bằng dòng bồi tích ven bờ. Hai yếu tố động lực quan trọng nhất tác động đến quá trình phát triển bờ biển, dòng bồi tích là sóng và dòng chảy.

Dòng bồi tích có liên quan đến vectơ tốc độ và tốc độ không xói. Theo Miakhulan thì tốc độ không xói được tính theo công thức:

$$V_{kx} = \log \{(8.8H/d) \times [(2g/(1.3\rho)) \times (\rho - \rho_w)d + 1.25\sigma]^{1/2} \qquad (4.58)$$

Trong đó: H - độ sâu vùng nước.

d - đường kính hạt đất đáy.

ρ - khối lượng riêng của đất đáy.

ρ_w - khối lượng riêng của nước biển.

σ - suất kết dính của các hạt đất đáy.

Khi sử dụng công thức tính trên cho vùng ven biển cửa sông Hồng - Thái Bình ta thấy tốc độ xói ở các vùng cửa là không đáng kể, mà ở đây quá trình bồi tích phù sa từ các cửa sông đổ ra là chủ yếu. Và dòng bồi tích có xu hướng di chuyển xuống phía Nam.

Đối với cửa của các con sông chỉ có phù sa nội tại và vùng cửa sông này chỉ do phù sa của sông đổ ra quá trình bồi tụ phát triển theo trình tự như sau: về mùa lũ khi dòng triều xuống phù sa sông đổ ra biển nhiều, các hạt thô lắng xuống đọng lại ở cửa sông còn các hạt mịn và sét được tiếp tục di chuyển theo hướng dòng chảy ở đây.

Triều rút theo hướng Nam vì vậy phần lớn các hạt phù sa mịn và sét của các cửa sông được đưa xuống phía Nam và sa lắng ở các vùng lặng sóng. Trong khi đó các hạt thô sau khi lắng đọng ở cửa do tác động của dòng gió khi gió mùa Đông Bắc thịnh hành, cũng tiếp tục đẩy chúng di chuyển về phía Nam, kết quả là các bãi bồi có xu hướng phát triển mạnh về phía Nam.

Đối với cửa của các sông nghèo phù sa, thì một phần phù sa ở cửa là do phù sa của các cửa khác di chuyển đến dọc theo bờ, trong điều kiện bình thường các nguồn này thường từ bờ Bắc mang tới khi đến trước cửa sông dòng vật liệu này được chia làm hai hướng: những hạt mịn được dòng chảy đưa ra xa bờ nhưng rồi vòng lại ở phía Nam do hoạt động của dòng triều và dòng gió thống trị tại đây. Do vậy tại bờ Nam của các sông này vẫn hình thành các bãi bồi. Những hạt thô, dòng chảy và dòng sóng không đẩy đi qua phía Nam của cửa được mà phải nằm lại ở phía Bắc hình thành nên các bãi bồi ở đây. Các cửa sông phát triển khá đối xứng giữa hai bờ Nam - Bắc.

Đối với các cửa sông có cả hai loại phù sa (nội tại và ngoại lai) thì các bãi bồi cửa sông phát triển theo dạng bãi bồi phía Nam (do nguồn phù sa nội tại tạo nên) thường hẹp và kéo dài.

Cường độ dòng phù sa có thể được biểu thị dưới dạng công thức toán học như sau:

$$Q = Q_o e^{-kx} \quad (4.59)$$

Trong đó Q_o - cường độ nguồn.

x - khoảng cách đến nguồn

k - hệ số suy giảm.

Một đặc điểm đáng chú ý đối với vùng cửa này là khả năng thay đổi dòng phụ thuộc vào quy luật sự phát triển của các dòng bồi tích cửa sông như trong khu vực cửa Ba Lạt, trong vòng 50 năm gần đây đã đổi hướng 7 lần.

Để xác định lượng bồi tích dọc ven bờ này chúng tôi áp dụng phương pháp tính của Bijker với các chu kỳ sóng 5 ÷ 6s, độ dốc bờ 0,01 ÷ 0,011, đường kính hạt ứng với D_{90}= 0,00017 ÷ 0,00027, kết quả nhận được lượng chuyển cát 0,0859 ÷ 0,1048 m^3/s.m (bảng 4.1, 4.2).

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đã được công bố và từ các kết quả đã tính toán bằng mô hình có thể đưa ra một số nhận định về xu thế biến động bờ biển cửa sông khu vực nghiên cứu như sau:

❖ ***Xu thế biến động vùng ven bờ cửa sông Quảng Ninh - Hải Phòng***

Ở phía Nam cửa sông Bạch Đằng diện tích bồi tụ mở rộng thành nhiều khu vực, còn khu vực phía Bắc diện tích được bồi tụ chủ yếu thành các doi cát kéo dài theo hướng của dòng triều và ven các lạch triều ngầm trước cửa sông.

Cân bằng giữa bồi tụ và xói lở thì toàn vùng ven bờ Quảng Ninh - Hải Phòng đang bị xói lở, trong đó khu vực phía Bắc cửa sông Bạch Đằng bị xói lở nhiều hơn, còn khu vực phía Nam cửa sông Bạch Đằng bồi tụ chiếm ưu thế.

Tốc độ bồi tụ lớn nhất ở phía Nam cửa sông Bạch Đằng 4,4 m/năm và Đầm Hà - Hà Cối 4,5 m/năm. Tốc độ xói lở trung bình toàn vùng 5,1 m/năm, khu vực có tốc độ xói lở lớn nhất là ở phía Bắc cửa sông Bạch Đằng 23,1 m/năm và nhỏ nhất ở vịnh Cửa Lục và cửa sông Tiên Yên - Ba Chẽ 0,5 - 0,8 m/năm [17],[21].

Bảng 4.1 Tính toán dòng bùn cát ven bờ vùng cửa sông Hồng - Thái Bình theo công thức Bijker

y (m)	h (m)	a_b	U_b(m/s)	A	C	C'	f_w	V_1	Miu	Cxi	Msat	Zet	S_{bl}	Q	S_1	S_2
0	0,00	0,00	0,00	0				0,000							0	0
25	0,25	0,50	0,63	0,2400	30,6	76,4	0,080	0,041	0,253	1,96	7,908	0,708	2,721E-06	0,945	7,4E-06	4,642E-05
50	0,50	0,71	0,89	0,1200	36,0	81,9	0,064	0,119	0,292	2,06	12,712	0,559	8,191E-06	2,320	4,3E-05	3,150E-04
75	0,75	0,86	1,08	0,0800	39,2	85,0	0,057	0,207	0,313	2,11	16,965	0,484	1,404E-05	3,880	1,1E-04	9,793E-04
100	1,00	1,00	1,25	0,0600	41,4	87,3	0,052	0,305	0,327	2,13	20,962	0,435	2,028E-05	5,530	2,3E-04	2,120E-03
125	1,25	1,12	1,40	0,0480	43,2	89,0	0,049	0,410	0,338	2,15	24,823	0,400	2,679E-05	7,250	3,8E-04	3,799E-03
150	1,50	1,22	1,53	0,0400	44,6	90,4	0,046	0,521	0,346	2,17	28,617	0,372	3,353E-05	9,180	6,0E-04	6,120E-03
175	1,75	1,32	1,66	0,0343	45,8	91,7	0,044	0,638	0,353	2,18	32,384	0,350	4,045E-05	11,210	8,7E-04	9,169E-03
200	2,00	1,41	1,77	0,0300	46,8	92,7	0,043	0,760	0,359	2,19	36,156	0,331	4,752E-05	13,370	1,2E-03	1,300E-02
225	2,25	1,50	1,88	0,0267	47,8	93,6	0,041	0,886	0,364	2,19	39,952	0,315	5,472E-05	15,760	1,6E-03	1,777E-02
250	2,50	1,58	1,98	0,0240	48,6	94,4	0,040	1,016	0,369	2,20	43,790	0,301	6,203E-05	18,190	2,1E-03	2,350E-02
259	2,59	1,61	2,02	0,0232	48,9	94,7	0,040	1,063	0,370	2,20	45,185	0,296	6,469E-05	19,260	2,3E-03	2,795E-02
														R =	(m^3/s.m)	1,048E-01
														R =	(m^3/năm)	3,306E+06

Chu kỳ sóng T(s) = 5 ; Độ cao sóng H(m) = 2,0 ; Góc tới (°) = 20 ; Dốc bờ = 0,011 ;
Đường kính TB hạt (m) = 0.0002 ; Đường kính D_{90} hạt (m) = 0,00017 ; Nhám đáy = 0,06

Bảng 4.2 Tính toán dòng bùn cát ven bờ vùng cửa sông Hồng - Thái Bình theo công thức Bijker

y (m)	h (m)	a_b	U_b(m/s)	A	C	C*	f_w	V_1	Miu	Cxi	Msat	Zet	S_{bl}	Q	S_1	S_2
0	0,00	0,00	0,00	0				0,000							0	0
25	0,25	0,70	063	0,2400	30,6	72,8	0,065	0,038	0,272	1,76	6,358	0,790	2,362E-06	0,945	6,4E-06	4,030E-05
50	0,50	0,99	0,89	0,1200	36,0	78,2	0,052	0,100	0,312	1,86	10,352	0,619	6,637E-06	2,320	3,5E-05	2,579E-04
75	0,75	1,21	1,08	0,0800	39,2	81,4	0,047	0,173	0,334	1,91	13,907	0,534	1,146E-05	3,880	9,3E-05	7,978E-04
100	1,00	1,40	1,25	0,0600	41,4	83,7	0,043	0,254	0,348	1,94	17,248	0,480	1,660E-05	5,530	1,8E-04	1,734E-03
125	1,25	1,56	1,40	0,0480	43,2	85,4	0,040	0,341	0,359	1,96	20,470	0,440	2,197E-05	7,250	3,1E-04	3,112E-03
150	1,50	1,71	1,53	0,0400	44,6	86,8	0,039	0,433	0,368	1,98	23,626	0,410	2,750E-05	9,180	4,9E-04	5,018E-03
175	1,75	1,85	1,66	0,0343	45,8	88,0	0,037	0,529	0,375	1,99	26,747	0,385	3,319E-05	11,210	7,1E-04	7,522E-03
200	2,00	1,97	1,77	0,0300	46,8	89,1	0,036	0,630	0,381	2,00	29,856	0,365	3,899E-05	13,370	9,9E-04	1,067E-02
225	2,25	2,09	1,88	0,0267	47,8	90,0	0,035	0,733	0,387	2,01	32,970	0,347	4,489E-05	15,760	1,3E-03	1,458E-02
250	2,50	2,21	1,98	0,0240	48,6	90,8	0,034	0,840	0,391	2,02	36,101	0,332	5,089E-05	18,190	1,7E-03	1,928E-02
259	2,59	2,25	2,02	0,0232	48,9	91,1	0,034	0,879	0,393	2,02	37,234	0,326	5,307E-05	19,260	1,9E-03	2,293E-02
														R =	(m^3/s.m)	8.593E-01
														R =	(m^3/năm)	2.712E+06

Chu kỳ sóng T(s) = 6 ; Độ cao sóng H(m) = 2,0 ; Góc tới (°) = 20 ; Dốc bờ = 0,01
Đường kính TB hạt (m) = 0.0002 ; Đường kính D_{90} hạt (m) = 0,00027 ; Nhám đáy = 0,06

❖ ***Xu thế biến động vùng ven bờ cửa sông từ Hải Phòng đến Ninh Bình***

Vùng ven biển Hải Phòng - Ninh Bình có tiềm năng đất bồi rất lớn, mỗi năm hàng trăm ha đất bồi được mở rộng lấn ra biển. Do quá trình tiến hoá tự nhiên và tác động nhân sinh, mức độ bồi tụ không đồng đều theo không gian và thời gian, thậm chí nhiều nơi bị xói lở mạnh mẽ.

Khu vực Đồng Châu xảy ra hiện tượng xói lở từ năm 1978 trở lại đây, ở bờ Nam Văn Úc xói lở trong thời kỳ 1965 - 1987 và nay đang được bồi tụ. Đoạn bờ Đồ Sơn - Văn Úc cũng tương tự, trải qua 30 - 40 năm xói lở và hiện nay đang được bồi tụ trở lại. Xói lở ở Văn Lý đã trên 50 năm, có qui mô lớn trên chiều dài 30 km, tốc độ xói 10 - 15 m/năm, cực đại 20 - 30 m/năm, mỗi năm mất hàng chục ha đất bồi. Hiện nay đoạn bờ biển này vẫn đang tiếp tục bị xói lở mạnh và còn kéo dài trong tương lai. Khu vực cửa Ba Lạt, do sự tập trung cao của bồi tích ở một khu cửa sông nên tốc độ bồi tụ khu cửa Ba Lạt khá lớn, trong khoảng từ 1938 đến nay, tốc độ bồi lấn biển trung bình của bãi bồi cao là 45 m/năm, cực đại 70 m/năm; tốc độ bồi tụ bãi bồi thấp chỉ 35 m/năm. Trừ cồn Réo, các cồn Thủ, Lu, Vành, Ngạn cơ bản đều bồi tụ nổi cao từ 50 - 60 năm về trước tạo thành vành đai chắn sóng để bồi tụ lấp đầy phía trong trên 50 năm qua, có sự bồi tụ không đều giữa phía Bắc và phía Nam. Phía Nam bồi tụ mạnh hơn nửa thế kỷ qua có hai lần cửa sông di chuyển về phía Nam và chỉ một lần di chuyển về phía Bắc (1938 - 1971).

Sự xói lở chủ yếu xảy ra ở ven bờ cửa sông nhưng mang tính chất tạm thời.

Khu vực cửa Đáy là khu vực bồi tụ ổn định và nhanh nhất ven biển cửa sông Đồ Sơn - Cửa Đáy.

Tốc độ bồi tụ lấn biển ở Kim Sơn gần tương đương với tốc độ quai đê lấn biển qua nhiều năm ở đây. Sau đây là một vài số liệu về tốc độ bồi tụ:

Từ 1470 đến 1998: trung bình 46 m/năm

Từ 1832 đến 1982: trung bình 60 m/năm

Từ 1958 đến 1998: trung bình 70 m/năm

Tốc độ lớn nhất ghi nhận được vào những năm 1937 - 1958 là 100 m/năm. Tính chung trong một thế kỷ tốc độ bồi tụ lấn biển ở Kim Sơn ≈ 60 m/năm.

Hình dạng đường mép bãi (0mHĐ) thay đổi nhiều qua gần 20 năm. Nói chung đường này không lấn ra biển về phía Nam mà dịch về phía Tây Nam (phía Hòn Nẹ). Theo bản đồ năm 1941 thì mặt cắt Bắc - Nam bãi rộng 10,5 km, nay chỉ còn 2 - 3 km (do việc quai đê liên tục ở phần bãi nổi cao). Sự thay đổi đường 0mHĐ từ cửa Đáy lên phía Bắc là do uốn dòng và sự chuyển cửa gây ra.

Qua tính toán thấy rằng hơn 50 năm qua, đường MBTB lấn ra liên tục với tốc độ 100 m/nămvề phía Nam. Đường 0mHĐ bồi tụ 48 - 83 m/năm về phía Tây Nam và xói lở 14 - 41 m/năm ở rìa Đông Nam.

Tốc độ bồi tụ, bào mòn thẳng đứng: Được tính toán dựa vào tài liệu độ cao bề mặt địa hình từ các năm 1939, 1941, 1982 và khảo sát thực tế trong 3 năm 2001 - 2003. Ở phần bãi trên mực biển trung bình, tốc độ bồi nổi cao nhất khoảng 12 - 22 cm/năm (1982 - 2003); ở phần bãi thấp dưới mực biển trung bình khi so sánh với tài liệu bản đồ 1939 - 1941, nhận thấy phần lớn diện tích bãi thấp vẫn nằm dưới mực biển trung bình và tốc độ bồi nổi cao khoảng 0,5 - 1 cm/năm.

Tóm lại, xu thế biến đổi đường bờ ở từng đoạn bờ của khu vực nghiên cứu như sau:

✧ *Khu vực đảo Đình Vũ:*

- Xói lở bờ đảo Đình Vũ xảy ra liên tục kéo dài, đã diễn ra từ rất lâu và còn tiếp tục trong tương lai. Tuy nhiên quá trình diễn biến xói lở theo pha đoạn ngắn rất phức tạp, bờ phía Tây Nam có xu hướng chuyển thành bồi sau đắp đập Đình Vũ năm 1981 và quá trình xói dịch dần và mạnh dần về bờ phía Đông Bắc. Tại đây, đường mực biển cao liên tục bị xói lấn về phía đảo, trong khi đường mực biển trung bình khi lấn ra do bồi, khi lấn vào do xói và kết quả chung là lấn vào với tốc độ chậm hơn đường mực biển cao.

✧ *Khu vực Tây Nam bán đảo Đồ Sơn*

Dự báo rằng, 5 - 10 năm tới, tốc độ bồi tụ ở bờ và sườn bờ như giai đoạn 10 năm trước đây, đường bờ trung bình sẽ cách hiện nay khoảng 500 - 600 m, đường 0m hải đồ bồi tụ tiến ra biển khoảng 600 - 700 m, trong khoảng độ sâu 4 - 12 m, tốc độ bồi tụ vẫn có điều kiện bồi tụ mạnh như hiện nay. Đến 20 năm tới, tốc độ bồi tụ bờ và bờ ngầm sẽ giảm đi so với 1992 - 2002 nhưng lớn hơn nhiều lần so với

1934 - 1965, đường bờ trung bình có hình thái gần giống đường đẳng cao 1 m trên 0 m hải đồ hiện nay. Đến 50 năm tới, phần sườn bờ ngầm sát bờ hoạt động bồi tụ của sóng tạo nên đê cát ngầm ở phía Đông Nam Hòn Dáu, đường 0 m hải đồ tiến tới ngang vụng Vạn Sét, gần tới đường đẳng sâu 2 m hiện nay và đường bờ trung bình tiến tới gần vụng Vạn Hương.

✧ *Khu vực cửa Ba Lạt:*

Xét về lịch sử hình thành và phát triển, cửa Ba Lạt chuyển về hướng Tây Nam khoảng trước năm 1938, về hướng Đông Bắc trong khoảng 1938 - 1971 và về hướng Tây Nam từ năm 1972 đến nay. Trầm tích được bồi tụ mạnh hơn với cỡ hạt mịn hơn ở phía cửa hướng về và bồi tụ chậm hơn, thậm chí bị xói lở ở phía đối diện. Sự hình thành, phát triển và tồn tại của các cồn cát trước cửa sông có liên quan đến hướng di chuyển của các nhánh sông. Nói chung, các cồn cát mới thành tạo và phát triển nằm ở phía cửa sông đang có xu thế di chuyển tới. Sau một thời gian nhất định, sự phát triển của cồn cát cản lấn dòng sông làm cho lòng sông bị phân nhánh. Ở một thời điểm thích hợp, thường trùng với lũ lớn, dòng chảy rất mạnh sẽ chọc thủng cồn cát chắn bị xói lở ở phía đối diện và mở ra một nhánh sông mới, còn nhánh cũ sẽ bị bồi tụ hoặc lấp kín. Một thời kỳ phát triển mới của cửa sông lại bắt đầu.

Về quá trình phát triển gần đây và xu thế phát triển trong tương lai của khu vực cửa Ba Lạt có thể phân ra một số giai đoạn như sau:

Giai đoạn 1: Khoảng đầu thế kỷ XX cho đến trước năm 1938, cửa sông di chuyển về phía Nam, lòng sông chính đi qua sông Vọp và cắt ngang cồn Ngạn, cồn Vành bị xói lở, vồn Ngạn phát triển, vùng đất bồi phía Nam bồi tụ mạnh hơn.

Giai đoạn 2: Khoảng năm 1938 - 1971, cửa sông di chuyển về phía Bắc. Cồn Vành phát triển bồi tụ mở rộng trở lại. Xuất hiện các dải cồn thấp kéo dài phía Bắc vồn Vành, cồn Ngạn bị xói lở rìa ngoài. Các bãi bồi phía Bắc cửa sông phát triển mạnh.

Giai đoạn 3: Khoảng năm 1971 trở lại đây, cửa di chuyển về phía Nam., cồn Ngạn bồi tụ kéo dài về phía Tây Nam, rìa Đông Bắc bị xói lở. Rìa ngoài cồn Vành

bị xói lở thu hẹp mạnh. Bãi bồi phía Nam bồi tụ mở rộng, đặc biệt BBC. Dự đoán tình hình này tiếp diễn trong vòng 15 - 20 năm nữa.

Giai đoạn 4: Khoảng 15 - 20 năm đến 50 - 60 năm nữa cửa sông sẽ dịch lên phía Bắc và sẽ tăng cường bồi tụ phía này, gần toàn bộ diện tích trên 5000 ha bãi triều thấp hai bên cửa sông sẽ được bồi tụ trở thành bãi triều cao. Bãi triều thấp sẽ được mở rộng chủ yếu về phía Tây Nam.

Không chỉ cửa Ba Lạt, hiện tượng này cũng đã được ghi nhận ở các cửa khác như cửa Đáy, cửa Trà Lý vv...

✧ *Khu vực cửa Đáy:*

Phần bãi nổi trên mực biển trung bình liên tục bồi lấn, mở rộng về phía biển, với tốc độ lớn (100 m/năm), xu thế chung ở đây là bồi tụ mạnh trong cả quá khứ, hiện tại và tương lai gần. Ở đây tốc độ dòng triều lên lớn hơn tốc độ dòng triều rút, thuận lợi cho bồi tụ bãi. Tuy nhiên, các đặc điểm của bãi (nhất là phần bãi thấp) về hình thái rất biến động. Sự phát triển bãi phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó sự thay đổi hình dạng và hướng đổ của cửa sông Đáy có vai trò lớn mà một phần do hoạt động nội lực của sông. Hàng năm có khoảng 30.10^6 tấn bồi tích và 32 tỷ m^3 nước qua cửa sông Đáy đổ ra biển, về mùa mưa lượng bồi tích này phân tán xa bờ 12 km. Phần quan trọng hơn là do ảnh hưởng của dòng bồi tích dọc bờ chịu sự chi phối của một loạt các yếu tố hải văn. Ngoài ra hệ thống đê do con người tạo ra có ảnh hưởng lớn đến đường bờ tự nhiên và xu hướng phát triển bãi bồi. Kết hợp điều tra trong nhân dân thấy rằng cửa sông Đáy trước kia có lẽ là Lạch Nghễn, đến những năm 1930 - 1940 thì nhánh chính ở phía Đông Bắc, sau đó dịch chuyển dần về phía Tây Nam và đến những năm 70 thì ở vị trí như hiện nay. Sự ép dòng của cửa sông Đáy về phía Tây Nam liên quan đến dòng bồi tích thống trị hướng Đông Bắc - Tây Nam và sự xuất hiện cồn "*Mờ*", phía ngoài kèm theo quá trình này là sự xói lở mép bãi ở phía Đông Nam và bồi tụ mạnh ở phía Tây Nam. Phía cửa Càn mép bãi mở rộng nhanh nhưng phần nổi cao của bãi lại bồi tụ chậm, có thể còn bị bào mòn (chỗ hai đoạn đê vỡ), chính do sự bồi tụ nhanh ở mũi đất cao phía cửa Đáy hiện nay và đường đê đắp lấn nhanh dạng mũi ở đây đã cản dòng bồi tích sông Đáy sang phía Tây bãi. Xu thế hiện nay có thể tạo cho phía Tây bãi bồi trở thành trũng thấp.

Dự đoán trong một khoảng chu kỳ 30 - 40 năm nữa, khi Cửa Đáy lại mở về phía Đông Bắc, cồn "*Mờ*" sẽ nổi cao, cửa chính hiện nay nông, hẹp lại thì khu phía Tây bãi bồi mới nổi cao trên mực biển trung bình. Với xu thế và tốc độ bồi lấn như hiện nay, dự kiến khoảng 15 - 20 năm nữa, đường mực biển trung bình sẽ mở rộng đến vị trí đường 1,1 m/0mHĐ hiện nay và diện tích bãi bồi nổi cao trên mực biển trung bình lúc đó sẽ gần 3000 ha (0mHĐ) tiếp tục mở rộng về phía Tây Nam, cồn "*Mờ*" nhô cao lên mức 0mHĐ.

4.2.2. Khu vực ven biển cửa sông miền Trung

Trên cơ sở phân tích hiện trạng và xác định nguyên nhân gây xói lở - bồi tụ khu vực nghiên cứu cũng như phân tích những biến động thời tiết, những hoạt động phát triển kinh tế trong những năm tới có thể đưa ra một số nhận định về xu thế xói lở - bồi tụ khu vực nghiên cứu như sau (hình 4.2):

Bờ biển vùng Bắc Trung bộ từ Thanh Hoá đến Thừa Thiên - Huế có quy mô, mức độ với xu thế xói lở về cơ bản ít thay đổi, cường độ xói lở vẫn như cũ hoặc có tăng đôi chút. Khu vực bờ biển từ Quảng Bình đến Thừa Thiên - Huế vẫn là trọng điểm xói lở mạnh và rất mạnh. Vùng từ cửa Thuận An đến cửa Tư Hiền (Thừa Thiên - Huế) diễn biến xói lở vẫn rất phức tạp, phụ thuộc vào chu kỳ dịch chuyển của các cửa sông lên phía Tây Bắc hay xuống Đông Nam với chu kỳ từ 30 ÷ 60 năm. Tương tự như vậy hiện tượng xói lở xảy ra tương đối mạnh ở vùng bờ biển cửa sông Nhật Lệ, cửa Ròn (Quảng Bình). Khu vực Thanh - Nghệ - Tĩnh có xói lở không mạnh vào 20 ÷ 30 năm tới, sau đó chuyển sang thời kỳ mới, mức độ xói lở sẽ mạnh dần lên.

Bờ biển Nam Trung bộ từ Đà Nẵng đến Bình Thuận có diễn biến xói lở rất phức tạp với xu thế tăng mạnh cả về quy mô và cường độ. Xu thế xói lở bờ biển sẽ tăng dần từ Bắc vào Nam. Tại các khu vực trọng điểm thuộc bờ biển tỉnh Quảng Ngãi và Phú Yên, xói lở vẫn xảy ra mạnh và rất mạnh. Đặc biệt tại khu vực Sông Cầu, Tuy Hoà tỉnh Phú Yên xói lở diễn biến rất phức tạp theo thời gian. Riêng điểm xói lở phía Nam cửa sông Đà Rằng (sông Ba) xu thế xói sẽ giảm dần trong vòng 10 ÷ 20 năm tới. Tại khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận, xói lở bờ biển có xu thế mạnh

dần lên và số đoạn bị xói lở cũng sẽ tăng lên. Tại đây số ngày có gió vừa và gió mạnh lên tới 302 ngày/năm gần như diễn ra quanh năm.

Từ bảng 4.3 và bản đồ phân vùng khả năng xói lở bờ cho thấy bờ biển miền Trung từ Thanh Hoá đến Bình Thuận có đất đá chủ yếu là đất có thành phần trạng thái đặc biệt (A_1) và đất rời (A_2) chiếm trên 70%. Đây là các thành tạo bở rất dễ bị xói lở. Hiện nay tổng số chiều dài các đoạn bờ bị xói lở chiếm tới 22% tổng chiều dài khu vực nghiên cứu. Trong tương lai với các biến động như đã nêu thì bờ biển miền Trung sẽ xảy ra xói lở với quy mô và mức độ ngày một lớn, số đoạn bờ bị xói lở sẽ tiếp tục tăng lên.

Dựa trên cơ sở các thu thập, chỉnh lý và tổng hợp các tài liệu đã có chúng tôi đã đánh giá các điều kiện địa chất công trình và phân vùng dự báo khả năng xói lở theo tính chất cơ lý của đất đá.

Với bản đồ tỷ lệ 1: 250.000 chúng tôi đã chia ra được các khu vực có khả năng xói lở khác nhau theo tính chất có lý của một số nhóm đất đá đặc trưng cho các nguồn gốc thành tạo và tuổi địa chất. Kết quả phân vùng đã chia ra được 5 khu với các khả năng xói lở khác nhau (bảng 4.3), đó là:

Khu A_1 - Đất có thành phần trạng thái đặc biệt, với đặc điểm rất dễ xói lở, xói lở không theo một quy luật nào cả, thường có dạng chảy tràn, loại đất này thường không ổn định khi lộ ra trên sườn dốc.

Khu A_2 - Đất rời, với đặc điểm dễ xói lở, trong điều kiện tự nhiên có thể ổn định với bề mặt địa hình nghiêng với một góc bằng góc nghỉ của đất, khi xuất lộ ở bờ dốc với góc dốc lớn hơn góc nghỉ của đất nó sẽ xói lở, thường xói lở theo một mặt phẳng với một góc dốc nhất định tương ứng với góc nghỉ của từng loại đất. Trong khu này chúng tôi chia ra 3 mức độ xói lở đó là: nhiều nhất, trung bình và ít nhất.

Khu A_1 - Đất dính, với đặc điểm là khả năng bị xói lở ít hơn khi có độ dốc địa hình lớn, khi xói lở bề mặt thường có dạng cung tròn hình trụ, phá huỷ ngay trong cấu trúc của đất. Trong khu này chúng tôi cũng chia ra 3 mức độ xói lở đó là: nhiều nhất, trung bình và ít nhất.

B_2 - Đá cứng, rất khó xảy ra xói lở ngay cả khi độ dốc địa hình lớn.

Bảng 4.3 Phân vùng dự báo khả năng sạt nở bờ sông, bờ biển theo tính chất cơ lý của đất đá dải ven biển miền Trung

Vùng	Khu		Khoảnh			Kí hiệu
	Đặc điểm sạt lở	Thành phần thạch học đặc trưng	Tính chất cơ lý chủ yếu	Khả năng sạt lở		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)
KHÔNG CÓ LIÊN KẾT CỨNG (A)	- Trong điều kiện tự nhiên khó giữ được trạng thái ổn định khi bị lộ ra trên sườn dốc, dễ gây sạt lở cả một vùng lớn. - Sạt lở không theo qui luật, thường có dạng chảy tràn.	Đất có thành phần trạng thái đặc biệt (A_1)	- Khối lượng thể tích tự nhiên $\gamma = 1,4 - 1,7$ g/cm^3 - Hệ số lỗ rỗng trong khoảng e = 1,2 - 1,6 - Độ sệt $I_s > 1$ - Góc ma sát trong $\varphi = 2 - 9^0$ - Lực dính kết C = 0,08 - 0,1 KG/cm^2	Rất dễ bị sạt lở		A_1
	- Trong điều kiện tự nhiên có thể ổn định với bề mặt địa hình nghiêng một góc bằng với góc nghỉ của đất - Dễ bị sạt lở khi góc dốc của địa hình tăng lên, thường sạt lở theo một mặt phẳng nhất định với một góc dốc tương ứng với góc một góc nghỉ của đất.	Đất rời (A_2)	- Thành phần chủ yếu là cát hạt mịn, chiếm tới 80% - Góc ma sát trong $\varphi = 27 - 35^0$ - Lực dính kết rất nhỏ C ≅ 0	Dễ bị sạt lở	Nhiều nhất	A_2-1
			- Thành phần cát hạt mịn chiếm khoảng dưới 60%, cát hạt trung chiếm khoảng hơn 30% - Góc ma sát trong $\varphi = 33 - 38^0$ - Lực dính kết rất nhỏ C ≅ 0		Trung bình	A_2-2
			- Thành phần chủ yếu cuội sạn sỏi cát hỗn hợp - Góc ma sát trong $\varphi = 34 - 40^0$ - Lực dính kết rất nhỏ C ≅ 0		Ít nhất	A_2-3

(Tiếp bảng 4.3)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)
KHÔNG CÓ LIÊN KẾT CỨNG (A)	- Khả năng bị sạt lở ít hơn, thường sạt lở khi độ dốc địa hình lớn. - Bề mặt sạt lở thường có dạng cung tròn hình trụ, phá huỷ ngay trong bản thân cấu trúc của lớp đất.	Đất mềm dính (A_3)	- Khối lượng thể tích tự nhiên $\gamma = 1,5 - 1,9$ g/cm^3 - Hệ số lỗ rỗng trong khoảng e = 0,8 - 1,1 - Độ sệt $I_s = 0,7 - 1$ - Góc ma sát trong $\varphi = 7 - 12^0$ - Lực dính kết C = 0,13 - 0,35 KG/cm^2	Ít bị sạt lở	Nhiều nhất	A_3-1
			- Khối lượng thể tích tự nhiên $\gamma = 1,7 - 2,0$ g/cm^3 - Hệ số lỗ rỗng trong khoảng e = 0,75 - 1,0 - Độ sệt $I_s = 0,5 - 0,85$ - Góc ma sát trong $\varphi = 10 - 23^0$ - Lực dính kết C = 0,2 - 0,4 KG/cm^2		Trung bình	A_3-2
			- Khối lượng thể tích tự nhiên $\gamma = 1,8 - 2,1$ g/cm^3 - Hệ số lỗ rỗng trong khoảng e = 0,7 - 0,9 - Độ sệt $I_s = 0 - 0,5$ - Góc ma sát trong $\varphi = 16 - 27^0$ - Lực dính kết C = 0,3 - 0,8 KG/cm^2		Ít nhất	A_3-13
CÓ LIÊN KẾT CỨNG (B)	- Sạt lở khi độ dốc địa hình rất lớn, bề mặt sạt lở thường là mặt tiếp xúc giữa các lớp đá, các khe nứt trong đá.	Đá nửa cứng (B_1)	- Cường độ kháng nén $R_n = 40 - 865$ KG/cm^2 - Cường độ kháng kéo $R_k = 5 - 110$ KG/cm^2 - Góc ma sát trong $\varphi = 29 - 36^0$ - Lực dính kết C = 10 - 300 KG/cm^2	Khó bị sạt lở		B_1
	- Rất khó xảy ra sạt lở kể cả khi địa hình có độ dốc lớn, bề mặt sạt lở xảy ra thường theo các đứt gãy kiến tạo hoặc khe nứt phong hoá đá.	Đá cứng (B_2)	- Cường độ kháng nén $R_n = 1000 - 1500$ KG/cm^2 - Cường độ kháng kéo $R_k = 80 - 150$ KG/cm^2 - Góc ma sát trong $\varphi = 34 - 36^0$ - Lực dính kết C = 310 - 450 KG/cm^2	Rất khó bị sạt lở		B_2

❖ ***Vùng ven biển cửa sông Thừa Thiên - Huế***

Thừa Thiên - Huế là một vùng có hệ thống sông suối ngắn nhất Việt Nam vì chúng chảy trên một địa hình dốc và hẹp nhất đất nước. Từ dãy Trường Sơn ở phía Tây với những độ cao tới 1701 m (Voi Mép), 1102 m (Ba Lé), 1774 m (Đông Ngai), 1708 m (Núi Mang), 1444 m (Bạch Mã) nước theo những dòng sông từ phía Nam và phía Tây đổ xuống phá Tam Giang - Cầu Hai. Từ phía Nam có các sông nhỏ chảy từ sườn phía Bắc dãy Bạch Mã xuống. Từ Trường Sơn bắt nguồn những con suối đổ vào các sông Tả Trạch, Hữu Trạch, sông Bồ và nhánh của nó đều qua sông Hương chảy vào phá Tam Giang rồi từ đây qua cửa Thuận An và cửa Tư Hiền ra biển. Đường phân thuỷ bao lấy các dòng sông kể trên bắt đầu từ đèo Hải Vân theo đường chia nước trên dãy Bạch Mã về phía Tây qua các vòm Bạch Mã chuyển lên vòm núi Mang (1708 m) sang phía Tây gặp vòm Bon Đơ Rui (1438 m) và bắt đầu từ bán vòm Tre Linh (1207 m) đi theo hướng phân thuỷ Tây Bắc của dãy Trường Sơn. Theo hướng này, có 4 vòm nâng thay nhau có mặt là bán vòm A Hui (938 m) vòm Đông Ngai (1774 m), vòm Ca Cui (1377 m) và vòm Ba Le (1102 m) rồi xuống núi, đi về phía Nam thị trấn Phong Điền và ra biển. Vì sự có mặt của đứt gãy phương Đông Nam - Tây Bắc A Sầu - A Lưới ở ngay phía Tây Nam đường phân thuỷ nên địa hình của khối núi từ Tre Linh đến A Hui bị chặt đứt đi phần Tây Nam nên chúng chỉ còn là bán vòm.

Ngoài các vòm thuộc hệ thống Trường Sơn - Bạch Mã chắn ở phía Nam và phía Tây như một bức tường thành ôm lấy Thừa Thiên - Huế vẫn còn một số vòm như Động Truồi (1154 m) ở Tây đỉnh Bạch Mã, Mang Chan (856 m) ở sườn trái sông Tả Trạch và Đông Ngang (268 m) ở giữa sông Bồ và sông Hương. Khi phân tích bình đồ cấu trúc này ta có thể phân chia thành 4 dải dưới đây.

Dải thứ nhất: các vòm nâng của dãy Trường Sơn.

Dải thứ hai: chủ yếu là các chậu trũng từ Động Tháp (753 m) đến chậu trũng A La ở trung lưu sông Bồ.

Dải thứ ba: chủ yếu là các vòm - từ vòm Bạch Mã đến vòm núi Đông Ngang.

Dải thứ tư: toàn chậu trũng với kích thước tương đối lớn. Đó là chậu trũng La Hào ở phía Tây vụng Cầu Hai có đường kính đến 30 km. Tiếp đó là chậu trũng Huế, nằm ngay bên sông Hương và cũng có kích thước tương tự. Gần Huế, về phía Quảng Trị còn có chậu trũng Hải Lăng cũng có kích thước tương tự như chậu trũng Huế và là nơi có nhiều sông như Ô Giang, Ô Lâu và rào Tách Ma hội tụ. Nếu ta khoanh các chậu trũng lại (bằng đường chấm chấm) thì hai dải này sẽ thông với nhau qua chậu trũng Phong Điền. Nếu vào mùa mưa lớn, lại có triều cường, nước sẽ có thể tràn ngập toàn bộ dải đồng bằng - đầm phá, sẽ đe doạ thành Huế, nhất là khi bản thân nó đang ngự trị ở giữa một chậu trũng. Trong tương lai, các chậu trũng ở Thừa Thiên - Huế đang từng bước, từng bước sụt xuống, sẽ là tác nhân tăng cường thêm khả năng xói, sạt bờ biển của tỉnh Thừa Thiên - Huế (hình 4.3).

Tính toán cân bằng bùn cát trong khu vực nghiên cứu bằng mô hình số trị thuỷ động cũng cho thấy trường vận tốc dòng chảy trong khu vực nghiên cứu sẽ tăng dần lên khi mực nước chân tĩnh dâng cao, cường độ dòng sa bồi ven bờ tăng lên, làm tăng thêm sự thiếu hụt bồi tích do di chuyển dọc bờ ra khỏi khu vực nghiên cứu (xuống phía Đông Nam và xuống biển sâu). Ngoài ra hướng bờ trong khu vực nghiên cứu gần như vuông góc với hướng gió ĐB, cấu tạo bờ chủ yếu là cát và lực dính kết yếu, nên khi có sóng to, gió lớn, nước biển dâng cao sẽ xảy ra xói lở trên diện rộng. Theo dự báo thì khu vực từ cửa Thuận An đến Hoà Duân sẽ xảy ra xói lở mạnh, tiếp tục tăng quy mô mở rộng về phía Tây Bắc và Đông Nam của khu vực này. Cường độ trung bình so với hiện nay sẽ tăng thêm khoảng 12%, 25% và 38% vào các năm 2020, 2050, 2100.

❖ *Vùng ven biển cửa sông Quảng Ngãi*

Trong khu vực nghiên cứu, sự sắp xếp các cấu trúc theo quy luật cánh cung không thuần nhất với các đứt gãy cánh cung đồng tâm tồn tại theo hai hướng: hướng song song với đứt gãy cánh cung sông Trà Khúc và hướng ngoặt lại theo chiều cong chung của đường bờ biển Trung bộ. Phụ hoạ theo chiều cong của bờ biển Trung bộ có các vòm ở phía Tây vùng nghiên cứu thuộc cánh cung cao nhất Miền Nam là Ngọc Ca Kinh - Lum Heo, gồm các vòm Ngọc Ca Kinh -

1761 m, Ngọc Rô - 1549 m, Ngọc Krinh - 2025 m, Ngọc Linh - 2598 m, Lum Heo - 2045 m. Trong đó có vòm Ngọc Rô, Ngọc Krinh là ở trong vùng. Quy luật rõ nhất vùng này, có lẽ là chậu trũng Sơn Hà rộng lớn ngự trị gần trung lưu sông Trà Khúc bị khoảng chục vòm nâng cỡ nhỏ bao quanh theo một hình tròn theo kiểu vòng bi. Chậu trũng Sơn Hà phát triển không cân đối, nó bị lệch về phía Tây Bắc theo sự kéo dài của suối Nước Ong, một nhánh của sông Trà Khúc. Đường kính của chậu trũng tới 50 - 55 km và bị vây quanh bởi vòm núi Đá Vách (1089 m) ở phía Đông, vòm Cao Muôn (851 m) ở Đông Nam, vòm Ngọc Tem (1362 m) ở Tây Nam, vòm Hòn Ba (1358 m) ở Tây Bắc, vòm Trà Thanh ở phía Bắc và vòm Núi Chùa (1362 m) với chậu trũng tương đối lớn Bình Sơn ở Đông Bắc. Trong kết quả phân tích ảnh vệ tinh và xây dựng hệ thống các chậu trũng thấy rằng, chúng tập hợp với nhau (theo đường chấm chấm trên hình vẽ) thành một võng trũng. Võng này bị các vòm chặn về phía Tây, Bắc, Nam và chỉ ra phía Đông - phía biển. Từ chậu trũng Sơn Hà đi về phía Đông võng trũng mở rộng ra biển với một chiều dài suốt từ vụng Dung Quất đến quá cửa sông Lại Giang và thị trấn Hoài Nhơn của tỉnh Bình Định. Trong dãy các chậu trũng phân bố dày đặc ở ven biển, dọc QL 1, có nhiều cái có kích thước đáng kể như chậu Bình Sơn, cửa ngõ của sông Trà Bồng đổ ra vịnh Dung Quất phải đạt tới đường kính 20 - 22 km. Phía Bắc và phía Nam thị xã Quảng Ngãi cũng có hai chậu tương đối lớn là Sơn Tịnh ở phía Bắc và sông Vệ ở phía Nam cũng có đường kính khoảng 17 - 20 km. Tiếp đó, các chậu trũng Mộ Đức, Đức Phổ phân bố dọc QL 1 và các chậu trũng Nghĩa Hành, Ba Tơ và An Lão cũng phải có đường kính xấp xỉ từ 15 - 20 km. Trong tương lai, nếu võng này cứ tiếp tục lún xuống có thể nước biển sẽ tràn vào. Các vòm nhỏ Trà Tây ở phía Bắc và núi Đá Vách ở phía Đông chậu trũng Sơn Hà sẽ dần trở thành những hải đảo. Đó là động thái biển lấn gây xói lở bờ nghiêm trọng (hình 4.4).

Xói, sạt lở ở khu vực trọng điểm Sa Huỳnh vẫn tiếp tục tăng qui mô mở rộng về phía Tây Nam, cường độ trung bình giảm dần so với hiện nay. Sau năm 2050 khi cung xói đã đạt mức tới hạn thì dừng lại bờ biển sẽ ở trạng thái cân bằng xảy ra bồi xói xen kẽ với mức độ nhỏ.

❖ ***Vùng ven biển cửa sông Phú Yên***

Đổ ra cửa biển vùng Phú Yên là sông Ba và sông Kỳ Lộ ở phía Bắc. Hai con sông này chảy theo hướng cung quay tâm ra biển Đông còn ranh giới phân chia lưu vực của chúng là một đường phân thuỷ zích zắc. Nếu bắt đầu đường zích zắc này từ đèo Cù Mông, ranh giới giữa Phú Yên và Bình Định đi về phía Tây Bắc đến vùng Kon Plông gặp vòm Ngọc Rô (1549 m) ở gần thị trấn Măng Đen trên đường ô tô từ Kon Tum đi Ba Tơ và Sơn Hà rồi rẽ trái qua một vài chậu trũng đến vòm Bazan Pleiku, theo đường QL 14 về chậu trũng Chư Sê tới các vòm Chư Đgiu (1238 m), Chư Hle (hoặc tên gọi khác là Chư Du: 1098 m) có cấu tạo địa mạo đặc biệt như đã nêu, kết thúc phương Đông Nam song song với dải Trường Sơn và bắt đầu từ vòm Hòn Chẻo (1564 m) tiếp theo, đường phân thuỷ zich zắc lại bắt đầu chuyển theo phương Đông Bắc của dải (theo bản đồ địa hình 1: 500.000 của cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước in năm 1979) đến vòm Đá Chồng (604 m) ngay sát Đèo Cả gần mũi Nạy, mũi Đại Lãnh.

Toàn bộ các vòm, chậu trũng trong vùng phân bố theo những cánh cung đồng tâm với đứt gãy cánh cung sông Ba và ta có thể chia chúng thành 4 dãy cánh cung của những cấu trúc.

Cánh cung thứ nhất I: Chủ yếu là các vòm ở dải núi bên bờ phải sông Ba. Đó là các cấu trúc:

1) Vòm núi Hòn Chẻo cao 1564 m.
2) Vòm Chư Du (hoặc Chư Hle) cao 1098 m.
3) Vòm Chư Dgiu cao 1230 m.
4) Chậu trũng Chư Sê.
5) Vòm Pleiku cao khoảng 1000 m.

Cánh cung thứ II:

1) Vòm Đá Chồng cao 684 m, ngay ở phía Tây Đèo Cả
2) Chậu trũng Sơn Hoà ở cửa sông Hinh đổ vào sông Ba.
3) Chậu trũng Crông Ba cửa sông Ia Crông Hnăng đổ vào sông Ba

4) Chậu trũng Cheo Reo - cửa sông Ia Adun từ vòm Pleiku về chảy và đổ vào sông Ba.

5) Vòm Chư Rpan cao 1571 m.

Cánh cung thứ ba III:

1) Chậu trũng Tuy Hoà ở cửa sông Đà Rằng.

2) Vòm cao nguyên Vân Hoà ngay ở phía Bắc của cầu Đà Rằng.

3) Vòm Chư Bleo cao 838 m.

4) Chậu trũng Ia Guin: nhánh của sông Ba.

Cánh cung thứ tư IV:

1) Chậu trũng vụng Xuân Đài nằm ngay ở cửa sông Kỳ Lộ chảy vào vụng Xuân Đài, phía Nam trung tâm của cấu trúc vòng Sông Cầu.

2) Chậu trũng Đak Rec cut thuộc rìa của cấu trúc vòm Sông Cầu.

3) Chậu trũng Công Rơđê cao 1017 m.

4) Vòm đèo Măng Yang nằm ở phía Tây Bắc An Khê.

5) Chậu trũng Ca Kinh cao 1761 m hình thành trên cửa suối DakLô đổ vào sông Ba.

6) Vòm Ngọc Rô cao 1543 m ở khu vực Kon Plông.

Ta thấy ngay rằng ở vùng trung và hạ lưu sông Ba và sông Kỳ Lộ, dọc theo các sông phân bố chủ yếu là các chậu trũng. Khi nối tâm các chậu trũng trên mỗi dòng sông sẽ thấy chúng tạo thành hai cánh cung quay bề lõm về phía tâm ở ngoài khơi bán đảo Phước Mai. Sự sụt lún này rất tương phản với sự nhô cao của các vòm nâng. Kết quả của sự đang sụt lún của dãy các chậu trũng và đang nâng lên của các dãy núi có các vòm sẽ tạo nên những nếp oằn của vỏ trái đất. So với các vòm thì diện tích các chậu trũng (biểu thị bằng đường chấm chấm) có kém hơn, nhưng nó ẩn chứa tiềm năng ngày càng oằn võng, chờ đợi mưa lũ để ngập lụt. Trong tương lai, các chậu trũng gần bờ có thể bị ngập khi biển lấn (hình 4.5).

Xói lở bờ biển Phú Yên tiếp tục tăng quy mô và cường độ tại các khu vực Phú Hanh, Phú Sơn, Phú Quý, Phú Hiệp, An Nhơn, thị xã Tuy Hoà. Riêng khu vực trọng điểm Xuân Hải xói lở sẽ dịch chuyển mở rộng về phía Đông Nam với cường độ tăng dần thêm 11,5%, 18% và 29% vào các năm 2020, 2050, 2100.

Sau đây là kết quả dự báo xu thế xói lở - bồi tụ ở một số khu vực trọng điểm ven biển cửa sông miền Trung bằng mô hình số trị thuỷ động.

4.2.2.1. Dự báo xu thế xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Thừa Thiên - Huế (từ Hải Dương đến cửa Tư Hiền) bằng mô hình số trị thuỷ động

Vùng nghiên cứu dự báo là sát bờ (chủ yếu từ vùng sóng đổ trở vào bờ), chuyển động của các hạt nước và các hạt vật chất khác là chuyển động rối. Theo [17],[117] cho thấy dòng sóng trong dòng chảy tổng hợp đóng vai trò chủ yếu, còn dòng triều và dòng gió có trị số rất nhỏ do ở khu vực nước nông ven bờ. Cũng vì lý do đó, để đơn giản, bài toán chỉ xét động lực xẩy ra ven bờ do sóng là chủ yếu. Vì dự báo dài hạn theo nhiều năm, cho nên yếu tố sóng bão không đưa vào đây.

a) Hệ phương trình của mô hình dòng chảy tổng hợp

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=-g\frac{\partial \xi}{\partial x}+lv+\phi_1 \tag{4.60}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=-g\frac{\partial \xi}{\partial y}-lu+\phi_2 \tag{4.61}$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t}+\frac{\partial Hu}{\partial x}+\frac{\partial Hv}{\partial y}=0 \tag{4.62}$$

$$\phi_1=-gu\frac{\sqrt{u^2+v^2}}{C^2H}+D\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial u^2}{\partial y^2}\right)+\frac{\tau x}{\rho H}-R_x$$

$$\phi_2=-gv\frac{\sqrt{u^2+v^2}}{C^2H}+D\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial v^2}{\partial y^2}\right)+\frac{\tau y}{\rho H}-R_y$$

Trong đó:

x,y: tọa độ Đề Các 2 chiều

u, v: các thành phần vận tốc trung bình theo x và y

ξ: độ cao mặt nước so với mặt chuẩn

g: gia tốc trọng trường

C: hệ số chezy

H = ξ+h là độ sâu nước, h (x,y) - cao trình đáy

t: thời gian

l: thông số Criolis

τ_x, τ_y: ứng suất gió bề mặt theo trục x và y.

R_x, R_y: bức xạ sóng theo chiều x và y

D: hệ số khuyếch tán rối.

b) Phương trình của mô hình dòng vận chuyển bùn cát (VCBC), biến đổi đáy và đường bờ

❖ ***Mô hình dòng vận chuyển bùn cát lơ lửng***

$$\frac{\partial c}{\partial t}+\frac{\partial cu}{\partial x}+\frac{\partial cv}{\partial y}-w_f\frac{\partial c}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\nu\frac{\partial c}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\nu\frac{\partial c}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial c}{\partial z}\right) \qquad (4.63)$$

Trong đó:

c: nồng độ bùn cát theo tọa độ x, y, z

u, v: tốc độ dòng chảy theo trục x, y được tính theo quy luật lôga.

w_f: tốc độ sa lắng

ν: hệ số rối theo chiều ngang

μ: hệ số rối theo chiều thẳng đứng

- Dòng VCBC lơ lửng được tính:

$$q_{sx}=\int_{-h+a}^{0} u\,c\,dz \quad ; \quad q_{sy}=\int_{-h+a}^{0} v\,c\,dz$$

Trong đó a là độ gồ ghề đáy.

❖ ***Mô hình dòng vận chuyển bùn cát đáy***

$$q_{bx} = 5.D_{50}\frac{u}{c}\sqrt{g}\exp\left\{\frac{-0.27\Delta\rho C^2 D_{50}}{\mu u^2\left[1+\frac{1}{2}\left(\xi\frac{u_b}{u}\right)^2\right]}\right\} \quad (4.64)$$

Tương tự q_{by} thay u bằng v

Trong đó $\Delta\rho = \frac{(\rho_s - \rho_n)}{\rho_n}$

ρ_s: mật độ cát

ρ_n: mật độ nước

D_{50}: đường kính hạt 50%

C: hệ số chezy

μ: hằng số thực nghiệm

u: tốc độ đáy; u_b: tốc độ quỹ đạo sóng ở đáy

Cuối cùng tính được dòng VCBC theo các trục x và y.

$$q_x = q_{sx} + q_{bx}$$

$$q_y = q_{sy} + q_{by} \quad (4.65)$$

Theo Kiyoshi Horikawa có thể tính dòng VCBC do dòng:

$$q_{cx} = Q_c.u$$

$$q_{cy} = Q_c.v \quad (4.66)$$

$$Q_c = A_c(\tau - \tau_{cr})/\rho g$$

Trong đó: A_c: hằng số thực nghiệm

u, v: vận tốc dòng trung bình theo độ sâu

ρ: mật độ nước

g: gia tốc trọng trường

τ, τ_{cv}: ứng suất đáy và ứng suất tiêu chuẩn

Tính dòng VCBC do sóng:

$$q_{wx} = Q_n u_b \cos\alpha$$

$$q_{wy} = Q_n u_b \sin\alpha \qquad (4.67)$$

$$Q_n = A_n (\tau - \tau_{cr}) / \rho g$$

Trong đó: A_n: hằng số thực nghiệm, α: góc tia sóng với đường đẳng sâu.

Cuối cùng tính được:

$$q_x = q_{cx} + q_{wx}$$

$$q_y = q_y + q_{wy}$$

❖ ***Tính dòng vận chuyển bùn cát bằng phương pháp Bijker***

Dòng VCBC tổng cộng là:

$S = S_b + S_s$ (m^3/s)

Trong đó S_b là dòng VCBC đáy, S_s dòng VCBC lơ lửng

$$Sb = b.\, D_{50} \frac{v}{C}\sqrt{g}\, \exp\left\{\frac{-0.27\Delta D_{50} C^2}{\mu v^2\left[1+0.5\xi\left(\frac{u_b}{v}\right)^2\right]}\right\} \qquad (4.68)$$

D_{50}: đường kính hạt 50%

Δ: mật độ tương đối

r_c: độ nhám đáy

C: hệ số chezy

w: tốc độ sa lắng (m/s)

u_b: tốc độ quĩ đạo (m/s)

μ: hệ số

ξ: hệ số

Dòng VCBC lơ lửng:

$$Ss = 1.83Sb\left[I_1 l_n\left(\frac{33d}{r_e}\right) + I_2\right] \quad (4.69)$$

Trong đó: d là độ sâu (m)

I_1, I_2 là 2 tích phân Einstein.

❖ ***Mô hình tính biến đổi địa hình đáy (BĐĐHĐ)***

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(q_{sx} + q_{bx}) + \frac{\partial}{\partial y}(q_{sy} + q_{by}) = s \quad (4.70)$$

$$s = \frac{\partial}{\partial t}\int_{-h}^{0} c dz$$

Hoặc tính đơn giản:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial qx}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \quad (4.71)$$

Trong đó: z_b: địa hình đáy; h: là độ sâu

$q_x = q_{sx} + q_{bx}$; $q_y = q_{sy} + q_{by}$

❖ ***Mô hình tính biến đổi đường bờ (BĐĐB)***

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{Ds}\left(\frac{\partial Q}{\partial y} - q\right) = 0 \quad (4.72)$$

Trong đó: Q: dòng VCBC dọc bờ

q: dòng VCBC ngang bờ

D_s: độ sâu giới hạn xói đáy

c) Miền tính

Miền tính là một hình chữ nhật trên bản đồ địa hình 1/7500, giới hạn bởi kinh - vĩ độ:107^{0}57'31" - 16^{0}22'22", 107^{0}56'32" - 16^{0}20'45", 107^{0}34'45" - 16^{0}36'8", 107^0 36'2" - 16^{0}38'15". Gốc tọa độ (0) lấy tại điểm có tọa độ: 107^{0}57'31" - 16^{0}22'22", trục ngang *0x* hướng từ biển khơi vào bờ, trục 0y hướng từ Đông Nam -

Tây Bắc. Trục *0x* dài 3750 m chia 51 điểm (x = 1,51), bước lưới 75 m; trục *0y* dài 47250 m, chia thành 91 điểm (y = 1,91), bước lưới 525 m.

d) Các tham số dùng trong tính toán

- Chỉ số sóng đổ: $\gamma = 0,78$
- Hệ số nhám đáy: rc = 0,06 m
- Đường kính hạt: D_{50} = 0,28 mm
- Đường kính hạt: D_{90} = 0,75 mm
- Mật độ nước biển: ρ = 1027 kg ($m^{3)}$
- Tốc độ sa lắng w = 0,06 m/s ứng với D_{50} = 0,4 mm.

e) Các số liệu đầu vào

- Kích thước miền tính: Lx = 3750, Ly = 47250 m, Δx = 75 m, Δy = 525 m, tổng số nút tính theo 0x: 51, tổng số nút tính theo 0y: 91. Đối với các phương trình mô phỏng sau:

❖ ***Phương trình sóng***

- Kích thước miền tính (như đã trình bày ở phần trên)
- Bản đồ địa hình đáy (đã được số hóa).
- Chỉ số sóng đổ
- Thời gian tính
- Điều kiện ban đầu (t = 0) mọi nút độ cao sóng bằng 0.
- Điều kiện biên:
  + Tại điểm x = 0, y = 0 (ngoài khơi): cho độ cao sóng ngoài khơi H, chu kỳ T, góc α so với đường bờ.
  + Tại bờ độ sâu h = 0, H = 0

❖ ***Phương trình dòng chảy***

- Kích thước miền tính (như đã trình bày ở phần trên)
- Bản đồ địa hình đáy đã số hóa
- Thời gian tính
- Bức xạ sóng theo chiều x, y, xy : Sx, Sy, Sxy (phương trình sóng đã tính)
- Điều kiện ban đầu: mọi nút u = v = ξ = 0 (ξ là dao động mực nước).
- Điều kiện biên:

  + Tại biên lỏng x = 0; v = 0, u = $\xi\sqrt{\frac{g}{h}}$

  + Tại bờ: áp dụng biên dính, không thấm, u = v = 0, $\frac{\partial \xi}{\partial n} = 0$

  + Tại biên lỏng hai bên hông: $\frac{\partial u}{\partial n} = 0$, $\frac{\partial v}{\partial n} = 0$, $\frac{\partial \xi}{\partial n} = 0$

❖ ***Phương trình tính dòng bùn cát***

- Kích thước miền tính
- Bản đồ địa hình đáy đã số hóa
- Thời gian tính
- Độ cao sóng H, góc α, độ dài sóng L, u, v, ξ đã tính được từ phương trình sóng, dòng.
- Các tham số dùng trong tính toán
- Tính theo phương pháp Kioshi Horikawa, đơn giản hơn, kết quả so sánh cơ bản tương tự như phương pháp Bijker và giải phương trình truyền tải khuyếch tán như đã trình bày.

❖ ***Phương trình biến đổi đáy, bồi xói ngang bờ***

- Kích thước miền tính
- Bản đồ địa hình đáy đã số hóa
- Thời gian tính
- Dòng vận chuyển bùn cát

f) Mô phỏng các quá trình động lực biển và hệ quả của chúng đối với đới bờ

Khu vực nghiên cứu trong năm chịu ảnh hưởng của 2 mùa gió: mùa gió Đông Bắc và mùa gió Tây Nam. Vì vậy, các hướng sóng ảnh hưởng trực tiếp đến đới bờ biển là: ESE, E, ENE, NE, NNE, N, NNW. Toàn bộ các phương trình mô phỏng động lực biển do sóng biên gây biến đổi địa hình đáy, bồi xói ngang bờ được mô tả bởi một chương trình tính (có tên BOOI-XOI) bằng ngôn ngữ PORTRAN với các môdul:

- Tính sóng
- Tính dòng ven bờ
- Tính dòng VCBC
- Tính biến đổi đáy và bồi xói ngang bờ

Thời gian tính là 24 giờ, các kết quả tính modul trước là giá trị ban đầu của modul tính sau.

g) Kết quả tính toán với các thông số sóng khác nhau

Hướng sóng ngoài khơi ESE, H = 1.54 m, T = 5.8s.

- Dòng ven bờ :

Kết quả tính trường vận tốc dòng ven bờ được thể hiện trên hình 2 (xem phụ lục 3). Hướng dòng chảy theo hướng đường bờ, chiều từ SE - NW, các đoạn bờ thẳng, hướng dòng gần như song song với đường bờ. Tốc độ dòng chảy có trị số lớn từ cửa Tư Hiền đến Vinh Xuân, các đoạn khác có trị số nhỏ hơn.

- Bồi - xói đáy biển:

Kết quả tính bồi - xói đáy được trình bày ở hình 3 (xem phụ lục 3). Theo kết quả tính sau một ngày đáy biển khu vực nghiên cứu bị xói ở một số đoạn, nơi có trường tốc độ lớn, số điểm xói nhiều hơn điểm bồi. Những nơi dòng ven bằng không, không có bồi - xói đáy. Các khu vực cửa Tư Hiền, Hòa Duân, phía Bắc cửa Thuận An là bồi, còn phía Nam cửa Thuận An là xói. Đáy các đoạn bờ khác có cả bồi - xói xen kẽ.

- Bồi - xói ngang bờ:

Kết quả tính bồi - xói ngang bờ cho ở hình 4 (xem phụ lục 3). Đoạn bờ phía Bắc cửa Tư Hiền xói, tiếp đó xói - bồi xen kẽ cho đến Vinh Xuân. Từ Vinh Xuân đến Bắc Phú Thuận gần như cả đoạn dài bị xói (trừ khu vực Phú Hải). Từ Hòa Duân trở đi là bồi.

Sóng ngoài khơi hướng E, H = 2 m, T = 6,3s

- Dòng ven bờ:

Kết quả trường vận tốc dòng ven bờ được trình bày ở hình 5 (xem phụ lục 3). Tốc độ dòng chảy lớn xuất hiện ở khu vực từ cửa Tư Hiền đến Vĩnh Xuân. Còn từ Vĩnh Xuân đến Hải Dương vận tốc rất nhỏ, thậm chí bằng không. Cả khu vực cửa Thuận An dòng gần như bằng không.

- Bồi - xói đáy biển:

Bồi xói đáy biển được trình bày ở hình 6 (xem phụ lục 3). Đáy biển dải ven bờ gần như toàn bộ bị xói. Tuy nhiên một vài nơi xuất hiện bồi nhưng diện tích rất nhỏ. Đã xuất hiện một dải hẹp song song với mép bờ là bồi. Qui mô xói lớn hơn trường sóng ESE.

- Bồi - xói ngang:

Tính kết quả bồi - xói ngang bờ cho ở hình 7 (xem phụ lục 3). Hình 7 cho thấy cả dải bờ miền tính gần như bồi.

Sóng ngoài khơi hướng ENE, H = 2,6 m, T = 7s

- Dòng ven bờ:

Kết quả tính trường vận tốc dòng ven bờ được trình bày ở hình 8 (xem phụ lục 3). Hướng và chiều dòng chảy tương tự như trường dòng chảy khi tính cho sóng ngoài khơi hướng E, nhưng có tốc độ lớn hơn.

- Bồi - xói đáy biển:

Bức tranh bồi - xói được trình bày ở hình 9 (xem phụ lục 3). Cũng tương tự như trong hình 6 (xem phụ lục 3), do độ lớn sóng ngoài khơi lớn, cho nên diện tích bồi - xói lan xa ra phía ngoài biển.

- Bồi - xói ngang bờ:

Trên hình 10 (xem phụ lục 3) kết quả tính bồi - xói ngang bờ, hầu như toàn bộ bờ miền tính được bồi.

Sóng ngoài khơi hướng NE, H = 2,6 m, T = 7,6s

- Dòng ven bờ:

Kết quả tính dòng ven bờ được trình bày ở hình 11 (xem phụ lục 3). Hướng sóng ngoài khơi ảnh hưởng rõ đến dòng ven, hướng dòng ngược hẳn 180^0 so với hướng dòng chảy tính cho các trường hợp trên, nghĩa là từ NW đến SE. Vì hướng sóng ngoài khơi gần như vuông góc với bờ, tốc độ dòng ven nhỏ.

- Bồi - xói đáy biển:

Bức tranh bồi - xói đáy biển được trình bày ở hình 12 (xem phụ lục 3). Sự thay đổi chiều dòng chảy ven bờ dẫn tới nhiều vị trí bồi - xói thay đổi lớn. Thí dụ cửa Tư Hiền và Thuận An đã xuất hiện thêm các điểm xói. Các vị trí khác được trình bày ở hình 12 (xem phụ lục 3).

- Bồi xói ngang bờ:

Bức tranh bồi xói ngang bờ được trình bày ở hình 13 (xem phụ lục 3). Bờ biển miền tính gần như không bồi - xói, chỉ trừ vài điểm giữa đoạn bờ từ Vĩnh Hải đến Vĩnh An.

Sóng ngoài khơi hướng NNE, H= 2,6 m, T = 7,6s

- Dòng ven bờ:

Dòng ven bờ được trình bày ở hình 14 (xem phụ lục 3). Hướng của dòng chảy ven bờ theo hướng đường bờ từ NW - SE, trường tốc độ dòng chảy có trị số mạnh hơn so với trường hợp tính cho hướng sóng ngoài khơi NE. Riêng đoạn bờ phía Nam cửa Thuận An, trị số dòng chảy xấp xỉ bằng không. Dòng ven cực đại có thể đạt 0,6 m/s.

- Bồi - xói đáy biển

Bức tranh phân bố bồi - xói đáy biển được trình bày ở hình 15 (phụ lục 3). Vùng sát bờ cửa Thuận An, Hòa Duân, Vĩnh Xuân là xói, còn các khu vực khác dải sát bờ là bồi. Tổng số các điểm bồi xuất hiện ra xa ngoài biển nhiều hơn so với trong trường hợp trường gió hướng Đông Bắc.

- Bồi - xói ngang bờ:

Bồi xói ngang bờ được trình bày ở hình 16 (xem phụ lục 3), cho thấy phía Bắc cửa Thuận An (bờ biển xã Hải Dương), bờ biển Hòa Duân, Thuận An (khu vực thị trấn), phía Bắc cửa Tư Hiền là xói và nhiều đoạn xen kẽ bồi - xói từ Phú Thuận đến cửa Tư Hiền. Phía Nam cửa Tư Hiền là bồi.

Sóng ngoài khơi hướng N, H = 2 m, T = 6,7s

- Dòng ven bờ:

Bức tranh dòng ven được trình bày ở hình 17 (xem phụ lục 3). Hướng và tốc độ dòng chảy tương tự như trường hợp tính cho sóng ngoài khơi hướng NNE.

- Bồi - xói đáy biển:

Bức tranh phân bố đáy biển được trình bày ở hình 18 (xem phụ lục 3). Các khu vực bồi - xói tương tự như hình 15 (xem phụ lục 3).

- Bồi - xói ngang bờ:

Bức tranh phân bố bồi - xói ngang được trình bày ở hình 19 (xem phụ lục 3). Các khu vực xói tương tự như trường sóng ngoài khơi hướng NNE. Riêng cửa Tư Hiền, khu vực sát bờ phía Bắc xuất hiện bồi.

Sóng ngoài khơi hướng NNW, H = 2 m, T = 6,7s.

- Dòng ven bờ:

Bức tranh phân bố trường vận tốc dòng ven bờ được trình bày ở hình 20 (xem phụ lục 3) cho thấy, hướng dòng chảy phân bố tương tự như trường hợp sóng ngoài khơi hướng Bắc, tuy nhiên tốc độ dòng ven nhỏ hơn, nhiều đoạn bờ từ Phú Hải đến Hòa Duân, cửa Thuận An tốc độ dòng ven bờ gần như bằng không.

- Bồi - xói đáy biển:

Bức tranh phân bố bồi - xói đáy biển được trình bày ở hình 21 (phụ lục 3), cho thấy bức tranh tương tự như hình 18 (xem phụ lục 3), nhưng qui mô nhỏ hơn. Dải ven bờ từ Phú Hải đến Phú Thuận không thấy xuất hiện bồi - xói.

- Bồi - xói ngang bờ:

Bức tranh bồi - xói ngang bờ được trình bày ở hình 22 (xem phụ lục 3), cho thấy nét cơ bản giống như tính toán cho trường sóng ngoài khơi hướng Bắc.

Tóm lại: Qua kết quả mô phỏng trường dòng chảy từ các trường sóng ngoài khơi đại diện cho 2 mùa gió: mùa gió Tây Nam và mùa gió Đông Bắc ảnh hưởng đến miền tính, đã hình thành 2 hướng dòng ven bờ:

+ Từ Đông Nam lên Tây Bắc gồm các hướng sóng ngoài khơi: ESE, E, ENE.
+ Từ Tây Bắc xuống Đông Nam gồm các hướng sóng ngoài khơi: NNW, N, NNE, NE.

Căn cứ vào kết quả tính toán ở trên, đã xác định được sóng ngoài khơi ảnh hưởng đáng kể đến khu vực nghiên cứu trong mùa gió mùa Đông Bắc là hướng NNE, H = 2,6 m, T = 7,6 s với thời gian 113 ngày; mùa gió mùa Đông Nam là hướng sóng ngoài khơi E, H = 2,04 m, T = 7,0 s với 109 ngày. Xét về định tính vào mùa hè số đoạn bồi nhiều hơn số đoạn xói, vào mùa đông thì ngược lại.

Đề tài cũng đã tính toán trường dòng chảy ven bờ trong mùa gió Đông Bắc (hay mùa lũ) cho riêng vùng cửa sông ven biển Thuận An. Kết quả tính toán được trình bày trên hình 24 (xem phụ lục 3). Ở đây, điều kiện biên dòng chảy lũ từ trong sông đưa ra có tốc độ là 1 m/s.

Kết quả tính toán cho thấy, phía Nam cửa Thuận An tạo thành 1 xoáy nghịch nhỏ, phía Nam cửa Thuận An đến Hòa Duân tạo thành 1 xoáy thuận, dòng sát bờ từ phía Nam cửa đến Hòa Duân mạnh, hướng NW - SE, ra xa ngoài biển dòng ngược lại, tốc độ nhỏ hơn nhiều lần.

Trên hình 25 (xem phụ lục 3) trình bày trường dòng chảy ven bờ biển Hòa Duân - Thuận An vào mùa gió Tây Nam (hay mùa cạn). Hướng dòng ven theo hướng bờ SE - NW. Tốc độ dòng ven khá mạnh xuất hiện ở Nam Hòa Duân, phía Nam cửa Thuận An, phía Bắc Hải Dương. Dải ven bờ Nam Hải Dương đến cửa Thuận An, Thuận An đến Hòa Duân tốc độ dòng ven nhỏ, xuất hiện xoáy nhỏ ở Bắc Thuận An và khu vực đập Hòa Duân.

h) Mô phỏng và dự báo biến đổi đáy, bồi xói ngang bờ

❖ ***Miền tính***

Do yêu cầu mức độ chính xác mỗi khu vực khác nhau, miền tính (từ cửa Tư Hiền đến Hải Dương) được chia thành 2 miền nhỏ:

Miền 1: Bờ biển Hòa Duân - Hải Dương, nằm trên bản đồ 1/10000 là hình chữ nhật giới hạn bởi các tọa độ địa lý: $107^0$40'31" - $16^0$35'20", $107^0$40'31" - $16^0$32'54", $107^0$36'8" - $16^0$32'54", $108^0$36'08" - $16^0$35'20". Gốc tọa độ 0xy tại $107^0$40'31" - $16^0$35'20", trục 0x dài 4450 m, hướng từ N - S, được chia 90 điểm (x = 1,90), bước lưới 50 m; độ dài 0y 7800 m hướng từ E - W, được chia 79 điểm (y = 1,79), bước lưới 100 m.

Miền 2: Bờ biển cửa Tư Hiền - Phú Thuận, nằm trên bản đồ tỉ lệ 1/75000, là hình chữ nhật giới hạn bởi các tọa độ địa lý:$107^0$57'31" - $16^0$22'22", $107^0$56'32" - $16^0$20'45", $107^0$41'27" - $16^0$31'32", $107^0$41'27" - $16^0$34'20". Gốc tọa độ lấy tại điểm có tọa độ: $107^0$57'31" - $16^0$22'22". Trục 0x hướng từ biển vào bờ, độ dài 3750 m, được chia 51 điểm (x = 1,51), bước lưới 75 m; trục oy hướng từ SE - NW, độ dài 35175 m, bước lưới 525 m.

Thời gian dự báo cho các năm: 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.

❖ ***Điều kiện biên***

- Đối với mùa gió Đông Bắc, tính sóng ngoài khơi hướng NNE, H = 2,6 m, T = 7,6 s với thời gian 113 ngày.

- Đối với mùa gió Tây Nam, tính sóng ngoài khơi hướng E, H = 2,04 m, T = 7 s với thời gian 109 ngày.

- Các điều kiện ban đầu, biên: áp dụng trình tự tính lan truyền sóng, dòng ven bờ, dòng vận chuyển bùn cát, biến đổi đáy, bồi - xói ngang bờ như đã trình bày ở trên.

i) Kết quả mô phỏng định lượng biến đổi đáy, bồi xói ngang bờ trong năm

Chương trình tính đã được hiệu chỉnh với số liệu bồi - xói ngang theo tài liệu khảo sát thực tế của chuyên đề vào tháng IX/2003. Tính biến đổi địa hình đáy, bồi - xói ngang bờ theo 2 mùa trong năm: mùa gió mùa Đông Bắc (tương ứng mùa đông), mùa gió mùa Tây Nam (tương ứng mùa hè).

❖ ***Miền tính 1***

- Bồi - xói đáy vào mùa đông:

Dải sát bờ Hải Dương là bồi, tốc độ trung bình 0,1 m/mùa đông. Giữa cửa Thuận An không thấy xuất hiện biến đổi địa hình đáy. Tình trạng dải sát bờ bồi, ra biển xa hơn là xói cũng xảy ra từ Nam cửa Thuận An đến Hòa Duân. Riêng phần phía Nam Hòa Duân, phần đất Phú Thuận sát bờ bồi mạnh (x = 88, y = 1), bồi tốc độ 0,2 - 0,3 m/ mùa đông. Khu vực mũi bờ phía Nam cửa Thuận An đáy bồi ra xa ngoài biển đến 300 - 400 m.

Vào mùa hè, gần như cả dải ven bờ là bồi, tốc độ có thể 0,2 m/mùa hè. Giữa cửa Thuận An đã xuất hiện một vài điểm bồi, tốc độ 0,1 m/mùa hè, khu vực sát bờ Phú Thuận bồi 0,2 - 0,4 m/mùa hè. Tuy vậy vẫn tồn tại 1 dải xói ở phía ngoài với tốc độ 0,1 m/mùa hè.

- Nếu tính trung bình năm, dải ven bờ Hải Dương được bồi tốc độ 0,2 m/năm. Phía Bắc cửa Thuận An phần đáy sát bờ cũng được bồi, ra xa bờ đáy bị xói, tốc độ 0.2m/năm (x = 50, y = 57). Đặc biệt hố xói mùa hè năm 1999 đã khoét ở cửa Thuận An có độ sâu 18 m kéo dài ra phía Đông đến tọa độ (x =11, y = 57), trở ra phía Đông đang bị xói, đạt 0,2 - 0,3 m/năm. Ở khu vực tọa độ (x = 25, y = 51) đang bị xói tốc độ 0,2 - 0,3 m/năm. Dải sát bờ từ Thuận An đến Hòa Duân là bồi, ra xa một chút là xói. Khu vực đáy Phú Thuận bồi có thể đạt 0,4 - 0,6 m/năm. Khu

vực đáy xa bờ 400 - 500 m của Hòa Duân tạo thành vệt xói song song với bờ, tốc độ 0,1 m/năm.

- Bồi - xói ngang bờ vào mùa đông, hè, năm được trình bày ở hình 26 - phụ lục 3. Trên hình 26 cho thấy: mùa gió Đông Bắc (đường số 1 hình 26 - phụ lục 3) đã gây xói bờ ngang dọc suốt bờ biển Hải Dương, tốc độ mạnh nhất ở tọa độ (y = 62 - 65) là 10 - 12 m/mùa đông, các điểm khác dao động 1 - 7 m/mùa đông. Riêng đoạn bờ phía Bắc cửa Thuận An là bồi, tốc độ 2 - 5 m/mùa đông.

Đoạn bờ từ Bắc Thuận An đến cửa Thuận An (cách cửa Thuận An 2000 m về phía Nam) là bồi. Riêng đoạn bờ Nam cửa Thuận An bồi rất mạnh với tốc độ 7 - 13 m/mùa đông, lui về phía Nam tốc độ bồi giảm 0,2 - 5 m/mùa đông. Đoàn bờ từ Thuận An (thị trấn) đến cửa đập Hòa Duân là xói, tốc độ xói trên dưới 2 m/mùa đông, phía Bắc cửa Hòa Duân xói mạnh trên 2 m/mùa đông. Bờ biển trước đập Hòa Duân bồi mạnh, tốc độ 0,5 - 3 m/mùa đông. Khu vực phía Nam đập xói trên dưới 1 m/mùa đông. Mùa gió Tây Nam, bồi - xói ngang bờ được trình bày ở đường số 2 hình 26 - phụ lục 3. Suốt dải bờ biển Hải Dương bồi, mạnh nhất ở tọa độ (y = 62 - 63) với tốc độ 5 - 14 m/mùa hè. Riêng bờ phía Bắc cửa Thuận An là xói, tốc độ 1 - 10 m/mùa hè. Riêng đoạn bờ mũi phía Nam cửa Thuận An vẫn tiếp tục bồi, tốc độ 2 - 5 m/mùa hè. Đoạn bờ Thuận An tọa độ (y = 43 - 52) xói mạnh, tốc độ 1 - 10 m/mùa hè, phần bờ còn lại đến Hòa Duân gần như là bồi. Đặc biệt khu vực đập Hòa Duân vẫn bồi mạnh, tốc độ 1 - 3 m/mùa hè, phía Nam đập xói tốc độ 1 - 4 m/mùa hè.

- Nếu tính trung bình năm (đường 3 hình 26 - phụ lục 3) cho thấy:

Phần phía Bắc Hải Dương xói, tốc độ khoảng trên dưới 1 m/năm; bờ tiếp theo là bồi; đoạn bờ sát cửa Thuận An xói mạnh, tốc độ 1 - 6 m/năm. Đoạn bờ Thuận An (y = 45 - 50) tốc độ xói mạnh 5 - 9 m/năm. Phía Bắc và Nam đập Hòa Duân xói mạnh, tốc độ 2 - 4 m/năm. Khu vực bờ trước đập Hòa Duân thì bồi tốc độ 2 - 3 m/năm.

So sánh với tài liệu khác [119] và tài liệu khảo sát đo đạc thực tế, các điểm bồi - xói ngang bờ khá phù hợp, cường độ bồi - xói có thể chấp nhận được và hiệu chỉnh mô hình cho miền 1 cũng được áp dụng cho tính miền 2.

❖ ***Miền tính 2:***

- Mùa đông dải đáy sát bờ miền tính là bồi, từ Phú Thuận đến Phú Diên tốc độ bồi 0,2 - 0,3 m/mùa đông, phần bờ còn lại tốc độ bồi chỉ 0,1 - 0,2 m/mùa đông. Dải đáy xa hơn ra phía ngoài biển là xói tốc độ 0,1 - 0,2 m/mùa đông. Khu vực đáy cửa Tư Hiền bồi kéo dài ra phía Đông, cách xa cửa đến 400 - 500 m với tốc độ 0,1 m/mùa đông.

Mùa hè dải sát bờ là bồi với tốc độ 0,1 m/mùa hè. Dải đáy ra xa hơn là xói với tốc độ 0,1 m/mùa hè.

- Nếu tính trung bình năm, dải đáy sát bờ miền tính từ Phú Thuận đến Vinh Xuân bồi khá mạnh, tốc độ trung bình 0,3 - 0,4 m/năm, phần bờ còn lại tốc độ bồi 0,1 - 0,2 m/năm. Dải đáy xa hơn là xói, tốc độ đạt 0,1 - 0,2 m/năm.

- Bồi xói ngang bờ vào mùa đông, hè và năm được trình bày ở hình 27 - phụ lục 3. Vào mùa đông (đường số 1) nhìn chung đường bờ từ Phú Thuận đến Tư Hiền xảy ra số đoạn xói nhiều hơn số đoạn bồi, tốc độ không lớn, thường vào cỡ 1 - 2 m/mùa đông, đáng kể xói lở thuộc bờ biển xã Vinh Thanh (y = 32 - 36) tốc độ 2 - 5 m/mùađông. Một số đoạn bồi cường độ không lớn, thí dụ phía Bắc cửa Tư Hiền chỉ khoảng 1 m/mùa đông hay Vinh Mỹ (y = 15 - 18), Phú Xuân (y = 51 - 54) với tốc độ trên dưới 1 m/mùa đông.

Vào mùa hè (đường số 2), tổng số đoạn bồi lớn hơn tổng số đoạn xói. Nhìn chung đường bờ ít biến đổi, chỉ biến động với tốc độ trên dưới 1 m/mùa hè.

- Nếu tính trung bình năm (đường 3) cho thấy đường bờ ít biến đổi. Riêng đoạn bờ từ Vĩnh An đến Vinh Thanh (y = 28 - 36) là xói mạnh hơn với tốc độ 2 - 5 m/năm, các khu khác xói trên dưới 1 m/năm.

Đánh giá chung đoạn bờ miền 2 ít biến động lớn hơn nhiều miền 1.

k) Kết quả dự báo biến đổi địa hình đáy, bồi - xói ngang bờ cho các năm 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 bờ biển từ Hải Dương đến cửa Tư Hiền.

❖ ***Miền tính 1:***

Biến đổi địa hình đáy:

Kết quả dự báo biến đổi địa hình đáy theo các mặt cắt (hình 28 - phụ lục 3) cho các năm: 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 1010 cho thấy:

- Mặt cắt đáy số 1 (y = 18) tại khu vực Hòa Duân (hình 29 - phụ lục 3). Biến đổi mặt cắt đáy gần như dao động sóng tắt dần ra phía biển. Ở sát bờ biên độ lớn, càng ra ngoài biển biên độ càng nhỏ. Dải sát bờ bồi, đáy đang được nâng lên theo các năm (điểm giữa dải năm 2004: 0,6 m, 2007: 1,5 m, 2010: 2,5 m); dải tiếp theo là xói đáy đang hạ thấp (điểm giữa năm 2004 : 0,4 m, 2010: 1,5 m); dải tiếp theo là bồi (điểm giữa 2010: 0,5 m); dải tiếp là xói. Cách bờ khoảng 1000 m đáy biển gần như không biến đổi.

- Mặt cắt số 2 (y =27), tại khu vực bãi tắm Thuận An (hình 30 - phụ lục 3): dải sát bờ tiếp tục bồi (điểm giữa 2004: 0,7 m, 2010: 2,7 m), cách bờ chừng 200 m là xói, đáy bị bào mòn có thể đạt 1,3 m vào năm 2010.

- Mặt cắt số 3 (y = 45), cách cửa Thuận An khoảng 800 m về phía Nam (hình 31 - phụ lục 3).

Dáng điệu biến đổi địa hình đáy như mặt cắt số 2. Dải bồi sát bờ có độ rộng chừng 150 m, năm 2004 bồi 0,3 m, năm 2005 bồi 1,2 m. Tiếp là dải xói, có thể năm 2004 xói mất 0,3 m, 2010: 1,3 m.

- Mặt cắt đáy số 4 (y = 53) thuộc phía Nam cửa Thuận An (hình 32 - phụ lục 3).

Dải đáy sát bờ biến đổi rất ít, cách bờ khoảng 800 m có thể xuất hiện dải bồi phát triển khá mạnh, điểm giữa năm 2004: 0,3 m, năm 2010: 1,4 m. Có thể dải cát bồi này sẽ tạo thành bar ở phía Nam cửa Thuận An. Tiếp là dải xói, bồi xen kẽ (hình 32 -phụ lục 3).

- Mặt cắt đáy số 4 (y = 57), phía Bắc cửa Thuận An (hình 33 - phụ lục 3):

Dải sát bờ đáy được nâng lên (giữa dải năm 2004: 0,5 m, 2010: 2,2 m); tiếp là dải bị xói, đáy bị bào mòn mạnh, điểm giữa dải vào 2010 có thể đạt 1,6 m; các dải tiếp là bồi, xói xen kẽ có độ lớn nhỏ dần.

- Mặt cắt đáy số 6 (y = 67), bờ biển xã Hải Dương (hình 34 - phụ lục 3):

Dải sát bờ đáy được bồi (điểm giữa dải năm 2004: 0,5 m, năm 2010: 2,4 m). Cách bờ khoảng 150 m là dải xói, đáy đang bị hạ thấp (điểm giữa năm 2004: 0,5 m, năm 2010: 1,7 m); tiếp đó là dải bồi, xói xen kẽ.

Dự báo bồi - xói ngang bờ

Kết quả dự báo cho thấy (bảng 2, hình 35 - phụ lục 3): từ năm 2002 đến 2010 bờ biển miền tính không ổn định, mức độ biến động ở mỗi khu vực khác nhau. Bờ biển xã Hải Dương bị xói, khu vực xói mạnh (y = 64) cách cửa Thuận An khoảng 700 - 800 m về phía Bắc, năm 2004 sẽ xói mất 34,4 m, năm 2007: 51,8 m, 2010: 65,2 m. Đoạn sát cửa Thuận An (nằm ở phía Bắc cửa) bồi, xu hướng bồi giảm: năm 2004 là 9,8 m, đến 2010: 5 m. Bờ biển phía Nam cửa Thuận An bồi mạnh (đoạn bồi này dài chừng 1000 m), vị trí bồi mạnh nhất (y = 49) lấn ra biển theo các năm: 2004 là 30,1 m, 2007 là 44 m, 2010 là 51,2 m. Bờ biển từ Bắc thôn Thái Dương Hạ (y = 43) đến Bắc đập Hòa Duân là xói. Bờ biển thôn Thái Dương Hạ xói mạnh, năm 2004: 25,3 m, năm 2010: 32,6 m. Phía Bắc đập Hòa Duân (y = 22) tiếp tục xói, năm 2004: 5 m, 2007: 6,7 m, 2010: 7,4 m. Bờ biển trước đập Hòa Duân đang được bồi (y =16), năm 2004: 10,4 m, 2007: 15,2 m, 2010: 18,1 m. Bờ biển phía Nam thôn Hòa Duân tiếp tục xói (y = 7), năm 2004: 8,3 m, năm 2010: 8,7 m.

❖ ***Miền tính 2***

Biến đổi địa hình đáy

Kết quả dự báo biến đổi địa hình đáy theo các năm 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 cho thấy:

- Mặt cắt đáy số 7 (y = 4) tại cửa Tư Hiền (hình 36 - phụ lục 3). Dải bồi ven bờ khá rộng đến 900 m. Cách bờ khoảng 600 - 700 m đang bồi (năm 2004: 0,3 m, năm 2010: 0,8 m); tiếp đó là dải xói (giữa dải năm 2004: 0,3 m, 2010: 1,3 m).

- Mặt cắt đáy số 8 (y = 42), tại khu vực Vĩnh Xuân (hình 37 - phụ lục 3) dải sát ven bờ bồi, điểm giữa dải 2004: 0,3 m, 2010: 1,4 m; tiếp là dải xói, điểm giữa dải năm 2004: 0,3 m, 2010: 1,3 m.

- Mặt cắt số 9 (y = 61), tại khu vực Phú Hải (hình 38 - phụ lục 3).

Dải sát ven bờ là bồi, tăng theo thời gian (điểm giữa dải 2004: 0,4 m, 2010: 1,5 m); tiếp là dải xói (điểm giữa dải năm 2004: 0,3 m, năm 2010: 1,2 m).

Dự báo bồi - xói ngang bờ

Từ kết quả dự báo cho thấy (bảng 3, hình 39 - phụ lục 3): từ năm 2002 đến năm 2010 bờ biển miền tính ổn định hơn so với miền 1. Đặc biệt bờ biển từ cửa Tư Hiền đến Vĩnh An và Phú Diễn đến Phú Thuận bờ ít biến động. Riêng đoạn bờ từ Vĩnh An đến Phú Diễn xói đáng kể, bờ biển xã Vĩnh Thanh xói mạnh nhất (năm 2004: 11,8 m, 2007: 18,4 m, 2010: 23,8 m) (hình 39 - phụ lục 3).

4.2.2.2. Dự báo xu thế xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông Đà Rằng bằng mô hình số trị thuỷ động

Trong khuôn khổ sử dụng phương pháp mô hình hoá nghiên cứu xói lở - bồi tụ, chúng tôi tập trung giải quyết vấn đề đối với quy mô vừa và lớn cho phép đưa ra các kết quả tính toán và dự báo hiện tượng xói lở - bồi tụ trong khoảng thời gian hàng tháng và năm đáp ứng yêu cầu quy hoạch và quản lý đới ven biển khu vực nghiên cứu. Với quy mô biến động này, các tác động chủ yếu là những đặc trưng chế độ thuỷ thạch động lực học sông - biển. Kết quả của những tác động đó hình thành nên quy luật biến động theo tháng, mùa và giữa các năm.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu trước đây, đặc biệt các kết quả triển khai của đề tài từ năm 2002, quy trình tính toán và dự báo xói lở bờ biển và cửa sông quy mô vừa đã được cụ thể hoá từng công đoạn và được triển khai thử nghiệm cho vùng nghiên cứu là cửa sông Đà Rằng. Những kết quả thử nghiệm đã cho phép từng bước hoàn thiện quy trình và những kết quả trình bày dưới đây thể hiện từng bước cụ thể của quy trình đó.

Có thể tóm tắt quy trình này theo một số bước cơ bản sau đây:

+ Thiết lập các dữ liệu đầu vào, các tác động chủ yếu lên quá trình bồi xói cho khu vực nghiên cứu.
+ Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực vùng cửa sông và đới bờ
+ Tính toán và dự báo biến đổi bờ biển và cửa sông.

Một mặt, quy trình này cần được thiết lập trên cơ sở các yêu cầu khoa học phổ dụng đã được khẳng định trong những tài liệu hướng dẫn quốc tế, mặt khác, quy trình đưa ra cũng phải phù hợp với điều kiện thực tế số liệu và kết quả nghiên cứu của Việt Nam.

Với các bước nghiên cứu, triển khai và kiểm nghiệm quy trình có thể đánh giá được mức độ ảnh hưởng của các quy mô tác động khác nhau đến bức tranh xói lở - bồi tụ thực tế của từng khu vực, từ đó cho phép hoàn thiện và bổ sung quy trình theo hướng tham số hoá hoặc kết hợp các quá trình đa quy mô căn cứ theo yêu cầu và mức độ phát triển khoa học công nghệ biển.

Sau đây là quy trình và kết quả nghiên cứu dự báo quá trình bồi - xói khu vực cửa sông ven biển Đà Rằng:

Quy trình tính toán và dự báo có thể khái quát thông qua các nội dung chủ yếu sau:

- Thiết lập các dữ liệu đầu vào, các tác động chủ yếu lên quá trình bồi - xói cho khu vực nghiên cứu.
- Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực vùng cửa sông và đới bờ
- Tính toán và dự báo biến đổi bờ biển và cửa sông.

a) Thiết lập các dữ liệu đầu vào, các tác động chủ yếu lên quá trình bồi xói cho khu vực nghiên cứu

Bản đồ địa hình, đặc điểm trầm tích

Bản đồ địa hình, đặc điểm trầm tích khu vực nghiên cứu là những điều kiện đầu vào không thể thiếu được của quy trình tính toán. Kết quả cần đạt được ở đây chính là thiết lập được hiện trạng địa hình, đường bờ và các đặc trưng trầm tích làm cơ sở cho việc mô tả, nghiên cứu, tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực cũng như tính toán và dự báo bồi tụ, xói lở.

Bản đồ địa hình khu vực nghiên cứu với những tỷ lệ khác nhau phục vụ cho việc triển khai tính toán theo từng quy mô của các quá trình: quy mô lớn cho bài toán tính sóng ngoài khơi, quy mô nhỏ cho tính toán vận chuyển trầm tích và bồi, xói.

Sử dụng các bản đồ địa hình số hoá cho phép triển khai mô hình sóng biển khơi với lưới tính phù hợp cho phép trích được số liệu sóng tại một số điểm (tối thiểu) ngoài khơi tiếp giáp với khu vực nghiên cứu. Hiện tại chúng ta có thể sử dụng lưới tính 1/4 độ kinh vĩ cho toàn biển Đông phục vụ triển khai mô hình WAM. Bản đồ địa hình này được xem tương ứng với đường bờ mực nước triều thấp nhất: 0 hải đồ.

Bản đồ tỷ lệ lớn cho khu vực nghiên cứu

Để sử dụng trong tính toán đã sử dụng bản đồ tỷ lệ lớn cho khu vực nghiên cứu. Bản đồ này phải đảm bảo yêu cầu triển khai tính toán lan truyền sóng trong đới ven bờ cũng như mô tả được diễn biến thực tế của đường bờ trong các điều kiện thuỷ động lực khác nhau. Như vậy bản đồ địa hình này cần có tỷ lệ lớn hơn 1: 10.000. Khác với các bản đồ địa hình biển khác, các bản đồ tỷ lệ lớn cho khu vực nghiên cứu phải cho phép mô tả diễn biến đường bờ tương ứng từ mực triều thấp nhất đến mực cao nhất. Với yêu cầu đó, việc đưa ra thông tin về địa hình dải ven biển là hết sức cần thiết, điều này trước đây chúng ta chưa quan tâm tới.

❖ ***Xác định đường cong trắc ngang (cân bằng điển hình) cho một số vị trí đặc trưng ven bờ về hai phía cửa sông và cửa sông***

Xác định đường cong trắc ngang thực tế

Trên cơ sở các kết quả đo vẽ chúng ta thu được các bản đồ địa hình cập nhật, điều này cho phép thiết lập các đường cong trắc ngang bãi tức thời. Những kết quả này có thể sử dụng để phân tích diễn biến xói lở, bồi tụ khu vực nghiên cứu.

Xác định đường cong trắc ngang cân bằng điển hình

Việc xác định đường cong trắc ngang cân bằng thông thường căn cứ theo các đặc trưng thuỷ động lực (chế độ sóng) và trầm tích đáy tại điểm nghiên cứu. Việc làm này sẽ đảm bảo độ chính xác tương đối, nếu như có được các đặc trưng chế độ khá hoàn chỉnh. Trong điều kiện hiện tại, chúng ta có thể xác định các đường cong trắc ngang cân bằng trên cơ sở những bản đồ địa hình đo vẽ ngẫu nhiên đối chiếu với các số liệu thuỷ động lực và trầm tích có được qua các đợt đo vẽ đó. Như vậy quy trình thiết lập đường cong trắc ngang cân bằng điển hình này cũng tương đối mềm dẻo và do đó độ chính xác của kết quả thu được cũng không cao.

Tuy nhiên căn cứ theo các kết quả nghiên cứu về vấn đề này trên thế giới, chúng ta vẫn có thể xây dựng được các đường cong trắc ngang này.

❖ ***Xác định trắc ngang cửa sông***

Xác định trắc ngang cửa sông cùng với bản đồ địa hình lạch sông - biển cho phép chúng ta mô tả diễn biến của quá trình lưu thông nước và trầm tích qua cửa sông và từ đó có thể xác định quy luật biến đổi, độ ổn định của lạch cửa sông.

❖ ***Xác định đặc trưng phân bố trầm tích đáy dọc theo các trắc ngang***

Phân bố trầm tích đáy, chủ yếu là loại và các kích thước đặc trưng, là những số liệu không thể thiếu được đối với tính toán vận chuyển trầm tích. Việc xác định các đặc trưng phân bố trầm tích, như đã nêu ở phần trên, cũng có thể dựa trên những đường cong trắc ngang cân bằng bờ biển và cửa sông vừa phân tích trên. Tuy nhiên do việc thiếu đồng bộ số liệu, chúng ta nhiều khi phải thiết lập chúng theo các phương pháp gián tiếp.

b) Chế độ khí tượng - thuỷ văn khu vực nghiên cứu

Chế độ khí tượng - thuỷ văn của khu vực nghiên cứu là nhân tố quan trọng quyết định chế độ thuỷ động lực khu vực, cho phép xác định các tác động chủ yếu trong quá trình bồi xói bờ biển, cửa sông và từ đó lựa chọn mô hình thích hợp tính toán và dự báo hiện tượng bồi xói.

Đối với bài toán đặt ra: tính toán và dự báo bồi - xói quy mô vừa, việc thu thập, phân tích, tính toán và thiết lập chế độ khí tượng, thuỷ văn cho từng tháng trong năm là hợp lý và khả thi hơn cả.

❖ ***Gió***

Trong khả năng số liệu hiện tại, việc sử dụng các mô hình sóng ven bờ từ số liệu gió chưa thể đưa ra các kết quả khả thi do chưa có được số liệu về chế độ gió đảm bảo tại khu vực nghiên cứu (chưa nói đến khó khăn lựa chọn và cài đặt mô hình). Như vậy, trong quy trình tính toán này, chúng ta sẽ sử dụng trường gió trên quy mô lớn để triển khai mô hình sóng ngoài khơi WAM. Tuy việc sử dụng số liệu gió hàng ốp, hàng ngày cũng cần được thử nghiệm, song trong điều kiện hiện tại chúng ta lựa chọn trường gió chế độ của 12 tháng là hợp lý nhất, số liệu này có thể

lấy từ các nguồn số liệu nước ngoài với việc đánh giá và bổ sung theo các điều kiện cụ thể.

Số liệu gió khu vực (địa phương) chủ yếu được sử dụng để đánh giá mức độ biến đổi của hoàn lưu nước.

❖ ***Mực nước***

Mực nước có thể xem là một trong những yếu tố quan trọng nhất đối với quá trình bồi xói bờ biển và cửa sông có triều. Tuy nhiên từ trước đến nay chúng ta chỉ mới chú trọng đến nó khi xem xét khu vực cửa sông, còn phần bờ biển còn ít được chú ý đến. Trong quy trình đưa ra ở đây, chúng tôi quan tâm đến mực nước biển với mục đích:

- Xác định đường bờ và địa hình đáy biển thực tế tương ứng với thời gian tác động của sóng nhằm chi tiết hoá diễn biến dòng vận chuyển trong đới sóng đổ (biến đổi).
- Xác định các đặc trưng thuỷ lực, dòng vận chuyển trầm tích (tại lạch cửa sông, thuỷ vực cửa sông) đáp ứng yêu cầu tính toán ổn định của lạch sông có triều.

❖ ***Dòng chảy***

Dòng chảy cần quan tâm ở đây bao gồm dòng chảy thường kỳ trong dải ven bờ và trên thuỷ vực cửa sông.

Dòng chảy thường kỳ trong dải ven bờ sẽ được sử dụng trong mô hình sóng ven bờ (STWAVE) thông qua hiệu ứng tương tác sóng - dòng chảy và trong mô hình vận chuyển trầm tích thông qua hiệu ứng tổng cộng sóng và dòng chảy. Tuy nhiên với khả năng số liệu hiện có cũng như thực tế chế độ dòng chảy trong dải ven biển chúng ta tạm thời chưa để ý đến tác động này.

Dòng chảy trên thuỷ vực cửa sông sẽ được sử dụng trong đánh giá ổn định cửa sông. Trong phần này lưu lượng nước sông là một yếu tố quan trọng cần được quan tâm tới. Hoàn lưu tại thuỷ vực cửa sông sẽ đáp ứng bài toán tính toán dự báo chi tiết xói lở cục bộ và cần được đưa vào quy trình trong giai đoạn tới.

❖ *Sóng*

Sóng là yếu tố tác động chủ yếu đối với quá trình bồi - xói bờ biển, đặc biệt các đặc trưng sóng trong đới ven bờ được sử dụng trực tiếp trong các mô hình vận chuyển trầm tích và biến động đới bờ. Do số liệu sóng thống kê trên vùng biển ngoài khơi nằm ngay ngoài vùng nghiên cứu chưa thể đáp ứng yêu cầu tính toán, chúng tôi phải sử dụng đến mô hình sóng đại dương WAM để chiết xuất các số liệu sóng theo yêu cầu. Số liệu sóng ngoài khơi được dẫn vào bờ theo các mô hình sóng ven bờ, chúng tôi cho rằng mô hình STWAVE có thể đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

Sóng ngoài khơi

Mô hình sóng ngoài khơi WAM với đầu vào là trường gió cung cấp cho ta đầy đủ các thông tin về sóng biển sâu, trong đó có các đặc trưng phổ sóng đáp ứng yêu cầu đầu vào cho các mô hình sóng ven bờ hiện đại như STWAVE. Như đã trình bày trong phần chế độ gió, trong khi chưa có được các số liệu liên tục và dài hạn của trường gió thực trên biển, chúng ta có thể yên tâm sử dụng các trường gió chế độ tháng để tính sóng.

Sóng trên biển ngoài đới sóng đổ

Sóng trên biển ngoài đới sóng đổ là đặc trưng quan trọng nhất cần thiết để triển khai các mô hình tính dòng chảy sóng dọc bờ cũng như các dòng vận chuyển trầm tích. Các đặc trưng sóng này thu được từ các mô hình lan truyền sóng ven bờ. Cần tiến hành mô phỏng sóng đối với từng mực nước triều khác nhau nhằm chính xác hoá số liệu trên biển ngoài đới sóng đổ (độ cao, hướng và chu kỳ sóng) phụ thuộc rất lớn vào địa hình đáy. Trong quy trình đưa ra, chúng ta có thể giới hạn các phương án tính sóng ven bờ đối với 3 trường hợp: mực triều thấp nhất, trung bình và cao nhất. Tuy nhiên việc xác định số lượng các phương án cần căn cứ theo điều kiện cụ thể của thuỷ vực và yêu cầu đặt ra cho bài toán dự báo. Sau đây chúng ta tìm hiểu sâu hơn cơ sở lý thuyết của mô hình sóng ven bờ STWAVE - một hợp phần của hệ các mô hình tính toán SMS mà chúng tôi khuyến nghị sử dụng sau này.

Trong mô hình STWAVE người ta đưa ra các giả thiết sau:

- *Độ dốc đáy nhỏ và bỏ qua phản xạ sóng.* STWAVE là mô hình nửa mặt phẳng, có nghĩa là năng lượng sóng chỉ có thể lan truyền từ ngoài khơi vào hướng bờ (± 87,5 độ từ trục x của lưới, thường là theo hướng gần vuông góc với bờ). Sóng phản xạ từ đường bờ hay từ đáy dốc chạy theo hướng ra ngoài nửa mặt phẳng này sẽ bỏ qua. Sóng tán xạ về phía trước, tức là sóng phản xạ nhưng chạy theo hướng x+ cũng bị bỏ qua.

- *Điều kiện đồng nhất không gian của sóng ngoài khơi.* Sự thay đổi về phổ của sóng theo biên ngoài khơi trong miền của mô hình hiếm khi được biết. Đối với những miền có kích thước tới hàng chục km, sự thay đổi này thường là nhỏ. Do đó phổ đầu vào trong STWAVE là hằng số theo biên ngoài khơi. Các version trong tương lai sẽ cho phép đầu vào thay đổi.

- *Sóng, dòng chảy và gió trong trạng thái ổn định.* STWAVE được xây dựng như một mô hình trạng thái ổn định. Trạng thái ổn định làm giảm thời gian tính toán và thích hợp khi điều kiện sóng thay đổi chậm hơn thời gian sóng đi qua một ô lưới. Đối với sự tạo sóng, giả thiết trạng thái ổn định có nghĩa là gió đã ổn định đủ lâu để sóng đạt được điều kiện đà sóng hạn chế hay phát triển hoàn toàn (sóng không bị hạn chế bởi thời gian của gió)

- *Sự khúc xạ và thay đổi độ sâu tuyến tính.* STWAVE chỉ tích hợp sự khúc xạ và thay đổi độ sâu tuyến tính, do đó không trình bày được sự phi đối xứng của sóng. Độ chính xác vì vậy giảm đi (độ cao sóng bị đánh giá thấp) khi các số Ursell lớn.

- *Dòng chảy có độ sâu đều.* Tương tác của dòng sóng trong mô hình dựa trên dòng không đổi trong khối nước. Nếu gradient thẳng đứng của dòng mạnh thì sự thay đổi trong khúc xạ và độ sâu không được đưa vào mô hình. Với hầu hết các ứng dụng không có trường các dòng chảy 3 chiều.

- *Ma sát đáy bị bỏ qua.* Sự quan trọng của ma sát đáy đối với sự phân tán của sóng đã được tranh luận nhiều trong các tài liệu về mô hình sóng. Ma sát đáy thường được dùng như một hệ số hiệu chỉnh để cho các kết quả của mô hình phù hợp với số liệu. Mặc dù ma sát đáy dễ dùng trong các mô hình sóng, xác định được hệ số ma sát thích hợp là khó. Khoảng cách lan truyền trong mô

hình gần bờ là tương đối nhỏ (hàng chục km), do đó sự phân tán của ma sát đáy tích luỹ là nhỏ. Vì vậy ma sát đáy bị bỏ qua trong STWAVE.

- *Ứng suất bức xạ tuyến tính.* Ứng suất bức xạ được tính dựa trên lý thuyết sóng tuyến tính.

Sự tương tác giữa sóng và dòng chảy được xem xét trong hệ toạ độ quy chiếu chuyển động cùng với dòng chảy. Tham số sóng trong hệ này được ký hiệu với chỉ số dưới r (tương đối), và trong hệ toạ độ cố định được ký hiệu với chỉ số dưới a (tuyệt đối). Quan hệ phân tán sóng được mô tả trong hệ toạ độ chuyển động như sau (Jonsson 1990 và những người khác)

$$w_r^2 = gk \tanh kd \tag{4.73}$$

Trong đó:

w_r: tần số góc

g: gia tốc trọng trường

k: số sóng

d: độ sâu nước

Trong hệ toạ độ quy chiếu tuyệt đối, phương trình phân tán là:

$$w_a = w_r + kU\cos(\delta - \alpha) \tag{4.74}$$

Trong đó

U: vận tốc dòng chảy

δ: hướng của dòng chảy so với hệ toạ độ quy chiếu (trục x)

α: hướng vuông góc của sóng (vuông góc với đỉnh sóng)

Số sóng k nhận được bằng cách thế phương trình (4.73) vào phương trình (4.74). Số sóng k và bước sóng (L=2π/k) là như nhau trong 2 hệ quy chiếu.

Phương trình khúc xạ và thay đổi độ sâu đòi hỏi tốc độ truyền sóng C và tốc độ nhóm C_g, trong cả hai hệ toạ độ. Trong hệ toạ độ quy chiếu tương đối với dòng chảy:

$$C_r = \frac{w_r}{k} \tag{4.75}$$

$$C_{gr} = 0{,}5C_r(1+\frac{2kd}{\sinh 2kd}) \tag{4.76}$$

Hướng của tốc độ tương đối và tốc độ nhóm đều là α, hướng vuông góc với sóng. Trong hệ toạ độ tuyệt đối,

$$C_a = C_r + U\cos(\delta - \alpha) \tag{4.77}$$

$$(C_{ga})_i = (C_{gr})_i + (U)_i \tag{4.78}$$

Trong đó i là chỉ số cho toạ độ x và y. Hướng của tốc độ tuyệt đối cũng vuông góc với sóng. Tốc độ nhóm tuyệt đối xác định hướng của tia sóng, được định nghĩa bằng:

$$\mu = \tan^{-1}(\frac{C_{gr}\sin\alpha + U\sin\delta}{C_{gr}\cos\alpha + U\cos\delta}) \tag{4.79}$$

Sự khác biệt giữa hướng sóng (hướng vuông góc với đỉnh sóng) và tia sóng (hướng truyền tải năng lượng) là quan trọng trong việc mô tả tương tác sóng - dòng chảy. Nếu không có dòng chảy, tia sóng và hướng sóng là một, khi có dòng chảy năng lượng sóng chuyển động theo tia sóng trong khi đó hướng sóng là hướng vuông góc.

Hướng vuông góc sóng trong điều kiện trạng thái ổn định (Mei 1989; Jonsson 1990):

$$C_{ga}\frac{D\alpha}{Dr} = -\frac{C_k}{\sinh 2kd}\frac{Dd}{Dn} - \frac{k_i DU_i}{kDn} \tag{4.80}$$

Trong đó:

D: đạo hàm

R: toạ độ theo hướng tia sóng

n: toạ độ theo hướng vuông góc sóng

Phương trình bảo toàn trạng thái ổn định của tác động sóng phổ theo tia sóng (Jonsson 1990):

$$(C_{ga})_i \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{C_a C_{ga} \cos(\mu - \alpha) E(w_a, \alpha)}{w_r} = \sum \frac{S}{w_r} \quad (4.81)$$

Trong đó

E: mật độ năng lượng sóng chia cho ($\rho_w g$), trong đó ρ_w là mật độ nước

S: Năng lượng nguồn và phần tiêu huỷ.

STWAVE là mô hình số sai phân hữu hạn, xây dựng trên lưới Đề Các. Các ô lưới vuông ($\Delta x = \Delta y$). Thay đổi độ phân giải của lưới bằng cách chạy các mô hình lồng nhau. Điều này nhận được bằng cách chạy mô hình tại độ phân giải thô, sau đó lưu phổ tại một điểm gần bờ. Sau đó phổ này được dùng như điều kiện biên cho mô hình có độ phân giải mịn hơn. STWAVE vận hành trong một hệ toạ độ địa phương, với trục x theo phương vuông góc với bờ và trục y dọc theo bờ, tạo thành hệ toạ độ thuận. Hướng của trục x (± 87.5 độ) xác định một nửa mặt phẳng trình bày trong mô hình. Trục y thường thẳng hàng với đường viền đáy, góc sóng được định nghĩa là góc ngược chiều kim đồng hồ từ trục x.

Các biên ở bên trong mô hình có thể xác định là đất hay nước tuỳ theo việc cho độ sâu của ô lưới là dương (nước) hay âm (đất). Chú ý rằng việc xác định biên đất hay nước xung quanh ô lưới ảnh hưởng đến kết quả của mô hình. Biên đất sẽ giảm độ phát triển của sóng vì nó làm giảm sự lan truyền của sóng theo hướng vào đất liền. Nếu biên là nước, loại biên có gradient = 0 được sử dụng cho phép dòng năng lượng truyền vào hoặc ra khỏi miền mô hình qua biên phù hợp với các ô lưới tính lân cận.

d) Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực đới bờ và cửa sông

❖ Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực đới bờ

Như đã trình bày ở phần đầu, vấn đề đặt ra đối với quy trình này là việc thiết lập các đặc trưng chế độ thuỷ thạch động lực cho từng tháng trong năm đối với toàn đới ven bờ tại khu vực nghiên cứu. Đối với vùng biển nước ta do chế độ triều phức tạp, việc thiết lập các đặc trưng chế độ thường gặp khó khăn, vì vậy trong điều kiện

cụ thể cần có sự lựa chọn phù hợp. Sau đây là một số đặc trưng mà chúng tôi khuyến nghị lựa chọn:

- Giới hạn vùng ngập triều và các trắc ngang cân bằng điển hình cho phép xác định giới hạn đường bờ, độ sâu, độ dốc dọc theo các trắc ngang bờ từ các bản đồ địa hình chi tiết.

- Xác định thời gian ngập triều kéo dài đối với các cấp mực nước (theo giới hạn các đường bờ) trong từng tháng. Để có thể triển khai đồng thời với việc xác định các đặc trưng sóng trên biên ngoài đới sóng đổ, trong thử nghiệm này, chúng ta có thể chia toàn vùng ngập triều thành 3 cấp mực nước: $h < 0,25\Delta H$, $0,25\Delta H \le h < 0,75\Delta H$ và $h \ge 0,75\Delta H$. Trên cơ sở số liệu mực nước triều có thể dễ dàng tính được các khoảng thời gian mực nước duy trì trong 3 giới hạn nêu trên tương ứng t_1, t_2, t_3 cho từng tháng. Việc chi tiết hoá này, về nguyên tắc, có thể triển khai với nhiều cấp hơn phụ thuộc vào mức độ cung ứng thông tin sóng và dự tính triều.

Những đặc trưng nêu trên, về nguyên tắc, đủ đảm bảo để triển khai các mô hình 2D tính toán và dự báo biến đổi địa mạo bờ. Tuy nhiên, trong điều kiện hiện nay, do việc lựa chọn, thử nghiệm và triển khai các mô hình loại này vẫn còn gặp nhiều khó khăn, vì vậy chúng tôi sử dụng các mô hình tính toán và dự báo dựa trên nguyên lý rời rạc hoá thông qua các trắc ngang bờ đã và đang được sử dụng rộng rãi cũng như đang được hoàn thiện. Có thể dẫn ra công thức tính toán dòng vận chuyển trầm tích do tác động kết hợp sóng và dòng chảy như sau:

$$Q_b = k\rho(C_f)^{3/2}\left[V^2 + \frac{0,25K_f}{4}\gamma^2 gh\right](V^2 - V_{cr}^2)^{1/2}$$

Trong đó các tham số được lựa chọn theo quy tình tính toán của Van Rijn và Soulsby. Công thức này có thể áp dụng cho điều kiện có dòng chảy mạnh mà không xảy ra sóng đổ như trên khu vực các lạch sâu cửa sông và cảng.

Để triển khai mô hình này, chúng tôi đưa ra các đặc trưng thuỷ thạch động lực chi tiết theo các trắc ngang bờ được lựa chọn theo từng thuỷ vực cụ thể. Căn cứ theo địa hình chung của khu vực bờ biển có cửa sông, chúng tôi đề nghị lựa chọn ít

nhất 4 trắc ngang bờ: 2 cho phần bờ phía trái và 2 cho phần bờ phải. Các đặc trưng cần xác định cụ thể bao gồm:

- Đặc trưng (loại, cấp hạt) trầm tích, độ sâu và độ dốc trung bình bờ theo các cấp mực nước nêu trên của các trắc ngang cân bằng được lựa chọn,
- Các đặc trưng sóng (độ cao, chu kỳ và hướng sóng tới) tại biên ngoài đới sóng đổ cho từng trắc ngang và theo các cấp (3) mực nước,
- Triển khai mô hình tính toán dòng chảy sóng dọc bờ và dòng trầm tích vận chuyển trong từng tháng đối với các dải bờ trong vùng ngập triều theo từng trắc ngang và các dòng trung bình căn cứ theo số liệu đặc trưng địa hình, trầm tích và sóng tương ứng.

❖ ***Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực cửa sông***

Với đặc điểm cửa sông của từng khu vực nghiên cứu, chúng ta có thể sử dụng các quy trình tính toán thuỷ thạch động lực các lạch cửa biển có triều để tính toán và dự báo xói lở thông qua đánh giá mức ổn định của trắc ngang cửa. Quy trình tính toán này có thể bao gồm một số nội dung sau đây:

- Xác định các đặc trưng địa mạo, trầm tích cửa sông, lạch triều và vùng ngập triều tại hai phía sông và biển,
- Tính toán các đặc trưng thuỷ động lực (lưu lượng, vận tốc trung bình và cực trị, phân bố trường dòng chảy, mực nước) tại khu vực cửa sông,
- Đánh giá mức độ lắng đọng và vận chuyển trầm tích trên toàn thuỷ vực có liên quan.

e) Tính toán và dự báo biến đổi bờ biển và cửa sông

❖ ***Tính toán biến đổi đường bờ và xu thế bồi xói***

Việc tính toán và dự báo xói lở bờ được triển khai theo mô hình biến đổi đường bờ dạng sơ đồ đa đường và đơn đường kết hợp. Trước mắt có thể áp dụng sơ đồ đơn đường cho từng cấp độ sâu khác nhau cũng như trung bình tổng thể cho toàn miền ngập triều. Các đầu vào cho mô hình này là kết quả tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực đới bờ theo quy trình đã trình bày ở phần trên.

Trong tương lai có thể và cần tiến tới sử dụng sơ đồ đa đường với việc đánh giá các dòng vận chuyển trầm tích ngang bờ cũng như mô hình 3D tính toán xói lở bờ và địa hình đáy.

❖ ***Tính toán ổn định cửa sông***

Tính toán ổn định cửa sông thông qua đánh giá biến động diện tích trắc ngang cửa sông do tác động của các đặc trưng địa mạo, thuỷ động lực thuỷ vực. Trước mắt có thể sử dụng các mối quan hệ thực nghiệm giữa thể tích (lăng trụ) triều và diện tích trắc ngang có tính đến ảnh hưởng của lưu lượng sông và trao đổi trầm tích sông - biển cũng như dòng vận chuyển dọc bờ cắt ngang cửa sông.

Căn cứ theo số liệu địa hình, chế độ triều và lưu lượng sông, các kết quả tính toán vận tốc dòng chảy cực đại, lưu lượng nước cực đại và thể tích nước đi vào và đi ra khỏi vùng cửa sông (thể tích lăng trụ triều) đối với mực triều cực đại với trường hợp có tính đến và không tính đến lưu lượng nước sông.

Việc tính toán thuỷ lực lạch triều có thể sử dụng các quy trình đã được dẫn ra trong Cẩm nang *Hydrodynamics of tide inlets* của Tổng cục Kỹ thuật Hải quân Hoa Kỳ (EM 1110-2-1100). Các công thức chủ yếu bao gồm:

$A_c=B.d$

$P= 2a_bA_b$

$V_m = (V'_m.\ 2\pi.a_o.A_b)/A_c.T$

$Q_m=V_m.A_c$

$Q'_r=Q_rT/2\pi a_oA_b$

$U_{maxe}= U'_{maxe}.\ 2\pi.a_o.A_b/A_c.T$

$U_{maxf}= U'_{maxf}.\ 2\pi.a_o.A_b/A_c.T$

$Q_{maxe}= U_{maxe}A_c$

$Q_{maxf}= U_{maxf}.A_c$

Trong đó:

L: chiều dài lạch cửa sông,

a_o: biên độ triều ngoài biển,

a_b: biên độ triều trong thuỷ vực,

A_c: diện tích mặt cắt cửa sông,

A_b: diện tích bề mặt thuỷ vực,

B: bề rộng trung bình lạch cửa sông,

d: độ sâu trung bình lạch cửa sông,

P: biến đổi thể tích nước trong thuỷ vực (thể tích triều),

T: chu kỳ triều,

V_m: vận tốc lớn nhất được lấy trung bình trên mặt cắt ngang cửa sông khi không tính đến lưu lượng sông,

Q_m: lưu lượng lớn nhất được lấy trung bình trên mặt cắt ngang cửa sông khi không tính đến lưu lượng sông,

U_{maxe}: vận tốc lớn nhất khi triều xuống (có ảnh hưởng của dòng chảy sông),

U_{maxf}: vận tốc lớn nhất khi triều lên (có ảnh hưởng của dòng chảy sông),

Q_{maxe}: lưu lượng lớn nhất khi triều xuống (có ảnh hưởng của dòng chảy sông),

Q_{maxf}: lưu lượng lớn nhất khi triều lên (có ảnh hưởng của dòng chảy sông).

Đại lượng V'_m được xác định bằng đường thực nghiệm của hai hệ số K_1, K_2 theo phương pháp của King, U'_{maxe} và U'_{maxf} được xác định bằng đường cong thực nghiệm của 2 hệ số Q'_r và K với $K=sqrt(1/K_1)/K_2$ là hệ số Keulegan

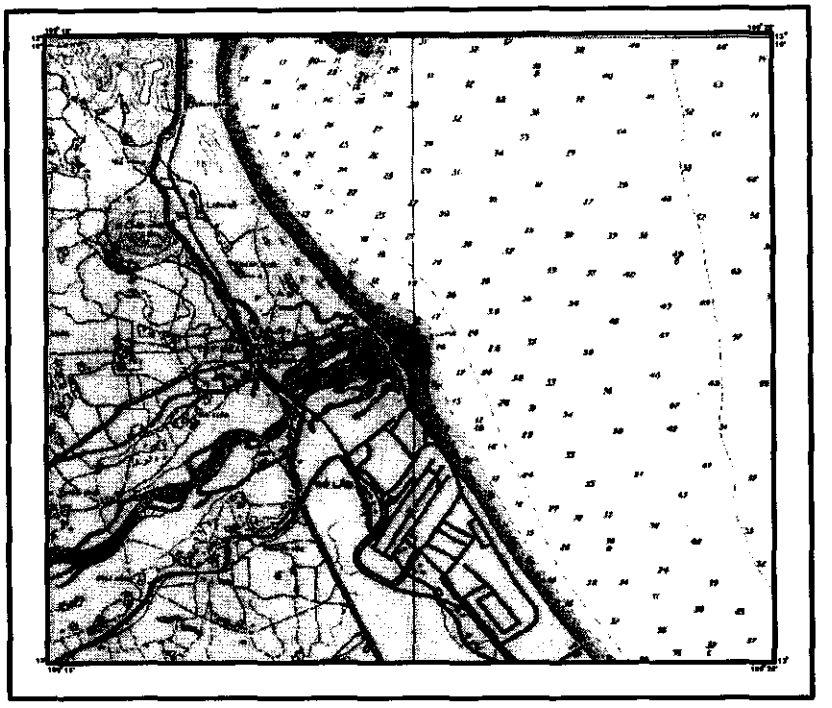
Sau đây là các kết quả triển khai quy trình tính toán dự báo bồi - xói vùng ven biển cửa sông Đà Rằng:

a) Thiết lập các dữ liệu đầu vào, các tác động chủ yếu lên quá trình bồi xói cho khu vực cửa sông Đà Rằng

❖ ***Bản đồ địa hình, đặc điểm trầm tích***

Bản đồ quy mô toàn khu vực

Bản đồ địa hình quy mô lớn phục vụ tính sóng theo mô hình WAM không dẫn ra ở đây, cơ sở dữ liệu này hiện đã phổ cập ở hầu hết các cơ sở nghiên cứu biển trong và ngoài nước với độ phân giải 5' theo kinh tuyến và vĩ tuyến. Chúng tôi chỉ đưa ra bản đồ vùng biển kế cận được lấy từ cơ sở các hải đồ tỷ lệ 1: 100.000 (hình 4.6).



Hình 4.6: Bản đồ địa hình tỷ lệ 1:100.000 khu vực nghiên cứu.

Bản đồ tỷ lệ lớn cho khu vực nghiên cứu

Bản đồ địa hình khu vực nghiên cứu tỷ lệ 1: 10.000 được thể hiện trên hình 4.7 với việc xác định vị trí các đường bờ tương ứng 3 mực biển đặc trưng: triều thấp nhất, trung bình và triều cực đại. Khác với các hải đồ và bản đồ địa hình thông thường khác, chúng tôi không thể hiện theo "0" hải đồ mà theo đường bờ khi mực nước triều cao nhất. Các số liệu từ bản đồ này được sử dụng để triển khai tính toán sóng, chế độ thuỷ thạch động lực và bồi xói.

Trên bản đồ dẫn ra các điểm nút lưới được sử dụng để chiết suất số liệu sóng ngoài khơi từ kết quả tính theo mô hình WAM cho toàn biển phục vụ tính toán cho đới ven bờ.

Bản đồ địa hình này xây dựng theo số liệu đo vẽ địa hình hiện trạng tỷ lệ 1:10.000 triển khai đợt một vào tháng XII năm 2000 và bổ sung năm 2003. Từ số liệu địa hình này và các kết quả tính sóng ven bờ chúng ta thiết lập được các đầu vào cần thiết cho mô hình tính toán dòng chảy, dòng trầm tích vận chuyển và xu thế bồi xói trong đới sóng đổ và đường bờ.



Hình 4.7: Địa hình khu vực nghiên cứu ứng với mực nước cao nhất

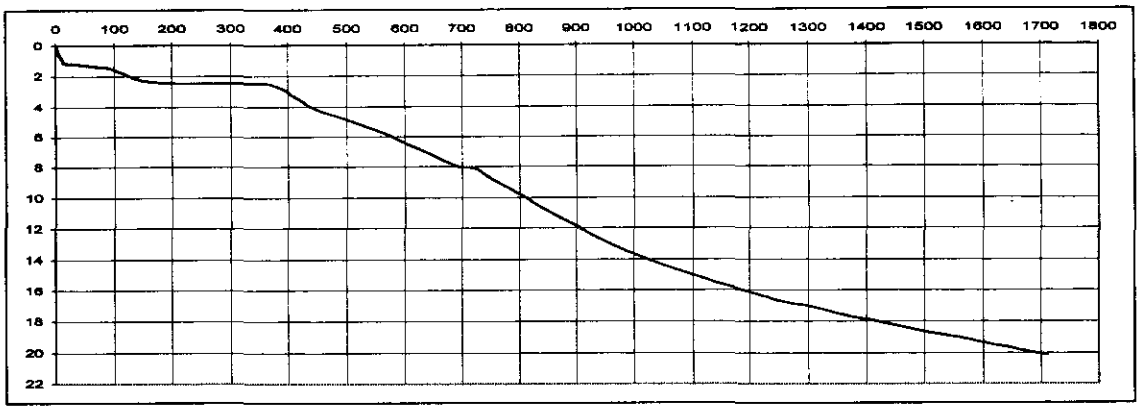
❖ ***Xác định đường cong trắc ngang (cân bằng điển hình) cho một số vị trí đặc trưng ven bờ về hai phía cửa sông và cửa sông***

Xác định đường cong trắc ngang thực tế

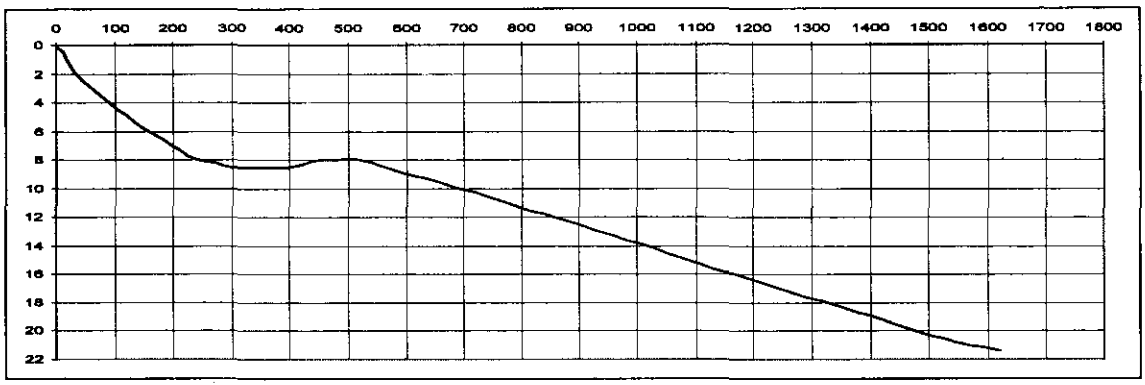
Như đã trình bày ở trên, các trắc ngang xác định căn cứ theo đặc điểm địa hình chi tiết, chúng tôi lựa chọn 2 trắc ngang cho mỗi đoạn đường bờ cho phép tính toán dòng trầm tích vận chuyển dọc bờ từ đó đánh giá mức độ biến động của nó dọc theo bờ và xu thế xói lở và bồi tụ cho từng đoạn bờ và cửa sông nằm giữa các trắc ngang đó. Trên hình 4.9 thể hiện vị trí các trắc ngang bờ biển và cửa sông theo thứ tự từ Bắc xuống Nam là 1, 2, 3, 4.

Xác định đường cong trắc ngang cân bằng điển hình

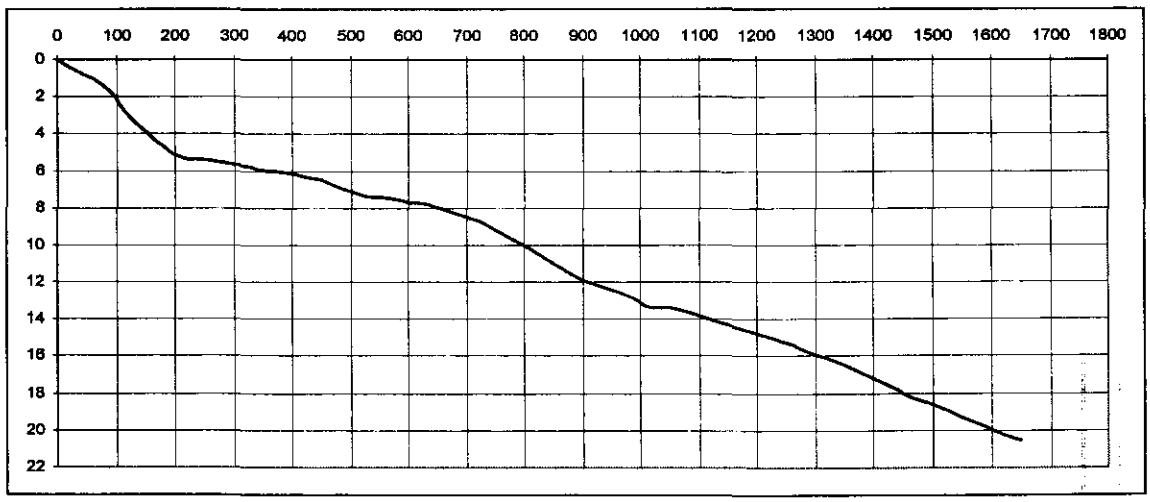
Trên các hình 4.8 - 4.11 dẫn ra số liệu của các đặc trưng cơ bản của từng trắc ngang được thiết lập trên cơ sở xử lý và tổng hợp các số liệu quan trắc và bản đồ địa hình hiện có.



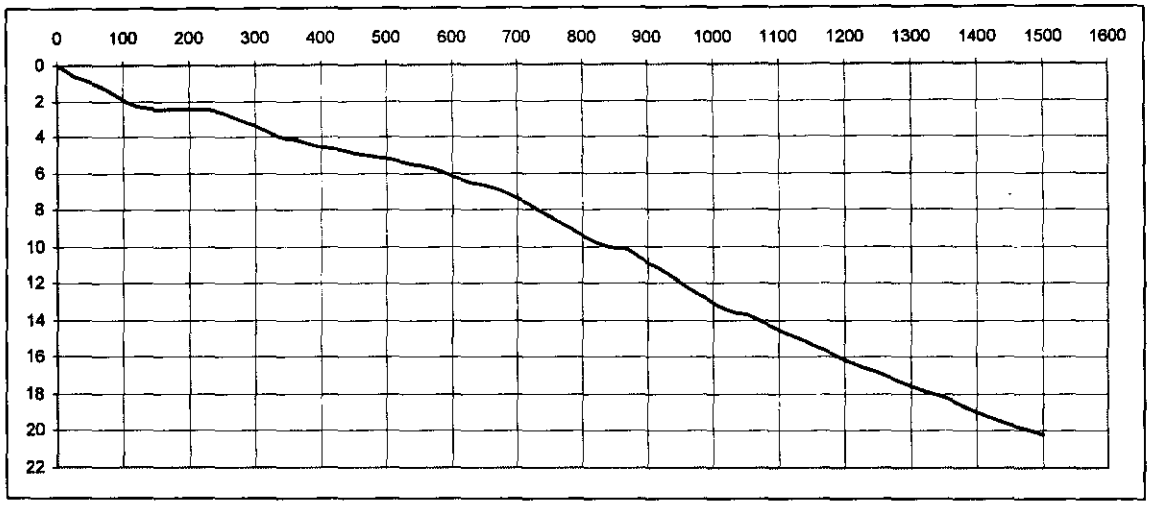
Hình 4.8: Trắc ngang 1 trên bờ Bắc ứng với mực nước cao nhất.



Hình 4.9: Trắc ngang 2 trên bờ Bắc ứng với mực nước cao nhất.



Hình 4.10: Trắc ngang 3 trên bờ Nam ứng với mực nước cao nhất.



Hình 4.11: Trắc ngang 4 trên bờ Nam ứng với mực nước cao nhất.

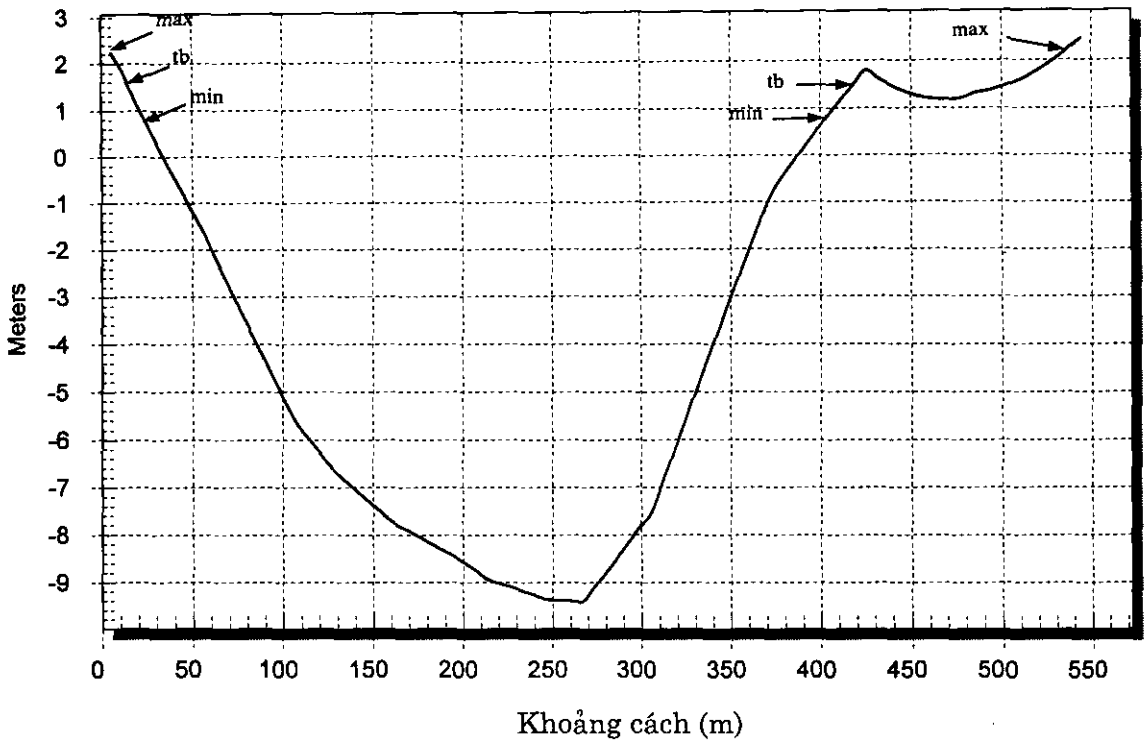
Các trắc ngang này về nguyên lý chưa phải là trắc ngang cân bằng điển hình, tuy nhiên đây là đường trắc ngang trung bình theo số liệu quan trắc có thể đặc trưng cho từng đoạn bờ và có thể sử dụng trong các bài toán quy mô vừa. Đối với những bài toán quy mô nhỏ hơn, các trắc ngang cân bằng cần được xác định theo các đặc trưng thuỷ thạch động lực cụ thể, bao gồm các đặc trưng sóng bão.

Xác định trắc ngang cửa sông

Trên cơ sở bản đồ địa hình khu vực đã thiết lập trên, chúng tôi cũng xác định trắc ngang cửa sông và thể hiện trên hình 4.12. Các số liệu dẫn ra cho thấy có sự biến động lớn của diện tích tiết diện cửa sông trong các pha triều khác nhau.

Xác định đặc trưng phân bố trầm tích đáy dọc theo các trắc ngang

Do số liệu về trầm tích đáy trên toàn khu vực thu thập được còn rất hạn chế và không tương ứng với các trắc ngang lựa chọn. Căn cứ theo các số liệu hiện có chúng tôi nhận thấy rằng hầu hết các mẫu phân tích cấp hạt đều cho thấy sự hiện diện áp đảo của cát mịn (chiếm tỷ lệ trên 50%) với sự kết hợp cát vừa và thô trong những tỷ lệ nhất định. Trong bảng 4.4 dẫn ra kích thước trung bình (đường kính D_{50}) cho các dải bờ tương ứng 3 cấp mực nước, áp dụng cho tất cả các trắc ngang.



Hình 4.12: Trắc ngang cửa sông Đà Rằng ứng với các mực nước khác nhau.

Bảng 4.4 Phân bố trầm tích đáy theo các trắc ngang

Mép bờ cao		Khu vực giữa		Chân bãi	
Loại	Cấp hạt (D_{50})	Loại	Cấp hạt (D_{50})	Loại	Cấp hạt (D_{50})
Cát mịn	0,15 mm	Cát mịn	0,12 mm	Cát mịn	0,11 mm

Khi có số liệu chi tiết hơn, chúng ta có thể xác định riêng cho từng trắc ngang lựa chọn. Bên cạnh kích thước trung bình của trầm tích đáy, các đặc trưng khác của kết quả phân tích cấp hạt tương ứng cũng được lựa chọn phục vụ cho việc xác định cấp hạt của trầm tích lơ lửng cần thiết cho tính toán vận tốc lắng đọng được đưa vào trong các hệ thức xác định tham số mô hình.

Chế độ khí tượng - thuỷ văn:

Chế độ khí tượng - thuỷ văn của khu vực nghiên cứu là nhân tố quan trọng quyết định chế độ thuỷ động lực khu vực, cho phép xác định các tác động chủ yếu trong quá trình bồi xói bờ biển, cửa sông và từ đó lựa chọn mô hình thích hợp tính toán và dự báo hiện tượng bồi xói.

Đối với bài toán đặt ra: tính toán và dự báo bồi xói quy mô vừa, việc thu thập, phân tích, tính toán và thiết lập chế độ khí tượng, thuỷ văn cho 12 tháng trong năm là hợp lý và khả thi hơn cả.

❖ ***Gió***

Các trường gió đặc trưng cho 12 tháng cho toàn biển Đông sử dụng để tính toán trường sóng ngoài khơi được thể hiện trên các hình 40 - 51 (xem phụ lục 3). Trên các hình này gió được thể hiện qua ứng suất gió trên mặt biển căn cứ theo kết quả phân tích các số liệu gió của Oberhuber (1988) hiện được phổ biến rộng rãi qua trung tâm COADS.

Các trường gió này tuy chưa thật chi tiết song cũng đã phản ánh được những đặc trưng cơ bản về biến động không gian và thời gian của trường gió chế độ trên biển Đông.

❖ ***Mực nước***

Các đặc trưng mực nước chủ yếu dựa theo kết quả phân tích mực nước triều được dẫn về từ số liệu trạm Quy Nhơn. Mực nước dự báo cho từng năm được tính toán theo chương trình dự tính của PGS. TS. Phạm Văn Huấn.

Một số đặc trưng tới hạn của triều được dẫn ra trong bảng 4.5 và sẽ sử dụng cho các tính toán và dự báo xói lở.

Bảng 4.5. Mực nước thuỷ triều cực trị trong các tháng năm 2004 tại Quy Nhơn

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Max	232	220	208	215	223	223	217	213	215	234	246	247
Min	88	90	99	108	98	85	75	80	107	114	107	96
Biên độ	144	130	109	107	125	138	142	133	108	120	139	151

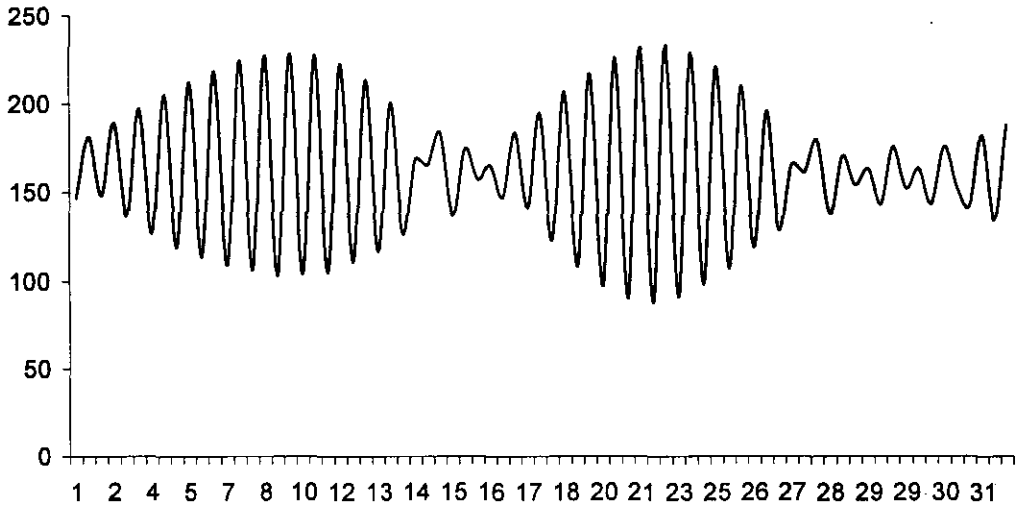
Trên các hình 4.13 và 4.14 cho ta biến trình mực nước tháng và ngày tại khu vực nhằm minh hoạ chế độ triều, trong đó nhật triều chiếm ưu thế .

❖ ***Dòng chảy***

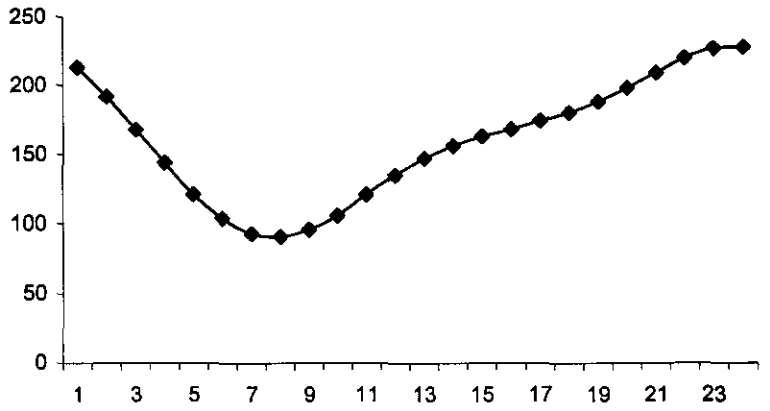
Tại khu vực nghiên cứu, dòng chảy thường kỳ trong đới sóng đổ không cần thiết phải đưa vào trong các tính toán xói lở bờ. Tuy nhiên trong khả năng bổ sung số liệu về dòng chảy, các chương trình tính toán sóng và vận chuyển trầm tích dọc bờ mà chúng tôi sử dụng đã sẵn sàng tính đến các yếu tố này thông qua các quan

hệ tổng hợp sóng - dòng chảy như đã trình bày kỹ trong phần lý thuyết tính sóng ven bờ và dòng vận chuyển trầm tích.

Dòng chảy sóng trong thuỷ vực cửa sông bao gồm cả phần ngoài biển lẫn phía trong sông sẽ được đề cập kỹ hơn trong các phần tiếp theo.



Hình 4.13. Đường biểu diễn mực nước triều trong tháng 1/2004 tại Quy Nhơn



Hình 4.14. Biến trình mực nước thủy triều trong ngày

❖ ***Sóng***

Sóng ngoài khơi

Trong báo cáo này chúng tôi dẫn ra các số liệu sóng tại điểm đặc trưng gần nhất đối với vùng nghiên cứu 13°N và 109.5°E, chúng được thể hiện trong bảng 4.6 cho 12 tháng.

Bảng 4.6 Các đặc trưng sóng ngoài khơi theo kết quả mô hình WAM

Tháng	Vĩ độ	Kinh độ	Độ cao (m)	Chu kỳ(s)	Hướng sóng
I	13,00	109,5	2,3	6	229
	13,25	109,5	2,3	6	230
II	13,00	109,5	1,5	5	227
	13,25	109,5	1,5	5	228
III	13,00	109,5	1,0	5	234
	13,25	109,5	1,0	5	235
IV	13,00	109,5	0,6	5	250
	13,25	109,5	0,6	5	250
V	13,00	109,5	0,5	4	356
	13,25	109,5	0,5	4	352
VI	13,00	109,5	0,8	4	9
	13,25	109,5	0,8	4	7
VII	13,00	109,5	0,8	4	17
	13,25	109,5	0,8	4	14
VIII	13,00	109,5	0,9	4	13
	13,25	109,5	0,9	4	11
IX	13,00	109,5	0,9	4	9
	13,25	109,5	0,8	4	7
X	13,00	109,5	1,4	5	222
	13,25	109,5	1,4	5	222
XI	13,00	109,5	2,5	6	224
	13,25	109,5	2,5	6	225
XII	13,00	109,5	2,9	6	227
	13,25	109,5	2,9	6	228

Sóng trên biên ngoài đới sóng đổ

Sử dụng mô hình STWAVE để tính toán sóng ven bờ cho từng tháng và cho ba trường hợp ứng với mực nước triều kém, triều cường và triều trung bình để đưa ra bức tranh phân bố sóng có tính đến mực biển thực tế có thuỷ triều.

Trong mô hình tính toán sử dụng số liệu địa hình từ bản đồ hiện trạng tỷ lệ 1/10.000 thể hiện trong hình 4.7. Lưới tính toán được thiết lập trong mô hình gồm (280 x 330) ô lưới với kích thước $\Delta x = \Delta y = 30$ m. Với lưới tính khá dày đặc với

92400 ô lưới và kích thước ô tương đối nhỏ, kết quả mô hình đủ độ tin cậy để đánh giá trường sóng ven bờ khu vực nghiên cứu.

So sánh kết quả tính sóng ven bờ của 12 tháng trong năm (hình 54 ÷ 87 - phụ lục 3) ứng với ba trường hợp ta nhận thấy rằng đối với cả ba trường hợp mực nước triều cường, triều trung bình và triều kém thì bức tranh phân bố sóng ven bờ và trong sông đều có đặc điểm chung:

- Tháng I, II, III độ cao sóng trung bình giảm dần từ ngoài khơi vào bờ, độ cao sóng dao động từ 1,0 - 2,3 m, tại đới sóng đổ độ cao sóng giảm mạnh, bề rộng của đới sóng đổ phụ thuộc vào độ cao sóng khởi điểm và địa hình khu vực, dao động trong khoảng 100 - 300 m. Với bất kỳ hướng sóng nào thì khi lan truyền vào gần bờ sóng đều bị biến dạng.

- Tháng IV sóng có hướng thịnh hành là Đông - Đông Bắc, độ cao sóng trung bình là 0,6 m. Đới sóng đổ ở dải ven bờ hẹp hơn so với các tháng I, II, III và dao động nhỏ hơn 100 m.

- Tháng V, VI, VII, VIII, IX sóng có hướng thịnh hành là Tây Nam.

Tháng V là tháng giao thời giữa sóng Đông Bắc và Tây Nam, ở vùng cửa sông Đà Rằng sóng Đông Bắc gặp sóng Tây Nam trở thành sóng Đông Nam, càng lên phía Bắc sóng càng có hướng Đông Nam rõ rệt, độ cao sóng trung bình là 0,5 m. Nhìn vào bức tranh trường sóng ta thấy sóng lan truyền trong sông không đáng kể.

Từ tháng VI đến tháng IX ta thấy sóng thịnh hành hướng Tây Nam thiên Nam, càng lên phía Bắc sóng càng chuyển hướng sang Tây Nam. Bức tranh trường sóng gần như không mấy thay đổi giữa các tháng này, tuy nhiên ta không thấy đới sóng đổ một cách rõ rệt như ở các tháng thịnh hành gió Đông Bắc, không xác định được rõ ràng bề rộng của đới sóng đổ.

Từ tháng X đến tháng XII sóng thịnh hành hướng Đông Bắc, độ cao sóng của các tháng này khá lớn từ 1,4 - 2,9 m. Bề rộng đới sóng đổ cũng rất lớn từ 120 đến 300 m có nơi lên tới hơn 300 m. Trường sóng lan truyền sâu trong sông, riêng tháng XII có thể vào sâu tới 4 km.

Ta thấy rằng chế độ sóng có thể là nguyên nhân trực tiếp gây biến đổi đường bờ. Vào mùa lũ ứng với hướng sóng thịnh hành là Đông Bắc, trường sóng lan truyền trong sông rất mạnh với độ cao sóng lan truyền trong sông có nơi vẫn lên tới 1,5 m, vào mùa này cửa sông thường được mở rộng và đào sâu đáng kể. Vào mùa kiệt, sóng thịnh hành hướng Tây Nam thiên Nam và hầu như không ảnh hưởng trong sông, mặt khác do hướng sóng gần như song song với cửa sông tạo nên những dải cát chắn ngang sông gây bồi lấp cửa sông đây chính là hiện tượng dồn cát vào mùa kiệt.

Những đặc trưng khác biệt khi tính toán trường sóng ven bờ trong các trường hợp mực nước triều cường, triều trung bình và triều kém:

Trong trường hợp tương ứng triều cực đại, năng lượng sóng tập trung gần bờ hơn, sóng lan truyền sâu và rộng hơn vào trong sông, hướng sóng không bị bẻ quá đột ngột như ở hai trường hợp triều trung bình và triều kiệt.

Nhìn vào các bức tranh phân bố trường sóng tháng II theo 3 trường hợp (hình 54, 66, 78 - phụ lục 3) ta thấy rằng, bên cạnh độ cao sóng, bề rộng của đới sóng đổ hẹp nhất trong trường hợp mực nước cực đại và biến đổi khá mạnh trong các dải mực nước khác nhau. Điều này có thể giải thích do vùng bãi triều ven bờ khu vực miền trung có địa hình tương đối dốc, xét tại trắc ngang số 3 (hình 4.6) khi ra xa bờ 50 m độ sâu tăng lên 2,5 m, mặt khác chênh lệch độ sâu giữa mực nước triều cao nhất trong năm và triều thấp nhất là 2,47 m. Vì vậy với cùng một số liệu sóng đầu vào, $H_{sóng\ đổ}$ sẽ như nhau, bề rộng đới sóng đổ được tính tại vùng có H = $H_{sóng\ đổ}$ đến bờ sẽ tỷ lệ nghịch với độ sâu của địa hình.

Trong trường hợp tương ứng triều cực đại, năng lượng sóng tập trung gần bờ hơn, sóng lan truyền sâu và rộng hơn trong sông, hướng sóng không bị bẻ quá đột ngột như ở hai trường hợp triều trung bình và triều thấp nhất.

Đối với mùa kiệt, lúc này tương ứng với chế độ hướng sóng thịnh hành là hướng Tây Nam thiên Nam, mọi quy luật lan truyền sóng ngoài khơi vào bờ vẫn được tuân thủ, ta vẫn thấy hướng sóng thay đổi theo địa hình đáy khi vào gần bờ hướng vẫn có xu thế gần vuông góc với bờ. Profile của sóng có xu thế càng vào gần bờ càng song song với bờ. Do độ cao sóng đầu vào quá bé (0,5 m) nên ta không thấy rõ quá trình sóng đổ như ở trong trường gió mùa Đông Bắc, sóng vào bờ chỉ

lăn tăn, độ cao sóng chỉ đạt khoảng 0,1 - 0,2 m và không gây ảnh hưởng gì trong sông, chỉ lan truyền được rất ít ở phần cửa sông.

Tuy nhiên so sánh các bức tranh trường sóng tháng V ứng với 3 trường hợp ta vẫn thấy có sự khác biệt. Trong trường hợp mực nước triều cao nhất thì ở vùng cửa sông độ cao sóng vẫn lớn hơn hai trường hợp kia, sóng lan truyền xa hơn trong sông. Thời kỳ này phần bên phải cửa sông ra đến biển có xu thế bị bồi tụ do không chịu ảnh hưởng của dòng chảy sóng.

b) Các đặc trưng thuỷ thạch động lực đới bờ

Căn cứ vào các đặc trưng địa hình và chế độ triều chúng ta đã xác định giới hạn vùng ngập triều trên các trắc ngang cân bằng điển hình và các đặc trưng trầm tích, sóng phục vụ triển khai tính toán dòng vận chuyển trầm tích và biến đổi đường bờ.

Thời gian ngập triều của 3 đới bờ theo phân định đã nêu đã được tính toán riêng cho 6 tháng và dẫn ra trong bảng 4.7

Chúng tôi sử dụng các mô hình tính toán dự báo dựa trên các mô hình tính toán vận chuyển trầm tích dọc bờ do Đinh Văn Ưu đề xuất và được Trần Quang Tiến bổ sung và hoàn thiện. Để triển khai mô hình này, chúng ta đưa ra các đặc trưng vừa nêu trong dạng chi tiết theo các trắc ngang bờ cần được lựa chọn.

Như đã trình bày ở phần trên, do số liệu phân tích độ hạt còn hạn chế nên trong quá trình tính toán chúng tôi chỉ cho các cấp hạt khác nhau tương ứng với các mực nước biến đổi triều cao, triều trung bình, triều thấp còn cho từng tháng thì không thay đổi.

Bảng 4.7 Thời gian ngập triều kéo dài theo các đới bờ

Tháng	Thời gian ngập triều trên các đới bờ (giờ)						
	Triều cao	Triều trung bình	Triều thấp	Tháng	Triều cao	Triều trung bình	Triều thấp
I	120	486	138	7	238	427	79
II	125	467	104	8	195	477	72
III	125	502	117	9	105	52	92
IV	127	485	108	10	66	488	190
V	149	499	96	11	71	426	223
VI	197	438	85	12	109	431	204

Những đặc trưng về địa hình trên các trắc ngang lựa chọn được thể hiện trong bảng 4.8. Những số liệu dẫn ra khác nhau cho các cấp mực nước trong từng tháng được căn cứ theo kết quả tính sóng ven bờ dẫn đến việc các đặc trưng sóng đổ sẽ khác nhau đối với 1 mặt cắt khi mực nước triều thay đổi.

Bảng 4.8 Các đặc trưng địa hình theo các trắc ngang bờ

Tháng	Phân bố độ dốc theo trắc ngang và theo từng tháng											
	Triều cường				Triều trung bình				Triều thấp			
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC1	MC2	MC3	MC4	MC1	MC2	MC3	MC4
I	0,01	0,032	0,024	0,01	0,013	0,034	0,031	0,01	0,017	0,029	0,011	0,01
II	0,006	0,035	0,022	0,015	0,011	0,035	0,032	0,01	0,017	0,031	0,025	0,01
III	0,006	0,035	0,016	0,016	0,009	0,038	0,033	0,011	0,023	0,023	0,028	0,013
IV	0,006	0,035	0,012	0,013	0,013	0,013	0,02	0,02	0,024	0,023	0,03	0,015
V	0,0025	0,035	0,02	0,016	0,013	0,013	0,026	0,02	0,01	0,01	0,03	0,013
VI	0,0013	0,035	0,02	0,016	0,013	0,013	0,026	0,02	0,01	0,033	0,01	0,013
VII	0,0013	0,035	0,02	0,02	0,009	0,009	0,009	0,02	0,024	0,01	0,01	0,013
VIII	0,0031	0,035	0,02	0,02	0,009	0,009	0,026	0,02	0,017	0,01	0,01	0,013
IX	0,0013	0,035	0,021	0,02	0,013	0,013	0,026	0,02	0,024	0,01	0,01	0,012
X	0,009	0,039	0,022	0,017	0,011	0,038	0,032	0,012	0,017	0,031	0,028	0,01
XI	0,01	0,037	0,024	0,01	0,013	0,034	0,029	0,01	0,017	0,029	0,011	0,01
XII	0,011	0,035	0,024	0,01	0,013	0,033	0,017	0,009	0,017	0,028	0,011	0,01

Các đặc trưng sóng (độ cao, chu kỳ và hướng sóng tới) tại biên ngoài đới sóng đổ cho từng tháng theo từng trắc ngang và theo 3 cấp mực nước được thể hiện trong các bảng từ 4.9 đến 4.20.

Bảng 4.9 Các đặc trưng sóng tháng I theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T
1	4,24	2,07	53	5,9	4,09	2,08	53	5,9	3,9	2,09	52	5,9
2	4,0	2,1	59	5,9	4,0	2,1	60	5,9	4	2,15	63	5,9
3	3,9	2,12	59	5,9	3,79	2,06	60	5,9	3,6	1,98	62	5,9
4	4,2	2,16	54	5,9	4	2,15	54	5,9	4,03	2,1	57	5,9

Bảng 4.10 Các đặc trưng sóng tháng II theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T
1	2,5	1,35	52	5	2,67	1,35	52	5	2,5	1,35	52	5
2	3	1,34	58	5	3,1	1,33	58	5	2,4	1,35	63	5
3	3	1,42	57	5	2,99	1,41	58	5	2,8	1,38	60	5
4	2,5	1,35	57	5	3,3	1,42	52	5	2,63	1,41	51	5

Bảng 4.11 Các đặc trưng sóng tháng III theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T
1	1,87	0,95	52	5	1,52	0,9	57	5	1,8	0,93	56	5
2	1,85	0,92	63	5	2,1	0,9	63	5	1,5	0,91	66	5
3	1,8	1,0	62	5	2,09	0,98	64	5	2,2	0,95	65	5
4	1,7	0,99	63	5	2,1	1,01	62	5	1,73	1	56	5

Bảng 4.12 Các đặc trưng sóng tháng IV theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T	h(m)	H(m)	θ	T
1	*Sóng đổ sát bờ*				1,35	0,59	60	5	1,1	0,59	61	5
2	1,85	0,53	68	5	*Sóng đổ sát bờ*				1,5	0,52	71	5
3	1,0	0,63	67	5	0,89	0,58	73	5	1,4	0,61	75	5
4	1,1	0,66	71	5	1,4	0,75	70	5	1,43	0,65	66	5

Bảng 4.13 Các đặc trưng sóng tháng V theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	1,29	0,11	93	4	1,35	0,09	86	4	1,1	0,09	88	4
2	*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*			
3	0,6	0,16	95	4	0,89	0,15	102	4	1,4	0,15	110	4
4	1,7	0,22	123	4	0,8	0,27	102	4	0,93	0,38	110	4

Bảng 4.14 Các đặc trưng sóng tháng VI theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	1,18	0,11	93	4	1,35	0,09	87	4	3,0	0,09	95	4
2	*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*				1,5	0,15	93	4
3	0,6	0,17	90	4	0,89	0,14	104	4	*Sóng đổ sát bờ*			
4	0,7	0,23	122	4	0,8	0,32	104	4	0,93	0,48	112	4

Bảng 4.15 Các đặc trưng sóng tháng VII theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	1,18	0,09	88	4	1,52	0,07	91	4	1,1	0,06	88	4
2	*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*			
3	1,0	0,13	97	4	0,89	0,11	104	4	*Sóng đổ sát bờ*			
4	1,1	0,21	123	4	0,8	0,26	105	4	0,93	0,41	113	4

Bảng 4.16 Các đặc trưng sóng tháng VIII theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	1,42	0,11	92	4	1,52	0,09	91	4	1,1	0,08	88	4
2	*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*			
3	0,6	0,15	90	4	0,89	0,14	104	4	*Sóng đổ sát bờ*			
4	1,1	0,26	123	4	0,8	0,33	104	4	0,93	0,5	113	4

Bảng 4.17 Các đặc trưng sóng tháng IX theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	1,18	0,12	93	4	1,35	0,1	87	4	1,1	0,1	88	4
2	*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*				*Sóng đổ sát bờ*			
3	1,0	0,19	96	4	0,89	0,16	104	4	*Sóng đổ sát bờ*			
4	1,1	0,29	122	4	0,8	0,36	104	4	0,93	0,54	112	4

Bảng 4.18 Các đặc trưng sóng tháng X theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	3,58	1,25	42	5	2,67	1,22	44	5	2,5	1,2	46	5
2	3,0	1,22	50	5	2,1	1,17	54	5	2,4	1,24	56	5
3	3,0	1,32	46	5	2,99	1,32	47	5	2,2	1,26	51	5
4	2,3	1,29	49	5	2,5	1,28	44	5	2,43	1,26	43	5

Bảng 4.19 Các đặc trưng sóng tháng IX theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	4,24	2,19	44	5,9	4,09	2,18	44	5,9	4,5	2,2	43	5,9
2	4,0	2,16	51	5,9	4,0	2,15	53	5,9	4,8	2,32	54	5,9
3	4,7	2,34	46	5,9	4,39	2,3	48	5,9	3,8	2,04	54	5,9
4	4,2	2,25	49	5,9	4,2	2,22	45	5,9	4,03	2,16	48	5,9

Bảng 4.20 Các đặc trưng sóng tháng XII theo các trắc ngang bờ

Trắc ngang	Các đới ngập triều											
	Triều cao				Trung bình				Triều thấp			
	h	H	θ	T	h	H	θ	T	h	H	θ	T
1	5	2,55	45	5,9	4,99	2,55	44	5,9	5	2,55	44	5,9
2	4,9	2,54	51	5,9	4,9	2,52	53	5,9	5,5	2,63	55	5,9
3	5,3	2,67	48	5,9	5,09	2,59	48	5,9	4,4	2,29	56	5,9
4	5,1	2,59	45	5,9	4,9	2,53	47	5,9	4,73	2,44	50	5,9

h- độ sâu, H- độ cao sóng, θ - góc tới, T-chu kỳ sóng tại mép ngoài đới sóng đổ

Những số liệu thu được là đầu vào cho mô hình tính toán dòng chảy sóng dọc bờ và dòng trầm tích vận chuyển trong từng tháng đối với các dải bờ theo cấp ngập triều đối với từng trắc ngang. Kết quả tính toán được thể hiện trong các bảng 4.21 ÷ 4.24.

Bảng 4.21 Dòng trầm tích vận chuyển dọc bờ (m^3) với mực nước triều cao

Tháng	Mặt cắt 1	Mặt cắt 2	Mặt cắt 3	Mặt cắt 4
I	3469,2	0	0	2661,6
II	0	0	0	0
III	0	-682,5	0	-81,25
IV	0	-919,5	-76,2	-995,7
V	0	0	-93,9	-528,9
VI	0	0	-291,6	-790,0
VII	0	0	-573,6	-390,3
VIII	0	0	-425,1	-522,6
IX	0	0	111,3	-369,6
X	8228,9	8156,3	16601,6	6326,8
XI	63732,4	60583,6	180201,6	30155,1
XII	171847,2	209742,2	312442,0	156198,1

Bảng 4.22 Dòng trầm tích vận chuyển dọc bờ (m^3) với mực nước triều trung bình

Tháng	Mặt cắt 1	Mặt cắt 2	Mặt cắt 3	Mặt cắt 4
I	86765,6	0	0	8952,1
II	4217,0	0	0	4324,4
III	0	-5647,5	-10491,8	0
IV	0	0	-7255,6	-10936,7
V	0	0	-359,3	-1492,0
VI	0	0	-486,2	-2579,8
VII	0	0	0	-1110,2
VIII	0	0	-581,9	-3181,6
IX	0	0	-87,9	-488,8
X	71999,5	25112,5	201783,1	92778,6
XI	631851,7	273428,1	1120478,0	453438,7
XII	1122246,0	474811,2	869624,4	517070,7

Bảng 4.23 Dòng trầm tích vận chuyển dọc bờ (m^3) với mực nước triều thấp

Tháng	Mặt cắt 1	Mặt cắt 2	Mặt cắt 3	Mặt cắt 4
I	59921,0	-37598,1	0	0
II	8231,6	-4972,2	0	1269,8
III	53,82	-2794,0	-2956,6	0
IV	0	-938,5	-3696,8	-83,2
V	0	0	-55,7	-1032,0
VI	0	-47,6	0	-1448,4
VII	-0,13	0	0	-778,1
VIII	0	0	0	-1265,0
IX	-214,4	0	0	-2018,5
X	32980,2	2031,1	25500,0	35632,6
XI	596101,3	117271,2	3592,5	158305,5
XII	826253,0	107618,2	46,9	140172,5

Bảng 4.24 Dòng trầm tích vận chuyển dọc bờ (m^3) tổng cộng theo tháng

Tháng	Mặt cắt 1	Mặt cắt 2	Mặt cắt 3	Mặt cắt 4
I	150155,8	-37598,1	0	11613,7
II	12448,6	-4972,2	0	5594,3
III	53,8	-9124,0	-13448,4	-81,2
IV	0	-1858,0	-11028,6	-12015,6
V	0	0	-508,8	-3053,0
VI	0	-47,6	-777,7	-4818,2
VII	-0,13	0	-573,6	-2278,7
VIII	0	0	-1007,0	-4969,2
IX	-214,4	0	23,4	-2876,9
X	113208,6	35299,9	243884,7	134737,9
XI	1291685,0	451282,9	1304272,0	641899,3
XII	2120347,0	792171,5	1182113,0	813441,3
Tổng	3687684,4	1225154,4	2702949,2	1577193,7

c) Tính toán và dự báo biến đổi bờ biển và cửa sông

❖ *Tính toán biến đổi đường bờ và xu thế bồi xói*

Với các kết quả tính toán trên 4 trắc ngang bờ chúng ta có thể đưa ra đánh giá và dự báo xu thế bồi xói tại 2 đoạn bờ Bắc và Nam cửa sông Đà Rằng (bảng 4.25). Lượng trầm tích vận chuyển qua cửa sông sẽ được sử dụng cho việc đánh giá ổn định lạch cửa sông sẽ được trình bày kỹ trong phần sau.

Những kết quả đánh giá theo từng cấp mực nước cho phép đưa ra xu thế bồi xói của từng dải độ sâu tính từ mép bờ cao nhất. Việc đánh giá này được căn cứ theo lý thuyết biến đổi đường bờ đơn đường song cũng có thể cho phép xác định các khu vực trọng yếu của xói lở, nhằm định hướng các quan trắc và tính toán chi tiết hơn.

Bảng 4.25: Kết quả đánh giá xu thế bồi (+), xói (-) và ổn định (=) bờ theo các mực nước triều khác nhau

Tháng	Đoạn bờ Bắc				Đoạn bờ Nam			
	Triều cao	Trung bình	Triều thấp	Tổng hợp	Triều cao	Trung bình	Triều thấp	Tổng hợp
I	+	+	+	+	-	-	=	-
II	=	+	+	+	=	-	-	-
III	+	+	+	+	+	-	-	-
IV	+	=	+	+	+	+	-	+
V	=	=	=	=	+	+	+	+
VI	=	=	+	+	+	+	+	+
VII	=	=	-	-	-	+	+	+
VIII	=	=	=	=	+	+	+	+
IX	=	=	-	-	+	+	+	+
X	+	+	+	+	+	+	-	+
XI	+	+	+	+	+	+	-	+
XII	-	+	+	+	+	+	-	+

Kết quả đánh giá cho thấy, cùng một chế độ sóng biển khơi, sự biến đổi của mực nước triều có thể dẫn đến hệ quả khác nhau của hiện tượng bồi, xói bờ biển. Có thể thấy điều này trên các ví dụ xảy ra trong tháng III đối với đoạn bờ Nam và

tháng XII đối với đoạn bờ Bắc. Trong tháng III vào giai đoạn triều cao, cân bằng trầm tích vận chuyển đi qua các mặt cắt 3 và 4 dẫn đến hiện tượng bồi lắng bờ, trong khi cùng chung chế độ sóng ngoài khơi đó, vào giai đoạn triều thấp và trung bình cũng như tổng cộng trong toàn tháng tại đây xảy ra hiện tượng xói lở bờ. Ngược lại bức tranh trên là xu thế bồi - xói tại đoạn bờ phía Bắc trong tháng XII. Nếu như trong thời kỳ triều trung bình và triều thấp, tại đây xảy ra hiện tượng bồi lắng, nhưng vào giai đoạn triều cao thì bờ biển lại bị xói lở ngược với xu thế chung của cả tháng.

Những kết quả này cho thấy sự cần thiết phải chi tiết hoá việc tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực và bồi xói bờ biển không chỉ với các tác động gió và sóng mà biến đổi mực nước triều có thể có một vai trò quyết định. Điều này càng có ý nghĩa khi phát triển và ứng dụng quy trình tính toán và dự báo xói lở trong điều kiện bão, nước dâng do bão hay tác động mạnh của các dòng chảy sông, biển.

Với các kết quả đánh giá trên về xu thế xói lở và bồi tụ bờ biển, chúng tôi cũng tiến hành đánh giá định lượng mức độ bồi - xói cho các đoạn bờ nêu trên theo cán cân vận chuyển trầm tích dọc bờ qua các mặt cắt.

Trong bảng 4.26 dẫn ra các kết quả đánh giá đó. Những đánh giá này theo chúng tôi chỉ mang tính chất tham khảo xu thế, vì trong quy trình chưa tính đến các biến đổi quy mô ngắn mang tính chất tai biến như trong bão và nước dâng do bão. Tuy nhiên cũng có thể nhận thấy rằng, trong những năm không chịu tác động của bão thì cả hai đoạn bờ biển nằm ở Bắc và Nam cửa Đà Rằng đều có xu thế bị bồi, phía bờ Bắc bồi mạnh hơn phía bờ Nam và thường xảy ra vào các tháng mùa đông với tốc độ lấn ra biển đến hàng trăm mét trong năm. Kết quả biến đổi đường bờ quan trắc được vào mùa xuân năm 2004 cho ta thấy rõ điều đó, bờ biển phía Bắc cửa Đà Rằng trong năm 2003 đã lấn ra biển đến hàng trăm mét.

Công thức tính biến đổi đường bờ:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{h}\frac{\partial S}{\partial x} \Rightarrow \partial y = \frac{1}{h}\frac{\partial S}{\partial x}.\partial t = \frac{1}{h}.\frac{\partial q}{\partial x}$$

Trong đó: S: tốc độ vận chuyển trầm tích

h: độ sâu

q: lượng trầm tích dọc bờ giữa hai mặt cắt

x: khoảng cách giữa hai mặt cắt

Bảng 4.26 Kết quả đánh giá xu thế và tốc độ bồi - xói đường bờ biển khu vực hai phía cửa sông Đà Rằng (khoảng cách giữa các trắc ngang 2400 m, độ sâu bồi - xói trung bình 2,5 mét)

Thời gian	Bờ Bắc		Bờ Nam	
	Δq_{1-2} (m^3)	Xu thế	Δq_{3-4} (m^3)	Xu thế
I	187753,9	Bồi 31 m/tháng	-11613,7	Xói 1,9 m/tháng
II	17420,8	Bồi 2,9 m/tháng	-5594,3	Xói 0,9 m/tháng
III	9177,8	Bồi 1,5 m/tháng	-13367,1	Xói 2,2 m/tháng
IV	1858,0	Bồi không đáng kể	986,9	Bồi không đáng kể
V	0	ổn định	2544,1	Bồi không đáng kể
VI	47,6	Bồi không đáng kể	4040,4	Bồi không đáng kể
VII	-0,1	Xói không đáng kể	1705,0	Bồi không đáng kể
VIII	0	ổn định	3962,2	Bồi không đáng kể
IX	-214,4	xói không đáng kể	2900,3	Bồi không đáng kể
X	77908,7	Bồi 12,6 m tháng	109146,7	Bồi 18,2 m/tháng
XI	840402,5	Bồi 136,6 m tháng	662372,8	Bồi 110,6 m/tháng
XII	1328175,0	Bồi 216 m tháng	368672,0	Bồi 61,4 m/tháng
Đông	2460839,0	Bồi 400 m/mùa	1109616,0	Bồi 185 m/mùa
Hè	1691,1	Bồi không đáng kể	16139,1	Bồi 2,7 m/mùa
Xu thế chung	2462530,0	Bồi 400 m/năm	1125756,0	Bồi 187 m/năm

Δq_{1-2}: lượng trầm tích dọc bờ từ mặt cắt 1 đến mặt cắt 2.

Δq_{3-4}: lượng trầm tích dọc bờ từ mặt cắt 3 đến mặt cắt 4.

Trong các tháng mùa hè, khi không có tác động bão và nước dâng bão, bờ biển ở đây ít có sự biến đổi.

Với những kết quả đánh giá trên đây, có thể cho rằng quy trình tính toán được đề xuất cho ta kết quả tương đối hợp lý đối với các đoạn bờ biển gần cửa sông Đà Rằng. Để mở rộng giới hạn áp dụng, quy trình này cần được hoàn thiện và thử nghiệm với mức độ chi tiết hơn với các yêu cầu sau:

- Cần có được bản đồ hiện trạng địa hình, trầm tích chi tiết, bao gồm cả phần dưới nước và trên bờ, theo các quy mô tương ứng vào thời điểm dự tính và dự báo,
- Có được diễn biến mực nước, bao gồm triều và nước dâng bão,
- Có được các trường sóng ngoài khơi theo các quy mô tương ứng: sóng chế độ và sóng bão. Trong trường hợp thông thường cần có được các trường gió tương ứng đảm bảo triển khai dự tính, dự báo sóng theo mô hình sóng nước sâu (WAM),
- Có được các trường dòng chảy khu vực cửa sông liên quan có thể bao gồm cả dòng rắn.

Trong số các yêu cầu nêu trên, 2 yêu cầu đầu là tối thiểu và có thể thu được thông qua việc thiết lập hệ thống monitoring môi trường biển tại địa phương. Vấn đề này hoàn toàn có thể thực hiện được nhằm đáp ứng yêu cầu phát triển kinh tế xã hội của địa phương.

❖ ***Tính toán các đặc trưng thuỷ thạch động lực vùng cửa sông***

Trên hình 4.8 đã dẫn ra các đặc trưng của trắc ngang cửa sông tương ứng với các cấp mực triều cao, thấp và trung bình. Diễn biến của đường bờ thuỷ vực phía trong và ngoài cửa sông kèm theo lạch cửa cũng có thể thu được từ bản đồ địa hình xây dựng cho mực nước triều cao nhất năm (hình 4.3).

Những đặc trưng thủy động lực cơ bản đối với cửa sông như vận tốc cực đại khi triều cường, triều kiệt và các lưu lượng tương ứng trong các điều kiện không tính đến lưu lượng và có tính đến lưu lượng sông cần phải được tiến hành theo quy trình tính toán thuỷ lực lạch triều. Chúng tôi sử dụng các quy trình đã được dẫn ra trong Cẩm nang *Hydrodynamics of tide inlets* của tổng cục kỹ thuật Hải quân Hoa Kỳ (EM 1110-2-1100).

Căn cứ theo số liệu địa hình, chế độ triều và lưu lượng sông, các kết quả tính toán vận tốc dòng chảy cực đại, lưu lượng nước cực đại và thể tích nước đi vào và đi ra khỏi vùng cửa sông (thể tích lăng trụ triều) đối với mực triều cực đại được dẫn ra trong bảng 4.27.

Bảng 4.27 Các đặc trưng thuỷ lực vùng cửa sông Đà Rằng

Mực triều	L	a_o	A_c	A_b	P	V_m	Q_m	Q_r	U_{maxe}	U_{maxf}	Q_{maxe}	Q_{maxf}
(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m^2)	(m^3)	(m/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m/s)	(m/s)	(m^3/s)	(m^3/s)
2,5	700	1,24	3213,9	13340000	23582433,7	0,36	1557	821	0,6	0,1	1928	321
								48,8	0,4	0,35	1286	1125

Dấu (-) thể hiện vận tốc và lưu lượng của dòng chảy vào nhỏ hơn vận tốc và lưu lượng của sông.

Các tính toán tiến hành đối với nhật triều biên độ 2,5 m và chu kỳ triều là 24,8 giờ theo phương pháp của King được trình bày trong cẩm nang *Hydrodynamics of tide inlets* của Tổng cục Kỹ thuật Hải quân Hoa Kỳ (EM 1110-2-1100). Lưu lượng sông cực đại và cực tiểu được lấy theo số liệu tại trạm Củng Sơn.

Từ các kết quả trên có thể đưa ra một số đánh giá về độ ổn định của lạch cửa sông Đà Rằng theo hai phương pháp thông dụng:

- Theo Dean (1971) thì điều kiện đảm bảo duy trì ổn định lạch cửa sông là vận tốc dòng chảy cực đại V_m phải có giá trị tối thiểu là khoảng 1 m/s. Kết quả tính toán đối với cửa Đà Rằng trong điều kiện không kể đến lưu lượng sông cho ta giá trị V_m = 0,36 m/s. Khi có tính đến ảnh hưởng của lưu lượng sông thì giá trị V_m = 0,6 m/s đối với giá trị lưu lượng cực đại là 821 m^3/s và V_m = 0,4 m/s đối với lưu lượng nhỏ nhất là 48,8 m^3/s cho trường hợp triều rút. Các giá trị vận tốc cực đại V_m có các giá trị tương ứng 0,1 m/s và 0,35 m/s khi triều lên. Như vậy có thể thấy rằng cửa sông Đà Rằng luôn có xu thế bị thu hẹp tiết diện ngang của lạch cửa do quá trình lắng đọng trầm tích.

- Czezniak (1977) đưa ra phương pháp đánh giá mức độ ổn định lạch cửa sông căn cứ vào tỷ số P/M giữa thể tích triều P và dòng vận chuyển tổng cộng dọc bờ M trong năm. Bảng 4.28 dẫn ra các chỉ tiêu đánh giá mức độ ổn định đó.

Bảng 4.28: Chỉ tiêu ổn định lạch cửa sông theo Czezniak

$P/M \geq 150$	Điều kiện thoát nước tốt, cửa ổn định
$100 \leq P/M \leq 150$	Bar cát ngầm phát triển thường xuyên có lạch cắt qua
$20 \leq P/M < 50$	Mọi lạch cửa đều thuộc dạng cắt ngang bar cát ngầm
$P/M \leq 20$	Cửa ra vào trở nên không ổn định, các lạch cửa thuộc dạng lúc ngập lúc khô

Theo các kết quả thu được đối với thể tích triều và dòng tổng cộng dọc bờ đi qua cửa sông trong năm đối với cửa sông Đà Rằng theo các kết quả nêu trên, ta có:

$$P/M = \left(\frac{23582433.7}{\left(\frac{1225154 + 2702949}{2} \right)} \right) = 12$$

Điều này cho thấy lạch cửa sông Đà Rằng thuộc loại không ổn định có xu thế bị bồi lắng. Điều này hoàn toàn phù hợp với xu thế thực tế biến đổi của cửa sông trong thời gian qua. Các kết quả xây dựng và triển khai quy trình tính toán và dự báo bồi xói bờ biển và cửa sông Đà Rằng đã cho ta những kết quả định tính và định lượng phù hợp với chế độ thuỷ thạch động lực và xói lở xẩy ra trong thực tế, đáp ứng được tính chất phức tạp và khó khăn của vấn đề đặt ra.

Tuy nhiên để có được những kết quả tính toán cụ thể hơn cần đưa thêm đánh giá tốc độ lắng đọng trầm tích trên lạch cửa. Bức tranh thực của diễn biến lạch cửa sông về cả hai phía sông và biển có thể được làm rõ hơn nếu áp dụng mô hình mô phỏng chế độ thuỷ thạch động lực toàn bộ thuỷ vực, bao gồm sóng, dòng chảy và trầm tích. Đây có thể là những bài toán chuyên sâu của kỹ thuật biển và bờ biển. Những hạn chế về tính phổ quát, cũng như khả năng lý giải một số hiện tượng cụ thể xẩy ra trong những thời kỳ nhất định (bão, lũ, nước dâng) cũng đã cho ta thấy sự cần thiết phải có được các số liệu địa hình, trầm tích thu được thông qua monitoring môi trường biển đồng thời với việc đưa các mô hình dự báo cũng như thu thập phân tích mô phỏng các trường khí tượng, hải văn hiện đại vào quy trình này.

4.2.3. Khu vực ven biển cửa sông miền Nam

Sử dụng mô hình Genesic để tính toán dự báo dòng bồi tích dọc bờ biển và biến đổi đường bờ cho 2 khu vực:

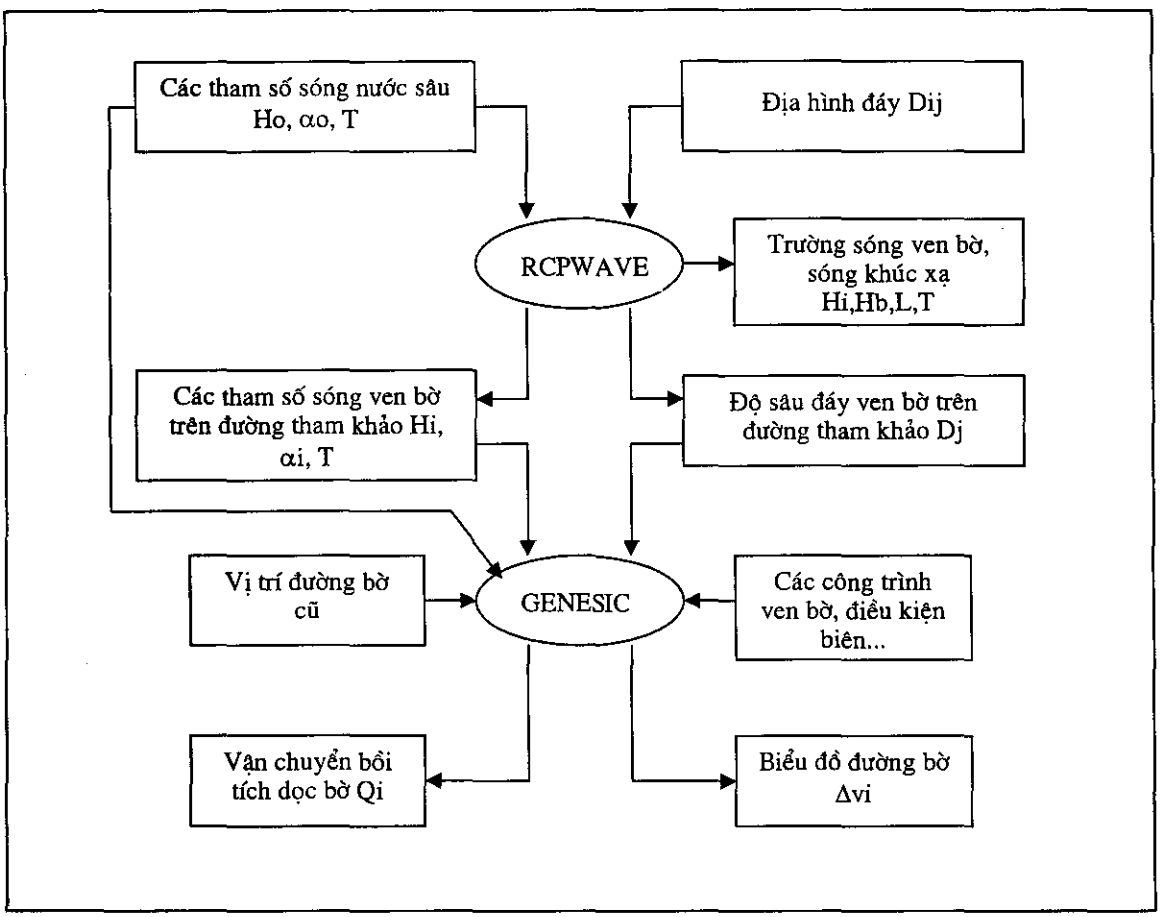
- Hàm Tiến và Phước Thể.

- Cửa Định An và vùng bờ lân cận.

Cơ sở lý thuyết của phương pháp tính dòng bồi tích dọc bờ và biến đổi đường bờ bằng mô hình Genesic: phương trình xuất phát để tính toán biến đổi đường bờ là phương trình liên tục về cân bằng vật chất:

$$\frac{\partial y}{\partial t}+\left(\frac{\partial Q}{\partial t}+q\right)/(D_B+D_C)=0$$

Lưu đồ thể hiện mối quan hệ tính toán giữa mô hình sóng RCPWAVE và mô hình tính toán biến đổi đường bờ Genesic



Trong đó:

y: Vị trí đường bờ (m)

x: Toạ độ dọc bờ (m)

t: Thời gian (s)

D_B: Độ cao thềm bãi trên mực nước trung bình

D_C: Độ sâu "tới hạn" có vận chuyển bồi tích

Q: Cường độ thể tích của vận chuyển bồi tích dọc bờ (m^3/s)

q: Lượng bồi tích vận chuyển ngang (vào - ra) trên một đơn vị độ rộng bãi ($m^3/s/m$).

- Nếu lượng bồi tích ngang được bổ sung vào bãi thì $q > 0$

- Nếu lượng bồi tích ngang bị mất đi khỏi bãi thì $q < 0$

Kết quả dự báo khu vực Hàm Tiến và Phước Thể như sau:

Kết quả dự báo biến đổi đường bờ cách đều 100 m cho đoạn bờ Hàm Tiến (10.400 m) và đoạn bờ Phước Thể (10.900 m) sau 1 năm và sau 5 năm bằng mô hình được thể hiện trên bảng 4.29.

Bảng 4.29 Kết quả dự báo biến đổi đường bờ các trọng điểm Hàm Tiến và Phước Thể bằng phương pháp mô hình GENESIC

Trọng điểm	Xu thế		Biến đổi đường bờ (m)	
			Sau 1 năm	Sau 5 năm
Hàm Tiến	Xói lở	Trung bình	0,93	3,4
		Cực đại	3,03	13,73
	Bồi tụ	Trung bình	0,98	3,17
		Cực đại	3,38	12,8
Phước Thể	Xói lở	Trung bình	4,85	10,69
		Cực đại	18,87	76,86
	Bồi tụ	Trung bình	3,28	10,11
		Cực đại	14,51	67,21

Dự báo theo phương pháp Bruun đối với bờ biển Gò Công và cửa Định An cho thấy: Đối với đoạn bờ bị xói lở, Gò Công Đông vẫn tiếp tục bị xói lở mạnh với cường độ trung bình tăng dần 12,5%, 17,8% và 26,8% vào các năm 2020, 2050 và 2100. Riêng đối với cửa Định An tốc độ bồi có xu hướng giảm so với hiện nay do phân lũ ra biển Tây và các công trình điều tiết ở thượng nguồn được xây dựng.

Từ những nhận định trên đây với việc sử dụng bản đồ hiện trạng xói lở - bồi tụ và bản đồ thạch học cấu trúc và tiềm năng xói lở, bồi tụ của các khu vực, đề tài đã xây dựng bản đồ cảnh báo xói lở, bồi tụ cho toàn dải ven biển cửa sông Việt Nam, tỷ lệ 1:250.000 (hình 4.15 - xem phụ lục 4).

Chương V
ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KHOA HỌC CÔNG NGHỆ PHÒNG CHỐNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG

Kinh nghiệm phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông của các nước trên thế giới và nước ta đã chỉ ra rằng vấn đề phòng chống xói lở - bồi tụ bờ biển là rất khó khăn, phức tạp đòi hỏi phải được tiến hành đồng bộ và toàn diện các giải pháp từ tầm vĩ mô đến vi mô, cả trực tiếp và gián tiếp, cả giải pháp công trình và phi công trình phù hợp với từng đoạn bờ cụ thể. Các giải pháp ở tầm vĩ mô nằm trong nội dung quản lý khu vực, vùng lãnh thổ và qui hoạch tổng thể phát triển KT - XH. Các giải pháp phi công trình cần phải huy động được sự tham gia tích cực của cộng đồng dân cư và các cấp lãnh đạo. Các giải pháp công trình cần phải phù hợp với qui luật tự nhiên trên cơ sở xác định các tác nhân gây xói lở, nguyên nhân gián tiếp và nguyên nhân trực tiếp, cơ chế xói lở; đồng thời công trình phải có hiệu quả và tác dụng lâu dài, phù hợp với điều kiện KT - XH của địa phương và nước ta, không gây tác động tiêu cực đến môi trường, không gây xói lở đến khu vực lân cận.

Giải pháp KHCN phòng chống xói lở bờ biển bao gồm 2 nhóm giải pháp chính: phi công trình và công trình:

5.1. CÁC GIẢI PHÁP PHI CÔNG TRÌNH

Dải ven biển nước ta là nơi hứng chịu nhiều thiên tai nhất nước ta: bão - lũ, xói lở, bồi tụ bờ sông - bờ biển, hạn kiệt... Giải pháp phi công trình ở đây, trước hết là tuyên truyền, giáo dục, nâng cao nhận thức cho người dân về các tai biến của thiên tai và các nguyên nhân cơ bản (trong đó có tác nhân con người) gây xói lở, bồi tụ để họ có ý thức thực hiện nghiêm chỉnh các luật: Luật bảo vệ Môi trường, Luật bảo vệ và phát triển rừng, Luật tài nguyên nước... Vấn đề "*Sống chung với bão - lũ, xói lở*" ở hầu hết các tỉnh ven biển là vấn đề cần được quán triệt, trên cơ sở khoa học đúng đắn và có biện pháp giảm thiểu thích hợp. Mức độ thiệt hại do lũ lụt và xói lở không chỉ phụ thuộc vào các quá trình tai biến thiên nhiên mà còn phụ thuộc vào cách ứng xử của con người trong vùng. Khả năng ứng xử, tự thích nghi cao thì thiệt hại ít. Thiên tai bão - lũ, xói lở - bồi tụ bờ biển, cửa sông là không thể

tránh khỏi. Điều đó có nghĩa là giảm được thiệt hại do tai biến xói lở càng nhiều càng tốt và cần phải biết trước ta phải chịu mất cái gì. Chiến lược ứng xử không những chấp nhận mà còn phải thúc đẩy phát triển KT - XH cho các địa bàn dân cư, các tỉnh và vùng lãnh thổ. Vấn đề đặt ra là quản lý sự phát triển sao cho mức thiệt hại do xói lở gây ra là ít nhất. Vì mục tiêu chung, chiến lược ứng xử không tạo ra bất kỳ ranh giới nào trong các địa phương giữa các cấp, các ngành. Đồng thời chiến lược ứng xử với xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông cần được đặt trong tổng thể ứng xử tai biến thiên nhiên và môi trường bao gồm bão - lũ, trượt lở, xói lở bờ sông - bờ biển, bồi lấp cửa sông, hoang mạc hoá...

Xuất phát từ những đặc điểm, nguyên nhân và xu thế diễn biến xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông các giải pháp phi công trình bao gồm:

- Tổ chức theo dõi diễn biến xói lở bờ biển, bồi lấp cửa sông về qui mô, cường độ, hướng dịch chuyển theo định kỳ: hàng năm, hàng tháng, ngày giờ và không theo định kỳ với các tình huống xảy ra. Xây dựng cơ sở dữ liệu kiểm soát xói lở, theo địa bàn huyện, tỉnh bao gồm cả bản đồ hiện trạng, bản đồ dự báo, cảnh báo khả năng xói lở. Tất cả các thông tin về xói lở phải được cập nhật thường xuyên, phải được phân tích, đánh giá tổng hợp trên quan điểm hệ thống để cảnh báo kịp thời và được lưu trữ bằng hệ thông tin địa lý (GIS).

- Thông tin cảnh báo, dự báo phải được thông báo kịp thời đến người dân và phát lệnh cấp báo trường hợp khẩn cấp thông qua hệ thống thông tin quản lý kiểm soát xói lở kết mạng giữa các cơ quan quản lý, cơ quan nghiên cứu khoa học và cộng đồng dân cư.

- Đối với các khu vực có đê cần tổ chức bảo vệ đê kè an toàn với các phương án ứng cứu, bảo vệ theo kế hoạch khi có sự cố bất thường. Xây dựng đội ứng cứu đê, kè, chuẩn bị tốt cơ sở vật chất kỹ thuật và nhân lực ứng cứu khi có sự cố kết nối mạng thông tin để có quyết định ứng xử phù hợp, kịp thời.

- Điều chỉnh qui hoạch phát triển. Trước hết là điều chỉnh qui hoạch tổng thể phát triển KT - XH theo tỉnh, theo vùng lãnh thổ. Cần khoanh vi các vùng có nguy cơ xói lở với các cấp khác nhau: mạnh, trung bình, yếu... nhằm bố trí hợp lý các tụ điểm dân cư, các công trình dân sinh, kinh tế. Tổ chức di dời dân cư ra khỏi khu

vực nguy hiểm dưới các hình thức di dời vĩnh viễn theo kế hoạch qui hoạch; di dời tạm thời khi có cảnh báo và di dời khẩn cấp khi có cấp báo.

Xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông có nguồn gốc tự nhiên, do đó chỉ nên can thiệp bằng giải pháp công trình trong các trường hợp thật sự cần thiết. Điều quan trọng là phải dự báo được chính xác và kịp thời các khu vực, các đoạn bờ có nguy cơ xói lở, các cửa sông bị bồi lấp để có biện pháp di dân, né tránh thích hợp. Trong trường hợp phải dùng biện pháp công trình chỉnh trị, nhất thiết phải dựa trên cơ sở khoa học chắc chắn để không gây xói lở và phá vỡ hệ sinh thái của các vùng bờ lân cận.

5.2. CÁC GIẢI PHÁP CÔNG TRÌNH

5.2.1. Cơ sở lý luận của việc đề xuất giải pháp công trình chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông

Theo kinh nghiệm của Liên Xô (cũ), Mỹ, Pháp, Hà Lan, Bungari, Nhật Bản... các công trình chống xói lở bờ biển, cửa sông được thiết kế nhằm 2 mục đích:

- Bảo vệ bãi biển: tăng khả năng chống xói của bãi và làm giảm tốc độ dòng ven bờ.
- Bảo vệ bờ biển, đê kè: Tăng cường khả năng ổn định của bờ biển và đê kè đã có bằng các kè lát mái đá hộc, kè lát bê tông, hàng rào phá sóng...

Qua phân tích đánh giá thì việc thiết kế công trình phòng chống xói lở, bồi tụ theo mục đích (1) có tầm quan trọng đặc biệt. Bởi lẽ, có bảo vệ được bãi mới bảo vệ được bờ một cách chủ động và tích cực. Để tăng cường khả năng chống xói lở của bãi biển, người ta đã gia cố mặt bãi bằng các loại vật liệu thô như sỏi, cuội, cát thô hoặc trồng các loại cây ưa mặn, chịu sóng. Để làm giảm tốc độ của dòng chảy người ta đã thiết kế các hệ thống kè ngang (thường gọi là mỏ hàn hoặc bun). Về kết cấu của mỏ hàn có thể là đá hộc, rọ đá, bê tông, cọc gỗ, cọc thép, khối lục lăng đúc sẵn... Công trình loại này được dùng nhiều và cho kết quả khá tốt, ổn định được bãi biển. Để làm tăng độ ổn định của bờ biển và các đê kè, công trình đã có, người ta dùng đê kè lát mái đá hộc hoặc lát bê tông. Biện pháp này được sử dụng ở Đồ Sơn-Hải Phòng, Hải Hậu - Nam Định, Nha Trang - Khánh Hoà, Phan Rang - Tháp

Chàm - Ninh Thuận, Mũi Né - Bình Thuận, Trường Sa, Nam Yết, Sơn Ca và một số đảo khác thuộc quần đảo Trường Sa. Qua nghiên cứu khảo sát nhiều năm ở Hải Hậu, Trường Sa, Nam Yết và Sơn Ca cho thấy mức độ ổn định của đê kè kiểu này vẫn không cao. Mặc dù đã đầu tư khá nhiều sức người, sức của để xây dựng kè, tường chắn sóng bằng đá hộc và đá san hô, song hiện tượng xói lở bờ vẫn tiếp tục xảy ra. Nguyên nhân của sự việc trên có nhiều, có lẽ trước hết là chưa nghiên cứu xác định được nguyên nhân gây xói lở. Việc thiết kế xây dựng kè, tường chắn sóng mang tính chất chống đỡ một cách thụ động. Tuy nhiên các loại kè tường chống xói lở kiểu trên cũng đã hạn chế được phần nào cường độ biển lấn vào các đảo thuộc quần đảo Trường Sa.

Đề xuất biện pháp công trình chống xói lở bờ biển phải dựa trên cơ sở khoa học xác định được nguyên nhân. Đồng thời phải xem xét đánh giá các quá trình thủy thạch động lực, địa chất công trình của các thành tạo bờ như là một đối tượng địa lý - địa chất đặc biệt, một mắt xích quan trọng trong hệ thống động của cán cân động lực khu biển mở. Với quan điểm trên thì việc thiết kế xây dựng các công trình chống xói lở, bảo vệ bờ biển là một vấn đề rất khó khăn và phức tạp.

Trong báo cáo này chúng tôi chỉ dừng lại ở mức độ đề xuất phương án phòng chống xói lở bờ biển trên cơ sở những kết quả điều tra nghiên cứu đã đạt được trong các chương trước.

5.2.2. Bản chất hiện tượng xói lở bờ biển

Bờ biển nói chung và các đoạn bờ trọng điểm nói riêng là nơi xảy ra tương tác mạnh mẽ giữa các quyển: khí quyển, thủy quyển và thạch quyển dưới tác động của con người. Các yếu tố của các quyển trên tác động tương hỗ lẫn nhau, tuân theo quy luật tự nhiên và chịu sự chi phối sâu sắc của hoạt động con người nhằm thiết lập nên sự cân bằng động giữa chúng. Rõ ràng, ở đâu và khi nào có sự thay đổi mạnh mẽ một, hai trong các yếu tố thì một quá trình địa chất động lực mới lập tức xảy ra với xu thế thiết lập một sự cân bằng động mới giữa các yếu tố đó, dẫn đến những biến đổi đáng kể của đới bờ biển, đồng thời hiện tượng xói lở hay bồi tụ lập tức sẽ xảy ra.

Kết quả điều tra nghiên cứu cho thấy hiện tượng xói lở bờ biển là một hiện tượng địa động lực đặc biệt mang tính thiên tai khá phổ biến ở dọc bờ biển, nó xảy ra là do tổng hoà các yếu tố tác động liên quan đến tiến hoá tự nhiên của dải ven biển cửa sông và tác động của con người. Hiện tượng xói lở ở đây là do tổng hợp của nhiều nguyên nhân. Trên cơ sở phân tích các tác nhân gây xói lở và hiện trạng xói lở bờ biển có thể thấy rằng ở một đoạn bờ cụ thể với cấu trúc địa chất và thành phần đất đá xác định bị xói lở là do một trong ba nhóm nguyên nhân: Ngoại sinh, nội sinh và nhân sinh, hoặc tổ hợp của 2 hoặc cả 3 nguyên nhân đó.

Nguyên nhân ngoại sinh: Chủ yếu là do tác động của sóng, gió, bão, dao động mực nước gây xói lở bờ biển. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng các yếu tố ngoại sinh là các nguyên nhân chính và phổ biến chi phối quá trình xói lở bờ biển.

Nguyên nhân nội sinh: Do vấn đề chuyển động tân kiến tạo và hiện đại của dải ven biển cho đến nay còn ít được nghiên cứu. Nhìn chung có thể thống nhất rằng phần lớn các đoạn bờ bị xói lở liên quan hoặc trùng hợp với các đứt gãy Á kinh tuyến và Á vĩ tuyến. Song, nếu thực sự chuyển động tân kiến tạo và hiện đại có ảnh hưởng đến quá trình xói lở bờ biển thì ảnh hưởng cũng chỉ diễn ra hết sức chậm chạp và lâu dài mặc dù ảnh hưởng có thể rất lớn: toàn bộ hoặc những phần quan trọng của cả bờ biển Việt Nam. Ngoài ra không loại trừ các tác động mạnh hơn, nhanh hơn của chúng thông qua việc thay đổi các đặc trưng hoá lý nào đó về cấu tạo vật chất của bờ biển, theo hướng tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình phá huỷ bờ biển và vận chuyển vật liệu bị phá huỷ đến chỗ khác.

Dù sao, hiện nay rất khó lý giải các quá trình xói lở diễn ra khá trầm trọng ở nhiều nơi bằng các nguyên nhân nội sinh.

Nguyên nhân nhân sinh:

Các hoạt động khai hoang lấn biển, thuỷ lợi, khai thác sa khoáng, vật liệu xây dựng, chặt phá rừng ngập mặn v.v... thường là ở mức độ địa phương, trong phạm vi hẹp đã góp phần làm cho hiện tượng xói lở bờ biển xảy ra mạnh mẽ.

5.2.3. Biện pháp công trình chống xói lở bờ biển

a) Một số nhận định đánh giá về các phương án kè chống xói lở bờ đã được xây dựng

Các công trình bảo vệ bờ, chống xói lở đã được công binh Hải quân xây dựng từ năm 1979 đến năm 1990 chủ yếu là sử dụng kết cấu tường chắn sóng. Hiện nay những đoạn tường này đã bị phá hủy hầu như hoàn toàn (đoạn tường phía ĐB đảo Trường Sa, Sơn Ca) không còn tác dụng chống xói. Bờ biển đã bị lùi vào đến ~ 11 m (đảo Trường Sa) và 13 m (đảo Sơn Ca).

Sau khi đánh giá về hiệu quả chống xói và hiện trạng phá huỷ kết cấu tường chắn sóng từ năm 1990 đến 1995, nhiều giải pháp kết cấu công trình chống xói đã được cải tiến, thiết kế và áp dụng cho các đảo Sơn Ca, Nam Yết. Theo đánh giá của các chuyên gia Hải quân, Học viện Kỹ thuật Quân sự, kết hợp với nhiều đợt khảo sát điều tra của chúng tôi có thể nêu hiện trạng của các công trình chống xói đã được xây dựng như sau [18],[53]:

- Ở một số đoạn kè chống xói lở phần đầu hắt sóng đã bị gãy hoặc bị nứt, vị trí phá huỷ là ranh giới giữa đầu hắt sóng bằng bê tông cốt thép và thềm tường xây bằng đá hộc.

- Tại một số đoạn hệ thống chân đế có hiện tượng bị xói moi đáy. Hiện tượng này sẽ dẫn đến công trình bị sập lở và mái kè sẽ bị nứt trượt.

Nguyên nhân của những hiện tượng nêu trên có lẽ do kết cấu tường chắn sóng chưa hợp lý, độ dốc mái kè không đảm bảo nên không có tác dụng làm giảm năng lượng sóng, móng công trình đặt ngay trên nền cát lại không có biện pháp bảo vệ bãi. Ngoài ra giải pháp thoát nước và bảo vệ chân đế khi có sóng to, gió lớn không phù hợp.

Đối với các công trình bảo vệ bờ chống xói lở các đảo thuộc quần đảo Trường Sa khi thiết kế, thi công thường gặp nhiều khó khăn. Trước hết là tài liệu điều tra khảo sát không đầy đủ, đồng bộ trong khi đó diễn biến bồi - xói rất phức tạp và đa dạng. Do nằm giữa biển khơi nên tác động của các yếu tố ngoại sinh rất mạnh mẽ đặc biệt là các yếu tố thuỷ thạch động lực luôn biến động và xảy ra với cường độ lớn. Điều này dẫn đến các công trình bảo vệ bờ chống xói thường là loại

công trình có khối lượng lớn, thi công trong điều kiện khó khăn xa đất liền, thiếu nước ngọt.

Đối với các công trình chống xói lở bờ biển Hải Hậu - Nam Định, Thuận An - Thừa Thiên Huế, Gò Công - Tiền Giang, nhìn chung có mức đầu tư thấp, nặng về "*chống*" hơn là "*phòng*" và ít quan tâm đến ngăn ngừa. Phần lớn các công trình mang tính "*phòng chống*", nổi cộm một số vấn đề làm tuổi thọ công trình giảm là: vấn đề lún của công trình trên nền đất yếu, vấn đề vật liệu, kết cấu vật liệu trong điều kiện động lực mạnh và trong nước mặn chưa được xem xét đúng mức.

Từ những nhận định trên và theo kinh nghiệm xây dựng luận chứng kinh tế kỹ thuật các công trình chống xói lở đảo Sinh Tồn Đông và đảo Phan Vinh của Trung tâm Kỹ thuật các công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự, có thể rút ra những vấn đề cần chú ý khi tính toán thiết kế các công trình chống xói lở bờ nước ta như sau:

Do bờ biển là bờ biển hở chịu tác động trực tiếp của gió mùa ĐB và TN nên áp lực của sóng lớn, dòng chảy sóng ven bờ và dòng chảy tiêu cũng khá lớn. Bởi vậy trong thiết kế cần chú ý đến biện pháp bảo vệ bãi và đảm bảo độ bền của công trình chống xói.

Dùng tường chắn sóng dạng cong hoặc có đầu hắt sóng để hạn chế nước tràn khi có sóng to gió lớn. Hệ thống thoát nước mặt phía trong kè phải đảm bảo tránh được hiện tượng moi cát làm hỏng chỗ dựa của tường kè.

Những kết luận về nguyên nhân xói lở bờ biển được đúc rút từ những nghiên cứu trên đây kết hợp với một số nhận định về các phương án kè chống xói đã được xây dựng là các căn cứ để đề xuất biện pháp công trình chống xói lở bờ biển. Song do thời gian và kinh phí hạn hẹp, trong báo cáo tổng kết không đi sâu thiết kế công trình mà chỉ nêu các giải pháp công trình cần được xây dựng để bảo vệ bờ chống xói lở.

b) Các giải pháp công trình

❖ ***Giải pháp công trình bảo vệ bãi***

Để bảo vệ bờ chống xói xói người ta thường sử dụng 5 giải pháp sau;

- Trồng rừng ngập mặn chống sóng, giữ cát ở phía ngoài bãi biển.

- Nuôi bãi nhân tạo bằng cách đưa cát từ nơi khác (từ các bãi bồi cửa sông hoặc từ phía ngoài đới sóng vỡ ở độ sâu trên 10 m) đến bồi đắp vào vùng bãi bị xói.

- Đê chắn sóng từ ngoài bờ và song song với đường bờ dạng đê nhô hoặc đê ngầm.

- Hệ thống mỏ hàn ngăn dòng bùn cát dọc bờ.

- Hệ thống mỏ hàn hình chữ T nhằm ngăn dòng bùn cát dọc bờ và giảm sóng và dòng bùn cát từ bờ đưa ra biển sâu (công trình tổng hợp).

Do bờ biển nước ta là bờ biển hở, áp lực sóng lớn, dòng chảy tiêu lớn nên chúng tôi kiến nghị nên sử dụng công trình tổng hợp bằng hệ thống mỏ hàn hình chữ T, hoặc công trình mỏ hàn kết hợp với đê chắn sóng ở phía ngoài tại độ sâu từ 2,5 ÷ 4 m.

Thiết kế xây dựng các mỏ hàn hình chữ T nhằm gây bãi nhân tạo cùng với việc gia cố đê kè.

- Mục đích : Phân tán năng lượng sóng bằng tán xạ, giảm áp lực sóng vỗ bờ, chặn dòng chảy ven bờ có tác dụng ổn định và mở rộng bãi biển, đồng thời bảo vệ bờ một cách tích cực.

- Cấu tạo công trình :

Mỏ hàn có kết cấu khối hay cọc đặt vuông góc với đường bờ. Vật liệu có thể là đá hộc hoặc những kết cấu bê tông đúc sẵn.

- Kích thước mỏ hàn do chế độ sóng, mực nước thủy triều, nước dâng và đặc điểm địa hình bờ bãi, sườn bờ ngầm quy định.

- Cao trình đỉnh và bề mặt cần đảm bảo rằng các vật liệu bãi biển không cần thiết phải giữ lại ở một phía nào đó của mỏ hàn.

Dựa vào các đặc trưng thủy thạch động lực và cấu trúc hình thái đường bờ chúng tôi đã tính toán theo quy trình quy phạm của khối SEV và Liên Xô cũ. Kết quả tính toán cho 1 phương án kiến nghị như sau:

+ Chiều dài mỏ hàn không được ngắn hơn 90 m

+ Chiều cao mỏ hàn H = 2,1 m

+ Chiều rộng mỏ hàn trên mặt tùy thuộc vào áp lực sóng và vật liệu mỏ hàn. Kết quả tính toán cho thấy R ≥ 2 m.

+ Khoảng cách giữa các mỏ hàn phụ thuộc vào cường độ năng lượng sóng và tốc độ dòng sa bồi ven bờ. Theo tính toán khoảng cách $\lambda \leq L \leq 1{,}5\lambda$ (λ - chiều dài bước sóng), ở vùng bờ nước ta có thể lấy L = 150 ÷ 250 m.

❖ ***Giải pháp công trình bảo vệ bờ biển***

Các công trình bảo vệ trực tiếp bờ như tường chắn sóng, kè chắn sóng...đều có mục đích làm giảm áp lực sóng hoặc phản xạ một phần năng lượng sóng lên khu bờ. Tuy nhiên, tường hoặc kè chắn sóng chỉ bảo vệ bờ và phần đất phía sau công trình còn phần bờ và bãi biển kế cận thì vẫn tiếp tục bị xói lở, nhiều khi đe doạ sự ổn định ngay bản thân công trình.

Đê phá sóng, là công trình gây sóng vỡ trước vị trí công trình, nhằm giảm chiều cao sóng tác động lên bãi biển và thay đổi hướng của dòng bồi tích. Khi độ cao sóng hạ thấp thì cường độ dòng bùn cát sẽ giảm, mặt khác đê phá sóng đóng vai trò như một bẫy tích tụ và tiêu tán năng lượng về phía bờ ngầm. Tuy nhiên, nếu khu vực có dòng vận chuyển dọc bờ lớn thì tác dụng bảo vệ và duy trì sự ổn định của khu bờ vùng cửa sông có phần bị hạn chế.

Kè mỏ hàn là một hệ thống công trình nằm trên bãi biển, đường bờ cửa sông nhằm ổn định vị trí cửa, ngăn ngừa sự bồi lấp luồng lạch. Mặt khác kè mỏ hàn có tác dụng hạn chế sự mất mát bồi tích do dòng dọc bờ, giảm thiểu cường độ xói lở bờ, sự di chuyển bồi tích dọc bờ và thay đổi hướng của dòng chảy. Công trình này có thể gây ra hiệu ứng bồi xói cục bộ nếu khoảng cách giữa chúng không hợp lý.

Để xác định các thông số kỹ thuật phục vụ cho việc thiết kế xây dựng kè chống xói bảo vệ bờ biển, chúng tôi đã sử dụng chương trình tính sóng trong gió mùa và trong bão cấp 12.

- Chiều cao sóng ngoài khơi : 14,6 m

- Chiều dài sóng ngoài khơi: L = 140 m

- Đặc trưng sóng vùng gần bờ H = 3,5 m; T = 7s; L = 100 m
- Vận tốc gió cực đại V = 45 m/s
- Vận tốc dòng chảy cực đại V = 1,5 m/s
- Chiều cao nước dâng h = 1,25 m.

Qua tính toán ở chương IV kết hợp với kiểm tra ngoài thực địa, cho thấy chiều cao sóng lớn nhất ở vị trí chân công trình bảo vệ bờ biển là 3,10 m ở khu vực bờ biển hở. Vận tốc dòng ven có xu hướng tăng ở các bãi ngang phụ thuộc vào 2 mùa gió chính ĐB và TN. Áp lực sóng lớn nhất lên công trình 18 T/m^2. Chiều cao sóng leo lớn nhất 2,76 m.

Việc tính toán thiết kế công trình phòng chống xói lở bờ biển cần dựa vào tiêu chuẩn "СНИП - 2.06.04 - 82" của Liên Xô cũ, năm 1983 [82] và tiêu chuẩn của Hội Xây dựng Việt Nam - Viện Thiết kế Giao thông thủy - 1992 và tài liệu của khối SEV cũ (Kamtria - 1985) [15],[82]. Các thông số cần tính toán là :

- Chiều dày mái kè.
- Chiều cao kè.
- Độ dốc mái kè.
- Hình dạng vòm hắt sóng.
- Độ sâu chân đế kè.

Theo kinh nghiệm thiết kế của Học viện Kỹ thuật Quân sự và Công binh Hải quân [53], kết hợp với kết quả nghiên cứu tính toán của chúng tôi có thể nêu kết cấu công trình phòng chống xói lở bờ biển như sau:

Kè chống xói có kết cấu dạng tường chắn bằng bê tông mác 300 đổ tại chỗ. Móng và chân tường chắn sóng nên đặt ở độ sâu 0,4 ÷ 1,2 m tùy theo từng đoạn bờ cụ thể (phụ thuộc vào cấu trúc địa chất và điều kiện địa chất công trình của các thành tạo bờ). Chiều dày mái kè là 0,25 ÷ 0,30 m tùy theo từng đoạn kè. Độ dốc mái kè là 1/3. Phía trước chân khay nên xếp đá hộc hoặc đá hộc kết hợp với tetrapod để bảo vệ chân công trình, chống xói đáy. Phía sau kè được đổ cát lấy từ đào móng chân kè và có thể bổ sung thêm lấy từ doi cát bồi tụ. Trên thân tường kè

cần bố trí các lỗ thoát nước ϕ = 0,10 m. Chiều cao kè để chống được nước biển tràn vào đồng ruộng hoặc khu dân cư trong bão cần xây cao > 5,2 m.

Trong công tác củng cố đê kè và thiết kế xây dựng các công trình kiên cố trên các đoạn bờ bị xói lở cần chú ý đến hiện tượng sụt lún cục bộ và dâng cao mực nước đại dương (≈ 4 mm/năm).

Dựa vào các chỉ tiêu tính toán để đảm bảo tính ổn định của công trình có thể đưa ra phương án kè chống xói lở bờ cho các đoạn bờ xung yếu trọng điểm. Tuy nhiên ở mỗi đoạn bờ cụ thể, các thông số thiết kế có thể thay đổi cho phù hợp với địa hình đường bờ và tiết kiệm được nguyên vật liệu.

5.2.4. Giải pháp công trình chống bồi lấp cửa sông

Giải pháp công trình chống bồi lấp cửa sông nhằm mục đích:

- Tập trung dòng chảy, tăng khả năng tự xói đáy, ổn định bờ luồng, lòng dẫn cửa sông.

- Thoát lũ tốt, không gây ngập lụt vùng cửa sông, đẩy được bùn cát ra xa cửa sông.

Để đáp ứng 2 mục đích trên, công trình chống bồi lấp cửa sông chủ yếu là kè hướng dòng, tập trung dòng chảy ở phía ngoài cửa sông và kè áp mái ở phía trong cửa sông.

5.3. CÁC GIẢI PHÁP KHCN CHO KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM

5.3.1. Đề xuất một số giải pháp khoa học công nghệ phòng chống sa bồi luồng tàu vùng cảng Hải Phòng

Cảng Hải Phòng được thiết kế xây dựng cho tàu 1 vạn tấn ra vào với lượng hàng từ 4 - 6 triệu tấn/năm, vì vậy việc cải tạo luồng tàu hoặc chọn một tuyến luồng mới vào cảng là rất cấp thiết. Để đảm bảo cho tàu một vạn tấn vào cảng Hải Phòng đòi hỏi luồng tàu phải có độ sâu 8,5 m.

Đề xuất biện pháp khoa học kỹ thuật phòng chống sa bồi luồng tàu vùng cảng Hải Phòng phải dựa trên cơ sở khoa học xác định được nguyên nhân gây sa lắng luồng tàu. Đồng thời phải xem xét đánh giá các quá trình thuỷ thạch động lực,

địa mạo trầm tích, các giới hạn địa hóa... như là đối tượng địa lý - địa chất đặc biệt, một mắt xích quan trọng trong hệ thống động của cán cân động lực vùng cửa sông ven biển Hải Phòng.

Nghiên cứu quá trình vận chuyển bùn cát và sa lắng theo trục luồng tàu có thể rút ra một số nhận xét sau:

+ Sự bồi lắng luồng tàu từ cảng chính đến kênh Đình Vũ chủ yếu do quá trình động lực biến dạng lòng dẫn ở đoạn sông uốn cong hạn chế kéo theo trục động lực dòng chảy chuyển dịch sang phía bờ trái làm cho đường trũng sâu (- 5,5 m) đi lệch ra khỏi luồng tàu. Tại đoạn sông cong cửa sông Ruột Lợn sự dịch chuyển trục động lực sang trái từ 60 m đến 70 m trong vòng 33 năm (từ 1962 - 1994), với tốc độ 2,0 ÷ 2,5 m/năm. Tại các đoạn khác trục động lực dịch chuyển sang phía bờ trái 40 ÷ 50 m với tốc độ 1,3 ÷ 1,6 m/năm. Đồng thời với sự dịch chuyển lạch sâu sang phía bờ trái, lưu tốc trung bình thuỷ trực cũng bị phân bố lại theo phương nằm ngang; trị số lưu tốc dòng chảy cũng tăng dần sang phía bờ trái. Điều này dẫn đến tình trạng bồi lấp mạnh ở phía bờ phải. Tốc độ bồi lấp trung bình ở đoạn sông này là 6 ÷ 10 cm/năm. Mặt khác từ khi có đập Đình Vũ cũng đã diễn ra sự mất cân bằng về dòng chảy và bùn cát ở đoạn sông này, tốc độ bồi tụ gia tăng 1 ÷ 2 cm/năm.

+ Nguyên nhân bồi lắng ở đoạn kênh Đình Vũ là do hiệu ứng mở rộng lòng dẫn. Từ 1962 đến nay chiều rộng ở mặt cắt ngang đầu kênh Đình Vũ tăng 65 m, ở giữa kênh tăng 61 m và ở cuối kênh tăng 62 m. Tốc độ bồi lắng ở đầu kênh đạt 6 cm/năm, ở giữa kênh đạt 12 cm/năm và cuối kênh đạt 8 cm/năm. Sau khi đắp đập Đình Vũ, lưu lượng nước và bùn cát đổ từ sông Cấm vào đoạn sông Bạch Đằng đã tăng lên. Đồng thời với sự uốn cong mạnh của đoạn sông uốn cong tự do là sự bồi lắng xảy ra mãnh liệt. Tốc độ bồi lắng đạt 20 ÷ 25 cm/năm. Nguồn gốc sa bồi của các đoạn luồng kể trên chủ yếu là phù sa sông (nguồn gốc lục địa), chiếm trên 90%.

+ Sự bồi lắng luồng tàu trên đoạn cửa Nam Triệu phụ thuộc không những vào dòng chảy sông, dòng triều mà còn phụ thuộc vào dòng ven bờ do sóng

hướng N, ĐN và Đ tạo ra ở vũng Đồ Sơn - Đình Vũ - Cát Bà và sóng truyền từ vịnh Bắc bộ truyền vào. Trên đoạn luồng từ phao 22 đến phao số 16 có chế độ dòng chảy thuận nghịch rõ rệt phụ thuộc vào pha triều và dòng chảy sông (trong mùa lũ). Ở đoạn này quan trắc được thời kỳ nước đứng ngắn sau thời điểm triều thấp và triều cao khoảng 1 - 1,5 giờ. Tốc độ lớn nhất dòng chảy xuôi ra biển đạt 1,85 m/s lớn hơn dòng chảy ngược vào sông (~ 1 m/s). Với tốc độ dòng chảy lớn như vậy, nên đoạn luồng này ít có khả năng bồi lắng tại chỗ. Sự bồi lắng tại chỗ chỉ xảy ra vào thời kỳ nước đứng nhất là vào mùa lũ dòng chảy sông mang nhiều bùn cát. Trong pha triều xuống dòng chảy gặp sóng hướng N, ĐN có thể gây ra vùng sóng đứng gây bồi lắng ít nhiều ở đoạn luồng từ phao 18 đến phao số 10. Đoạn luồng từ phao 16 đến phao số 10 là đoạn luồng bị bồi mạnh nhất do dòng chảy tổng hợp ở khu vực này khá nhỏ (0,1 - 0,6 m/s) bởi các dòng chảy thành phần triệt tiêu lẫn nhau. Theo tính toán bằng mô hình và kết quả đo thực tế cho thấy, tốc độ bồi lắng ở đoạn luồng này đạt trên 2 m/năm.

Đoạn luồng từ phao số 10 đến phao số 0 thời gian nước đứng ít xảy ra, nhưng tồn tại 3 hướng chảy chính: chảy xuôi, chảy ngược và chảy cắt ngang qua luồng. Lưu tốc dòng thường thay đổi từ 0,2 - 1,0 m/s tuỳ theo thời kỳ triều. Tại khu vực này xảy ra hiện tượng bồi tụ, xói lở xen kẽ thiên về bồi tụ với tốc độ 1 ÷ 3 cm/năm. Riêng khu vực từ phao số 10 đến phao số 7 tốc độ bồi tụ đạt 0,10 ÷ 1 m/năm.

Nguồn gốc bồi tích ở khu vực cửa Nam Triệu từ phao số 22 đến phao số 16 chủ yếu là trầm tích sông chiếm tới 80%; từ phao số 16 đến phao số 0 là trầm tích sông biển hỗn hợp.

Cơ chế lắng đọng sa bồi khu vực luồng tàu Hải Phòng và lân cận

+ Sự vận chuyển và lắng đọng sa bồi khu vực nghiên cứu phụ thuộc vào chế độ thuỷ thạch động lực và các giới hạn địa hoá cửa sông hình phễu. Cơ chế vận chuyển và lắng đọng bùn cát có kích thước hạt khác nhau phụ thuộc vào tốc độ dòng chảy. Riêng đối với vùng cửa sông khu vực nghiên cứu thì hiện tượng ngưng keo kết bông, lắng đọng trầm tích của các keo là một trong cơ

chế chính của sa lắng luồng tàu. Một số hạt keo nhỏ đã được trung hoà điện tích bề mặt liên kết lại thành tập hợp keo có kích thước lớn hơn, gọi là hiện tượng ngưng keo kết bông. Các kết bông này được nhanh chóng lắng xuống đáy trong kỳ nước dừng (chuyển pha triều). Trong khu vực nghiên cứu đới ngưng keo kết bông xảy ra ở bãi triều thấp, bãi triều cao và lạch triều ... Chính vì cơ chế này mà các lòng dẫn cửa sông, lạch triều từ chỗ chỉ là kênh vận chuyển sa bồi đã trở thành kênh lắng đọng trầm tích khi giới hạn địa hoá của khu vực nghiên cứu bị thu hẹp do quai đê lấn biển, khai hoang nông nghiệp...

+ Cơ chế vận chuyển và lắng đọng trầm tích ở khu vực cửa Nam Triệu và vụng Cát Bà - Đình Vũ - Đồ Sơn chủ yếu tuân theo qui luật thuỷ thạch động lực và biến động mạnh theo mùa trong năm. Luồng tàu trong khu vực này nằm trong vụng nửa hở với chế độ thuỷ thạch động lực rất phức tạp. Trong mùa hè sóng gió ở đây có hướng ĐN, Đ và NĐN với tần suất cao (trên 70%) gây ảnh hưởng lớn đến đảo Cát Hải và Đình Vũ. Trong thời kỳ triều cường vào thời gian triều lên cao (3,5 m) sóng vỗ trực tiếp vào đê kè với áp lực lớn từ 0,4 T/m^2 đến 7,4 T/m^2; đặc biệt trong bão có thể lên tới ~ 20 T/m^2. Đồng thời sóng vỡ ngay sát chân đê kè tạo thành dòng chảy sóng với tốc độ khá lớn từ 0,35 m/s đến 1,28 m/s làm rửa trôi các trầm tích hạt mịn thậm chí cả cát trung. Hiện tượng moi đáy này làm cho chân đê kè bị mài mòn nghiêm trọng gây xói lở mái đê kè. Hiện tượng này xảy ra với cường độ mạnh trong thời gian bão đổ bộ vào vùng đảo trùng với giai đoạn triều cường. Tính toán cân bằng bùn cát cho một số mặt cắt Hoà Quang, Gia Lộc, Văn Chấn, Hoàng Châu, Đình Vũ cho thấy đoạn bờ biển đảo Cát Hải và Đình Vũ xảy ra thiếu hụt sa bồi khá lớn, trên 12.000.000 m^3/năm. Lượng sa bồi bị thiếu hụt chủ yếu xảy ra vào mùa hè gây xói lở bờ biển Cát Hải, Đình Vũ. Lượng bùn cát bị xói lở này tham gia vào 2 tiểu hoàn lưu về phía Lạch Huyện và cửa Nam Triệu, một phần được vận chuyển về phía Đình Vũ - cửa Cấm - Đồ Sơn. Đồng thời tiểu hoàn lưu cửa Nam Triệu đã đẩy dòng chảy lũ mang lượng phù sa lớn về phía Đồ Sơn (do không có dòng lũ từ cửa Cấm đổ ra). Khu vực luồng tàu từ phao số 16 đến phao số 8 có thể xem như là tâm của

tiểu hoàn lưu với tốc độ dòng chảy quá nhỏ tạo điều kiện cho lắng đọng bùn cát. Điều này được minh chứng ở chỗ chương Đình Vũ bị chia cắt thành các lạch Nơm, lạch Đèn Chóp...

Trong mùa đông và mùa chuyển tiếp, sóng gió trong khu vực nghiên cứu có hướng thịnh hành là ĐB và Đ. Bờ biển Cát Hải - Đình Vũ được giữ ở thế ổn định. Lượng bùn cát trong sông đổ ra ít chỉ chiếm ~ 15% lượng bùn cát năm, song sóng gió đã đổ sát chân đê kè phía Đồ Sơn và sóng cồn xảy ra ở các bãi làm bứt các hạt bùn cát đáy tham gia vào chuyển động và đưa vào lắng đọng ở các khu vực dòng chảy tổng hợp nhỏ. Chúng tôi tạm gọi đây là hiện tượng sa bồi tại chỗ. Điều này giải thích tạo sao vào mùa đông mặc dù bùn cát trong sông đổ ra ít mà bãi biển Đồ Sơn lại rất đục, có khi còn đục hơn mùa hè.

Trong tương lai với bản chất cấu trúc của cửa sông estuary, các hoạt động địa động lực hiện đại và các quá trình thuỷ thạch động lực, có thể dự báo xu thế biến động của vùng cửa sông Nam Triệu và vùng Cát Bà - Đình Vũ - Đồ Sơn như sau: Các doi cát ở ven cửa sông có xu thế bồi cao dần với tốc độ chậm, và sẽ dịch chuyển từ từ về phía Tây. Ở vùng ngưỡng dưới cửa sông tại vị trí đèn Nơm xuất hiện sự phân nhánh dòng chảy tạo thành lạch mới và tương đối sâu dần. Hệ thống lạch triều trong khu vực tiếp tục bị xâm thực ngang và bồi cao đáy. Mặc dù lượng nước trong sông trong mùa kiệt tăng lên do điều tiết của hồ Hoà Bình, song quá trình truyền triều xâm nhập mặn vào trong sông vẫn giảm không đáng kể. Các giới hạn địa hoá khu vực luồng tàu và lân cận vẫn tiếp tục bị thu hẹp, ảnh hưởng lớn đến sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng.

Rõ ràng, nếu không có biện pháp phòng chống và khắc phục sa lắng luồng tàu vào cảng Hải Phòng thì khối lượng nạo vét tuyến luồng sẽ không giảm và tàu 10.000 tấn cũng không vào được cảng Hải Phòng.

Với quan điểm hệ thống nêu trên thì việc thiết kế xây dựng các công trình phòng chống sa bồi luồng tàu là một vấn đề khó khăn, phức tạp, bao gồm tổ hợp công trình:

- Các công trình hạn chế phù sa sông

- Các công trình nắn dòng hạn chế sự vận động của lòng dẫn cửa sông Cấm.
- Các công trình hạn chế phù sa từ biển đưa vào.
- Các công trình hạn chế sa bồi tại chỗ.

Trong khi thiết kế xây dựng các công trình phòng chống sa bồi luồng tàu phải xem xét khả năng không làm phá vỡ qui luật tự nhiên vùng cửa sông và bảo toàn động lực trong khu vực, tránh gây ra những biến động lớn bất lợi.

Trong khuôn khổ của báo cáo tổng kết, chúng tôi chủ yếu đề xuất một số biện pháp khoa học kỹ thuật có tính khả thi cao mà không đi sâu vào thiết kế kỹ thuật các công trình. Nhằm tận dụng và kế thừa các kết quả nghiên cứu của Bộ Giao thông Vận tải, chúng tôi đã giao đề mục: *"Đề xuất một số giải pháp kỹ thuật phòng chống sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng"* cho phòng thiết kế đường thuỷ, Xí nghiệp KSTK cảng đường thuỷ chủ trì, và chủ nhiệm đề mục là TS. Nguyễn Văn Phúc. Trong báo cáo tổng hợp chúng tôi chủ yếu dựa vào kết quả nghiên cứu của đề mục này, có tham khảo thêm một số đề án, đề tài có liên quan từ khi thành lập cảng Hải Phòng đến nay.

Trên cơ sở xác định được nguyên nhân sa bồi luồng tàu, kết hợp với việc xem xét tổng thể diễn biến cửa sông bờ biển khu vực Hải Phòng và lân cận kế thừa kết quả nghiên cứu đề tài độc lập cấp Nhà nước [16], đề tài đi sâu nghiên cứu xem xét 3 phương án có tính khả thi:

❖ ***Phương án đi qua vịnh Hạ Long:*** tuyến luồng theo phương án này sẽ là: sông Cấm - Đình Vũ - Bạch Đằng - kênh Cái Tráp - Hòn Lã Vọng - Hòn Cập Gà - cửa Vạn.

❖ ***Phương án sử dụng tuyến luồng cũ:*** sông Cấm - Đình Vũ - Bạch Đằng - Nam Triệu. Đây là tuyến luồng đã được khai thác từ năm 1902 đến nay.

❖ ***Phương án kênh Cái Tráp - cửa Lạch Huyện:*** tàu sẽ đi theo luồng sông Cấm - Đình Vũ - Bạch Đằng - kênh Cái Tráp - cửa Lạch Huyện (phương án đi qua cửa Lạch Huyện).

Như vậy, cả 3 phương án nêu trên đều đòi hỏi phải chỉnh trị đoạn luồng cửa Cấm - Đình Vũ - Bạch Đằng. Phương án 1 và 3 đòi hỏi phải đào kênh Cái Tráp theo qui mô và kích thước đảm bảo cho tàu 1 vạn tấn chạy qua được.

Phương án luồng tàu vào cảng Hải Phòng qua vịnh Ha Long

Do sa bồi luồng cửa Cấm và Nam Triệu quá lớn nên người ta đã đề xuất tuyến luồng nhiều năm mới phải nạo vét duy tu vì vùng vịnh nước trong. Về mùa lũ khi nước sông Hồng lượng bùn cát đạt tới 3500 g/m^3 thì ở đây chỉ đạt dưới 50 g/m^3. Toàn tuyến luồng được nằm trong khu vực được núi che khuất, tránh gió tốt cho tàu bè và tránh được qui luật san bằng đáy như vùng cửa Nam Triệu. Kết quả thí nghiệm của Bộ Giao thông vận tải cho thấy lượng sa lắng luồng là không đáng kể. Đây là tuyến luồng cho tàu nhỏ và xà lan chở than đã có sẵn, nên chỉ cần nâng cấp nó. Tuy nhiên nhược điểm của tuyến luồng này là bị che chắn bởi nhiều núi đá cao, vách đứng có thể tạo ra những nguy hiểm bất ngờ khi tàu chuyển hướng hoặc tầm nhìn bị hạn chế do mưa, sương mù và tuyến luồng này dài hơn tuyến luồng cũ trên 30 km và có khả năng có đá ngầm.

Các kết quả khảo sát nghiên cứu đã cho thấy:

- Luồng tàu đoạn nghiên cứu khá rộng chỗ hẹp nhất cũng rộng 180 m, ở một vài mặt cắt vách núi đá vôi khá dốc có nơi đến 80°.
- Chỗ sâu nhất của luồng tàu hiện nay thay đổi từ 2,5 ÷ 25 m. Mặt cắt ngang lòng dẫn thường không đối xứng nên tàu bè đi lại dễ bị mắc cạn khi triều kiệt nếu không đi đúng luồng.
- Trầm tích hiện đại tầng mặt khu vực nghiên cứu chủ yếu là bùn sét có lẫn mảnh vụn xác sinh vật, trừ khu vực Đèn Chóp (Đảo Công) là cát mịn pha sét có lẫn nhiều xác sinh vật.
- Độ sâu lớp bùn sét thay đổi tuỳ theo khu vực từ -8,5 ÷ -13,8 m. Bề dày của lớp sét có nhiều nơi rất lớn chưa xác định được (vì chỉ đo và khoan đến -15 m).

- Các lớp trầm tích ở phía trên thường đến độ sâu -10 m là bùn sét rất tơi xốp, hoặc nhão có độ kết dính rất thấp có thể thuận lợi cho việc nạo vét luồng tàu sau này.
- Ở hầu hết các mặt cắt địa chất đến độ sâu -12 m đều không gặp đá gốc trừ 2 khu vực: Lã Vọng và Vụng Ông đá gốc ở độ sâu -9,2 m.

Chúng tôi đã tiến hành đo lặp các yếu tố thủy văn - địa hình và sa bồi khu vực này và thấy rằng tuyến luồng này có mức độ ổn định cao, ít bị sa lắng.

Chúng tôi cho rằng phương án chọn tuyến luồng qua vịnh Hạ Long đòi hỏi đầu tư ban đầu lớn. Ngoài ra cần xem xét đánh giá tác động đến môi trường vịnh Hạ Long, nhất là ô nhiễm dầu do hoạt động của tàu biển gây ra.

Phương án cải tao tuyến luồng cũ

Thực tiễn quá trình nghiên cứu chỉnh trị, cải tạo tuyến luồng vào cảng Hải Phòng trong gần 100 năm qua đã cho thấy: Khó khăn lớn nhất là chỉnh trị đoạn luồng cửa Nam Triệu mà thực chất là cải tạo bãi chắn cửa sông. Bãi chắn cửa sông Nam Triệu được hình thành và phát triển theo qui luật cửa sông estuary chịu ảnh hưởng triều. Do đó vấn đề đặt ra là phải thắng được sự san bằng nhanh đáy biển khu vực bãi chắn. Để có luồng tàu đạt cốt -6 m tại cửa Nam Triệu cho tàu 1 vạn tấn ra vào cảng, theo tính toán thì phải nạo vét lần đầu 9 triệu m^3 bùn cát và sau đó hàng năm phải nạo vét bổ sung 6 triệu m^3 ở dải chắn cửa Nam Triệu. Đây là giải pháp tốn kém, phải nạo vét duy tu luồng hàng năm rất lớn và chỉ tiến hành trong điều kiện thời tiết bình thường. Trong trường hợp có dông, đặc biệt là bão đổ bộ vào Hải Phòng thì phải nạo vét bổ sung sau cơn bão.

Để giảm bớt khối lượng nạo vét cần thiết phải dịch chuyển tuyến luồng hiện tại về phía Tây với góc từ $20^o \div 30^o$. Đồng thời cần tiến hành nạo vét kết hợp với việc xây dựng đê chắn bùn cát ở hai bên tuyến luồng. Trong điều kiện kỹ thuật công nghệ hiện đại thì việc làm này có thể thực hiện được. Tuy nhiên với hoàn cảnh kinh tế - kỹ thuật của nước ta hiện nay, với khối lượng hàng hoá thông qua cảng trong những năm tới khoảng $4 \div 5$ triệu tấn/năm thì phương án này khá tốn kém, và cái lợi thu được sẽ không tương xứng với cái giá phải đầu tư.

Phương án chon luồng qua cửa Lach Huyên

Kết quả nghiên cứu của đề tài đã chỉ ra rằng: cửa Lạch Huyện hiện tại đang ở trong trạng thái phát triển tự nhiên khá ổn định. Bãi chắn kéo dài từ Cát Hải ra xa đến trên 6 km khá ổn định. Cửa Lạch Huyện có ưu thế là cửa sâu, rộng. Lượng bùn cát từ sông Chanh đổ ra cửa Lạch Huyện hàng năm nhỏ hơn rất nhiều so với sông Kinh Thày đổ ra cửa Nam Triệu (chỉ bằng 18% so với cửa Nam Triệu). Hơn thế nữa, đảo Cát Bà chạy dài ra biển che chắn phần phía Đông Nam của luồng nên luồng tàu ở cửa Lạch Huyện chỉ chịu ảnh hưởng chủ yếu của dòng bùn cát từ sông Bạch Đằng qua kênh Cái Tráp và từ phía Nam Triệu - Cát Hải đi xuống mà không chịu ảnh hưởng của lượng bùn cát đi từ các hướng khác đến.

Qua kết quả tính toán đánh giá vai trò của kênh Cái Tráp đến sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng bằng mô hình toán mạng lưới sông đồng bằng cho thấy:

- Hướng trục kênh Cái Tráp hiện tại đều vuông góc với trục dòng chảy trên sông Bạch Đằng và sông Chanh đã hạn chế tối đa sự trao đổi nước giữa hai sông qua kênh này, nên lượng dòng chảy tính được trên mô hình cũng như thực đo là không đáng kể. Vào những ngày triều cường cũng như trong mùa lũ lớn lưu lượng không vượt quá 100 m^3/s. Bởi vậy ảnh hưởng của kênh này đối với vấn đề thoát lũ cũng như cấu trúc dòng chảy của các sông trong vùng là không đáng kể. Luồng kênh Cái Tráp không gây xáo động lớn trong chuyển động của dòng nước trong vùng. Hàng năm lượng phù sa từ cửa Nam Triệu chuyển sang cửa Lạch Huyện qua kênh này là không đáng kể. Việc đào kênh Cái Tráp có tác dụng tích cực nhiều hơn tiêu cực, mang lại hiệu quả kinh tế đáng kể cần được duy trì.

- Đề tài đã tính toán trên mô hình cho các phương án trục kênh Cái Tráp từ vị trí ban đầu như hiện tại đến vị trí lệch so với hiện tại một góc 45°. Kết quả cho thấy vị trí kênh Cái Tráp đào lệch so với hiện nay một góc 22°30' là tối ưu nhất. Nếu thực hiện phương án chuyển luồng tàu ra vào cảng qua cửa Lạch Huyện và đào một kênh Cái Tráp mới (đảm bảo cho tàu 10.000 tấn ra vào cảng) với chiều dài là 6200 m, trục kênh lệch với hướng cũ một góc 22°30', cao độ đáy kênh là -6,5 m và chiều rộng lòng kênh khoảng 100 m thì lượng nước sông Bạch Đằng chuyển qua kênh Cái Tráp sang Lạch Huyện khoảng 14 - 15% lượng nước sông Bạch Đằng. Điều này dẫn đến lượng phù sa theo kênh Cái Tráp sang Lạch Huyện khoảng 0,6 -

0,7 triệu tấn/năm. Có nghĩa lượng phù sa hàng năm đổ ra cửa Lạch Huyện khoảng trên 1 triệu tấn/năm (chiếm khoảng 1/4 lượng phù sa đổ ra cửa Nam Triệu hiện nay).

Như vậy, xét về sự di chuyển phù sa và động lực dòng nước thì tuyến luồng Lạch Huyện - kênh Cái Tráp - Hải Phòng có kết hợp với thoát lũ qua đập Đình Vũ qua cửa Cấm là giải pháp khắc phục có tính khả thi cao, giảm bớt được một phần nước đục từ cửa Nam Triệu qua kênh Cái Tráp sang cửa Lạch Huyện. Tuy nhiên, khi đào kênh Cái Tráp phải tiến hành các biện pháp bảo vệ bờ đồng thời có các công trình hướng dòng nhằm đảm bảo ổn định tỷ lệ chia nước giữa các cửa, kết hợp với các biện pháp bảo vệ và phát triển có kế hoạch môi trường sinh thái rừng ngập mặn cửa sông, ổn định luồng lạch nhằm mang lại hiệu quả kinh tế cao.

Có thể nói, kênh Cái Tráp là một mắt xích quan trọng của giải pháp chuyển luồng tàu ra vào cảng Hải Phòng qua cửa Lạch Huyện. Giải pháp này nằm trong chiến lược *ổn định luồng theo quan điểm tránh xa các dòng nước đục trong mùa lũ, hạn chế tối đa lượng bùn cát di chuyển qua luồng tàu.*

Với những lý do nêu trên chúng tôi đề xuất nên chọn tuyến luồng đi qua cửa Lạch Huyện là hợp lý hơn cả.

Sau đây chúng tôi xin trình bày các giải pháp khoa học kỹ thuật theo các phương án lựa chọn nhằm hạn chế, khắc phục tình trạng sa lắng luồng tàu.

Giải pháp kỹ thuật chỉnh trị đoạn sông Cấm

❖ ***Các công trình chỉnh trị đã xây dựng***

Trên cơ sở phân tích sự bồi nông đoạn ở hạ lưu của sông Ruột Lợn là do biến dạng lòng dẫn và dịch chuyển trục động lực về phía bờ trái, do đó lạch sâu -5m đi lệch ra khỏi luồng tàu, lạch sâu bờ trái tách rời lạch sâu ở phía bờ cảng Chùa Vẽ. Vì hiện tượng đó nên sự bồi lắng trên đoạn cạn xảy ra rất mạnh, hàng năm phải nạo vét gần 500.000 m^3 để đảm bảo chiều sâu chạy tàu 5.000 DWT vào cảng. Do đó Bộ Giao thông vận tải đã cho xây dựng hệ thống gồm 8 kè.

Dưới tác động của hệ thống kè này đã khắc phục được sự bồi lắng trên đoạn cạn và điều chỉnh được lạch sâu đi vào luồng tàu, đảm bảo được chiều sâu chạy tàu 5.000 DWT, không phải nạo vét hàng năm để đảm bảo giao thông.

❖ ***Các công trình cần phải tiếp tục xây dựng trong những năm tới***

Việc xây dựng 8 kè trên sông Cấm mới đạt được mục tiêu đảm bảo chiều sâu chạy tàu với cao độ đáy luồng tàu z = -4,5 ÷ -5,0 m, nhưng vấn đề cơ bản là cần phải điều chỉnh trục động lực dòng chảy ở đoạn cong cửa sông Ruột Lợn và từ hạ lưu đoạn cong đến kè K1 nhằm đạt được 3 mục tiêu chính:

+ Đảm bảo bán kính chạy tàu ở đoạn cong Ruột Lợn
+ Đạt được độ cao đáy luồng tàu z = -5,5 m
+ Cải thiện chiều sâu khai thác các cầu bến phía bờ phải.

◆ *Xây dựng công trình bổ sung đối với đoạn cạn nằm trên đoạn thẳng chuyển tiếp giữa hai đoạn cong trái chiều cửa Ruột Lợn - cảng Chùa Vẽ.*

Trong đồ án thiết kế của Bộ Giao thông vận tải đã bố trí kè hướng dòng K1, kè chắn K2, K3, K4 nhằm đẩy lạch sâu - 5,0 m đi vào luồng tàu và sát nhập với lạch sâu ở cảng Chùa Vẽ. Nhưng do sự uốn cong dòng mạnh về phía trái nên trên thực tế hai lạch sâu ở bờ trái và bờ phải không sát nhập được với nhau, vì vậy cần bổ sung thêm kè K1-a bố trí ở giữa kè K1 và K2 để tăng cường đẩy dòng chủ đi vào luồng tàu và sát nhập hai lạch sâu thành một giải liên tục.

◆ *Xây dựng công trình trên đoạn từ thượng lưu cửa Ruột Lợn đến K1 (đã xây dựng năm 1991)*

- Trên đoạn từ cửa sông Ruột Lợn đến kè K1 lạch sâu đi ép sát bờ trái do sự uốn cong mạnh của trục động lực dòng chảy. Tình trạng đó dẫn đến lạch sâu đi lệch khỏi luồng tàu trên đoạn cạn ở hạ lưu cửa Ruột Lợn, đồng thời các cầu bến xây dựng ở bờ phải trên đoạn này đều có nguy cơ bị bồi lắng mạnh nên làm giảm chiều sâu khai thác và hàng năm phải nạo vét khu nước trước bến với chi phí đáng kể (hàng tỷ đồng).

- Tại hạ lưu đoạn cong cửa Ruột Lợn cần xây dựng 2 kè hướng dòng RL1, RL2 nhằm đẩy dòng chủ đi tách khỏi bờ cong, ở hạ lưu cửa Ruột Lợn xây dựng 2

kè RL3, RL4 có trục kè ngược với dòng chảy để dòng chảy tràn khi triều rút hướng ra phía luồng tàu. Bốn kè (RL1, RL2, RL3, RL4) có chức năng chuyển dịch đỉnh cong về phía thượng lưu và điều chỉnh trục động lực dòng chảy tách khỏi bờ cong, hướng vào luồng tàu, đồng thời làm tăng bán kính chạy tàu trên đoạn cong. Việc dịch chuyển đỉnh cong lên thượng lưu làm cho dòng chảy sau khi ra khỏi đoạn cong hướng dần về phía bờ phải, như vậy sẽ cải thiện phần nào chiều sâu khai thác các bến đang bị bồi lắng.

• *Xây dựng 4 kè trên đoạn từ RL4 - K1*

Đồng thời với việc xây dựng 4 kè RL1 ÷ RL4 xây dựng 4 kè chắn trên đoạn từ RL4 đến K1, các kè này có đường trục ngược với dòng chảy. Cách bố trí này có tác dụng chắn dòng ở các mực nước ngang với cao độ đầu kè trở xuống và hướng dòng chảy tràn qua kè đi vào luồng tàu khi triều xuống ở các mực nước cao hơn cao độ đầu kè. Hệ thống 4 kè này có chức năng phối hợp với 4 kè RL1 - RL4 tạo ra sự phân bố lại lưu tốc theo phương ngang, chuyển một phần động năng dòng chảy từ phía bờ trái vào luồng tàu để tạo điều kiện xói lòng dẫn trên đoạn cạn.

Giải pháp kỹ thuật chỉnh trị đoạn kênh Đình Vũ

- Bờ phía phải kênh Đình Vũ đang bị xói lở do dòng chảy từ bờ trái sông Cấm (nơi nối tiếp với kênh Đình Vũ) uốn cong hướng về phía bờ phải của kênh. Để khắc phục hiện tượng này đã xây dựng 4 kè để điều chỉnh chủ lưu từ sông Cấm đổ vào kênh. Nhưng để duy trì chiều sâu kênh cần có biện pháp ngăn chặn sự mở rộng của kênh bằng cách xây dựng kè gia cố bờ kết hợp với các kè ngắn trên đoạn đang bị xói lở.

- Kết cấu kè bảo vệ bờ bằng đá hộc lát khan mái bờ tựa trên lăng thể đá hộc đổ tự do. Nhưng để khôi phục chiều rộng kênh như trước khi bị xói cần xây dựng 8 kè ngắn bằng đá hộc có chiều dài 50 m, bố trí đều cách nhau 100 m để tách dòng chảy ra xa chân đường bờ, tạo điều kiện bồi chân bờ nhằm duy trì chiều rộng kênh bằng 260 m.

- Các kích thước của kè gia cố bờ

+ Cao độ đỉnh kè +2,5 m

+ Cao độ chân kè 0,0 m

+ Cao độ mặt lăng thể đá chân kè +1,0 m

+ Hệ số mái dốc lát khan m = 2

- Các kích thước cơ bản của kè ngắn bảo vệ bờ

+ Cao độ đầu kè + 2,0 m

+ Cao độ gốc kè +2,5 m

+ Chiều rộng mặt kè 2 m

Giải pháp kỹ thuật chỉnh trị đoạn Bạch Đằng

- Để khắc phục hiện tượng bồi lắng đoạn sông này cần thiết phải thu hẹp chiều rộng lòng dẫn bằng 1100 m để tăng lưu tốc dòng chảy khi triều xuống, nhằm tăng cường sự vận chuyển bùn cát ra biển bằng hệ thống 4 kè bố trí trên bãi Nhà Mạc và 3 kè trên bãi bên phía đảo Đình Vũ bằng đá hộc đổ tự do.

- Việc bố trí các kè chắn trên hai bãi bên để khắc phục hiện tượng chảy khuếch tán từ lòng dẫn chính ra 2 phía bãi khi triều rút ở mực nước cao ngập bãi, nhằm tập trung năng lượng dòng chảy xói lòng dẫn trên đoạn cạn để đạt được cao độ chạy tàu -5,5 m.

- Dưới tác động của hệ thống công trình hai bãi bên được bồi cao tạo nên đường bờ mới để ổn định chiều rộng lòng dẫn.

- Khi bãi bên được bồi +2 ÷ +3 m có thể đắp đê để khai thác thuỷ sản, hoặc trồng sú vẹt để ổn định đường bớ mới.

- Các thông số kỹ thuật của tuyến chỉnh trị như sau:

+ Chiều rộng B = 1100 m

+ Bán kính đoạn cong R = 2600 m

+ Chiều rộng luồng tàu b = 100 m

+ Cao độ đáy luồng z = - 5,5 m

❖ ***Chuyển dịch tuyến luồng tàu hiện tại (303° ÷ 123°)***

Qua phân tích nguyên nhân bồi lắng luồng tàu và trường lưu tốc khi triều rút thấy rằng, ở phía mép luồng bên phải (nhìn theo hướng bên phải từ sông ra) tồn tại một dải chảy mạnh trên đoạn từ phao 14 đến phao 8, vì vậy cần dịch chuyển tuyến luồng cũ về phía Tây so với tuyến 303° ÷ 123° cho phù hợp với trường lưu tốc. Điều đó có thể làm giảm đi lượng bùn cát bồi lắng đáng kể trên luồng tàu.

- Độ lệch ($\Delta\alpha^o$) của tuyến luồng tàu với hướng lưu tốc dòng chảy (α^o) có tính trội hơn tại vị trí các phao từ phao số 4 đến số 8 là từ 20° ÷ 35°.

- Xét trường lưu tốc và độ lệch $\Delta\alpha^o$: tuyến chạy tàu cũ (303° - 123°) cần dịch chuyển về phía Tây một góc 20 ÷ 35° để phù hợp với trường lưu tốc dòng chảy.

❖ ***Xây dựng đê chắn cát để bảo vệ luồng tàu***

Để chống bồi lấp luồng tàu Nam Triệu cần có biện pháp ngăn chặn bùn cát vào luồng tàu từ hai phía.

- Xây dựng đê chắn bùn cát bên trái luồng từ phao 14 đến phao 18 để ngăn chặn bùn cát do xói lở bờ đảo Cát Hải được dòng ven mang đến.

- Xây dựng đê chắn cát bên phải luồng trên đoạn từ phao 14 đến phao 8 để ngăn chặn bùn cát do dòng triều lên chảy cắt ngang qua luồng tàu đưa bùn cát vào luồng tàu.

- Cao độ mặt đê được xác định chủ yếu là chắn cát đi xuống luồng tàu và kết hợp tiêu hao một phần năng lượng những con sóng cao tràn qua mặt đê. Theo kết quả tính toán mực nước xuất hiện V_{max} trong khi triều rút từ +2,0 ÷ +2,5 m. Để lợi dụng dòng nước sông khi triều rút nhằm vận chuyển bùn cát ra xa thì cao độ mặt đê cao hơn mực nước nói trên 0,5 m, nghĩa là +2,5 ÷ +3,0 m.

- Khoảng cách giữa hai đê được xét đến có lợi dụng trị số lưu tốc lớn từ sông chảy về để duy trì động năng dòng chảy vận chuyển bùn cát ra xa, và có xét đến chiều rộng luồng đủ cho tàu lớn vào cảng trong tương lai.

Kích thước của đê chắn cát như sau (bảng 5.1):

Bảng 5.1

Các thông số	Đơn vị	Tên kè	
		Đ1	Đ2
Chiều dài (L)	m	4000	9375
Cao độ mặt đê (z)	m	+2,5	+2,5
Chiều rộng mặt đê (B)	m	+4	+4
Khoảng cách giữa hai đê	m	3000	

Vấn đề xử lý đập Đình Vũ

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của đập Đình Vũ đến sa bồi luồng tàu là cơ sở khoa học cho các giải pháp xử lý đập Đình Vũ. Việc xử lý đập Đình Vũ phải thận trọng, từng bước một tránh gây ra những tác động đột biến bất lợi.

a) Tính toán khẩu độ phá mở đập

❖ ***Phương án tính toán:***

Để trả lại chế độ dòng chảy cho cửa Cấm như trước đây cần phải tiến hành phá mở đập và nạo vét lòng dẫn trước và sau đập để tạo ra moduyn lưu lượng của lòng dẫn như trước khi đắp đập. Vì vậy cần tính toán với các thông số khác nhau như khẩu độ và cao độ đáy phá mở, chiều rộng nạo vét và cao độ đáy kênh mồi để hoàn thiện từng bước cho đoạn sông cửa Cấm hoạt động trở lại dần dần mà không gây ra những hiệu ứng đột ngột đối với sông Cấm, kênh Đình Vũ, đoạn sông Bạch Đằng và cửa Nam Triệu.

- Công thức tính moduyn lưu lượng lòng dẫn:

$$K1 = \omega_1 C_1 \sqrt{r_1} = 1/n(B_1 h_1 R^{2/3})$$

Trong đó: B, h, R tương ứng là chiều rộng, chiều sâu, bán kính thuỷ lực của mặt cắt ngang lòng dẫn.

❖ ***Các thông số tính toán:***

+ Mực nước tính toán H = +2,5 m và + 2,0 m (mực nước trung bình sườn triều, thường xuất hiện Q_{max})

+ Lưu lượng phân phối qua cửa Cấm trước khi đắp đập bằng 806 m^3/s

+ Cao độ đáy phá mở Z = -2 m, - 3 m, -4 m

+ Cao độ -4 m là cao độ lòng dẫn đoạn sông cửa Cấm

+ Hệ số mái dốc của khoang phá mở m = 2

+ Hệ số nhám đối với cát lòng sông n = 0,025

+ Hệ số nhám đối với lớp mặt đá hộc n = 0,043

❖ ***Các trường hợp tính toán:***

Tính với các chiều rộng phá mở khác nhau: B = 75 m, 100 m, 125 m, 150 m, 200 m

❖ ***Kết quả tính toán với Z = 2 m, H = +2,5 m, n = 0,043*** (bảng 5.2).

Bảng 5.2

Thông số tính toán	Các trường hợp tính toán					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
B_{TB}	75,0	100	125	150	175	200
h	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ω	337,5	450	562,5	675	787,5	900
R	3,55	3,75	3,88	3,97	4,04	4,09
$R^{2/3}$	2,34	2,42	2,48	2,52	2,55	2,57
K	18366	25325	32442	39558	46700	53791
%	9,64	13,3	17	20,77	24,52	28,25

❖ ***Kết quả tính toán với Z = -3 m, H = +2,5 m, n = 0,043*** (bảng 5.3).

Bảng 5.3

Thông số tính toán	Các trường hợp tính toán					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
B_{TB}	75	100	125	150	175	200
h	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
ω	412,5	550	687,5	825	962,5	1,100
R	4,65	4,84	4,96	5,04	5,10	5,15
$R^{2/3}$	2,80	2,88	2,92	2,95	2,98	3,00
K	26860	36837	46686	56599	66703	76744
%	14,10	19,3	24,5	29,7	35	40,3

❖ ***Kết quả tính toán với Z = - 4m, H = +2,5 m, n = 0,025*** (bảng 5.4).

Bảng 5.4

Thông số tính toán	Các trường hợp tính toán					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
B_{TB}	75	100	125	150	175	200
h	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
ω	487,5	650	812,5	975	1137,5	1,300
R	5,35	5,60	5,76	5,87	5,95	6,02
$R^{2/3}$	3,08	3,23	3,23	3,27	3,30	3,33
K	60060	83980	10498	12753	15015	17316
%	31,5	44,1	55,1	67	78,8	90,9

❖ ***Kết quả tính toán với Z = - 2m, H = +2 m, n = 0,043*** (bảng 5.5).

Bảng 5.5

Thông số tính toán	Các trường hợp tính toán					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
B_{TB}	75	100	125	150	175	200
h	4	4	4	4	4	4
ω	300	400	500	600	700	800
R	3,52	3,64	3,70	3,75	3,78	3,81
$R^{2/3}$	2,33	2,37	2,40	2,42	2,44	2,45
K	16256	22046	27907	33767	39721	45581
%	8,53	11,6	14,65	17,7	20,8	23,9

❖ ***Kết quả tính toán với Z = - 3 m, H = +2 m, n = 0,043*** (bảng 5.6).

Bảng 5.6

Thông số tính toán	Các trường hợp tính toán					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
B_{TB}	75	100	125	150	175	200
h	5	5	5	5	5	5
ω	375	500	625	750	875	1,000
R	4,31	4,46	4,56	4,62	4,68	4,72
$R^{2/3}$	2,66	2,72	2,76	2,79	2,81	2,83
K	23198	31628	40116	48663	57180	65814
%	12,2	16,6	21,1	25,55	30	34,5

❖ ***Kết quả tính toán với Z = - 4 m, H = +2 m, n = 0,025*** (bảng 5.7).

Bảng 5.7

Thông số tính toán	Các trường hợp tính toán					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
B_{TB}	75	100	125	150	175	200
h	6	6	6	6	6	6
ω	450	600	750	900	1,050	1,200
R	5	5,22	5,36	5,45	5,53	5,58
$R^{2/3}$	2,94	3,02	3,08	3,12	3,14	3,16
K	52920	72480	92400	11232	13188	15168
%	27,8	38,1	48,5	59,0	69,25	79,6

❖ ***Bảng tổng hợp moduyn lưu lượng ở các trường hợp tính toán với H = 2,50 m*** (bảng 5.8).

Bảng 5.8

Cao độ đáy (m)	Chiều rộng mở đập (m)					
	75	100	125	150	175	200
-2	18366	25325	32442	39558	46700	53791
-3	26860	36837	46686	56599	66703	76744
-4	60060	83980	104975	12753	15015	17316

❖ ***Bảng tổng hợp lưu lượng ở các trường hợp tính toán với H = +2,0 m*** (bảng 5.9).

Bảng 5.9

Cao độ đáy (m)	Chiều rộng mở đập (m)					
	75	100	125	150	175	200
-2	16256	22046	27907	33767	39721	45581
-3	23198	31628	40116	48663	57180	65814
-4	52920	72480	92400	11232	13188	15168

❖ ***Bảng tính moduyn lưu lượng trung bình trong quá trình mực nước rút H = 2,50 m đến 2,00 m*** (bảng 5.10).

Bảng 5.10

Cao độ đáy (m)	Chiều rộng mở đập (m)										
	75	%	100	%	125	%	150	%	175	%	200
-2	17311	9,1	23685	12,4	30174	15,8	36662	19,2	43210	22,7	49686
-3	25029	13,1	34232	18	43401	22,8	52631	27,6	61941	32,5	71279
-4	54490	29,7	78230	41	98687	51,8	119925	63	141015	74	162420

b) Tính phân phối lưu lượng giữa kênh Đình Vũ và lạch cửa Cấm sau khi phá mở đập

- Ở trên đã tính toán khả năng lưu lượng thoát qua khẩu độ mở đập, nhưng lưu lượng thực tế còn phụ thuộc vào sức kháng lòng dẫn của 2 nhánh sông và moduyn lưu lượng ở khoang mở đập.

- Trong thời kỳ đầu mở luồng mồi với chiều rộng 40 m, cao độ đáy -2m, hệ số mái dốc m = 5, nhưng sức kháng thủy lực của lạch này rất lớn, lưu lượng thoát qua không lớn. Trong quá trình tác dụng tương hỗ giữa dòng chảy và lòng dẫn, kênh mồi sẽ được xói, sức kháng sẽ giảm dần, lưu lượng sẽ tăng dần lên. Điều đó ở giai đoạn này chưa có thể tính dự báo được vì chưa đủ số liệu cần thiết mà cần phải theo dõi.

- Vấn đề quan trọng là xác định sự phân phối lưu lượng trên tương quan moduyn lưu lượng của khoang mở đập và moduyn lưu lượng của kênh Đình Vũ. Ở đây tính toán với trường hợp mở đập đến cao độ -4 m.

Các chiều rộng B khác nhau và các trị số moduyn lưu lượng tương ứng được thống kê ở bảng dưới đây (bảng 5.11):

Bảng 5.11

Tên sông	Moduyn lưu lượng (l/s.km^2)					
	B = 75 (m)	B =100 (m)	B =125 (m)	B =150 (m)	B =175 (m)	B =200 (m)
Lạch Cửa Cấm	56490	78230	98687	119925	141015	162420
Kênh Đình Vũ	283821	283821	283821	283821	283821	183821
%	19,9	27,6	34,8	42,25	49,7	57,2

- Tính lưu lượng qua lạch cửa Cấm:

$$Q_{cc} = Q_T \frac{1}{1 + \left(\sum F_{cc} / F_{DV}\right)^{0.5}} = A.Q_T$$

F_{CC},F_{DV} - Sức kháng của lạch lạch cửa Cấm và kênh Đình Vũ

$F_{CC} = L_{CC}/K^2_{CC}$ và $F_{DV} = L_{DV}/K^2_{DV} = 0,0118 \times 10^6$

Q_T - Lưu lượng tổng (ở mực nước H = +2,50) bằng 2420 m^3/s

- Kết quả tính toán được trình bày trong bảng sau (bảng 5.12)

Bảng 5.12

Thông số tính toán	Chiều rộng mở đập (m)					
	75	100	125	150	175	200
F_{CC}	$0,3 \times 10^{-6}$	$0,16 \times 10^{-6}$	$0,10 \times 10^{-6}$	$0,06 \times 10^{-6}$	$0,047 \times 10^{-6}$	$0,036 \times 10^{-6}$
A	0,16	0,21	0,25	0,297	0,33	0,36

Từ bảng trên chỉ ra rằng để đạt được 30% lưu lượng của lạch cửa Cấm trước khi đắp đập (806 m^3/s) thì phải mở đập với chiều rộng trung bình 150 m đến cao độ đáy Z = -4 m.

c) Kiểm tra lưu tốc trên kênh Đình Vũ trước khi đắp đập và sau khi phá mở đập

❖ ***Trước khi đắp đập:***

- Mực nước H = +2,50 m, Q = 2420 m^3/s
- Diện tích ướt trung bình mặt cắt ngang là 1710 m^2
- Lưu tốc trung bình V = 1,41 m/s

❖ ***Sau khi mở đập sông Cấm:***

Ở thời kỳ đầu do đào luồng mồi còn hạn chế, mặc dù khả năng lưu lượng thông qua nơi mở đập lớn nhưng lưu lượng chảy qua lạch cửa Cấm cũng chỉ đạt được 230 m^3/s, tức là 28,5%.

Lưu tốc trên kênh ở thời kỳ đầu: V = 2,190/2,004 = 1,07 m/s.

Như vậy lưu tốc trên kênh Đình Vũ bị giảm đi 24% so với vị trí ban đầu.

d) Kiểm tra lưu tốc trên luồng mồi

- Thời kỳ đầu luồng mồi đào với kích thước B = 40 m, cao độ đáy Z = -2 m, hệ số mái dốc luồng đào m = 5.

- Diện tích trung bình mặt cắt lạch cửa Cấm (kể cả phần diện tích đào mồi) $\omega = 472\ m^2$.

+ Lưu tốc trung bình: 280/472 = 0,59 m/s

+ Lưu tốc khởi động V = 1,2 x 0,45 = 0,49 m/s

+ Như vậy luồng mồi có khả năng xói (K = 1,20) nên không cần đào luồng mồi ở mức độ lớn hơn nữa.

e) Kiểm tra lưu tốc trên đoạn sông Bạch Đằng

- Lưu lượng khi chưa mở đập Q = 5639 m^3/s (với H = +2,50 m)

- Ở thời kỳ đầu phân phối qua lạch cửa Cấm 230 m^3/s lưu lượng qua kênh Đình Vũ chảy vào sông Bạch Đằng còn 5409 m^3/s.

- Diện tích ướt mặt cắt ngang trên ghềnh cạn: 6399 m^2

- Lưu tốc trước khi mở đập: 5639/6399 = 0,88 m/s

- Lưu tốc sau khi mở đập ở thời kỳ đầu: 5409/6399 = 0,84 m/s

Như vậy sau khi phá mở đập Đình Vũ lưu tốc trên đoạn sông Bạch Đằng thay đổi không đáng kể.

f) Giải pháp mở đập Đình Vũ bằng hệ thống cống

- Giải pháp phá mở đập Đình Vũ để thông luồng cửa Cấm có xét đến việc sử dụng luồng vận tải đối với các phương tiện loại nhỏ, nhưng đồng thời phải làm cầu ra đảo. Nếu không đặt ra mục tiêu vận tải thủy thì việc mở đập bằng hệ thống cống là một giải pháp kỹ thuật khả thi vì giải pháp này không phải cầu ra đảo mà vẫn đạt được mục tiêu phân chia nước và bùn cát ra phía cửa Cấm.

Tính số lượng và kích thước cống:

❖ ***Trường hợp cống có tiết diện hình tròn***

Lưu lượng thoát qua cống được tính theo công thức:

$$Q = (M \times (\pi \times D^2) \times \sqrt{2g\Delta z})/4$$

Trong đó:

M: hệ số lưu lượng phụ thuộc vào tỷ số chiều dài và đường kính ống L/D; với L/D = 20; M = 0,7

Δz: độ chênh mực nước ở thượng lưu đập.

g: gia tốc trọng trường

- Các thông số tính toán:

+ $Q_{tt} = 806\ m^3/s$
+ Đường kính cống D = 2 m
+ Mực nước tính toán H = +2,50 m
+ Độ chênh mực nước Δz = 0,50 m
+ Cao độ đặt cống z = -2 m

- Kết quả tính toán lưu lượng qua 1 cống $Q_{1c} = 6,9\ m^3/s$

+ Để thoát được lưu lượng thiết kế $Q = 806\ m^3/s$ như trường hợp phá mở đập thì cần phải đặt 117 cống và chiều dài đặt cống (theo tuyến đập) khoảng 260 m.
+ Với lưu lượng $Q = 500\ m^3/s$ thì số lượng cống cần là 72 chiếc, chiều dài đặt cống khoảng 160 m.

❖ ***Trường hợp cống thiết diện hình vuông***

Lưu lượng thoát qua cống tính theo công thức:

$$Q = \varphi.\zeta.b.h.\sqrt{2g\Delta z}$$

Trong đó: φ: hệ số vận tốc bằng 0,85

ζ: hệ số co hẹp bằng 0,75

b, h: chiều rộng và chiều cao cống

- Các thông số cần tính:

+ Lưu lượng Q = 806 m^3/s
+ Mực nước H = +2,5 m
+ Độ chênh mực nước Δz = 0,50 m
+ Chiều rộng và chiều cao cống b = h = 3,60 m
+ Cao độ đặt cống z = -2,0 m

- Kết quả tính toán :

Lưu lượng thoát qua 1 cống Q = 25,9 m^3/s

+ Số lượng cống cần thiết để thoát qua lưu lượng thiết kế là 31 chiếc, chiều dài đặt cống (theo tuyến đập) khoảng 115 m.
+ Nếu cho thoát qua lưu lượng Q = 500 m3/s thì số lượng cống là 20 chiếc với chiều dài đặt cống khoảng 75 m.

g) Những kết luận và kiến nghị về vấn đề phá mở đập Đình Vũ

+ Việc đắp đập Đình Vũ đã cho thấy có hiện tượng bồi lắng trên các đoạn sông lân cận như kênh Đình Vũ, đoạn sông Bạch Đằng ở mức độ đáng kể gây ảnh hưởng đến thoát lũ của sông Kinh Thày.
+ Việc mở lại luồng cửa Cấm cần được nghiên cứu một cách thận trọng vì sự khôi phục lại lạch cửa Cấm như trước kia cũng phải có quá trình dài, trong thời gian đó chắc sẽ nảy sinh các hiện tượng khác mà chưa lường hết được.
+ Khẩu độ mở đập Đình Vũ cần thiết phải mở với chiều rộng 150 m đến 175 m, cao độ đáy Z = -4 m thì đạt được lưu lượng thoát qua khoảng 1/3 tổng lưu lượng trước khi đắp đập.
+ Đồng thời với việc phá mở đập cần thiết phải đào luồng mồi ở mức độ đáng kể, tương xứng với khả năng lưu lượng thoát qua khoang mở đập, như vậy mới có thể xói được lòng dẫn.

+ Việc phá mở đập và nạo vét luồng mồi cần thực hiện hai bước, sau bước 1 cần khảo sát thuỷ văn, địa hình luồng cửa Cấm, kênh Đình Vũ, đoạn Bạch Đằng để có giải pháp khắc phục kịp thời nhằm đạt hiệu quả tốt.

+ Giải pháp phá mở đập Đình Vũ hay đặt một hệ thống cống ngầm sẽ được chọn lựa sau bước lập dự án khả thi trên cơ sở so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.

Giải pháp kỹ thuật cải tạo kênh Cái Tráp

a) Tình trạng của kênh Cái Tráp hiện tại

Theo bình đồ cao độ của kênh Cái Tráp khảo sát tháng 2/1986, tỷ lệ 1:10.000:

- Góc phương vị của tuyến kênh là 64°25'
- Chiều dài kênh Cái Tráp khoảng 4000 m, chiều rộng của kênh từ 30 ÷ 50 m
- Cao độ đáy kênh từ -0,2 m đến -0,7 m, đoạn kênh còn lại có cao độ +1,6 ÷ 1,7 m
- Khoảng cách đê hai phía kênh là 2200 m.
- Góc của trục kênh với hướng dòng chảy sông Bạch Đằng và dòng sông Lạch Huyện vuông góc với nhau ($\alpha = 90^o$).

Với tình trạng nông cạn, kênh Cái Tráp chỉ có thể cho đoàn xà lan và tàu đi lại ở mức nước triều cường. Mặt khác góc của trục kênh với hướng dòng chảy sông Bạch Đằng $\alpha = 90^o$ không thuận lợi cho phân lưu vào kênh trong thời đoạn triều rút. Tình trạng đó dẫn đến kênh bị bồi lắng nghiêm trọng.

b) Sự cần thiết phải đào kênh Cái Tráp mới

Nếu chọn phương án tuyến Lạch Huyện - Cái Tráp vào cảng Hải Phòng thay thế cho luồng tàu vào cửa Nam Triệu thì cần đào kênh Cái Tráp mới thay thế cho kênh Cái Tráp hiện tại.

Tuyến kênh Cái Tráp mới cần chuyển dịch so với tuyến kênh Cái Tráp hiện nay 22°30' để tạo ra góc phân lưu từ sông Bạch Đằng thuận lợi hơn vì nếu tạo được

dòng chảy khi triều rút từ sông Bạch Đằng về phía Lạch Huyện có lưu tốc lớn thì sẽ khắc phục được hiện tượng bồi lấp kênh.

Cửa kênh Cái Tráp mới ở vị trí của kênh cũ vì đó là hạ lưu đỉnh cong của sông Bạch Đằng nên bùn cát từ sông Bạch Đằng qua kênh Cái Tráp về phía Lạch Huyện sẽ giảm đi đáng kể, vì khi triều xuống dòng chảy của sông Bạch Đằng chảy về phía Lạch Huyện.

c) Các thông số thiết kế của kênh Cái Tráp mới

- Tuyến kênh Cái Tráp mới chuyển dịch so với kênh Cái Tráp hiện tại 22°30', góc phương vị của tuyến kênh Φ = 90.

+ Chiều dài kênh 6200 m
+ Cao độ đáy kênh -6,5 m
+ Chiều rộng đáy kênh 100 m

Hệ số mái dốc từ -2 m đến - 6,5 m, m = 15; từ -2 m đến +2,5 m, m = 10, tại cao độ -2 m cấu tạo cơ có chiều rộng 3 m, hai phía kênh đắp đê để đề phòng lũ và triều cường.

+ Chiều dài đê Bắc: 4600 m
+ Chiều dài đê Nam: 3575 m
+ Chiều rộng mặt đê: 5 m
+ Hệ số mái dốc: m = 5

- Đèn báo hiệu dẫn tàu vào kênh: xây dựng trụ đèn ở hai phía đầu và cuối kênh như trụ đèn kênh Đình Vũ.

d) Xác định lưu tốc trung bình thuỷ trực trên kênh Cái Tráp mới

- Công thức Cezi:

$$V_{tb} = (h_{tb}^{2/3}.I^{1/2})/n$$

+ Hệ số nhám: n = 0,025 (đối với cát)
+ Chiều sâu thuỷ trực: h_{tb} = 9 m
+ Độ dốc trung bình: I_{tb} = 0,000026

Theo tài liệu đo mực nước tại trạm đầu kênh (sông Bạch Đằng) và trạm cuối kênh (sông Lạch Huyện) trong thời gian 1 ngày từ 15/7 đến 15/8/1987 ở mực nước từ +2 m đến +3 m độ chênh mực nước giữa sông Bạch Đằng và sông Lạch Huyện là 0,16 m, độ dốc trung bình theo tuyến kênh mới $I_{tb} = 0,000026$

- Lưu tốc trung bình thuỷ trực trên kênh

$$V_{tb} = (9^{2/3} \times 0,000026^{1/2})/0,025 = 0,89 \text{ m/s}$$

- Xác định lưu tốc không xói kênh theo công thức Gontrapov

$$V_o = 3,9 \times 9^{2/3} \times (0,0014 + 0,0002)^{0,3} = 0,87 \text{ m/s}$$

So sánh với lưu tốc trung bình thuỷ trực $V_{tb} = 0,89$ m/s thì đáy kênh không xói ($v_{tb} = v_o$)

- Xác định lưu tốc không bồi trên kênh:

$$V_{kb} = 0,84Vo = 0,89 \times 0,89 = 0,74 \text{ m/s}$$

Với $V_{tb} = 0,89$ m/s thì kênh không bị bồi ($V_{tb} > V_{kb}$).

Nói tóm lại:

Giải pháp cải tạo tuyến luồng tàu hiện tại vào cảng Hải Phòng đối với đoạn Bạch Đằng, kênh Đình Vũ, sông Cấm do Bộ Giao thông thực hiện trong nhiều năm qua. Các công trình thi công trên đoạn sông Cấm đã mang lại hiệu quả tốt. Vấn đề còn lại là cần tiến hành xây dựng chỉnh trị đoạn kênh Đình Vũ và xây dựng bổ sung các kè chỉnh trị sông Cấm.

Việc cải tạo luồng tàu đoạn cửa Nam Triệu cần thực hiện điều chỉnh lại hướng tuyến luồng tàu $303^o \div 123^o$ đi lệch về phía Tây $20^o \div 30^o$ cho phù hợp với hướng dòng chảy từ sông ra, cũng như dòng triều (lên, rút), đồng thời cần phải xây dựng đê chắn cát cả ở hai phía luồng để ngăn bùn cát đưa vào luồng do dòng ven phía bờ đảo Cát Hải và dòng triều lên chảy cắt ngang qua luồng.

Phương án chuyển tuyến luồng tàu vào cảng qua cửa Lạch Huyện - kênh Cái Tráp mang tính khả thi cao, nhưng cần phải đào kênh Cái Tráp mới theo hướng đi lệch so với kênh Cái Tráp hiện nay 22°30' để dòng chảy từ sông Bạch Đằng chảy

vào kênh khi triều xuống thuận lợi hơn, thu hút được lưu lượng lớn hơn, như vậy mới giảm được sự bồi lắng trong kênh do lưu tốc quá nhỏ.

Việc phá mở đập Đình Vũ sẽ có hiệu quả trực tiếp đối với đoạn sông Cấm và kênh Đình Vũ, nhưng ít có ảnh hưởng đối với việc cải tạo luồng tàu đoạn cửa Nam Triệu. Vì vậy cần phải xem xét thận trọng việc phá mở đập Đình Vũ dù dưới hình thức làm cầu hay làm cống ngầm.

5.3.2. Các giải pháp KHCN phòng chống xói lở bờ biển đảo Cát Hải

Kết quả nghiên cứu cho thấy hiện tượng biển lấn vào đảo Cát Hải là một hiện tượng địa động đặc biệt mang tính thiên tai. Hiện tượng biển lấn vào đảo Cát Hải là do tổng hợp của nhiều nguyên nhân. Có thể nêu tóm tắt một số nguyên nhân chính như sau:

- Đảo Cát Hải nằm ở phía Đông Nam của một kiến trúc âm cục bộ được phát triển theo xu thế hạ lún ngày càng mạnh và đặc biệt rõ nét vào giai đoạn Holoxen trung và Holoxen muộn (khoảng từ 5000 năm trở lại đây). Đồng thời kiến trúc âm cục bộ này bị khống chế bởi hệ thống đứt gãy mang tính khu vực đang hoạt động trong thời kỳ đệ tứ và rất có thể trong cả giai đoạn hiện nay.

- Chuyển động hiện đại với xu thế sụt lún là tiền đề thúc đẩy quá trình xói lở phá huỷ bờ biển diễn ra liên tục. Bằng phương pháp đo đạc chính xác trong 3 năm cho thấy đảo Cát Hải đang bị sụt lún so với đảo Cát Bà với vận tốc 8 mm/năm.

- Nằm kẹp giữa hai cửa sông lớn, phía Nam đảo lại là nơi hứng sóng gió, đảo Cát Hải chịu tác động mạnh mẽ của các yếu tố ngoại sinh. Trong suốt mùa hè sóng gió ở đây có hướng thịnh hành ĐN, N và NĐN với tần suất cao đến 70% gây ảnh hưởng lớn đến bờ biển đảo Cát Hải. Đặc biệt trong thời kỳ triều cường vào thời gian triều lên cao (3,5 m) sóng trực tiếp vào đê kè với áp lực từ 0,4 tấn lực/m^2 đến 7,4 tấn lực/m^2. Đồng thời sóng vỡ ngay sát chân đê kè tạo thành dòng chảy sóng với tốc độ khá lớn từ 0,35 m/s đến 1,28 m/s làm rửa trôi các trầm tích hạt mịn, thậm chí cả cát trung. Hiện tượng moi đáy này làm cho chân đê kè bị mài mòn nghiêm trọng, gây xói lở mái đê kè. Hiện tượng này xảy ra với cường độ mạnh trong thời gian bão đổ bộ mạnh vào vùng đảo trùng với giai đoạn triều cường. Thực

vậy bằng phương pháp trắc địa, chúng tôi đã tiến hành đo trước và sau khi cơn bão số 5 (1986) đổ bộ lên đảo, đã phát hiện thấy một số đoạn đê kè bị xê dịch vào phía đất liền từ 3 ÷ 6 m. Đó là các đoạn hứng sóng gió (tia sóng tập trung): Hoà Quang, kè Gia Lộc, đê Văn Chấn. Tính toán cân bằng bùn cát cho một số mặt cắt Hoà Quang, Gia Lộc, Văn Chấn, Hoàng Châu cho thấy ở đoạn bờ biển Cát Hải có hiện tượng thiếu hụt sa bồi khá lớn trên 10.000.000 m^3/năm. Lượng sa bồi bị thiếu hụt chủ yếu xảy ra vào mùa hè. Trong mùa đông và mùa chuyển tiếp bờ biển giữ lại ở thế ổn định hơn. Ngoài ra còn phải kể đến vai trò quan trọng của hai tiểu hoàn lưu đã kéo vật liệu bờ biển Cát Hải ra xa bờ và là cơ chế thành tạo 2 bãi cát ngầm chạy dọc theo 2 cửa sông lớn Lạch Huyện và Nam Triệu (chương Hoà Quang và chương Hoàng Châu).

Tại các sông lớn tốc độ dòng chảy khá lớn, đặc biệt là khi triều rút trong giai đoạn triều cường tốc độ dòng chảy có khi lên tới 1,7 m/s. Với tốc độ trên đã làm cho vùng ngưỡng dưới của các cửa sông, lòng sông được mở rộng và độ sâu đáy luôn luôn giữ ở thế ổn định mặc dù lượng bồi tích trong mùa hè khá lớn.

- Các yếu tố nội và ngoại sinh trên tạo thành tổ hợp tác động mạnh mẽ lên bờ biển đảo Cát Hải, nơi phân bố các thành tạo đất yếu gây xói lở nghiêm trọng. Ở đới bờ biển đảo Cát Hải, trên cùng là lớp đất cát pha rời xốp cấp độ hạt không đồng nhất, độ bền yếu, độ thấm nước lớn, lực liên kết giữa chúng rất yếu dễ bị xói lở rửa trôi khi có tác động của yếu tố động lực địa mạo mạnh. Theo độ sâu, các lớp đất ở đây có độ bền yếu, độ biến dạng cao, đặc biệt có 2 lớp cát chảy và sét pha ở trạng thái dẻo nhão rất yếu, rất bất lợi cho các công trình ở bên trên. Hơn nữa đất ở đây lại bị nhiễm mặn, làm cho các chỉ tiêu cơ lí về độ bền cũng bị giảm đi nhiều.

- Cuối cùng phải kể đến tác động của bàn tay con người đến quá trình xói lở bờ biển đảo Cát Hải. Trước hết đó là hoạt động luồng tàu vào cảng Hải Phòng. Tất nhiên sóng tàu không gây ảnh hưởng lớn đến động lực bờ, song cán cân bùn cát trong khu vực thay đổi cùng với việc nạo vét luồng tàu. Đặc biệt từ khi lấp cửa sông Cấm đã làm cho tiểu hoàn lưu phía Hoàng Châu bị lệch về phía Đồ Sơn làm tăng thêm mức độ thiếu hụt phù sa phía bờ biển Cát Hải.

Đề xuất biện pháp công trình chống biển lấn vào đảo Cát Hải:

Những kết luận về bản chất hiện tượng biển lấn vào đảo Cát Hải được đúc rút từ những nghiên cứu trên đây là cơ sở cho việc đề xuất biện pháp công trình phòng chống. Trong phần này chúng tôi không đi sâu vào thiết kế công trình (phần việc của giai đoạn sau) mà chỉ nêu các công trình cần được xây dựng để bảo vệ đảo.

a) Phương án 1: Thiết kế xây dựng các mỏ hàn (bun), gây bãi nhân tạo cùng với việc gia cố đê kè.

Mục đích: phân tán năng lượng sóng bằng tán xạ, chặn dòng chảy ven bờ có tác dụng ổn định và mở rộng bãi biển bảo vệ bờ biển.

Cấu tạo công trình:

❖ ***Mỏ hàn:*** có kết cấu khối hay cọc đặt vuông góc với đường bờ. Ở những đoạn bờ mà trầm tích đáy là bùn thì phải dùng cọc đóng tới độ sâu tương đối ổn định (2 ÷ 3 m) sau đó thả đá hộc hoặc những kết cấu bê tông đúc sẵn.

- Kích thước mỏ hàn do chế độ sóng mực nước thuỷ triều, đặc điểm địa hình bờ bãi, sườn bờ ngầm quy định.

- Chiều dài mỏ hàn theo tính toán của chúng tôi không được ngắn hơn 90 m.

- Chiều cao mỏ hàn $H_m \geq$ chiều cao thủy triều (khi triều cường). $H_m \cong 3,6$ m.

- Chiều rộng mỏ hàn trên mặt: R tuỳ thuộc vào áp lực sóng và vật liệu bỏ mỏ hàn. Kết qủa tính toán cho thấy $R \geq 1,5$ m.

- Khoảng cách giữa các mỏ hàn phụ thuộc vào cường độ, năng lượng sóng và tốc độ dòng sa bồi ven bờ. Theo tính toán khoảng cách $\lambda \leq L \leq 1,5\ \lambda$ (λ - chiều dài bước sóng). Ở vùng bờ Cát Hải có thể lấy L = 150 m - 200 m.

Như vậy đoạn bờ Cát Hải cần bỏ 1 loạt mỏ hàn. Để thí điểm có thể bỏ ở đoạn từ Hoà Quang đến Gia Lộc trước.

❖ ***Gây bãi nhân tạo***

Gây bãi nhân tạo khá phổ biến ở nhiều nước trên thế giới và thu được kết quả tốt. Vật liệu gây bãi là các vật liệu thô: cát to, cuội, sỏi, sạn. Có thể lấy từ Cát

Bà hoặc đỉnh chương Hoà Quang. Lấy vật liệu thô rải lên trên mặt bãi ở bên trong các mỏ hàn.

❖ ***Gia cố đê kè***

Các đê kè hiện có ở Cát Hải vẫn giữ nguyên vị trí cũ. Có điều cần tu sửa lại sao cho độ dốc mái đê kè nhỏ hơn 45^0. Chiều cao đê kè ≥ chiều cao thuỷ triều + sóng leo. Chúng tôi đề nghị chiều cao đê kè bờ biển Cát Hải:

$h_d \geq 5,3$ m đối với kè Gia Lộc.

$h_d \geq 6$ m đối với đê Văn Chấn.

b) Phương án 2:

Thiết kế xây dựng công trình bảo vệ từ phía ngoài cùng với việc gia cố đê kè hiện có.

Mục đích: Nhằm hạn chế tác động của sóng, gió, dòng sa bồi ven bờ từ phía ngoài, tăng mức đề kháng của đê kè.

Cấu tạo công trình: có thể là tường chắn sóng ngầm, bãi ngầm, bãi cây sú vẹt.

Đối với việc xây dựng công trình bảo vệ từ phía ngoài chúng tôi đề nghị:

- Nối chương Hoà Quang (Đôn Lương) và chương Hoàng Châu với bờ bằng cách lấp lạch với các vật liệu thô: cát to, cuội sỏi sạn lấy từ Cát Bà, hoặc đá hộc, đá dăm.

Chiều dài lạch Hoà Quang ≈ 500 m. Chiều rộng cần thiết kế 13 m (trên mặt). Chiều cao: tại bờ cao bằng kè đá sau thoải dần ra phía ngoài nối với chương.

Chiều dài lạch Hoàng Châu ≈ 400 m.

Chiều rộng cần thiết kế 14,5 ÷ 15 m (trên mặt).

Chiều cao bằng mặt bãi Hoàng Châu và thoải dần ra phía chương.

Trên mặt chương nên trồng các loại cây ưa cát, chịu mặn (sú, vẹt...) vào các thời kỳ nước kém, trong thời gian triều rút.

- Nối chương Hoà Quang với chương Hoàng Châu bằng các loại vật liệu thô: cát to, cuội, sỏi, sạn trên đoạn dài ≈ 3 km. Trên mặt bãi trồng các loại cây chịu mặn, ưa cát (sú, vẹt...).

Đối với việc củng cố đê kè hiện có cần được tiến hành như trong phần c của phương án 1.

Phương án này có thể tiến hành từng bước: củng cố đê kè và nối chương Hoà Quang với bờ trước. Sau đó nghiên cứu trồng cây, gây bãi nhân tạo trên chương Hoà Quang. Và sau đó chuyển sang phía chương Hoàng Châu...

Trong công tác củng cố đê kè và thiết kế xây dựng các công trình kiên cố trên đảo cần chú ý đến hiện tượng sụt lún đảo Cát Hải (≈ 10 mm/năm).

5.3.3. Giải pháp công trình đối với bờ biển Hải Hậu

Giải pháp công trình bảo vệ lâu dài bờ biển Hải Hậu là xây dựng hệ thống kè mỏ hàn nuôi bãi kết hợp với kè phá sóng, với các thông số thuỷ thạch động lực đã xác định. Cơ sở thực tế là việc kè bảo vệ bờ đảo Cát Hải đã thành công. Tuy nhiên, ở bờ biển Hải Hậu cần thiết phải dùng loại kè chữ T để hạn chế dòng rút bồi tích vuông góc bờ nhưng vẫn đảm bảo được bồi tích di chuyển ngang vào sát bờ. Cấu trúc và kết cấu kè tuân theo nguyên tắc đã trình bày như kè ở Cát Hải. Tuy nhiên các thông số kỹ thuật cụ thể như sau:

Mỏ hàn vuông góc bờ dài 100 - 120 m, gồm phần 1 cao khoảng 4 m/0mHĐ, dài 20 ÷ 25 m, phần 2 và 3 dài 80 ÷ 100 m, dốc thoải về phía biển 1,5 ÷ 2°, đầu phía biển cao 1 m so với mực nước triều thấp nhất. Các thông số khác như độ rộng đỉnh kè, độ dốc mái, kết cấu kè giống như kè mỏ hàn thiết kế cho Cát Hải.

Đoạn kè phá sóng (phần đầu chữ T) có hướng song song đường bờ và đỉnh sóng tới, làm thành chữ T với đoạn mỏ vuông, dài 90 ÷ 100 m, cao 1 m so mực nước triều thấp nhất, độ dốc mái 1/3, các thông số khác giống như mỏ hàn vuông.

Khoảng cách giữa các kè chữ T là 200 ÷ 220 m được xác định bằng tổ hợp các điều kiện cho phần mỏ vuông và phần phá sóng theo công thức của CERC. Như vậy hệ thống kè cho toàn tuyến Hải Hậu sẽ có từ 70 đến 86 chiếc, được đồng thời xây dựng ở 3 nhóm, bắt đầu từ các điểm Hải Thịnh, Hải Triều và Bắc Hải Chính rồi

mở rộng (hình 5.1), khép kín dần. Trước khi xây dựng mở rộng cần khảo sát bổ sung để hoàn chỉnh thiết kế và xây dựng thử nghiệm. Biện pháp chống lún, xói chân công trình bằng cọc ván vây sẽ có hiệu quả tốt hơn rong rào. Các biện pháp gia cố, tu bổ kè áp mái đê vẫn cần được duy trì thực hiện.

5.3.4. Các giải pháp khoa học công nghệ phòng chống xói lở - bồi tụ bờ biển và cửa sông Cửa Việt

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra ở vùng cửa sông ven biển Cửa Việt:

- Hoạt động xói lở chiếm ưu thế so với hoạt động bồi tụ, xói lở - bồi tụ xảy ra mạnh tại khu vực gần cửa sông

- Hoạt động bồi - xói mang tính mùa: xói lở trong mùa đông (do hoạt động của gió mùa Đông Bắc), bồi tụ trong mùa hè (hoạt động của gió mùa Tây Nam).

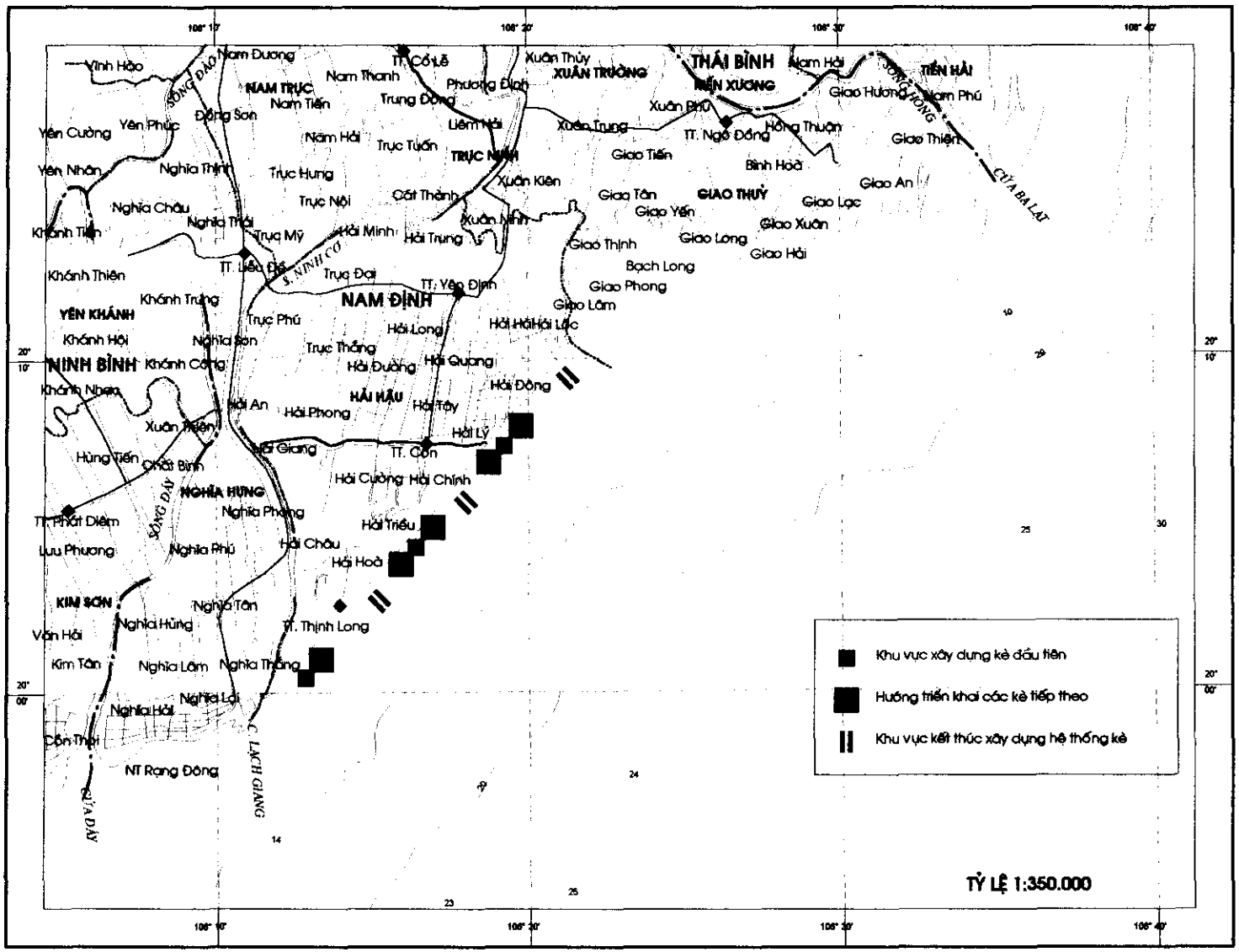
- Cơ chế vận chuyển dòng bồi tích ở ven biển cửa sông Cửa Việt quyết định xu thế xói lở bồi tụ.

- Hoạt động bồi tụ - xói lở xảy ra ở khu vực Cửa Việt có cường độ giảm dần khi ra xa khu vực cửa sông.

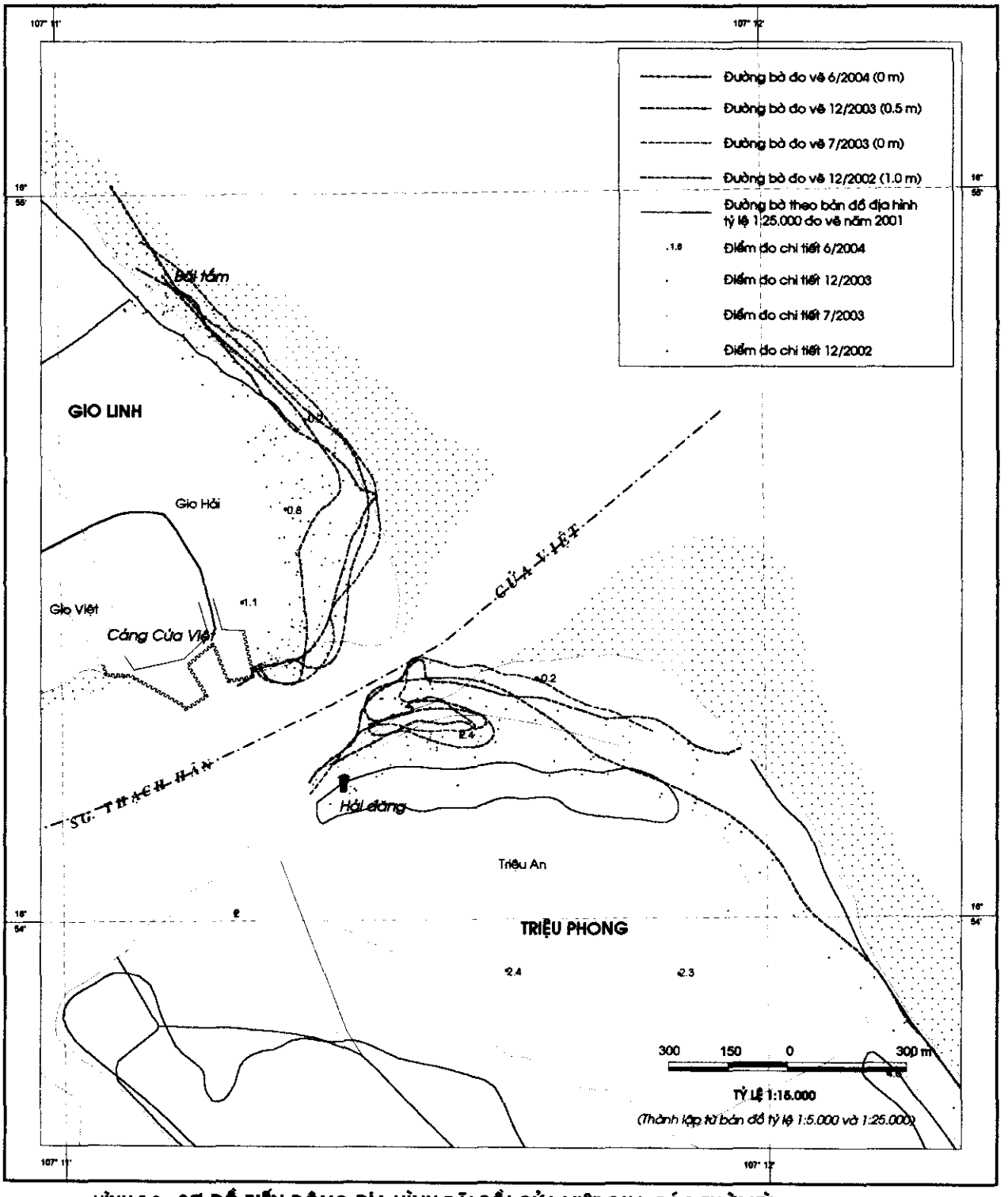
Diễn biến lòng dẫn cửa sông, hoạt động bồi tụ và xói lở diễn ra liên tục trong một phạm vi hẹp. Bờ biển cửa sông thường xảy ra hoạt động bồi - xói xen kẽ cùng với sự phát triển của lòng dẫn cửa sông (đổi hướng hoặc ổn định tạm thời), nhưng cơ chế biến đổi của lòng dẫn cửa sông theo từng thời kỳ có khác nhau (hình 5.2). Vai trò dòng chảy sông và dòng triều quyết định cơ chế, cường độ hoạt động diễn biến lòng dẫn cửa sông Cửa Việt.

Trên cơ sở hiểu biết nguyên nhân và bản chất của các quá trình diễn biến bồi xói ở vùng cửa sông ven biển Cửa Việt, có thể đưa ra một số giải pháp phòng tránh với nguyên tắc phòng - tránh - chống và thích nghi, trong đó phòng - tránh được ưu tiên hàng đầu trong các biện pháp bảo vệ và khai thác hợp lý ở vùng cửa sông.

Đới ven biển cửa sông Cửa Việt là khu vực có tính tai biến cao, bao gồm: lũ lụt, bão, nước dâng do bão, trong điều kiện như vậy nên có một giải pháp tổng hợp và hữu hiệu nhất cho từng khu vực cụ thể:



HÌNH 5.1. SƠ ĐỒ TRÌNH TỰ XÂY DỰNG HỆ THỐNG KÈ HẢI HẬU - NAM ĐỊNH



HÌNH 5.2. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐỊA HÌNH BÃI BỒI CỬA VIỆT QUA CÁC THỜI KỲ

- Trước hết cần tiến hành công tác bảo vệ và phát triển rừng, phủ xanh đất trống, đồi núi trọc như xây dựng các khu rừng phòng hộ đầu nguồn trên hệ thống sông Thạch Hãn, sông Bến Hải... Thay đổi tập quán canh tác theo kiểu du canh - du cư, phá rừng làm rẫy của đồng bào các dân tộc, phát triển hệ thống canh tác ruộng bậc thang trên nền đất dốc. Quy hoạch các khu dân cư, khu canh tác và tiến hành giao đất, giao rừng cho nhân dân tự quản lý và bảo vệ. Từ nay đến hết năm 2010, nâng cao độ che phủ rừng lên đến 65%, trong đó rừng có vai trò phòng hộ chiếm khoảng 45%.

- Nên xây dựng trạm quan trắc hải văn ở khu vực cảng Cửa Việt nhằm bổ sung số liệu và kiểm tra lượng bùn cát và chế độ sóng ven bờ trong khu vực làm cơ sở hoàn thiện các phương pháp tính toán, mô hình, công nghệ dự báo biến đổi đường bờ, lòng dẫn tại khu vực cửa sông Cửa Việt và các vùng phụ cận

- Xây dựng và tu bổ các hồ chứa nước ở thượng nguồn sông Thạch Hãn nhằm điều tiết làm tăng lượng nước vào mùa khô, hạn chế hiện tượng bồi lấp và di chuyển luồng lạch ở cửa sông hoặc giảm thiểu hụt bùn cát tại cửa sông vào mùa lũ do dòng chảy mang đi.

- Tại khu vực Cửa Việt và vùng biển lân cận nên áp dụng giải pháp công trình dựa trên kết quả nghiên cứu cơ bản về chế độ thuỷ thạch động lực ở vùng cửa sông ven biển Cửa Việt.

Đề xuất biện pháp công trình chống xói lở bờ biển và khai thông luồng tàu vảo cảng Cửa Việt được dựa trên cơ sở khoa học xác định được nguyên nhân xói lở, bồi lấp làm biến động lòng dẫn ở cửa sông, đồng thời phải xem xét đánh giá các quá trình thủy thạch động lực, địa chất công trình trong khu vực, một mắt xích quan trọng trong cán cân động lực vùng cửa sông ven biển có thuỷ triều. Các công trình chống bồi lấp cửa sông, ổn định lòng dẫn là mỏ hàn hướng dòng nhằm tập trung dòng chảy, tăng tốc độ dòng chảy đáy, nâng cao khả năng xói đáy.

Khai thông ổn định tuyến luồng và chống xói lở bờ vùng cửa sông Cửa Việt có thể thực hiện phương án cụm hai mỏ hàn hướng dòng + cụm mỏ hàn ngăn cát. Các mỏ hàn dọc ven biển có nhiệm vụ giảm thiểu áp lực của sóng đến đường bờ kết hợp với kè hướng dòng đảm bảo ổn định luồng lạch cửa sông.

Căn cứ vào các thông số độ cao thuỷ triều, nước dâng, chiều cao sóng đổ (H), bước sóng (λ), chu kỳ sóng (T), hình thái địa hình khu vực Cửa Việt, vận tốc dòng chảy ven bờ, vận tốc dòng chảy tại cửa sông theo mùa ($v_{lũ.max}$, $v_{kiệt.max}$) được xác định tính toán theo phương pháp của CERC và Queens (phụ lục) cho kết quả ở bảng 5.13 và bảng 5.14:

Bảng 5.13 Các đặc trưng xác định vận tốc dòng ven bờ và vị trí sóng vỡ ở vùng Cửa Việt

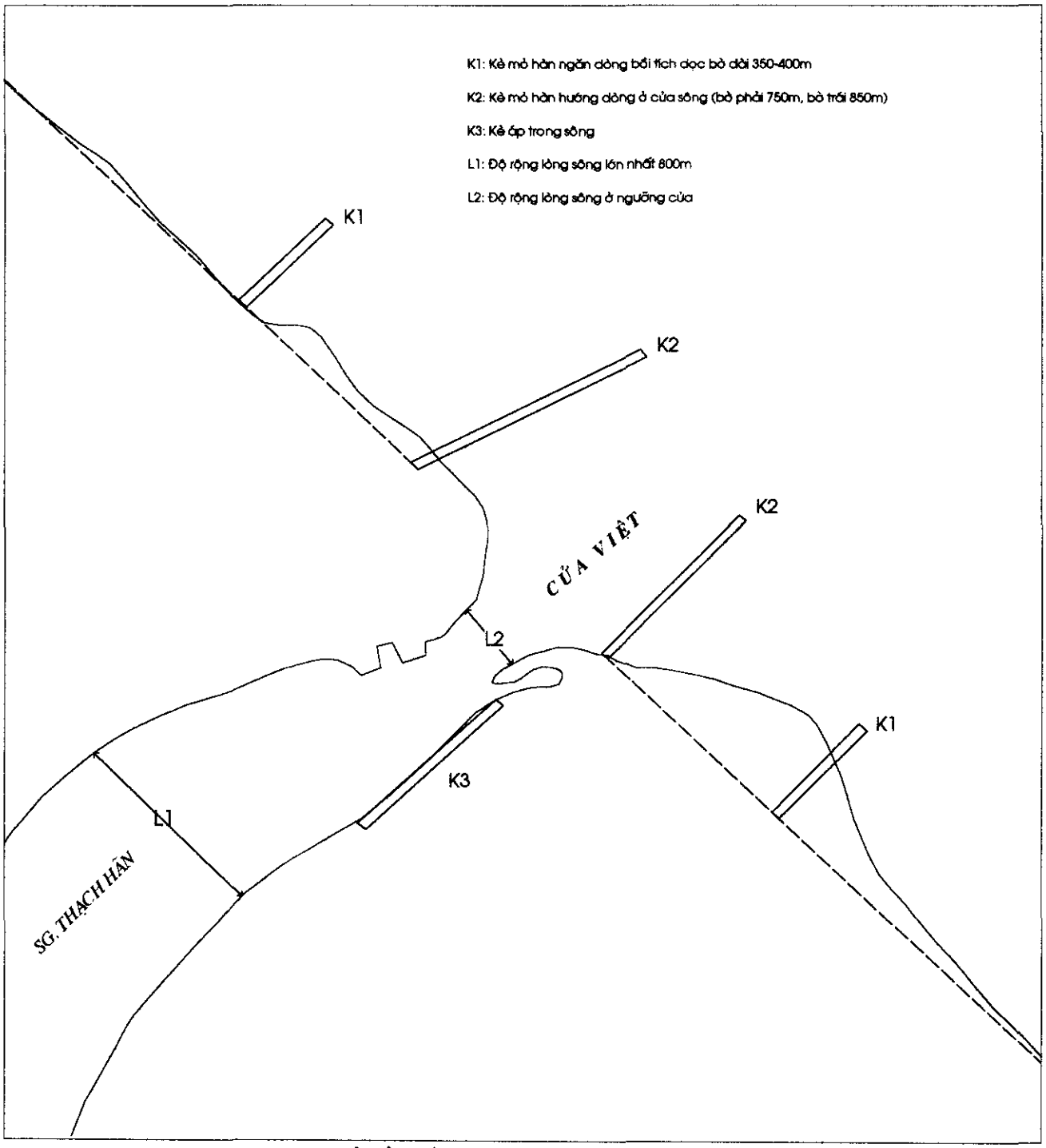
TT	Thời gian	Độ cao sóng, H_0(m)	Chu kỳ sóng, T_p(s)	Góc sóng tới so với bờ, FAY_0(độ)	Độ gồ ghề đáy, r(m)
1	Mùa đông	1,20	6,0	17	0,06
2	Mùa hè	0,70	5,0	17	0,06
3	Mùa chuyển tiếp	0,50	4,0	5	0,06
4	Trong Bão cấp 9	4,00	8,0	30	0,06

Bảng 5.14: Kết quả tính vị trí sóng vỡ ở khu vực vùng biển Cửa Việt

TT	Thời gian	Độ cao sóng vỡ, H_b(m)	Độ sâu sóng vỡ, d_b(m)	Khoảng cách sóng vỡ, Y_b(m)	Góc sóng vỡ so với bờ, i_b(độ)
1	Mùa đông	1,31	1,77	177	7,2
2	Mùa hè	0,78	1,10	110	6,8
3	Mùa chuyển tiếp	0,56	0,77	77	2,1
4	Trong bão cấp 9	3,92	4,63	463	14,9

Theo bảng 5.14 chiều dài của mỏ hàn ở vùng biển Cửa Việt tốt nhất là 463 m hoặc độ sâu mỏ hàn vươn tới độ sâu là 4,63 m. Căn cứ vào độ sâu thực tế ở đới ven bờ cửa sông Cửa Việt có thể đưa ra các thông số kỹ thuật của các mỏ hàn như sau:

Vị trí và khoảng cách giữa các mỏ hàn (hình 5.3): Khoảng cách giữa hai mỏ hàn ở hai bên Cửa Việt là 800 m. Hướng của mỏ hàn ở phía bờ phải cửa sông (phía Nam cửa sông) thẳng góc với đường bờ biển (90^0) và dài khoảng 750 - 800 m. Hướng mỏ hàn phía bờ trái cửa sông (phía Bắc cửa sông) xiên về phía Nam tạo một



HÌNH 5.3. SƠ ĐỒ ĐỀ XUẤT VỊ TRÍ KÈ MỎ HÀN Ở CỬA VIỆT

góc với đường bờ biển khoảng 110^0 (hoặc thẳng góc với đường bờ như ở bờ phải sau đó gập xiên về phía cửa sông 45^0) và dài khoảng 850 - 900 m. Đối với các mỏ hàn chống xói lở bờ nên cách nhau khoảng 350 - 400 m, chiều dài mỏ hàn 250 - 350 m. Các đoạn trong cửa sông khu vực cảng sử dụng kè áp mái để bảo vệ bờ.

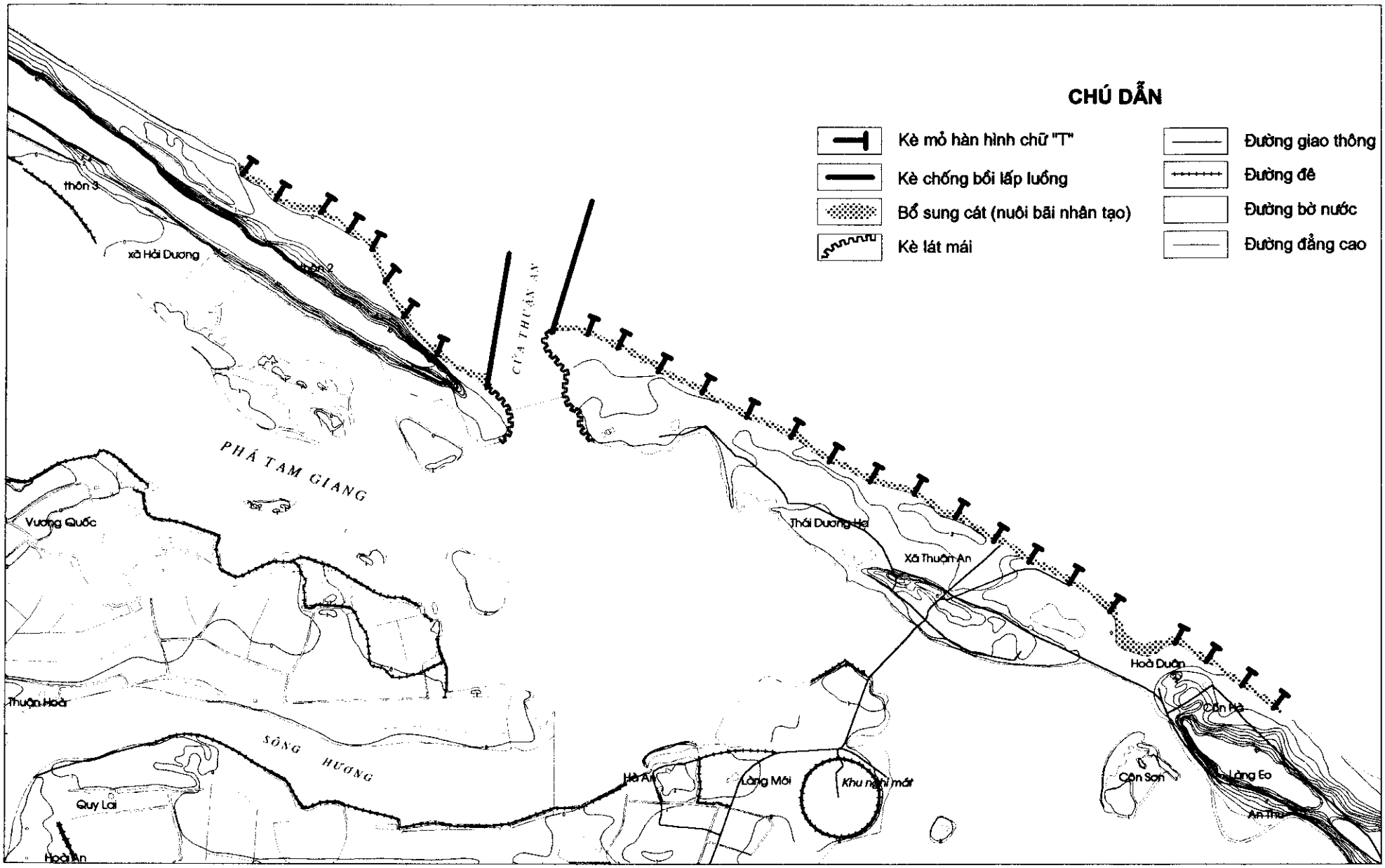
5.3.5. Các giải pháp khoa học công nghệ phòng chống bồi tụ - xói lở bờ biển và cửa sông đối với các đoạn bờ từ Hải Dương đến cửa Hoà Duân và cửa Thuận An

Từ năm 1995, để bảo vệ bờ chống xói lở bãi biển Thuận An và khu vực Hoà Duân đã xây dựng ở đây một hệ thống mỏ hàn nuôi bãi. Trận lũ vào đầu tháng XI/1999 đã chọc thủng bãi Hoà Duân và toàn bộ hệ thống kè mỏ hàn bị đưa xuống biển. Đây là khu vực xung yếu, hướng sóng gió ĐB trực tiếp với tổng lượng bùn cát bị thiếu hụt khá lớn trên 300.000 m^3/năm, tốc độ dòng ven và dòng triều trong gió mùa ĐB lớn. Do vậy giải pháp công trình bảo vệ bờ ở khu vực này là phải xây dựng hệ thống mỏ hàn nuôi bãi kết hợp với phá sóng. Cấu trúc kè mỏ hàn hình chữ T nhằm phá sóng và hạn chế dòng chảy tiêu vuông góc với đường bờ (hình 5.4). Kết quả tính toán sơ bộ của chúng tôi cho thấy kích thước kè mỏ hàn cần đảm bảo độ dài từ 100 ÷ 120 m, độ rộng kè > 3 m, độ cao kè bằng mực nước trung bình khi triều cường. Khoảng cách giữa các kè tối đa là 200 m. Biện pháp chống lún bằng cọc ván vuông. Tổng chiều dài đoạn bờ cần bảo vệ vào khoảng 5,2 km nên hệ thống kè cần xây dựng là 26 chiếc. Ngoài ra cần bổ sung thêm cát cho các bãi bằng cách dùng bao tải cát chắn phía ngoài, bên trong dùng máy hút cát từ nơi có địa hình cao hoặc từ các bar ngầm cửa Thuận An. Kết hợp với giải pháp ổn định cửa, thông luồng, thoát lũ.

Đối với cửa Thuận An để ổn định cửa, thông luồng + thoát lũ, chúng tôi kiến nghị giải pháp công trình sau:

- Phía trong cửa sông cần xây kè áp mái bảo vệ bờ cửa ổn định theo tuyến luồng đã hình thành sau lũ cuối năm 1999. Cấu trúc kè lát mái tương tự như giải pháp công trình bảo vệ bờ đã trình bày ở trên.

- Phía ngoài cửa sông cần xây dựng 2 mỏ hàn song song với tuyến luồng nhằm ngăn cát vận chuyển từ phía TB và ĐN vận chuyển vào bồi lấp luồng. Chiều



HÌNH 5.4. SƠ ĐỒ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH CHỐNG XÓI LỞ BỜ BIỂN THUẬN AN - HOÀ DUÂN - TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

dài mỏ hàn này theo tính toán không được ngắn hơn 900 m tức là phải ra tới độ sâu 5 m (hình 5.4).

Ngoài ra đoạn bờ từ cửa Thuận An đến Hoà Duận có thể sử dụng giải pháp nuôi bãi nhân tạo để chống xói lở. Ông Marco Phuijm - đại diện của Công ty Boskalis - Hà Lan cho biết có thể dùng tàu hút bùn cát từ vùng lân cận chuyển tới phun vào vùng đang bị biển xâm lấn, mất bao nhiêu thì bổ sung bấy nhiêu. Sử dụng giải pháp này cho hiệu quả nhanh trong thời gian từ 2 ÷ 3 tháng, lại đảm bảo cảnh quan môi trường tự nhiên. Nếu giải pháp này không có hiệu qủa thì cũng không gây ra hậu quả nghiêm trọng. Hiện nay trên thế giới ở các nước như: Hà Lan, Pháp, Nhật, Trung Quốc, Singapore... đã sử dụng có hiệu quả giải pháp này. Theo tính toán của các chuyên gia thì lượng cát cần thiết để khôi phục lại bãi biển đã mất vào khoảng trên 2 triệu m^3. Với giá bồi đắp biển 3 USD/ m^3, thì số kinh phí cần đầu tư ban đầu vào khoảng 6 triệu USD. Sau đó, hàng năm phải bổ sung thêm lượng bùn cát mất đi khoảng gần 20%. Ông Marco Phuijm cũng cho biết: nếu Việt Nam đồng ý giải pháp nuôi bãi nhân tạo, thì chính phủ Hà Lan sẽ viện trợ không hoàn lại là 35% tổng kinh phí. Đứng trước nhu cầu phục hồi cấp bách khu vực bị xói lở nghiêm trọng này thì đây là cơ hội để áp dụng thử nghiệm giải pháp này. Song, để có được hiệu quả tốt bằng giải pháp này cần chú ý đến tính nhạy cảm và biến động mạnh của dải đất này liên quan đến sự dịch chuyển của cửa Thuận An, tức là phải ổn định được cửa Thuận An chống bồi lấp. Muốn vậy cần thiết phải xây dựng 2 kè mỏ hàn song song với tuyến luồng vào cửa Thuận An như đã trình bày ở trên.

Do đây là đề tài nghiên cứu KHCN nên không đi sâu vào xem xét thiết kế các công trình phòng chống xói lở cũng như tính toán kết cấu các công trình. Chúng tôi chỉ xin nêu sơ bộ một số loại hình kết cấu để tham khảo.

Theo ý kiến của các chuyên gia nước ngoài thì kết cấu công trình vùng Thuận An - Hoà Duân có thể sử dụng loại chăn phủ được tạo thành bằng cách bơm vữa bê tông vào các túi trong vỏ thảm dệt bằng các sợi tổng hợp đặc biệt. Giá thành công trình loại này chỉ bằng 60% đầu tư cho kết cấu bê tông truyền thống.

Sau đây xin giới thiệu kết cấu của một số hạng mục công trình chống xói lở theo kết cấu thông thường đã đi vào qui trình, qui phạm nhiều nước trên thế giới và cũng đã áp dụng có hiệu qủa ở nước ta.

1. Kết cấu mỏ hàn hình chữ T.

Kích thước mỏ hàn:

- Chiều dài mỏ hàn: 120 m
- Chiều dài đỉnh chữ T là: 80 m
- Cao trình đỉnh: + 2 m
- Chiều rộng đỉnh: 4 m
- Độ dốc mái: 1/2

Lớp phủ mái: sử dụng khối Seabe 0,5 T

Thân mỏ hàn: bằng đá hộc với đường kính d = 0,3 ÷ 0,4 m; hoặc có thể sử dụng các khối bê tông đúc sẵn.

2. Kết cấu mỏ hàn ngăn cát chống bồi lấp tuyến luồng vào cửa Thuận An.

Kích thước mỏ hàn

- Chiều dài mỏ hàn: 900 m ra tới cao trình đáy - 5 m (hình 5.4).
- Cao trình đỉnh: + 2 m
- Chiều rộng đỉnh: 6 m
- Độ dốc mái: 1/ 2

Loại khối phủ:

- Đoạn từ độ sâu: -3 đến - 5 m dùng Tetrapod
- Đoạn từ độ sâu: -2 đến - 3 m dùng Dolos
- Đoạn từ: +2 đến - 2 m dùng đá hộc

Trọng lượng khối phủ

- Tetrapod: 7 ÷ 10 T
- Dolos: 1 ÷ 2 T
- Đá hộc: 0,3 ÷ 0,5 T

Yêu cầu cơ bản đối với cửa Thuận An là bảo đảm thoát lũ và có tuyến luồng ổn định cho tàu 2000 DWT ra vào cảng Thuận An. Đồng thời cũng không gây sạt lở bờ biển xã Hải Dương ở phía Bắc. Trong điều kiện tự nhiên, hoặc chỉ nạo vét

đơn thuần là không thể giải quyết được vấn đề để thoả mãn các yêu cầu trên. Điều này đòi hỏi phải có giải pháp tổng thể từ thượng nguồn đến cửa sông ven biển. Trước mắt cần tăng cường trồng và bảo vệ rừng và xây dựng thêm các hồ chứa ở vùng thượng lưu sông Hương nhằm giảm sa bồi và tăng dòng chảy sông trong mùa kiệt. Đối với vùng cửa Thuận An cần có giải pháp công trình.

Giải pháp công trình tại vùng cửa nhằm mục đích:

- Ngăn chặn dòng bùn cát ở bờ Nam, không cho nó lấn sang bờ Bắc;
- Ngăn chặn dòng bùn cát và dòng chảy mạnh từ bờ Bắc cắt qua luông tàu cửa Thuận An; Giữ bùn cát ở vùng bờ biển xã Hải Dương để chống sạt lở khu vực này.
- Tạo tuyến luồng đi ra biển sâu một cách thuận lợi, ngắn và trùng với hướng gió thổi thịnh hành là hướng Đông Bắc;

Hệ thống công trình chỉnh trị cửa Thuận An bao gồm:

- Đê ngăn cát bờ Nam;

- Đê ngăn cát bờ Bắc;

- Luồng tàu qua cửa (nạo vét và phao tiêu, báo hiệu)

Để ngăn cát có hiệu quả, công trình cầu có các kích thước cơ bản sau:

- Chiều dài cần đạt tới vùng sóng đổ, xét thêm yêu cầu về chạy tàu, mũi đê cần đạt tới nơi có cao trình ngang với cao trình đáy luồng tàu thiết kế, trường hợp này là - 5 m.
- Cao trình đỉnh đê cần ngang với cao trình trung bình của bãi bồi ven biển, ở trường hợp đang xét là + 2,0 m.

Đề tài thống nhất với phương thức bố trí mặt bằng và bố trí công trình của Viện Khoa học Thuỷ lợi [119] như sau:

Đê ngăn cát bờ Nam:

+ Đặt trên bãi cát phía Nam cửa Thuận An (thuộc xã Thuận An huyện Phú Vang).

+ Tuyến đê là đường thẳng, tạo với phương Bắc một góc 25°.

+ Chiều dài đê (tính theo đường tâm đỉnh đê) là 1000 m.

Đê ngăn cát bờ Bắc:

+ Đặt trên bãi cát phía Bắc cửa Thuận An (xã Hải Dương, huyện Hương Trà) (hình 5.4).

+ Tuyến đê là đường thẳng, tạo với phương Bắc một góc là 135°.

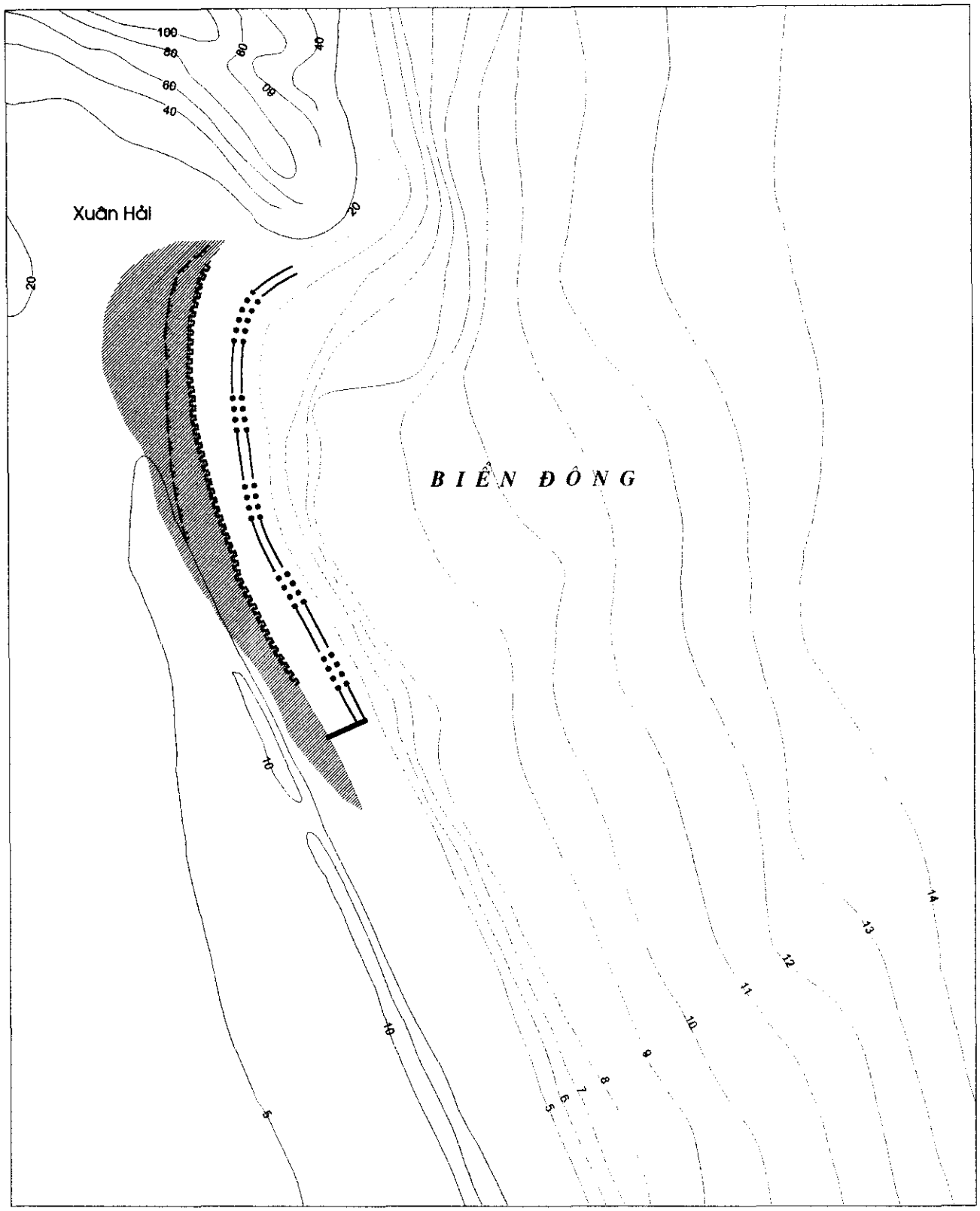
+ Chiều dài đê (tính theo đường tâm đỉnh đê) là 850 m.

5.3.6. Các giải pháp khoa học công nghệ phòng chống bồi tụ - xói lở bờ biển và cửa sông đoạn bờ Xuân Hải - Sông Cầu - Phú Yên

Đoạn bờ xói lở mạnh dài 600 m lấn sâu vào trên 30 m. Xói lở đã tạo thành vách đứng cao từ 2 ÷ 3,8 m, với độ dốc từ 60° ÷ 80°. Bãi biển từ chân vách xói lở ra mép nước trung bình rộng từ 70 ÷ 120 m. Để bảo vệ tụ điểm dân cư ở đây cần tiến hành bảo vệ bờ bằng việc xây dựng kè lát mái với các tấm bê tông đúc sẵn. Kè có kết cấu dạng tường chắn bằng bê tông mác 300 đổ tại chỗ. Móng và chân kè nên đặt ở độ sâu từ 0,8 ÷ 1,2 m (tuỳ theo từng vị trí). Chiều dày mái kè là 0,25 ÷ 0,30 m tuỳ theo từng đoạn kè. Độ dốc mái kè là 1/3. Phía trước chân khay nên xếp đá hộc hoặc đá hộc kết hợp với tetrapod để bảo vệ chân công trình, chống xói đáy. Trên thân tường kè cần bố trí các lỗ thoát nước Φ = 0,1 m. Phía ngoài biển tại độ sâu 2,5 ÷ 3,0 m cần xây dựng hệ thống đê ngầm và đê nhô bằng đá hộc; các khối bê tông đúc sẵn và tetrapod nhằm giảm áp lực sóng vỗ bờ và dòng chảy tiêu đưa cát từ bờ ra phía biển sâu. Phía cuối đoạn bị xói là một mỏ hàn ngăn dòng bùn cát vận chuyển xuống phía Nam (hình 5.5).

5.3.7. Các giải pháp khoa học công nghệ phòng chống bồi tụ - xói lở cửa Định An

Cửa Định An chẳng mấy khi được yên bình sóng gió. Từ tháng XI năm trước đến tháng III năm sau, dưới tác động của gió mùa Đông Bắc, sóng lan truyền vào đây gặp các cồn cạn trở nên dữ dội. Từ tháng VI đến tháng X gió mùa Tây Nam cũng tạo nên sóng ác liệt. Quanh năm chỉ có tháng IV và tháng V là tương đối yên sóng.



CHÚ DẪN

Kè lát mái	Kè mỏ hàn	Đường bờ nước
Đê nhô	Vách sạt lở	10 Đường đẳng sâu
Đê ngầm	Vùng có nguy cơ bị sạt	20 Đường đẳng cao

HÌNH 5.5. SƠ ĐỒ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH CHỐNG XÓI LỞ BỜ BIỂN XUÂN HẢI - SÔNG CẦU - TỈNH PHÚ YÊN

Luồng Định An chạy qua các bãi cạn cửa sông. Bãi cạn đó là hậu quả của hai yếu tố, một là bùn cát dòng sông Hậu mỗi năm mang ra biển hàng triệu m^3; hai là do dòng di chuyển chất đáy hình thành dưới tác động của sóng biển vỗ vào bờ thể hạt rời. Như vậy phụ thuộc vào các hướng sóng thịnh hành và dòng chảy từ sông đổ ra, luồng Định An thay đổi cả độ sâu và hướng tuyến. Việc nạo vét duy tu không thể theo một hướng tuyến vừa phù hợp với hướng sóng thịnh hành lại vừa trùng với dòng chảy sông, dòng chảy ven biển.

Hàng năm chỉ tiến hành một kỳ nạo vét vào tháng IV, tháng V là thời kỳ cửa biển này êm sóng. Các kỳ nạo vét thường tiến hành theo hướng tuyến có độ sâu tự nhiên lớn. Qua những lần nạo vét ở các tuyến thấy thời gian duy trì độ sâu sau nạo vét không quá 2 tháng. Như vậy giải pháp nạo vét không mang lại hiệu quả vì luồng bị bồi lấp nhanh chóng. Việc khai thác độ sâu luồng để chạy tầu mấy năm qua theo chiều hướng ngày một nông lên. Đến năm 2000 thì độ sâu ở nơi cạn nhất của tuyến luồng chỉ còn -1,6 m đến -1,7 m.

Thực tế xảy ra trên tuyến luồng cửa Định An gần như phù hợp với quy luật chung của các tuyến luồng đi qua bãi cạn cửa sông.

Chúng ta biết rằng hướng sóng vỗ lệch một góc α nhỏ hơn 90^0 so với đường viền bờ thì đối với những nơi có bờ biển có cấu tạo địa chất là thể hạt rời thì chất đáy sẽ di chuyển theo hướng song song với bờ.

Mặt khác, với hàng triệu m^3 phù sa, bùn cát mỗi năm dòng sông Hậu mang ra biển, khi gặp nước mặn và dòng chất đáy nói trên, chúng ngưng kết thành bãi cạn ở cửa sông. Nếu dòng chảy sông đổ ra mạnh thì tạo thành bãi cạn hình móng ngựa, còn nếu dòng chảy sông yếu thì bãi cạn hình vành khăn. Cửa Định An bãi cạn này có diện tích tới 130 km^2.

Dưới tác động của sóng gió thịnh hành và dòng chảy, tuyến luồng đi qua bãi cạn đó như một cái rãnh giữa bãi bồi thì không thể nào giữ được ổn định độ sâu. Đó là nguyên nhân trực tiếp của việc bồi lấp và không ổn định luồng tàu Định An.

a) Một số giải pháp định hướng chống bồi lấp, xói lở khu vực cửa Định An:

❖ Ý nghĩa và phân loại các công trình làm ổn định luồng tầu cửa sông

Nạo vét để tăng độ sâu luồng tầu cửa sông là giải pháp bị động. Song song với nó còn có các giải pháp chủ động; đó là bố trí các công trình tận dụng năng lượng của dòng chảy của sóng và của các yếu tố tự nhiên khác để giữ ổn định luồng tàu. Muốn thế phải nghiên cứu thử nghiệm một cách chu đáo các phương án kết cấu. Thường phải kết hợp đồng thời nghiên cứu bằng cả hai mô hình toán và mô hình vật lý. Để tạo ra các diễn biến đúng theo dự đoán của từng phương án kết cấu, phải có đầy đủ các số liệu cơ bản của cửa sông. Đó là các số liệu bùn cát, dòng chảy, sóng, thuỷ triều, bão... cho riêng từng cửa sông cụ thể.

Các công trình ổn định luồng tàu cửa sông nhằm:

- Dùng năng lượng của dòng chảy của sóng và của các yếu tố tự nhiên khác đẩy bùn cát ra tận vùng nước sâu ở xa bờ;

- Giảm bớt lượng bùn cát từ các nguồn tải đến cửa sông (nguồn bùn cát từ sông, nguồn bùn cát từ biển, nguồn bùn cát tại chỗ);

- Dồn bùn cát vào những chỗ không ảnh hưởng hoặc ảnh hưởng rất ít đến việc giảm độ sâu của luồng tầu cửa sông.

Cho đến nay, thực tế ở khắp toàn cầu chưa có một cửa sông nào được chỉnh trị tạo luồng tầu chỉ bằng giải pháp các công trình chủ động làm ổn định luồng tàu, mà không kết hợp với giải pháp bị động - nạo vét.

Các công trình làm ổn định luồng tầu thường được phân loại theo chức năng của chúng, bao gồm:

- Đê ngăn cát - giữ bùn cát lắng đọng về một phía không có luồng tầu;

- Đê ngăn sóng ngăn cát - để tạo ra khu nước có ít hàm lượng bùn cát và chiều cao sóng nhỏ hơn chiều cao sóng nằm ngoài khu nước;

- Đê dẫn dòng - nhằm tăng tốc độ dòng chủ lưu để đẩy bùn cát ra thật xa;

- Tường giữ bãi, doi cát - vừa để tăng tốc độ dòng chảy của luồng vừa ngăn không để xói các bãi cát, các doi cát đã có sẵn; được kết hợp với mục đích lấn biển và nuôi thuỷ sản.

- Đập khoá - khống chế bùn cát đáy lắng đọng tại các lạch phụ (không là luồng tầu);

- Kè bờ - tránh xói lở, giảm nguồn bùn cát tại chỗ;

- Hệ thống đập đinh, đập mỏ hàn, vừa giảm nguồn bùn cát tại chỗ vừa tạo thêm năng lượng cho dòng chủ lưu đẩy bùn cát trong luồng ra xa, đồng thời tạo thêm các bãi cát doi cát nhân tạo phục vụ cho mục đích lấn biển bao gồm cả nuôi trồng thuỷ sản;

- Đặt hệ thống đê thuỷ khí nhằm xục bùn cát và đẩy tản mạn ra xa luồng tàu;

- Ngăn cát, phù sa bằng các cây thực vật: xú, vẹt, thông nước, cói, lác, dứa dại, cỏ lau.

Biện pháp sử dụng hướng dòng ngăn cát, chống bồi lấp cửa sông đã được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới từ thế kỷ XIX.

Chức năng của công trình hướng dòng, ngăn cát cửa sông là:

+ Đưa dòng chảy sông tiếp tục chảy theo đê, mang bùn cát đẩy ra vùng ngoài biển xa hơn để bar chắn cửa không ảnh hưởng đến luồng lạch.

+ Ngăn chặn dòng bùn cát dọc bờ, không cho chúng đi vào luồng tàu, đúng như chức năng của đê ngăn cát.

+ Bảo đảm sự ổn định của cửa sông, để ổn định bờ và không cho luồng lạch

Muốn có luồng tàu với độ sâu lớn, ổn định qua cửa Định An cần phải bố trí đê hướng dòng ngăn cát.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu của nhiều cơ quan trong và ngoài nước [43],[139],[141,[142] và kết quả nghiên cứu của đề tài có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Tuy bị sa bồi mạnh song Định An là cửa có nhiều lợi thế hơn cả để cải tạo nâng cấp, mở luồng cho tàu biển lớn vào sâu trong ĐBSCL và đi CămPuChia.

- Tại cửa Định An chỉ có thể tận dụng khai thác luồng tự nhiên cũng như cải tạo nâng cấp luồng đó là lợi dụng rãnh triều rút chính ở cửa sông. Hướng tuyến luồng A chọn năm 1991 và hiện sử dụng cho tàu biển ra vào nằm trong rãnh triều

rút chính này. Vị trí, hình thái các dạng địa hình đặc thù ở cửa Định An chứng tỏ rãnh triều rút chính theo hướng luồng này đang tiếp tục được củng cố.

- Sự biến động thường xuyên của vị trí trục luồng tự nhiên trong rãnh triều rút chính hiện nay chủ yếu phụ thuộc vào dòng chảy sông (đặc biệt là cường độ lũ) và có tính tất yếu khi chưa khống chế được vị trí điểm kết thúc của đoạn luồng 1, độ cong biểu kiến của đoạn luồng 2 và loại trừ hoặc hạn chế ảnh hưởng của các rãnh triều lên rìa phía Bắc, phía Nam.

- Độ sâu tự nhiên của rãnh triều rút chính qua cửa Định An là khá tốt so với các cửa sông vùng triều ở khu vực. Song trên toàn tuyến vẫn hạn chế bởi 3 "*ngưỡng*".

Ngưỡng 1: Nằm ngang khu vực Hộ Tàu do ảnh hưởng của rãnh triều lên rìa Bắc.

Ngưỡng 2: Nằm trong phần cong nhất của đoạn luồng 2 do dòng chảy đáy lúc triều lên không trùng với hướng luồng và ảnh hưởng của rãnh triều lên rìa phía Nam.

Ngưỡng 3: Nằm phía ngoài đoạn luồng 3, khu vực có khả năng hình thành các cồn chắn cửa.

Do vậy để lợi dụng tự nhiên là chính, chỉ nên nạo vét luồng tới độ sâu -4,5 m.

- Trong quá trình nạo vét, cải tạo nâng cấp luồng, phải hết sức coi trọng việc củng cố các cặp tuyến cồn rìa và bãi cạn sóng vỗ, vì đây là những yếu tố rất quan trọng quyết định khả năng tồn tại, ổn định về hướng tuyến của rãnh triều rút chính tại cửa.

b) Một số giải pháp chỉnh trị có thể áp dụng ở khu vực cửa Định An

❖ ***Biện pháp nạo vét luồng tàu***

Bất kể bồi lắng cục bộ hay bồi lắng phổ biến, đều có thể thông qua nạo vét để duy trì độ sâu. Hiện nay trên thế giới, rất nhiều nước chủ yếu dựa vào nạo vét để cải thiện điều kiện chạy tàu qua cửa sông. Nhưng cũng cần thấy rằng, không ít cửa sông, sau khi nạo vét độ sâu tăng lên, đồng thời lượng triều vào cũng tăng lên theo,

bùn cát cũng được mang vào nhiều hơn, nêm mặn phát triển lên thượng lưu, vị trí bồi lắng cũng dịch lên. Sự bồi lắng trở lại trong luồng đào cửa sông là không thể tránh khỏi, thậm chí tốc độ bồi lắng trở lại lớn hơn tốc độ bồi lắng của lòng sông trước khi nạo vét, đặc biệt trong mùa có bùn cát bồi lắng nghiêm trọng. Có khi chỉ trong một trận lũ hoặc một cơn bão, toàn bộ luồng đào bị lấp bằng. Trong thiết kế nạo vét luồng tầu, việc xác định lượng bồi lắng trở lại sau khi nạo vét là quan trọng nhưng khó khăn.

Các nghiên cứu chỉ ra rằng, bùn cát bồi lắng trở lại luồng đào có phần là do sạt lở mái luồng đào. Sự biến hình này thường rất nhanh được ổn định một cách tương đối, không ảnh hưởng quá lớn đến độ sâu chạy tàu. Ảnh hưởng lớn đến chạy tàu là phần bùn cát đến từ ngoài luồng đào. Loại bùn cát này bao gồm: bùn cát lơ lửng, bùn cát đáy và bùn cát phù du.

Bùn cát lơ lửng được dòng chảy có hàm lượng bùn cát cao do sóng và dòng chảy sục từ đáy lên đưa vào luồng đào dưới hình thức dòng mật độ (dòng dị trọng). Độ sâu luồng đào càng lớn, lưu tốc càng nhỏ, lượng bồi lắng trong năm càng lớn.

Bùn cát đáy là do sóng và hải lưu ven bờ gây ra, cách bờ càng gần, độ sâu càng nhỏ thì độ sâu bồi lắng càng lớn. Luồng đào gần bờ sở dĩ khó duy trì độ sâu là do nguyên nhân này.

Bùn phù du luôn luôn uy hiếp nghiêm trọng đối với luồng đào ở vùng cửa sông có trầm tích bùn. Bùn phù du là những hạt rất mịn bồi lắng quanh các bãi triều. Dưới tác dụng của sóng và dòng triều, bùn phù du đi vào luồng đào dưới hình thức dòng đáy nồng độ cao và bồi lắng xuống.

Dự báo lượng bồi lắng trở lại trong luồng đào trong điều kiện chịu tác động thuyết tổng hợp của dòng chảy và sóng không thể áp dụng theo phương pháp hệ số sa bồi của Ligatroop.

Kết quả tính toán cho luồng tàu cửa Định An như sau:

- Đối với phương án luồng cho tàu 5000 tấn hoạt động thường xuyên, nếu cao trình đáy luồng thiết kế là - 6 m thì thời gian duy trì chiều sâu chạy tàu thiết kế là 1 năm với khối lượng nạo vét duy tu hàng năm là 290.000 m^3. Tính khả thi của phương án cải thiện luồng bằng nạo vét là cao.

- Khối lượng nạo vét ban đầu ứng với cao trình đáy -6m là 2,5 triệu m^3.

Nạo vét cửa Định An cần chú ý 2 điểm:

- Hệ số mái dốc của luồng đào tối thiểu là 50 để tránh hiện tượng bồi lấp luồng do sạt mái cục bộ.

- Thời gian nạo vét luồng tầu cần xác định sao cho hiệu quả duy trì độ sâu sau nạo vét là tốt nhất. Theo đó, thời gian nạo vét ở các đoạn khác nhau có thể không trùng nhau; theo điều kiện sóng gió và dòng chảy.

❖ ***Các công trình làm ổn định luồng tàu cửa sông***

Hiện nay, vẫn chưa có tài liệu nào tổng kết một cách đầy đủ các giải pháp cơ bản về bố trí các công trình chống bồi lấp cửa sông cho thật tối ưu.

Từ việc xem xét rút kinh nghiệm của các công trình chống sa bồi luồng tàu và bồi lấp cửa sông của các nước trên thế giới và trên cơ sở xác định nguyên nhân gây bồi lấp cửa Định An, đề tài đã đề xuất giải pháp công trình nhằm ổn định luồng tàu vào cảng Cần Thơ.

Kết cấu đê ngăn cát, đê dẫn dòng về cơ bản giống nhau, gần tương tự như kết cấu đê chắn sóng mái nghiêng, bằng các vật liệu địa phương: đất đá, cọc gỗ, khối bê tông v.v. So với đê chắn sóng, đê dẫn dòng hoặc đê ngăn cát có cao trình đỉnh đê thấp hơn và chiều rộng đỉnh đê hẹp hơn, mái dốc dốc hơn.

Đối với cửa Định An hàng năm thường có lũ và ảnh hưởng mạnh của thuỷ triều vì vậy việc chọn giải pháp kết cấu đê ngăn cát và đê dẫn dòng cần tuân thủ các yêu cầu:

- Ổn định độ sâu của luồng;

-Thoát lũ tốt không gây ngập lụt;

- Đẩy được bùn cát ra xa cửa sông;

- Thực hiện tốt đánh bắt nuôi trồng thuỷ sản.

Cửa Định An có dạng cửa delta ngầm, vùng triều trung bình có qui luật diễn biến phức tạp do tác động của dòng chảy sông Hậu và trường sóng bờ biển Nam

bộ. Muốn ổn định luồng lạch cần kết hợp 3 giải pháp chọn tuyến, thiết kế nạo vét hợp lý và bố trí đê hướng dòng, ngăn cát.

Luồng tàu qua cửa Định An nên bám theo lạch triều rút chính (hiện nay là tuyến A). Nạo vét luồng lạch cửa Định An cần tính toán thời gian thi công thích hợp cho từng đoạn để giảm bồi lắng trở lại và thuận tiện khi làm việc. Tính toán Z_4 cần xét tổng hợp các tác dụng của triều và sóng. Mái dốc luồng đào nên lấy m >50.

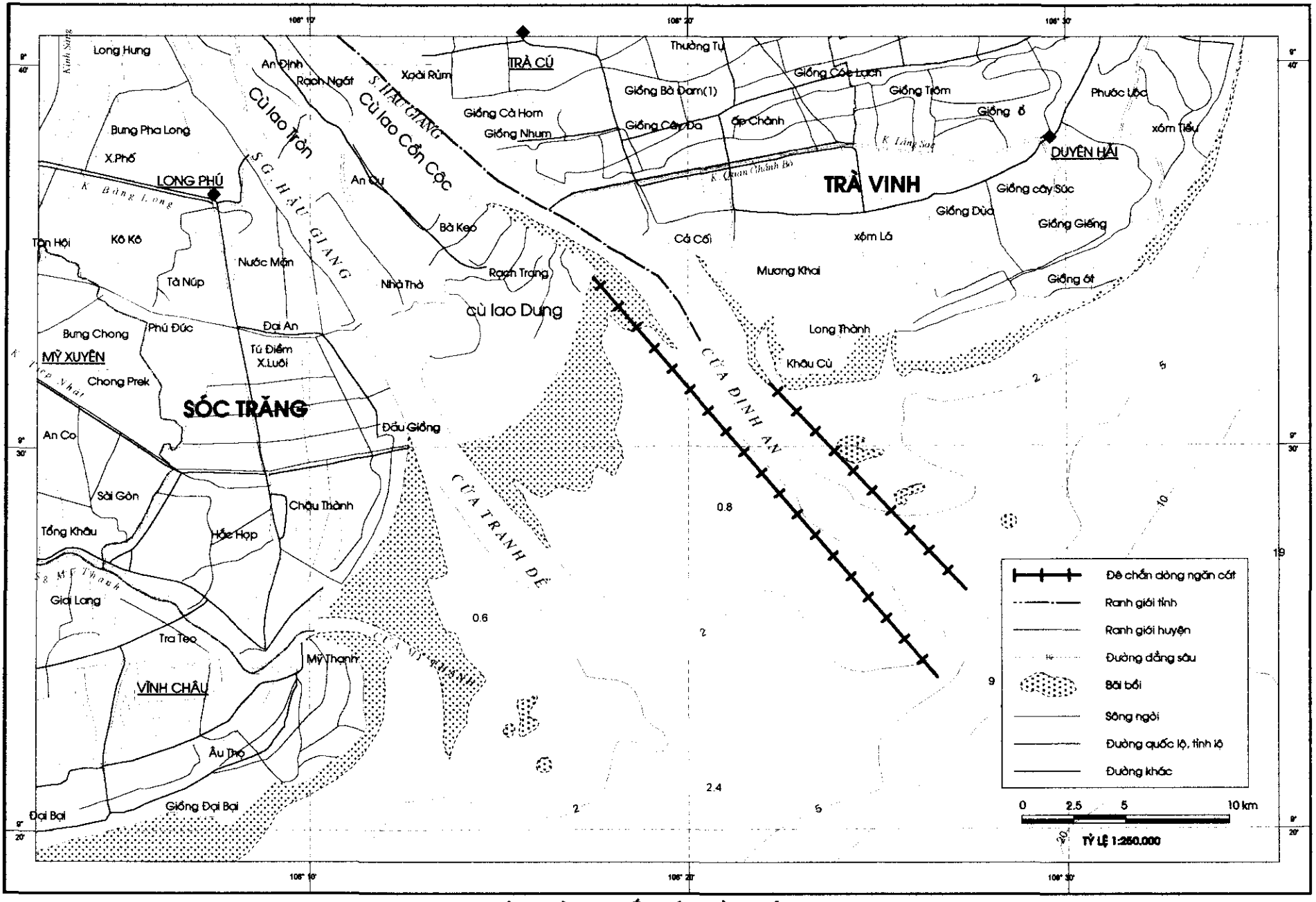
Cần bố trí đê hướng dòng ngăn cát để duy trì ổn định luồng tàu theo tuyến A.

- Đập hướng dòng, ngăn cát nên chọn loại công trình cọc kết hợp bè chìm hoặc loại thùng chìm (Caisson) vì vùng cửa Định An các bãi bồi có nền địa chất yếu, vì thế một trong 2 loại công trình trên là thích hợp nhất.
- Hiện tại tuyến luồng cửa Định An đang ổn định là tuyến luồng theo lạch triều rút (tuyến A) có hướng Đông Bắc, nhưng về lâu dài cửa Định An vẫn phải quay về hướng chủ đạo của nó - Đó là hướng Tây Bắc - Đông Nam. Vì thế đê hướng dòng - ngăn cát cũng nên theo hướng đó và dịch sang phía cửa Tranh Đề (hình 5.6) để không ảnh hưởng tới hình thái sau khi luồng quay trở lại hướng chủ đạo của nó.
- Để phát huy được hiệu quả của đê hướng dòng - ngăn cát và giảm kinh phí xây dựng - đê hướng dòng - ngăn cát chỉ nên xây dựng 1 đập, vị trí của nó là phía bờ hữu cửa Định An (hình 5.6). Với chiều dài để ít nhất là 2000 m.

Để phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông có hiệu quả, ngoài các giải pháp công trình và phi công trình đã nêu ở trên cần xây dựng kế hoạch cho các bước đi cụ thể. Trước hết cần:

1) Thiết lập vành đai xói lở. Đây là chỉ giới cho quy hoạch dân cư ven biển dựa vào điều tra thực trạng chi tiết. Cấu trúc vành đai gồm 3 tuyến:

Tuyến nguy hiểm là vùng đất mới được bồi chưa ổn định, hoặc khu dân cư có mặt nền cao bắt đầu bị xói, sạt với biên xác định 100 - 200 m, hoặc nơi nằm gần đê xung yếu có thể vỡ bất thường gây ngập sâu trên 1,5 m, hoặc là nơi đang bị xói lở mạnh, có thể bị sạt lở trong 5 - 10 năm tới.



HÌNH 5.6. ĐÊ HƯỚNG DÒNG, CHẮN CÁT LUỒNG CỬA ĐỊNH AN

Tuyến nguy hiểm được xác định cách bờ trên 100 m ở nơi bắt đầu sạt nhưng chưa có giải pháp phòng chống, là nơi ngập 0,5 - 1,5 m khi đê vỡ, là nền đất cao khu dân cư sát bờ xói sạt mạnh nhưng giải pháp phòng chống chưa đảm bảo, hoặc là nơi xói, sạt trong 10 - 20 năm tới.

Tuyến ít nguy hiểm nằm sau tuyến nguy hiểm, có thể bị xói, sạt trong vòng 20 - 50 năm tới, hoặc bị ngập nước sâu dưới 0,5 m khi có đê vỡ ở khu vực.

Một vành đai có thể có 1, 2 đến 3 tuyến. Cần cắm mốc chỉ giới thực địa, phổ biến thực trạng cho nhân dân, tiến hành di dân khẩn cấp hoặc từng bước, thay đổi cơ cấu sản xuất phù hợp trên vành đai, điều chỉnh vành đai hàng năm cho phù hợp thực tế.

2) Phòng chống xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sôngg cần tiến hành từ tầm vĩ mô đến vi mô, từ tổng quát đến chi tiết. Đối với các vấn đề vĩ mô, Nhà nước cần ưu tiên đầu tư chống xói lở bờ biển tại các vùng trọng điểm: Hải Hậu - Nam Định, Hải Dương - Hoà Duân (Thừa Thiên Huế), Xuân Hải (Phú Yên), Gò Công - Tiền Giang, cần sớm xây dựng chiến lược phòng chống sạt lở và đưa nội dung vấn đề sạt lở bờ biển trong tổ chức lãnh thổ và qui hoạch phát triển vùng, xác định các giải pháp, phương án ứng xử thích hợp. Trong qui hoạch phát triển KT - XH dải ven biển cần thiết phải tính đến vấn đề xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông. Cần sớm xác lập phương án bảo vệ đê, kè, bờ biển cho từng đoạn bờ cụ thể, trên cơ sở xác định được nguyên nhân và cơ chế xói lở, bồi tụ. Tăng cường cơ sở pháp lý, qui hoạch bảo vệ bờ biển, chống khai thác tài nguyên bừa bãi ở dải ven biển. Các dự án đầu tư ở dải ven biển, đặc biệt là các công trình dân sinh kinh tế, kể cả việc đắp đầm nuôi trồng thuỷ sản, các đập chứa nước ở thượng nguồn sông... nhất thiết phải có đánh giá tác động môi trường. Nhà nước cần đầu tư nghiên cứu áp dụng các giải pháp phòng chống sạt lở hiện đại của thế giới, đồng thời xây dựng được các giải pháp phù hợp với điều kiện KT - XH của nước ta và các địa phương.

Các nhiệm vụ cụ thể cần thực hiện bao gồm:

- Lập kế hoạch cụ thể di dời dân ra khỏi những khu xung yếu trước mùa mưa bão. Đặc biệt chú trọng các khu vực trọng điểm khi chưa có công trình phòng chống.

- Nghiên cứu ứng dụng các giải pháp nuôi bãi nhân tạo cho khu vực Thuận An - Hoà Duân (Thừa Thiên Huế), bảo vệ bờ chống xói lở bờ biển Hải Hậu, để rút kinh nghiệm mở rộng cho các khu vực khác như Sa Huỳnh (Quảng Ngãi); Xuân Hải, Sông Cầu (Phú Yên), Gò Công (Tiền Giang). Triển khai thiết kế xây dựng các công trình cứng kết hợp với các công trình mềm, các giải pháp công trình kết hợp với ổn định cửa Thuận An phục vụ giao thông và thoát lũ. Nghiên cứu các giải pháp thích hợp cho chống xói sập chân công trình, chống lún; vật liệu xây dựng kè phù hợp với môi trường biển và điều kiện của địa phương.

- Tiến hành giải pháp công trình cho một đoạn bờ cụ thể để tổng kết thành mô hình tiêu biểu, áp dụng cho các vùng khác có điều kiện tượng tự.

- Thành lập hệ thống mạng lưới quan trắc và tiến hành các hoạt động theo dõi, giám sát và quan trắc định kỳ quá trình xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông trên qui mô toàn dải và từng khu vực.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Vùng cửa sông ven biển nước ta là một địa hệ tự nhiên kỹ thuật mang tính đa dạng, nhạy cảm cao và luôn luôn biến đổi. Đó là nơi hứng chịu nhiều nhất các thiên tai như bão, lũ, xói lở - bồi tụ...v.v... Mỗi khi có sự thay đổi một hoặc các thành phần trong địa hệ thì sẽ kéo theo nhiều sự thay đổi của các thành phần khác nhằm thiết lập lại một sự cân bằng mới. Quá trình bồi tụ - xói lở ở vùng cửa sông ven biển là hai mặt của một quá trình tai biến tự nhiên xảy ra ở nước ta và nhiều nước trên thế giới. Trong những năm gần đây dưới sự tác động thay đổi của các yếu tố ngày càng gia tăng như sự biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng cao, các hoạt động KT - XH của con người ở vùng cửa sông ven biển được đẩy mạnh. v.v ... đã làm cho quá trình bồi tụ - xói lở diễn biến phức tạp cả về quy mô lẫn cường độ. Đề tài đã sử dụng tổng hợp nhiều phương pháp để nghiên cứu như phương pháp bản đồ - viễn thám và hệ thông tin địa lý, phương pháp khảo sát thực địa, phương pháp mô hình, phương pháp chuyên gia, phương pháp đánh giá tác động môi trường, phương pháp phân tích tổng hợp. Kết quả nghiên cứu đề tài đã rút ra một số nhận xét như sau:

- Hiện trạng xói lở - bồi tụ cửa sông ven biển nước ta diễn ra rất khác nhau đối với từng khu vực, từng cấu trúc bờ và động lực sông - biển. Khu vực cửa sông ven biển Bắc bộ, quá trình xói lở - bồi tụ diễn ra tại Quảng Ninh trên nhiều điểm nhưng quy mô nhỏ, cục bộ tại đoạn bờ ngắn, nhưng ở khu vực đồng bằng châu thổ xói lở diễn ra trên những đoạn bờ khá dài nằm giữa các đoạn bờ bồi tụ ở gần các cửa sông. Trên toàn chiều dài đường bờ Bắc bộ có 6 đoạn bị xói lở liên tục từ 1930 đến nay là Cát Hải, Bằng La, Thuỵ Xuân, Xuân Thuỷ, Hải Hậu, Hậu Lộc, trong đó có hai khu vực xói lở nghiêm trọng nhất là Cát Hải và Hải Hậu. Khu vực miền Trung từ Thanh Hoá đến Bình Thuận, quá trình xói lở chiếm ưu thế và diễn ra mạnh mẽ. Các khu vực xói lở mạnh nhất ở ven biển Thừa Thiên - Huế, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Phú Yên. Có trên 50% số đoạn bị xói lở sâu vào đất liền từ 200 m trở lên, 43% số đoạn bị xói lở với tốc độ nhanh trên 30 m/năm trong đó có đoạn xói lở trên 100 m/năm. Khu vực miền Nam từ

Vũng Tàu đến Hà Tiên, hiện trạng bồi xói đang diễn ra hầu hết toàn dải, mức độ và thời gian diễn ra không đồng nhất. Toàn khu vực có 73 đoạn bồi, xói, trong đó có 42 đoạn bồi, 31 đoạn bị xói. Tỉnh có các xã được bồi nhiều nhất là Cà Mau, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu. Tỉnh bị xói mạnh nhất là Tiền Giang, Bến Tre, thành phố Hồ Chí Minh. Các nơi có đường bờ xói lở dài trên 1 km là: Thạch An (Thành phố Hồ Chí Minh); Tân Điền - Gò Công Đông (Tiền Giang); Thạnh Hải - Thạnh Phú (Bến Tre); Ngọc Hiển (Cà Mau).

- Nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông là do tổng hoà các yếu tố tác động liên quan đến tiến hoá tự nhiên của dải ven biển cửa sông và tác động của con người. Ở một đoạn bờ cụ thể với cấu trúc địa chất và thành phần đất đã xác định được hiện tượng xói lở hay bồi tụ xảy ra là do một trong 3 nhóm nguyên nhân: Ngoại sinh, nội sinh và nhân sinh hoặc tổ hợp của 2 hoặc 3 nhóm nguyên nhân đó. Đối với vùng ven biển cửa sông nước ta, nguyên nhân chính và phổ biến của quá trình xói lở - bồi tụ là các yếu tố ngoại sinh và chủ yếu là do sóng và thuỷ triều. Đối với mỗi đoạn bờ có các nguyên nhân và cơ chế bồi tụ - xói lở khác nhau. Vùng cửa sông ven biển miền Bắc, quá trình bồi tụ - xói lở xảy ra xen kẽ nhau do sự phân bố lượng bùn cát từ sông đưa ra không đồng đều, ở những đoạn bờ xa cửa sông thì xảy ra hiện tượng xói lở, còn vùng cửa sông thì bồi tụ với tốc độ lớn như cửa Ba Lạt, Cửa Đáy. Sau khi hồ Hoà Bình đi vào hoạt động thì làm giảm tốc độ bồi tụ ở cửa Ba Lạt và làm tăng cường xói lở ở một số đoạn ven bờ châu thổ sông Hồng. Nguyên nhân gây xói lở và bồi tụ ở một số khu vực trọng điểm như sau:

  + Bờ biển Cát Hải, Đình Vũ: Nguyên nhân cơ bản xói lở bờ biển Cát Hải, Đình Vũ là sự thiếu hụt bồi tích trong điều kiện cửa sông hình phễu sụt lún tân kiến tạo và nâng cao mực nước chân tĩnh do khí hậu ngày càng nóng lên. Nguyên nhân trực tiếp phá huỷ bờ là tác động của sóng và triều có tác động rất mạnh lên khu vực trong mùa gió Đông Nam.

  + Bờ biển Hải Hậu - Nghĩa Hưng là vùng bờ biển hở, đường bờ thẳng theo hướng Đông Bắc - Tây Nam nên gió có điều kiện phát triển theo nhiều hướng, tập trung năng lượng sóng cao. Hơn nữa biên độ triều lớn của khu vực tạo điều kiện mở rộng đới sóng vỗ bờ, đặc biệt khi có triều cường, sóng

có điều kiện phát triển và truyền vào bờ, gây xói lở bờ. Năng lượng sóng lớn gây phá huỷ, bào mòn bãi, bờ ngầm và đê kè. Dòng sóng lại có tác dụng vận chuyển và tái phân bố vật chất do sóng phá huỷ. Dòng sóng ven bờ vận chuyển vật chất ven bờ xuống phía Nam trong trường sóng Đông - Bắc gây xói lở bờ vùng ven biển Hải Hậu và bồi tụ ở Nghĩa Hưng.

+ Bãi bồi cửa Đáy: Lưu lượng nước và dòng phù sa lớn do sông đưa ra, với hình thái cửa sông mở rộng ra biển đã làm khuyếch tán phù sa ra xa bờ, cộng thêm lượng bùn cát do xói lở bờ biển Hải Hậu theo dòng ven biển đưa xuống đã tạo thành vùng bãi bồi ở cửa Đáy với tốc độ cực đại tới 100 m/năm.

Khu vực miền Trung sông ngắn và dốc, phù sa sông thuộc loại nhỏ nhất nước ta, vùng biển thoáng năng lượng sóng thuộc loại lớn nhất, lại là nơi chịu ảnh hưởng thiên tai bão lũ nhiều nhất, mạnh nhất và nặng nề nhất nên khu vực ven biển cửa sông miền Trung quá trình xói lở xảy ra cũng mạnh mẽ nhất. Nguyên nhân trực tiếp và chủ yếu gây xói lở là sóng gió (áp lực sóng vỗ, dòng chảy sóng...). Đối với 3 đoạn bờ xói lở trọng điểm là:

+ Đoạn bờ Hải Dương - Hoà Duân (Thừa Thiên - Huế) xói lở mạnh do sóng, dòng chảy sóng và sự di chuyển của cửa sông Hương.

+ Đoạn Sa Huỳnh (Quảng Ngãi) chủ yếu do dòng sóng và dòng chảy tiêu do sóng.

+ Đoạn sông Cầu (Phú Yên) xói lở chủ yếu do sóng.

Khu vực miền Nam: Diễn biến bồi tụ xói lở xảy ra xen kẽ nhau do tác động đồng thời của sóng thuỷ triều và dòng chảy ven bờ di chuyển bồi tích tại khu bờ. Nguyên nhân đối với từng khu vực trọng điểm như sau:

+ Tại Cần Giờ: (Thành phố Hồ Chí Minh) thuỷ triều và sóng là nguyên nhân hàng đầu gây xói lở bờ biển. Đập Trị An đã làm giảm lượng phù sa ra cửa sông gây thiếu hụt bồi tích làm tăng cường thêm quá trình xói lở.

+ Tại Gò Công Đông (Tiền Giang): Xói lở bờ chủ yếu do sóng trong mùa gió chướng. Ngoài ra hệ thống thuỷ lợi và thoát lũ biển Tây giảm bồi tích cung cấp cho khu vực, do đó sự thiếu hụt bồi tích đã gia tăng tốc độ xói lở bờ.

+ Tại Gành Hào (Bạc Liêu); Do xa cửa sông nên lượng bồi tích dọc bờ từ phía Bắc đưa xuống nhỏ, dòng di chuyển ngang do sóng đưa ra xa bờ gây mất cân bằng bồi tích, cùng các hoạt động nhân sinh như nuôi trồng thuỷ sản, phá rừng ngập mặn làm gia tăng quá trình xói lở bờ biển cửa sông.

Trong tương lai quá trình bồi tụ - xói lở vẫn tiếp tục xảy ra với cường độ mạnh. Trọng điểm xói lở có xu thế dịch chuyển dần về phía Nam. Đề tài đã dựa vào tài liệu khảo sát thực tế, phương pháp bản đồ viễn thám, phương pháp mô hình số trị để dự báo xu thế bồi tụ - xói lở bờ biển, kết quả như sau:

Miền Bắc:

+ Khu vực đảo Đình Vũ: Tiếp tục quá trình xói lở, có xu thế dịch dần và mạnh dần về phía bờ phía Đông Bắc, bờ phía Tây có xu thế chuyển thành bồi.

+ Khu vực Tây Nam bản đảo Đồ Sơn: Tiếp tục bồi tụ, khoảng 5 - 10 năm tới đường bờ trung bình sẽ cách hiện nay 500 - 600 m, đường 0 m hải đồ tiến ra biển khoảng 600 - 700 m. Đến 20 năm tới tốc độ bồi tụ giảm đi. Đến 50 năm tới đường bờ trung bình tiến tới gần vụng Vạn Hương.

+ Khu vực cửa Ba Lạt: Bãi bồi tiếp tục mở rộng, cửa sông sẽ dịch lên phía Bắc, bãi triều thấp hai bên cửa sông sẽ được bồi tụ thành bãi triều cao.

+ Khu vực cửa Đáy: Khoảng 15 - 20 năm nữa, đường mực biển trung bình sẽ tiến đến đường 1,1 m/0 m hải đồ hiện nay và diện tích bãi bồi nổi cao trên mực biển trung bình sẽ tăng khoảng 3000 ha mở rộng về phía Tây Nam.

Miền Trung:

Nhìn chung xu thế xói lở bồi tụ bờ biển miền Trung về cơ bản ít có thay đổi đột biến cả về quy mô, mức độ, riêng cường độ xói lở sẽ tăng lên đôi chút.

+ Đoạn bờ từ Thuận An đến Hoà Duân vẫn là trọng điểm xói lở mạnh và rất mạnh, tiếp tục mở rộng về phía Tây Bắc và đặc biệt mạnh về phía Đông

Nam, cường độ trung bình so với hiện nay tăng thêm khoảng 12, 25, 38% vào các năm 2020, 2050, 2100.

+ Xói lở ở khu vực trọng điểm Sa Huỳnh vẫn tiếp tục và mở rộng về phía Tây Nam, với cường độ tương đương với hiện nay. Sau năm 2010 khi cung xói lở đã đạt tới hạn thì dừng lại và bờ biển sẽ ở trạng thái cân bằng, chỉ xảy ra xói - bồi xen kẽ với mức độ nhỏ.

+ Xói lở bờ biển Phú Yên tiếp tục tăng quy mô và cường độ tại các khu vực Phú Hanh, Phú Sơn, Phú Quang, Phú Hiệp, An Nhơn và thị xã Tuy Hoà. Riêng khu vực trọng điểm Xuân Hải, khu vực sạt lở sẽ dịch chuyển về phía Đông Nam với cường độ tăng dần thêm 11,5%, 18% và 29% vào các năm 2020, 2050, 2100.

Miền Nam:

+ Xói lở bờ biển Gò Công Đông tiếp tục tăng về cường độ đến năm 2020, sau đó giảm dần.

- Đề tài đã xây dựng được qui trình dự báo xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông cho một số khu vực trọng điểm.

- Xói lở bờ biển, bồi lấp cửa sông là thiên tai nguy hiểm. Nó không chỉ gây thiệt hại về sinh mạng, tiền của, đất đai, tài sản mà còn tác động mạnh đến môi trường sinh thái, ảnh hưởng đến dân sinh - kinh tế, đe dọa sự phát triển bền vững dải bờ biển cửa sông nước ta. Để tiến hành phòng chống có hiệu quả thiên tai xói lở bờ biển, bồi lấp cửa sông cần tiến hành đồng bộ và toàn diện các giải pháp từ tầm vĩ mô đến vi mô, cả trực tiếp và gián tiếp, cả giải pháp công trình và phi công trình, phù hợp với từng đoạn bờ, cửa sộng cụ thể. Cần coi trọng giải pháp phi công trình, trước hết là tuyên truyền giáo dục, nâng cao nhận thức cho người dân về các tai biến của thiên tai và các nguyên nhân cơ bản trong đó có cả tác nhân con người để họ có ý thức được việc thực hiện tốt các luật: Luật bảo vệ môi trường, Luật bảo vệ và phát triển rừng, Luật tài nguyên nước... Cần sớm xây dựng chiến lược phòng chống xói lở bờ biển, bồi lấp cửa sông và đưa nội dung vấn đề xói lở bờ biển, bồi lấp cửa sông trong tổ chức lãnh thổ và quy hoạch phát triển vùng, xác định các giải pháp, phương án ứng xử thích hợp. Trong quy hoạch phát triển KT - XH dải ven

biển cần thiết phải tính đến vấn đề xói lở bờ biển, bồi lấp cửa sông. Cần sớm xác lập phương án bảo vệ đê, kè, bờ biển cho từng đoạn bờ cụ thể, trên cơ sở xác định được nguyên nhân và cơ chế xói lở. Tăng cường cơ sở pháp lý, quy hoạch bảo vệ bờ biển, chống khai thác tài nguyên bừa bãi ở dải ven biển. Các dự án đầu tư ven biển, đặc biệt là các công trình dân sinh kinh tế, kể cả việc đắp đầm nuôi trồng thuỷ sản, các đập chứa nước ở thượng nguồn sông... nhất thiết phải có đánh giá tác động môi trường. Nhà nước cần đầu tư nghiên cứu áp dụng các giải pháp phòng chống xói lở hiện đại của thế giới, đồng thời xây dựng được các giải pháp phù hợp với điều kiện KT - XH của nước ta và các địa phương. Trước mắt, cần thiết lập vành đai xói lở làm chỉ giới cho quy hoạch phát triển các tụ điểm dân cư, các công trình dân sinh kinh tế. Các khu vực đã được đề tài cảnh báo tiếp tục xói lở trong tương lai cần được khoanh vi, căm mốc chỉ giới và phổ biến kịp thời cho mọi người dân nằm trong vành đai xói lở nhằm bố trí hợp lý các tụ điểm dân cư, các công trình dân sinh, kinh tế, tổ chức di dời dân cư ra khỏi khu vực nguy hiểm bằng hình thức như di dời vĩnh viễn theo quy hoạch, di dời tạm thời khi có cảnh báo và di dời khẩn cấp khi có cấp báo. Cần xây dựng hoàn thiện hệ thống quan trắc giám sát định kỳ hiện tượng xói lở - bồi tụ để thông báo kịp thời đến người dân, thông qua hệ thống thông tin địa lý kiểm soát kết mạng giữa các cơ quan quản lý, cơ quan nghiên cứu và cộng đồng dân cư.

Trong trường hợp phải dùng biện pháp công trình thì nhất thiết phải dựa trên cơ sở khoa học chắc chắn để không gây xói lở và phá vỡ hệ sinh thái của các bờ vùng lân cận. Đề tài cũng đề xuất các giải pháp công trình nhằm chống xói lở bờ biển và bồi lấp cửa sông ở một số khu vực trọng điểm. Trước mắt Nhà nước cần ưu tiên đầu tư chống xói lở bờ biển tại các vùng trọng điểm: Cát Hải (Hải Phòng), Hải Hậu (Nam Định), Hải Dương - Hoà Duân (Thừa Thiên - Huế), Mũi Né (Bình Thuận), Gò Công (Tiền Giang), Gành Hào (Cà Mau) và chống bồi lấp các cửa sông Nam Triệu (luồng tàu vào cảng Hải Phòng), Cửa Việt (luồng tàu vào cảng Cửa Việt), cửa Thuận An (luồng tàu vào cảng Thuận An), cửa Định An (luồng tàu vào cảng Cần Thơ) theo các giải pháp mà đề tài đã đề xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

[1] LÊ ĐỨC AN, 1995. Một số đặc điểm địa mạo Việt Nam. Địa chất, khoáng sản và dầu khí Việt Nam, Hà Nội.

[2] LẠI HUY ANH và nnk, 1997. Thuyết minh bản đồ địa mạo Việt Nam tỷ lệ 1: 1.000.000. Báo cáo lưu trữ Viện Địa lý. Hà Nội.

[3] LÊ DUY BÁCH, 1989. Đặc điểm kiến tạo và tiềm năng khoáng sản khu vực biển Đông *"Địa chất biển Đông và các miền kế cận"*.

[4] NGUYỄN XUÂN BAO và nnk, 1978. Địa chất miền Nam Việt Nam. Bản đồ địa chất số 39. Hà Nội.

[5] NGUYỄN XUÂN BAO, TRẦN ĐỨC LƯƠNG, 1979. Bản đồ Địa chất Việt Nam tỷ lệ 1: 500.000. Hà Nội.

[6] BÁO CÁO HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA. Nghiên cứu và quản lý vùng ven biển Việt Nam. Hà Nội, 1993.

[7] BÁO CÁO LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT THUỶ VĂN VÀ BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH, TỈ LỆ 1: 200.000 VÙNG PHAN RANG- NHA TRANG, 1988. Lưu trữ Tổng cục Địa chất.

[8] BÁO CÁO KẾT QUẢ LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT THUỶ VĂN VÀ BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH NAM BỘ, TỈ LỆ 1: 200.000, 1992. Lưu trữ Tổng cục Địa chất.

[9] NGUYỄN BIỂU, ĐÀO MẠNH TIẾN, NGUYỄN CHU HỒI, 1992. Đánh giá hiện trạng địa chất môi trường biển nông ven bờ Đại Lãnh - Hải Vân. Báo cáo lưu trữ TTĐCKS Biển. Hà Nội.

[10] NGUYỄN BIỂU và nnk, 2001. Báo cáo điều tra địa chất, tìm kiếm khoáng sản rắn biển ven bờ (0-30m nước) Việt Nam tỷ lệ 1/500.000.

[11] BỘ THUỶ LỢI, 1984. Sổ tay tính toán thuỷ lực. Nxb. Nông nghiệp. Hà Nội.

[12] CỤC ĐỊA CHẤT VIỆT NAM, 1995. Địa chất và dầu khí Việt Nam Tập 1. Hà Nội.

[13] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk, 1987. Nghiên cứu xác định nguyên nhân lấn biển vào đảo Cát Hải và bước đầu đề xuất biện pháp công trình phòng chống chủ yếu. Báo cáo tổng kết đề tài Viện Các khoa học về Trái đất. Hà Nội.

[14] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk, 1990. Động lực vùng ven biển và cửa sông Việt Nam. Báo cáo khoa học đề tài 48B-02-01. Viện KHVN. Hà Nội.

[15] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk, 1992. Cơ sở khoa học quai đê lấn biển Cồn Vành và khai thác hợp lý vùng cửa sông Ba Lạt. Báo cáo tổng kết đề tài. Hà Nội.

[16] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk, 1997. Nguyên nhân và giải pháp phòng chống sa bồi luồng tàu vào cảng Hải Phòng. Đề tài độc lập cấp Nhà nước. Viện Địa lý. Hà Nội.

[17] NGUYỄN VĂN CƯ, 1999. Điều tra cơ bản tài nguyên môi trường nhằm khai thác sử dụng hợp lý đất hoang hoá các bãi bồi ven biển cửa sông Việt Nam. Báo cáo khoa học Đề tài độc lập cấp Nhà Nước. Hà Nội.

[18] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk, 1997. Nghiên cứu động lực và địa chất công trình đảo, đề xuất các giải pháp kỹ thuật cho việc chống xói lở bờ biển đảm bảo ổn định và an toàn các công trình một số đảo thuộc các đảo Trường Sa. Báo cáo tổng kết đề tài TS - 02. Hà Nội.

[19] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk, 1999. Nghiên cứu hiện trạng, bước đầu xác định nguyên nhân lũ lụt các tỉnh vùng Nam Trung Bộ (từ Đà Nẵng đến Bình Thuận) và đề xuất cơ sở khoa học cho các giải pháp khắc phục. Báo cáo tổng kết đề tài. Viện Địa lý. Hà Nội.

[20] NGUYỄN VĂN CƯ, PHẠM HUY TIẾN, 2003. Sạt lở bờ biển miền Trung Việt Nam. Nxb. KH&KT. Hà Nội.

[21] NGUYỄN ĐỨC CỰ và nnk, 1993. Kiểm kê đất ngập nước triều vùng ven bờ châu thổ sông Hồng. Lưu trữ tại Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng.

[22] LÊ VĂN CỰ, 1986. Lịch sử phát triển địa chất Kainozoi thềm lục địa Đông nam Việt Nam. Luận án phó tiến sĩ.

[23] NGUYỄN KIÊN DŨNG, 1999. Bồi lắng bùn cát hồ Hoà Bình trong giai đoạn đầu tích nước. Khí tượng Thuỷ văn. No.6 (462), Tr.10-15. Hà nội.

[24] ĐỀ TÀI KHOA HỌC CẤP NHÀ NƯỚC KHCN 06-10, 2002. Cơ sở khoa học và các đặc trưng kỹ thuật đới bờ phục vụ yêu cầu xây dựng công trình biển ven bờ. Hà Nội.

[25] TRẦN VĂN ĐIỆN và nnk, 2000. Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá biến động bồi xói bờ biển Bắc Bộ từ Quảng Ninh đến Thanh Hoá. Báo cáo chuyên đề thuộc đề tài độc lập cấp Nhà nước KHCN 5a *"Nghiên cứu dự báo phòng chống sạt lở bờ biển Bắc Bộ từ Quảng Ninh đến Thanh Hoá"*. Hà Nội.

[26] NGUYỄN VĂN ĐIỆP và nnk, 1990. Động lực vùng ven biển và cửa sông Việt Nam (Đề tài 48B - 02 - 01, Chương trình 48.B, Viện Khoa học Việt Nam). Lưu trữ tại Viện Cơ học, Hà Nội.

[27] ĐỘI LIÊN HIỆP VIỆT-TRUNG, 1965. Báo cáo điều tra tổng hợp Vịnh Bắc bộ. Phần 4: Địa chất. Lưu trữ tại Phân viện hải dương học tại Hải Phòng.

[28] NGUYỄN THANH GIANG, 1996. Cấu trúc vòng và thực chất của mô hình cấu trúc - kiến tạo bán đảo Đông Dương. Tr. 45- 50. Tạp chí Địa chất loạt A, số 235 (tháng 7-8). Nxb. Cục Địa chất Việt Nam. Hà Nội.

[29] PHẠM VĂN GIÁP, LƯƠNG PHƯƠNG HẬU, 1994. Chỉnh trị cửa sông ven biển. Nxb. Xây dựng, Hà Nội.

[30] NGUYỄN THỊ HIỀN, NGUYỄN TUẤN TIẾN, 1996. Gia cố nền đất yếu bằng cọc cát ở Thái Bình, Hội nghị khoa học lần thứ 12, trường đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[31] TRỊNH THẾ HIẾN, 1992. Thành phần cơ học của trầm tích tầng mặt vùng biển ven bờ Ninh Thuận - Ninh Hải. Tuyển tập nghiên cứu Biển. Số IV. Hà Nội.

[32] TRỊNH THẾ HIẾU, 1992. Trầm tích thềm lục địa phía Nam Việt Nam. Tuyển tập nghiên cứu biển. Số IV. Hà Nội.

[33] NGUYỄN TRỌNG HIỆU và nnk, 1999. Số liệu KTTV - chương trình tiến bộ Khoa học kỹ thuật Nhà nước, 42A. Hà Nội.

[34] NGUYỄN HOÀN, 1996. Sự phát triển vùng cửa sông Hồng và vấn đề quai đê lấn biển. Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội.

[35] PHAN VĂN HOẶC, 1983. Chế độ sóng gió biển Đông Việt Nam. Tuyển tập KTTV.

[36] NGUYỄN CHU HỒI, ĐÀO MẠNH TIẾN và nnk, 1992. Đánh giá trạng thái địa chất môi trường vùng biển nông ven bờ (0 - 30 m nước) vùng Đại Lãnh - Hải Vân. Phân viện Hải dương học Hải phòng.

[37] NGUYỄN CHU HỒI và nnk, 1996. Nghiên cứu khai thác, sử dụng hợp lý tiềm năng phá Tam Giang. Đề tài độc lập cấp Nhà nước KT-ĐL.95.09. Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng. Hải Phòng.

[38] LÊ XUÂN HỒNG, 1995. Đặc điểm xói lở bờ biển Việt Nam. Luận án PTS khoa học Địa lý - Địa chất. Hà Nội.

[39] LÊ XUÂN HỒNG, 1997. Phân vùng xói lở bờ biển Việt Nam. Báo cáo hội thảo khoa học *"Địa chất công trình với sự nghiệp công nghiệp hoá và hiện đại hoá đất nước"*. Hà Nội.

[40] PHAN NGUYÊN HỒNG, MAI SỸ TUẤN, 1991. Đặc điểm sinh thái vùng rừng ngập mặn ven biển Việt Nam, hiện trạng và phương pháp quản lý (báo cáo tóm tắt). Hội nghị Khoa học toàn Quốc về biển lần thứ III. Tập I, Tr 119-126. Hà Nội.

[41] HOÀNG VĂN HUÂY (chủ biên), 2001. Nghiên cứu dự báo phòng chống sạt lở bờ biển. Báo cáo tổng hợp. Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường.

[42] LÊ MẠNH HÙNG, 2004. Nghiên cứu dự báo xói lở bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ở đồng bằng sông Cửu Long. Viện Khoa học Thuỷ lợi miền Nam, Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn. TP. Hồ Chí Minh.

[43] NGUYỄN MẠNH HÙNG, 1996. Các số liệu đo đạc địa hình vùng cửa sông Định An từ 1990 - 1996. Trung tâm động lực sông biển, Hà Nội.

[44] NGUYỄN THƯỢNG HÙNG và nnk, 1995. Nghiên cứu, dự báo biến động của môi trường và đề xuất các định hướng phát triển kinh tế - xã hội tại vùng thượng và hạ du công trình thuỷ điện Hoà Bình. Báo cáo khoa học đề tài nhà nước KT-02-14. Hà Nội.

[45] ĐINH VĂN HUY và nnk, 1999. Đặc điểm địa động lực bờ châu thổ sông Hồng. Báo cáo đề tài cấp cơ sở năm 1999. Phân viện Hải dương học Hải Phòng.

[46] ĐINH VĂN HUY, 1999. Đặc điểm hình thái - động lực và định hướng phát triển bền vững vùng ven bờ Hải Phòng - Hạ Long. Tài nguyên và Môi trường biển tập VI, trang 98-105. Nxb KHvKT. Hà Nội.

[47] LÊ BẮC HUỲNH, 1993. Đánh giá ảnh hưởng của công trình thủy điện Hoà Bình đến dòng chảy ở hạ lưu sông Hồng trong những năm đầu thực hiện *"Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Hoà Bình"*. Tạp chí Khí tượng thủy văn số 5. Trang 1 - 12. Hà Nội.

[48] VÕ VĂN LÀNH và nnk, 1996. Cấu trúc thuỷ văn và động lực biển Đông và các vùng kế cận. Báo cáo tổng kết đề tài. Nha Trang.

[49] LIÊN ĐOÀN 2 ĐỊA CHẤT THUỶ VĂN, ĐOÀN 63, 1986. Báo cáo lập bản đồ Địa chất thuỷ văn - Địa chất công trình tờ F-Hải Phòng - Thái Bình.

[50] BÙI HỒNG LONG, 2001. Nghiên cứu quy luật và dự báo xu thế xói lở - bồi tụ vùng ven bờ cửa sông Việt Nam. Báo cáo đề tài cấp Nhà nước KHCN-5C. Viện Hải dương học Nha Trang.

[51] BÙI HỒNG LONG, 2001. Báo cáo thuyết minh bản đồ địa mạo đới ven bờ và phần lục địa đoạn Bình Thuận - Hà Tiên. Viện Hải dương học Nha Trang. Nha Trang.

[52] ĐẶNG CÔNG LUẬN, 2003. Nghiên cứu một số nhân tố ảnh hưởng đến sức kháng cắt của đất yếu tầng trầm tích Q_{IV}^3tb phân bố ở khu vực Hải Phòng. Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[53] HOÀNG XUÂN LƯƠNG và nnk, 1995. Luận chứng kinh tế kỹ thuật công trình chống xói lở đảo Sinh Tồn Đông, Phan Vinh, Nam Yết. Học viện KTQS.

[54] NINH THỌ MINH, 2002. Nghiên cứu hiện tượng xói lở bờ biển Cát Hải - Hải Phòng và đề xuất các giải pháp phòng chống thích hợp. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[55] NGUYỄN THANH NGÀ và nnk, 1995. Hiện trạng và nguyên nhân bồi xói dải bờ biển Việt Nam, đề xuất các biện pháp khoa học kỹ thuật bảo vệ và khai thác vùng đất ven biển. Chương trình KT - 03, đề tài 14. Hà Nội.

[56] TRẦN NGHI, 1995. Đặc điểm trầm tích tầng mặt và thạch động lực vùng biển ven Bạc Liêu - Hàm Luông. Báo cáo khoa học. Trường ĐH Quốc Gia. Hà Nội.

[57] TRẦN NGHI, 1996. Đặc điểm trầm tích và thạch động lực vùng biển nông ven bờ (0-30m nước) Nga Sơn - Đồ Sơn. Báo cáo khoa học. Trường ĐH Quốc Gia. Hà Nội.

[58] TRẦN NGHI, 1997. Đặc điểm trầm tích và thạch động lực vùng biển nông ven bờ (0-30m nước) Đồ Sơn - Móng Cái. Báo cáo khoa học. Trường ĐH Quốc Gia. Hà Nội.

[59] TRẦN NGHI, 2000. Đặc điểm trầm tích tầng mặt và thạch động lực vùng ven biển Hội An - Dung Quất. Báo cáo khoa học. Trường ĐH Quốc Gia. Hà Nội.

[60] NGUYỄN NGỌC và nnk, 2000. Đặc điểm địa chất Đệ tứ và tiến hoá cổ địa lý đới bờ châu thổ sông Hồng. ĐTĐL cấp Nhà nước KHCN 5a. Hà Nội.

[61] PHẠM VĂN NINH và nnk, 1991. Chế độ nước dâng do bão ở Việt Nam. Tuyển tập báo cáo khoa học hội nghị khoa học toàn quốc về biển lần thứ III. Tập 2, trang 81 - 87. Hà Nội.

[62] PHẠM VĂN NINH và nnk, 1991. Nước dâng do bão và gió mùa. Báo cáo tổng kết đề tài 48B-02-02. Viện Cơ học. Hà Nội.

[63] PHẠM VĂN NINH, LÊ XUÂN HỒNG, 5/2000. Hiện trạng xói lở bờ biển Việt Nam. Báo cáo hội thảo bồi tụ - xói lở ven bờ Việt Nam, Hà Nội.

[64] PHẠM VĂN NINH, 2003. Nghiên cứu cơ chế bồi xói bờ biển khu vực châu thổ sông Hồng. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp Trung tâm. Lưu trữ Viện Cơ học, Hà Nội.

[65] VŨ VĂN PHÁI, 1996. Địa mạo khu bờ biển hiện đại Trung bộ Việt Nam (từ Đèo Ngang đến mũi Đá Vách). Luận án PTS Khoa học Địa lý - Địa chất. Hà Nội.

[66] TRẦN MINH QUANG, 1992. Đặc điểm diễn biến bờ biển ở vùng cửa sông và vấn đề bảo vệ ổn định cửa sông. Tuyển tập nghiên cứu biển IV. Hà Nội.

[67] BÙI CÔNG QUẾ, 1995. Địa chất động lực và tiềm năng khoáng sản vùng biển Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học 1991-1995. Trung tâm KHTN&CNQG, Hà Nội.

[68] NGUYỄN BÁ QUỲ, 1989. Một số vấn đề về diễn biến vùng cửa sông dưới ảnh hưởng của triều và lũ. Luận án PTS khoa học. Hà Nội.

[69] NGUYỄN BÁ QUỲ, 1995. Ảnh hưởng của sóng và bão tới sự ổn định và qui hoạch đê biển. Tuyển tập báo cáo hội thảo giải pháp lâu dài bảo vệ đê biển miền Trung. Hà Nội.

[70] Y. D. SHUIKY, NGUYỄN VĂN CƯ, ĐỖ XUÂN SÂM, 1994. Sự phát triển của bờ biển bị xói lở theo thời gian. Tuyển tập các công trình nghiên cứu địa lý. Nxb. KH&KT. Hà Nội.

[71] TRẦN ĐỨC THẠNH và nnk, 1985. Địa chất địa mạo dải ven biển phía bắc Việt Nam. Phân Viện Hải dương học Hải Phòng. Hải Phòng.

[72] TRẦN ĐỨC THẠNH, NGUYỄN ĐỨC CỰ, NGUYỄN CHU HỒI và nnk, 1998. Đặc điểm biến dạng bờ và giải pháp phòng chống xói lở bờ đảo Cát Hải, Hải Phòng. Tài nguyên và Môi trường biển tập IV, trang 41-59. Nxb. KH&KT, Hà Nội.

[73] TRẦN ĐỨC THẠNH, và nnk, 2001. Nghiên cứu dự báo, phòng chống sạt lở bờ biển Bắc bộ từ Quảng Ninh tới Thanh Hóa. Báo cáo dự án KHCN - 5A. Phân Viện Hải dương học tại Hải Phòng. Hải Phòng.

[74] BÙI XUÂN THÔNG, NGUYỄN THẾ TƯỞNG, 1988. Một số kết quả điều tra khảo sát nước dâng do bão. Tạp chí KTTV vùng biển Việt Nam. Nxb. KH&KT, Hà Nội.

[75] PHẠM HUY THÔNG và nnk, 1997. Báo cáo địa chất nhóm tờ Huế tỷ lệ 1/50.000. Liên đoàn bản đồ địa chất Miền Bắc, Hà Nội.

[76] NGÔ TRỌNG THUẬN, 1997. Diễn biến lòng sông Đà do ảnh hưởng vận hành hồ Hòa Bình trong những năm đầu. Tạp chí Khí tượng thủy văn số 9. Trang 1-6. Tạp chí KTTV, Hà Nội.

[77] NGUYỄN NGỌC THỤY, 1984. Thủy triều biển Việt Nam. Nxb. KHvKT, Hà Nội.

[78] NGUYỄN NGỌC THUỴ, 1993. Sự dâng lên của mực nước biển Đông. Hội nghị KHKT biển, số 1, Hà Nội.

[79] NGUYỄN NGỌC THUỴ, 1998. Thuỷ triều trong các vùng cửa sông Việt Nam. Khí tượng thuỷ văn vùng biển Việt Nam, tập I. Nxb. KH&KT, Hà Nội.

[80] NGUYỄN NGỌC THỤY, 1998. Nước dâng do gió mùa và bão ở Việt Nam. Tạp chí KTTV vùng biển Việt Nam, Hà Nội.

[81] NGUYỄN THẾ TIỆP và nnk, 1994. Thành lập bản đồ địa mạo biển ven bờ (0 - 30 m nước) Nga Sơn - Đèo Ngang, tỷ lệ 1/500.000, phân viện Hải dương học tại Hà Nội.

[82] TIÊU CHUẨN "СНИП - 2.06.04.84", 1983. Mascơva.

[83] NGUYỄN DOÃN TOÀN và nnk, 1983. Những đặc trưng thống kê của các yếu gió và sóng vùng biển Việt Nam. Viện KTTV. Hà Nội.

[84] PHẠM NGỌC TOÀN, PHAN TẤT ĐẮC, 1993. Khí hậu Việt Nam. Nxb. KH&KT. Hà Nội.

[85] TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN, 1998. Khí tượng thuỷ văn vùng biển Việt Nam. Nxb. KH&KT, Hà Nội.

[86] TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN - TRUNG TÂM QUỐC GIA DỰ BÁO, 2000. Tuyển tập các báo cáo tại hội nghị *"Khoa học, công nghệ dự báo và phục vụ dự báo khí tượng thuỷ văn"*. (Hội nghị lần thứ 5, 1996 - 2000). Tập 1 và tập 2. Hà Nội, 12/2000.

[87] TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN, TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN BIỂN, 2000. Sổ tay tra cứu các đặc trưng khí tượng thuỷ văn vùng thềm lục địa Việt Nam. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 2000.

[88] NGÔ ĐÌNH TUẤN và nnk, 1998. Quy hoạch tổng quan đê biển toàn quốc. Báo cáo chung. Trường Đại học Thuỷ lợi. Hà Nội.

[89] NGUYỄN THẾ TƯỞNG, 1996. Phân vùng dải ven bờ biển Việt Nam theo các yếu tố động lực khí tượng thuỷ văn biển chính. Luận án PTS khoa học Địa lý - Địa chất. Hà Nội.

[90] TRẦN HỮU TUYÊN, 2003. Nghiên cứu quá trình bồi tụ, xói lở ở đới ven biển Bình Trị Thiên và kiến nghị các giải pháp phòng chống. Luận án Tiến sĩ Địa chất. Hà Nội.

[91] TUYỂN TẬP KẾT QUẢ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ PHÒNG CHỐNG THIÊN TAI CHỈNH TRỊ SÔNG, BẢO VỆ BỜ BIỂN, 1998. Nxb. Nông Nghiệp, thành phố Hồ Chí Minh.

[92] TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI THẢO KHOA HỌC, 2003. Các đề tài KC.09-02, KC.09-0.5, KC.09 -06. Hà Nội.

[93] LÊ PHƯỚC TRÌNH, 1990. Đặc điểm trầm tích và dòng bồi tích trong đới bãi khu vực bãi Cần Giờ.Viện nghiên cứu Biển. Nha Trang.

[94] LÊ PHƯỚC TRÌNH, 1990. Địa hình và trầm tích - Các điều kiện hải dương học vịnh Ghềnh Rái - TP. Hồ Chí Minh. Viện nghiên cứu Biển. Nha Trang.

[95] PHÍ KIM TRUNG, NGUYỄN CHU HỒI và nnk, 1979. Một số đặc điểm trầm tích hiện đại vùng biển ven bờ Hải Phòng - Nghệ Tĩnh. Lưu trữ tại Phân viện HDH tại Hải Phòng. Hải Phòng.

[96] TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN BIỂN, 2000. Báo cáo khảo sát biển và nghiên cứu khoa học bằng tàu nghiên cứu biển 1998 - 2000.

[97] TRƯỜNG ĐH THUỶ LỢI, 1998. Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ phòng chống thiên tai chỉnh trị sông, bảo vệ bờ biển. Nxb. Nông Nghiệp, Hà Nội.

[98] NGUYỄN BÁ UÂN, 2002. Nghiên cứu diễn biến vùng cửa sông ven biển miền Trung và ảnh hưởng của nó đến vấn đề thoát lũ và khai thác kinh tế trong vùng. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật. Hà Nội.

[99] UỶ BAN KHOA HỌC KỸ THUẬT NHÀ NƯỚC, 1984. Tuyển tập các báo cáo khoa học của chương trình điều tra tổng hợp vùng biển Thuận Hải - Minh Hải thời kỳ 1976 - 1980. Hà Nội.

[100] NGUYỄN VĂN VIẾT, 1984. Đặc điểm khí tượng vùng biển Việt Nam. Nxb. Bộ tư lệnh Hải quân.

[101] HOÀNG QUANG VINH, 1991. Địa chất Việt Nam tập1 & 2. Nxb. KH&KT. Hà Nội.

[102] PHẠM XUÂN, 1984. Những vấn đề địa chất công trình. Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội.

[103] CAO XUÂN XUYÊN, 1986. Báo cáo lập bản đồ Địa chất thuỷ văn - Địa chất công trình tờ F-48-Ninh Bình. Lưu trữ Viện Địa chất.

TIẾNG NƯỚC NGOÀI

[104] BELOSAPKOV A.V. 1988. Phương pháp năng lượng tính toán dòng bùn cát ven bờ. Tạp chí Hải dương học, tập 28, số 4, trang 804 - 808, 1988 (tiếng Nga).

[105] BOOTHROYD J. C, 1969. Hydrolic conditions controling the formation of estuarine bedform in coastal environments - N.E Massachusets and New Hampshire.

[106] DANG HUU CHUNG, B.T. GRASMEIJER AND LEOC VAN RIJN, 2000. Wave-related suspended sand transport under irregular waves in ripple regime, Coastal Engineering Conference, Sydney.

[107] KIOYSHI HORIKAWA, 1998. Nearshore dynamics and coastal Processe. University of Tokyo press.

[108] KRULOV Y.M. và nnk, 1976. Sóng gió và tác động của nó lên công trình. Nxb. KTTV. Leningrat, (tiếng Nga).

[109] HOUWMAN K.T. AND RUESSINK B. G.,1996. Sediment transport in the vicinity of the shoreface nourishment of Terschelling. Proc. of the 25th International conference "Coastal Enginneering 1996", Florida, Sep. 2-6, 1996, pp.4793-4806.

[110] LEONTREV I. O. 1985. Chuyển tải bùn cát ven bờ dưới tác động của sóng không ổn định ở vùng nước nông. Tạp chí Hải dương học. Tập 15, số 4, trang 638 - 644 (tiếng Nga).

[111] LEONTREV I. O, 1985. Mô hình động lực biến dạng bờ biển theo không gian dưới tác động của sóng bão. Tạp chí Hải dương học. Tập 5, số 2, trang 275 - 281. (tiếng Nga).

[112] NINH P. V., et all, 1992. Typhoon surge in Vietnam and their regime characteristics. Proc. National Sem. on Coastal management Res. and Manag. Hanoi. p. 81 - 87.

[113] PAUL D. KOMAR. 1983. Handbook of coastal processes and erosion. CRC press..

[114] ZENKOVICH V. P., 1963. Về bờ biển Việt Nam Dân Chủ Cộng hòa. Hải dương học, T. III. Số 3 (Tiếng Nga).

[115] SHEPARD F. P., 1968. Submarine Geology - McGraw- Hill Book Co. New York, 2nd Edition.

[116] SOULSBY, 1997. Dynamics of Marine Sands – A manual for Practical Applications. Thomas Telford.

[117] USACE, 1984. Shore Protection Manual.

[118] RICHARD SILVESTER AND JOHN R.C., 1993. Coastal Satbilizationg. Inovative concepts. HSU. Englewood Cliffs, New Jersay.

[119] THUA THIEN HUE PROVINCE, COASTS PROBLEM ASSESSMENT STUDY, March 2001. Analysis of the coastal erosion along the Thuan An - Hoa Duan coast, Assessment of measures, tobe proposed case study.

DANH MỤC CÁC BÁO CÁO ĐỀ MỤC

[120] HOÀNG THÁI BÌNH và nnk, 2003. Xử lý số liệu điều tra khảo sát địa hình đáy cửa sông ven biển miền Trung, phân tích, xác định hiện trạng xói lở bồi tụ. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[121] ĐÀO ĐÌNH CHÂM và nnk, 2003. Xử lý số liệu điều tra khảo sát biến dạng bờ biển cửa sông miền Trung, phân tích mối tác động của các yếu tố tự nhiên đến xói lở bồi tụ. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[122] LÊ VĂN CÔNG và nnk, 2002. Tính toán các quá trình động lực ở một số cửa sông ven biển miền Trung dựa trên việc xử lý và phân tích các số liệu điều tra khảo sát. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[123] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk. 2002. Đặc điểm cơ bản chế độ khí tượng, thuỷ văn biển ảnh hưởng đến quá trình xói lở, bồi tụ bờ, cửa sông miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[124] NGUYỄN VĂN CƯ và nnk. 2002. Nghiên cứu, dự báo và đề xuất các giải pháp phòng chống sạt lở bờ biển, cửa sông nhằm khai thông luồng và bảo vệ cảng Cửa Việt. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[125] NGUYỄN LẬP DÂN và nnk, 2002. Đánh giá quá trình xâm thực bề mặt lưu vực liên quan đến quá trình xói lở bồi tụ cửa sông ven biển miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[126] NGUYỄN LẬP DÂN và nnk, 2002. Chế độ dòng chảy sông và tác động của các công trình thuỷ lợi đến xói lở, bồi tụ vùng cửa sông ven biển miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[127] LÝ MINH HẢI và nnk, 2002. Đánh giá đặc điểm địa chất công trình dải ven biển Bắc bộ phục vụ nghiên cứu xói lở, bồi tụ bờ sông và bờ biển. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[128] LÊ ĐỨC HẠNH và nnk, 2002. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ vùng cửa sông ven biển miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[129] LÊ XUÂN HỒNG và nnk, 2002. Hiện trạng sạt lở bờ biển cửa sông Bắc Trung bộ Việt Nam và địa mạo động lực hình thái vùng cửa Thuận An. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[130] LÊ XUÂN HỒNG và nnk, 2002. Hiện trạng sạt lở bờ biển, cửa sông từ Bình Thuận đến Kiên Giang. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[131] LÊ XUÂN HỒNG và nnk, 2003. Hiện trạng bồi - xói bờ biển cửa sông Nam bộ (từ Vũng Tàu đến Kiên Giang). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[132] NGUYỄN VĂN LAI và nnk, 2003. Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán 2D tính toán quá trình dòng chảy phục vụ tính toán xói lở, bồi tụ vùng cửa sông ven biển. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[133] VŨ THU LAN và nnk, 2002. Đánh giá quan hệ dòng chảy sông và lượng bùn cát vận chuyển từ sông ra biển tới xói lở bồi tụ cửa sông ven biển miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[134] TRẦN HỒNG LAM và nnk, 2002. Phân tích và đánh giá tác động của các yếu tố khí tượng thuỷ văn tới xói lở và bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[135] TRẦN GIA LỊCH và nnk, 2002. Mô hình toán mô phỏng và dự báo bồi tụ và xói lở bờ biển Việt Nam (Tính thử nghiệm bờ biển từ Hoà Duân đến cửa Tư Hiền - Thừa Thiên Huế). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[136] TRẦN GIA LỊCH và nnk, 2004. Mô hình toán mô phỏng và dự báo bồi tụ và xói lở bờ biển Việt Nam (Tính toán dự báo cho bờ biển từ Hoà Duân đến cửa Tư Hiền, bờ biển cửa sông Đà Rằng). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[137] TRẦN GIA LỊCH và nnk, 2004. Xây dựng và hoàn thiện quy trình dự báo bồi tụ - xói lở bờ biển, cửa sông khu vực Hoà Duân, tỉnh Thừa Thiên Huế. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[138] BÙI HỒNG LONG và nnk, 2002. Điều tra xói lở bồi tụ dải ven bờ Nam bộ (từ Bình Thuận tới Hà Tiên). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[139] BÙI HỒNG LONG và nnk, 2002. Số liệu dòng chảy, mực nước, khí tượng, địa hình luồng cửa Định An (Trà Vinh) và số liệu đo địa hình bãi, sóng khu vực Gò công Đông (Tiền Giang). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[140] BÙI HỒNG LONG và nnk, 2002. Một số kết quả tính toán nước dâng cho khu vực Gò công Đông - Định An do cơn bão Linda gây ra (Tháng 11/1997). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[141] BÙI HỒNG LONG và nnk, 2003. Cơ sở phương pháp tính và một số kết quả ban đầu tính toán dòng chảy 3D cho vùng cửa Định An. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[142] BÙI HỒNG LONG và nnk, 2003. Đặc điểm hình thái động lực và biến đổi địa hình đáy vùng cửa sông Định An. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[143] BÙI THỊ MAI và nnk, 2003. Phân tích đánh giá các tác nhân khí hậu - khí tượng ven biển tới xói lở - bồi tụ bờ biển cửa sông miền Trung. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[144] TRẦN NGHI và nnk, 2002. Đánh giá sự ảnh hưởng của yếu tố địa chất nội - ngoại sinh đến quá trình xói lở, bồi tụ vùng bờ biển Trung bộ - Nam bộ. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[145] ĐẶNG XUÂN PHONG và nnk, 2004. Đánh giá điều kiện địa chất công trình dải ven biển Nam Trung bộ và Nam bộ phục vụ nghiên cứu xói lở bồi tụ cửa sông và bờ biển. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[146] NGUYỄN BÁ QUỲ và nnk, 2002. Các giải pháp công trình cho các khu vực trọng điểm: cửa Định An, cửa Việt. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[147] NGUYỄN BÁ QUỲ và nnk, 2002. Đánh giá các yếu tố tác động đến quá trình xói lở - bồi tụ vùng cửa sông ven biển (từ Thanh Hoá đến Bình Thuận). Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[148] NGUYỄN BÁ QUỲ và nnk, 2003. Một số giải pháp công trình nhằm ổn định bờ biển cửa sông. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[149] NGUYỄN THỌ SÁO và nnk, 2003. Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông và các giải pháp phòng chống. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[150] ĐỖ XUÂN SÂM và nnk, 2004. Xử lý số liệu điều tra khảo sát biến dạng bờ biển cửa sông miền Trung, phân tích mối tác động của các yếu tố tự nhiên đến xói lở bồi tụ. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[151] NGUYỄN QUANG THÀNH và nnk, 2003. Đánh giá các yếu tố hải văn tác động đến bồi tụ - xói lở vùng cửa sông ven biển Trung bộ. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[152] TRẦN ĐỨC THẠNH và nnk, 2002. Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc và giải pháp phòng chống. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

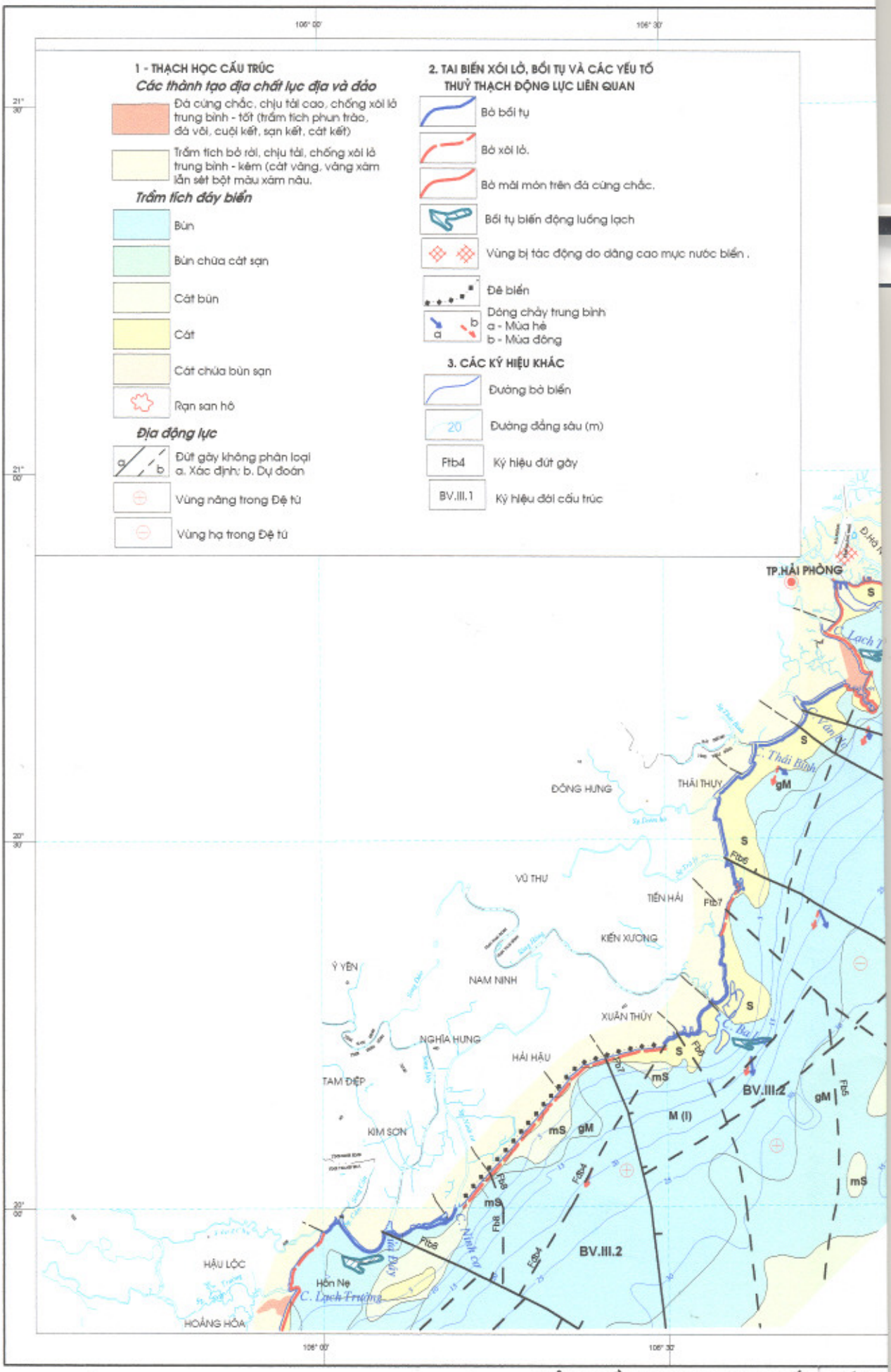
[153] TRẦN ĐỨC THẠNH và nnk, 2004. Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển cửa sông miền Bắc và giải pháp phòng chống. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[154] NGUYỄN THẾ TƯỞNG và nnk, 2003. Quy trình công nghệ khảo sát đo đạc xói lở - bồi tụ cửa sông và bờ biển Việt Nam. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

[155] ĐINH VĂN ƯU và nnk, 2004. Tính toán và dự báo xói lở bờ biển cửa sông Đà Rằng do PGS. TS. Đinh Văn Ưu. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

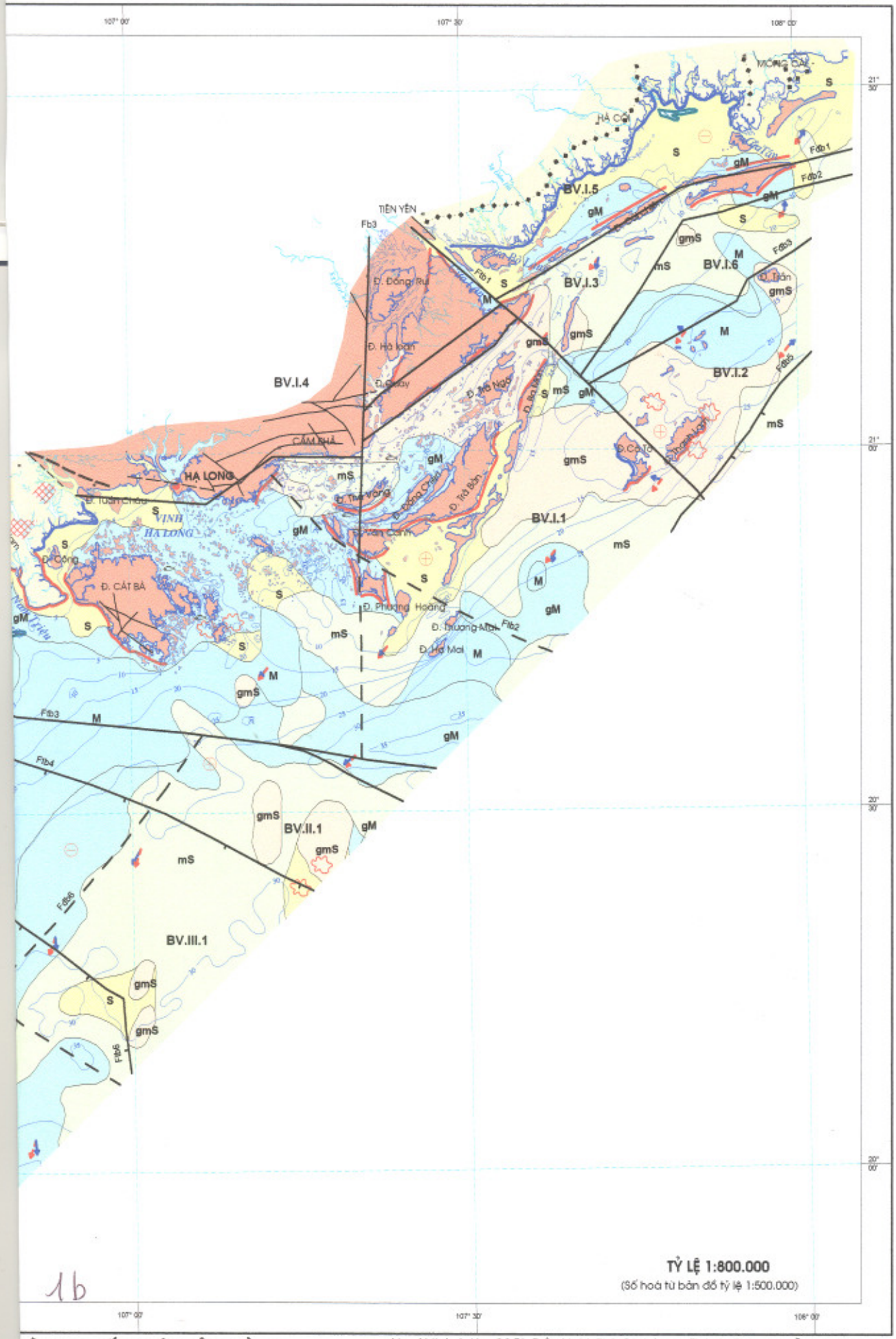
[156] ĐINH VĂN ƯU và nnk, 2004. Hoàn thiện quy trình tính toán và dự báo xói lở bờ biển cửa sông Đà Rằng. Lưu trữ Viện Địa lý, Hà Nội.

5249



1a

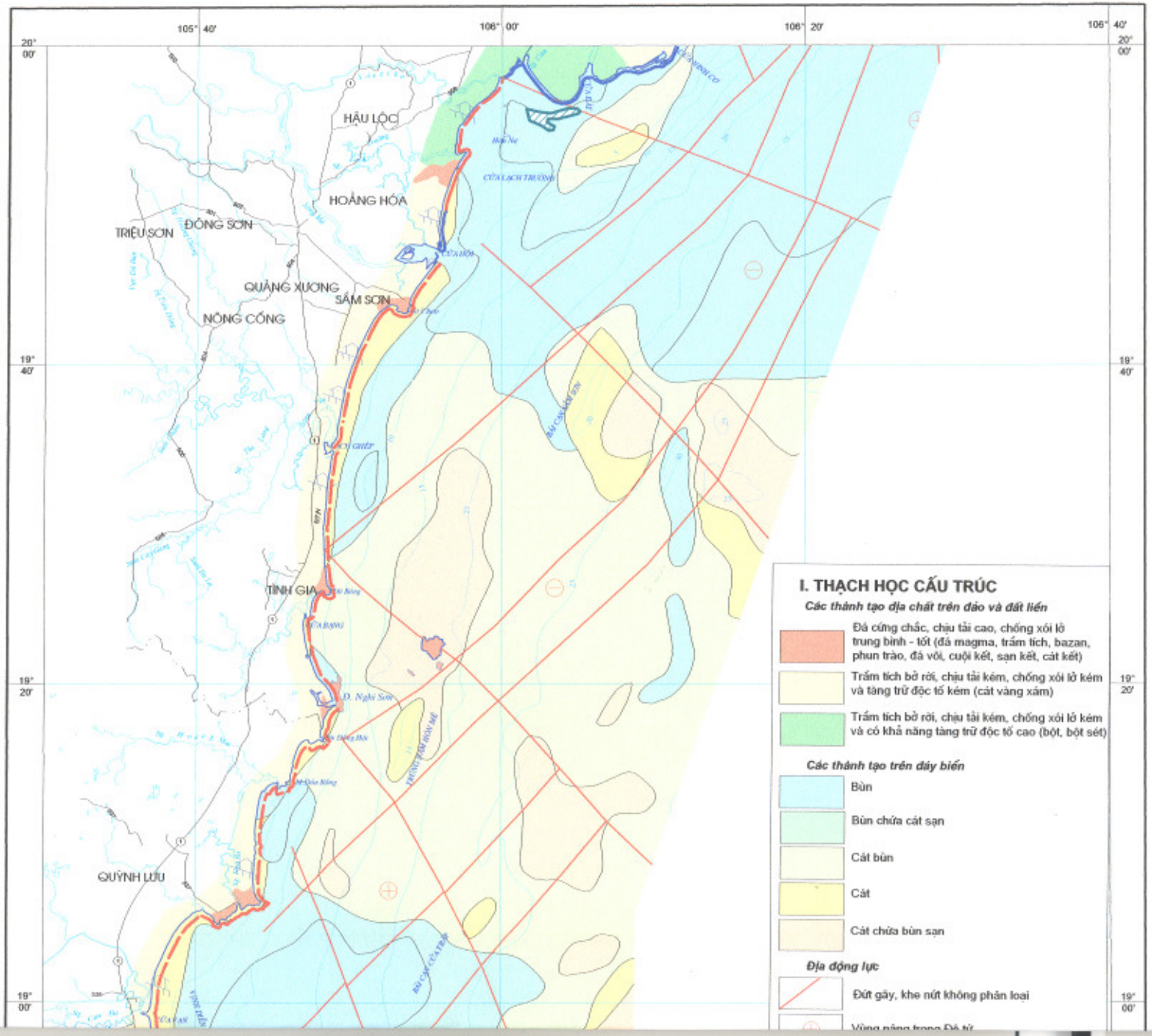
HÌNH 2.2: BẢN ĐỒ THẠCH HỌC CẤU TRÚC V
BỜ BIỂN, CỬA SÔNG MÓN



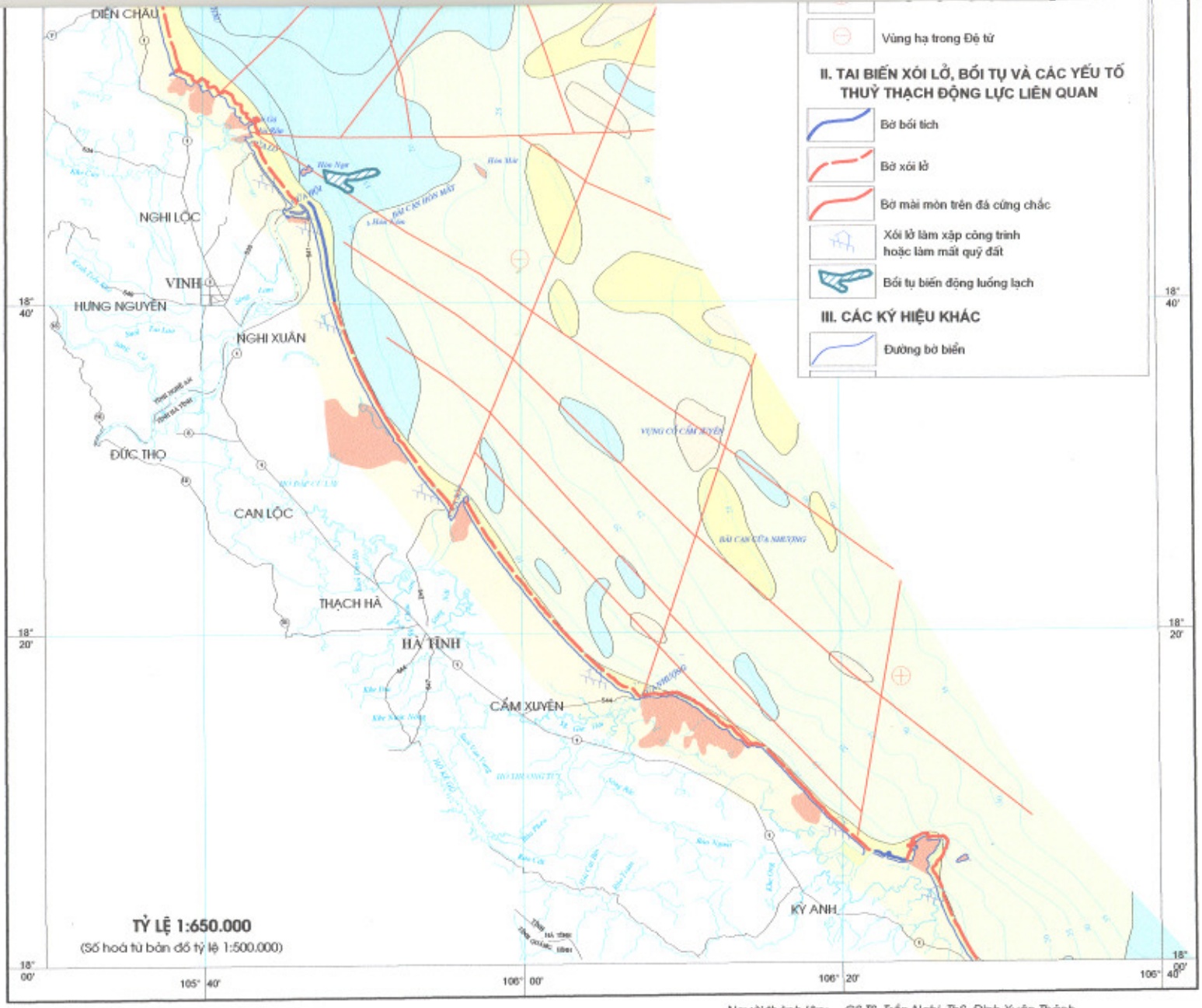
1b

VÀ TAI BIẾN XÓI LỞ, BỒI TỤ
G CÁI - NINH BÌNH

Người thành lập:GS.TS. Trần Nghi, ThS. Đinh Xuân Thành, ThS. Nguyễn Thanh Lan
KS. Phạm Nguyễn Hà Vũ, KS. Nguyễn Hoàng Sơn


105° 40'
106° 00'
106° 20'
106° 40'
20° 00'
19° 40'
19° 20'
19° 00'
HẬU LỘC
HOẰNG HÓA
TRIỆU SƠN
ĐÔNG SƠN
QUẢNG XƯƠNG
SẦM SƠN
NÔNG CỐNG
TĨNH GIA
QUỲNH LƯU
I. THẠCH HỌC CẤU TRÚC
Các thành tạo địa chất trên đảo và đất liền
Đá cứng chắc, chịu tải cao, chống xói lở trung bình - tốt (đá magma, trầm tích, bazan, phun trào, đá vôi, cuội kết, sạn kết, cát kết)
Trầm tích bở rời, chịu tải kém, chống xói lở kém và tàng trữ độc tố kém (cát vàng xám)
Trầm tích bở rời, chịu tải kém, chống xói lở kém và có khả năng tàng trữ độc tố cao (bột, bột sét)
Các thành tạo trên đáy biển
Bùn
Bùn chứa cát sạn
Cát bùn
Cát
Cát chứa bùn sạn
Địa động lực
Đứt gãy, khe nứt không phân loại

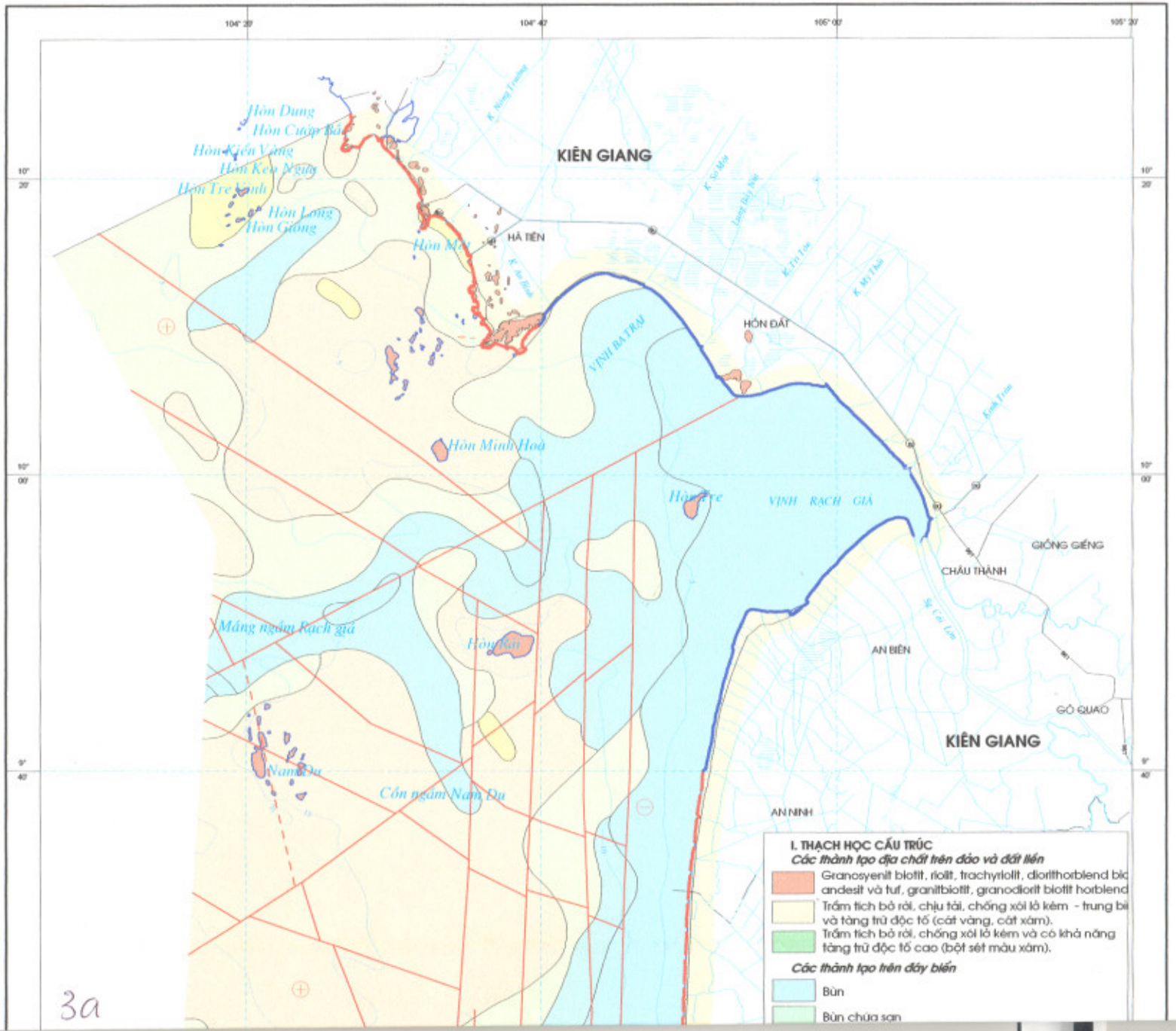
2a

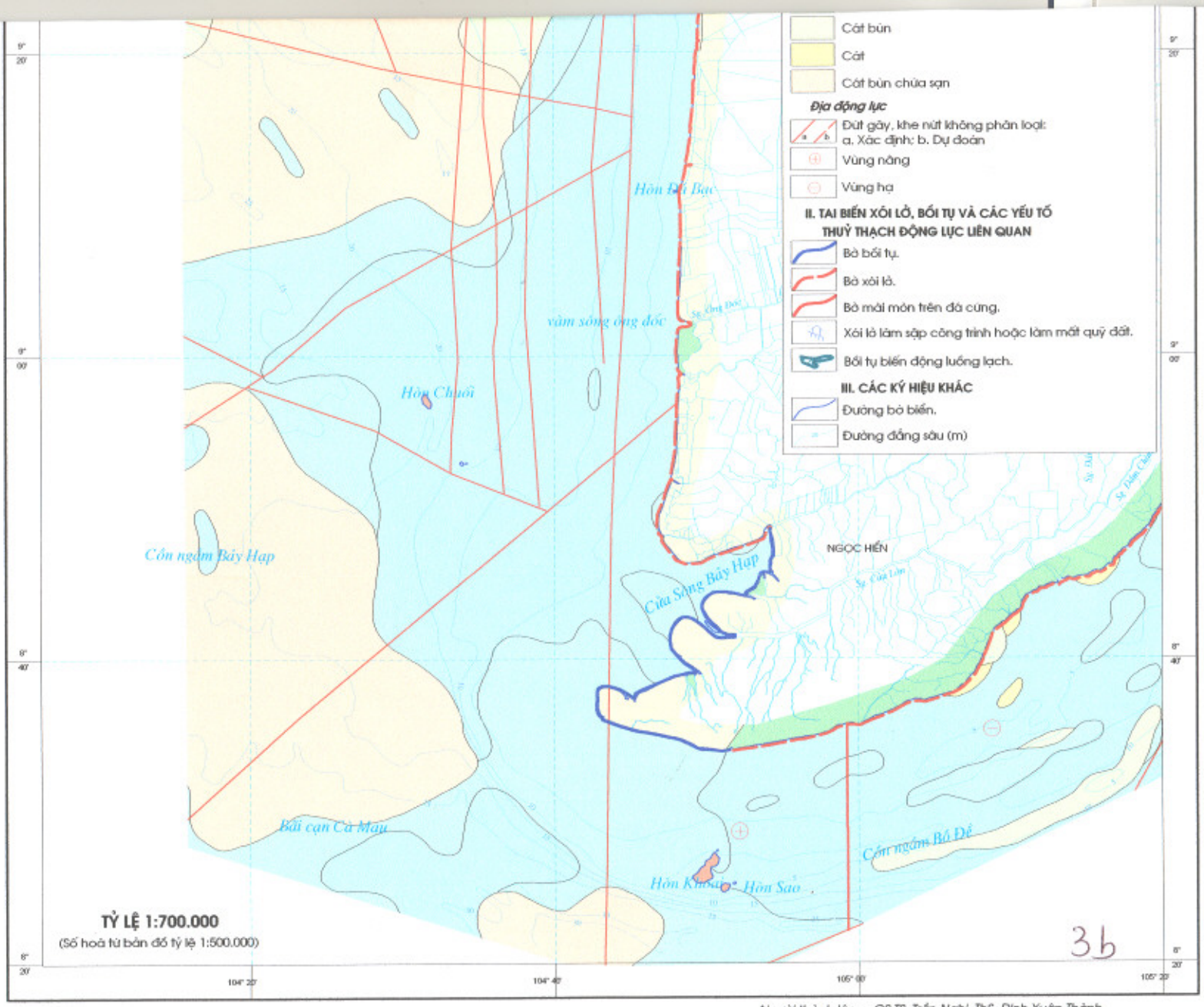


Người thành lập: *GS.TS. Trần Nghi, ThS. Đinh Xuân Thành*
ThS. Nguyễn Thanh Lan, KS. Phạm Nguyễn Hà Vũ,
KS. Nguyễn Hoàng Sơn

2b

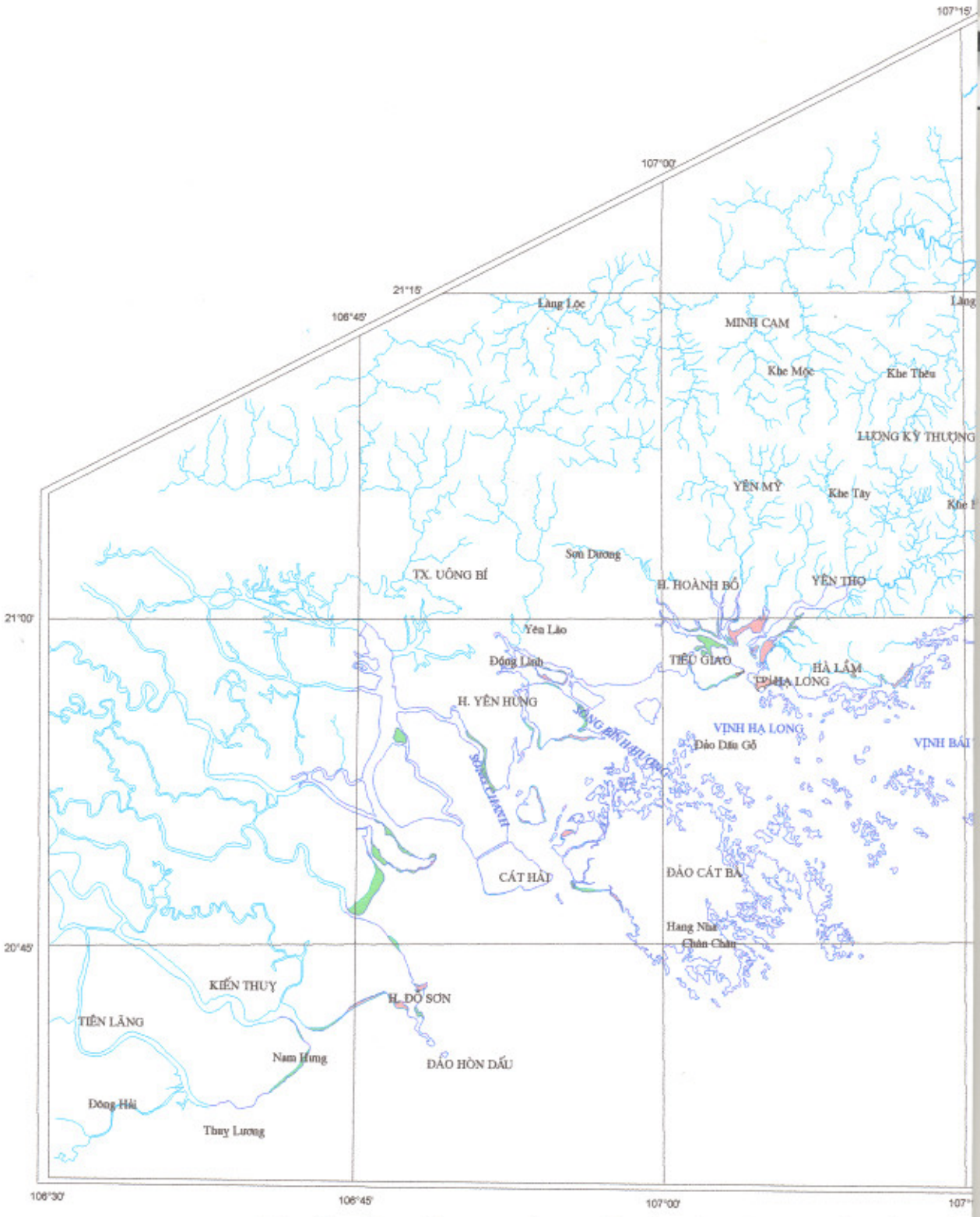
HÌNH 2.3. BẢN ĐỒ THẠCH HỌC CẤU TRÚC VÀ TIỀM NĂNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG THANH HÓA - HÀ TĨNH


104° 20'
104° 40'
105° 00'
105° 20'
10° 20'
10° 00'
9° 40'
KIÊN GIANG
HÀ TIÊN
HÒN ĐẤT
VỊNH BA HÀM
VỊNH RẠCH GIÁ
Hòn Dung
Hòn Cướp Biển
Hòn Kiến Vàng
Hòn Kẹo Ngựa
Hòn Tre Lớn
Hòn Long
Hòn Giông
Hòn Mới
Hòn Minh Hoà
Hòn Tre
Hòn Đất
Máng ngầm Rạch giá
Nam Du
Cồn ngầm Nam Du
GIỒNG GIỀNG
CHÂU THÀNH
AN BIÊN
GÒ QUAO
KIÊN GIANG
AN NINH
I. THẠCH HỌC CẤU TRÚC
Các thành tạo địa chất trên đảo và đất liền
Granosyenit biotit, riolit, trachyriolit, diorithorblend bic
andesit và tuf, granitbiotit, granodiorit biotit horblend
Trầm tích bở rời, chịu tải, chống xói lở kém - trung bì
và tàng trữ độc tố (cát vàng, cát xám).
Trầm tích bở rời, chống xói lở kém và có khả năng
tàng trữ độc tố cao (bột sét màu xám).
Các thành tạo trên đáy biển
Bùn
Bùn chứa sạn
3a



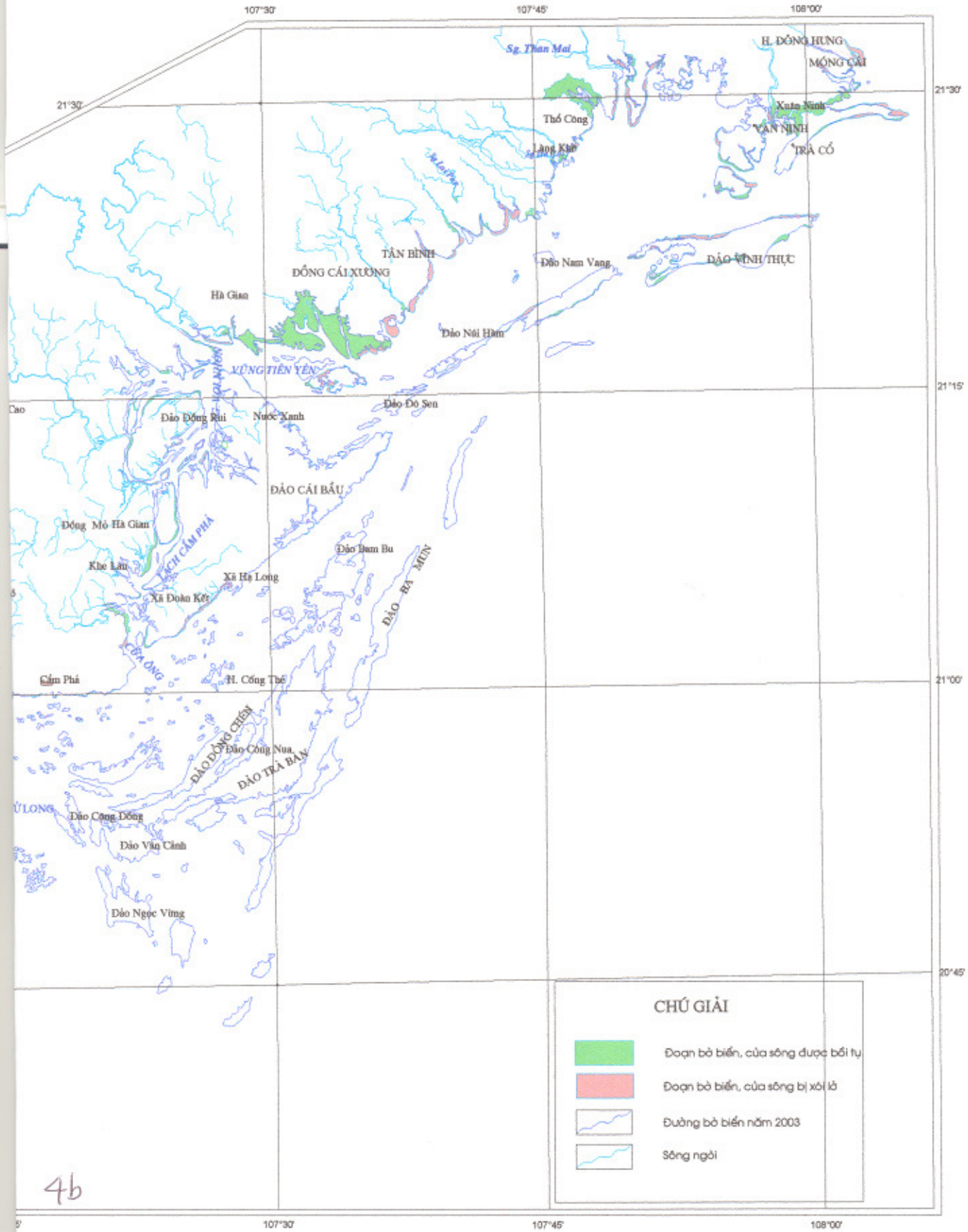
Người thành lập: *GS.TS. Trần Nghi, ThS. Đinh Xuân Thành*
ThS. Nguyễn Thanh Lan, KS. Phạm Nguyễn Hà Vũ,
KS. Nguyễn Hoàng Sơn

HÌNH 2.4. BẢN ĐỒ THẠCH HỌC CẤU TRÚC VÀ TIỀM NĂNG TAI BIẾN XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG CÀ MAU - HÀ TIÊN



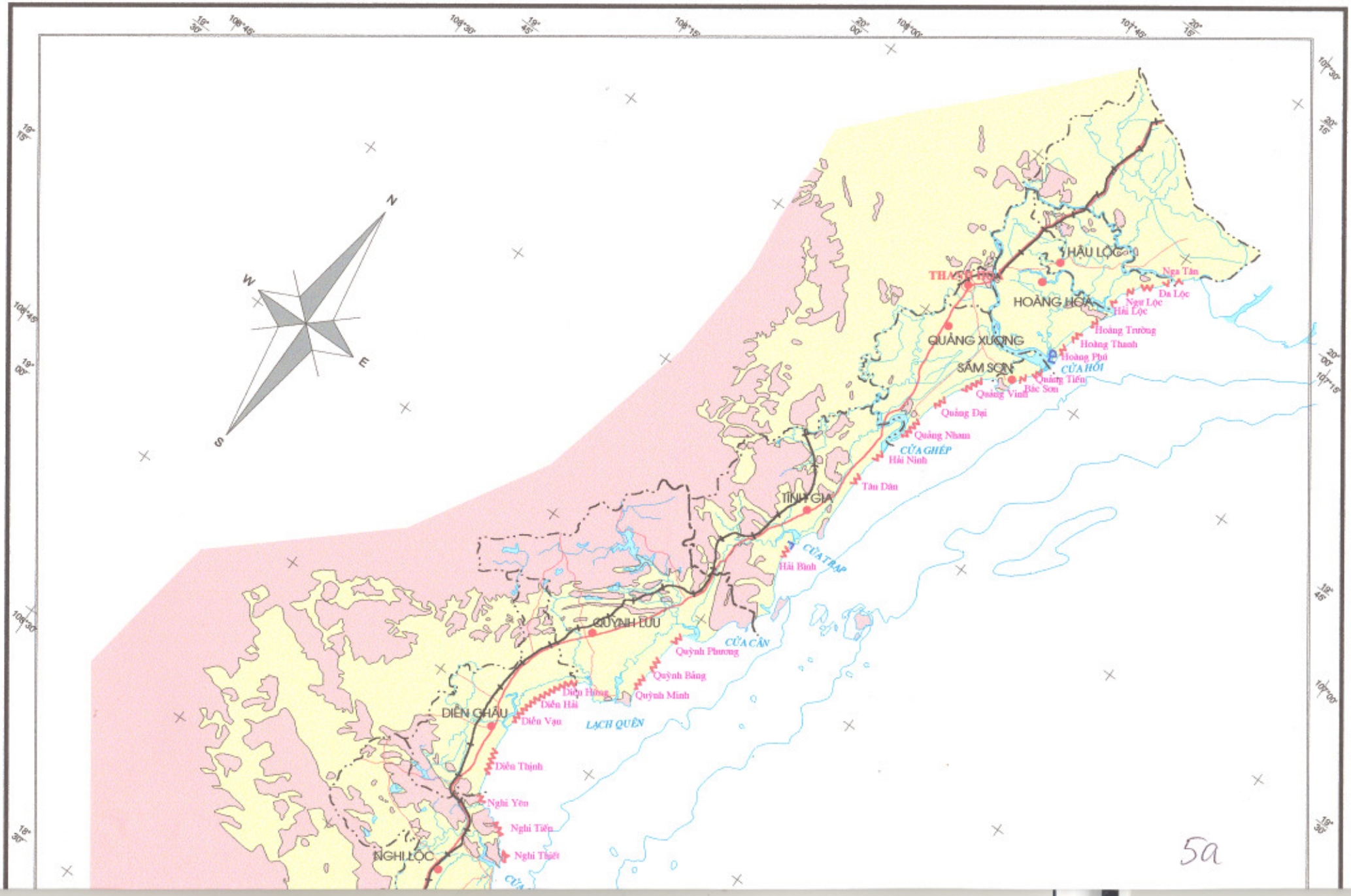
HÌNH 3.1. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐƯỜNG BỜ VÀ CÁC ĐOẠN BỜ BIỂN, CỬA

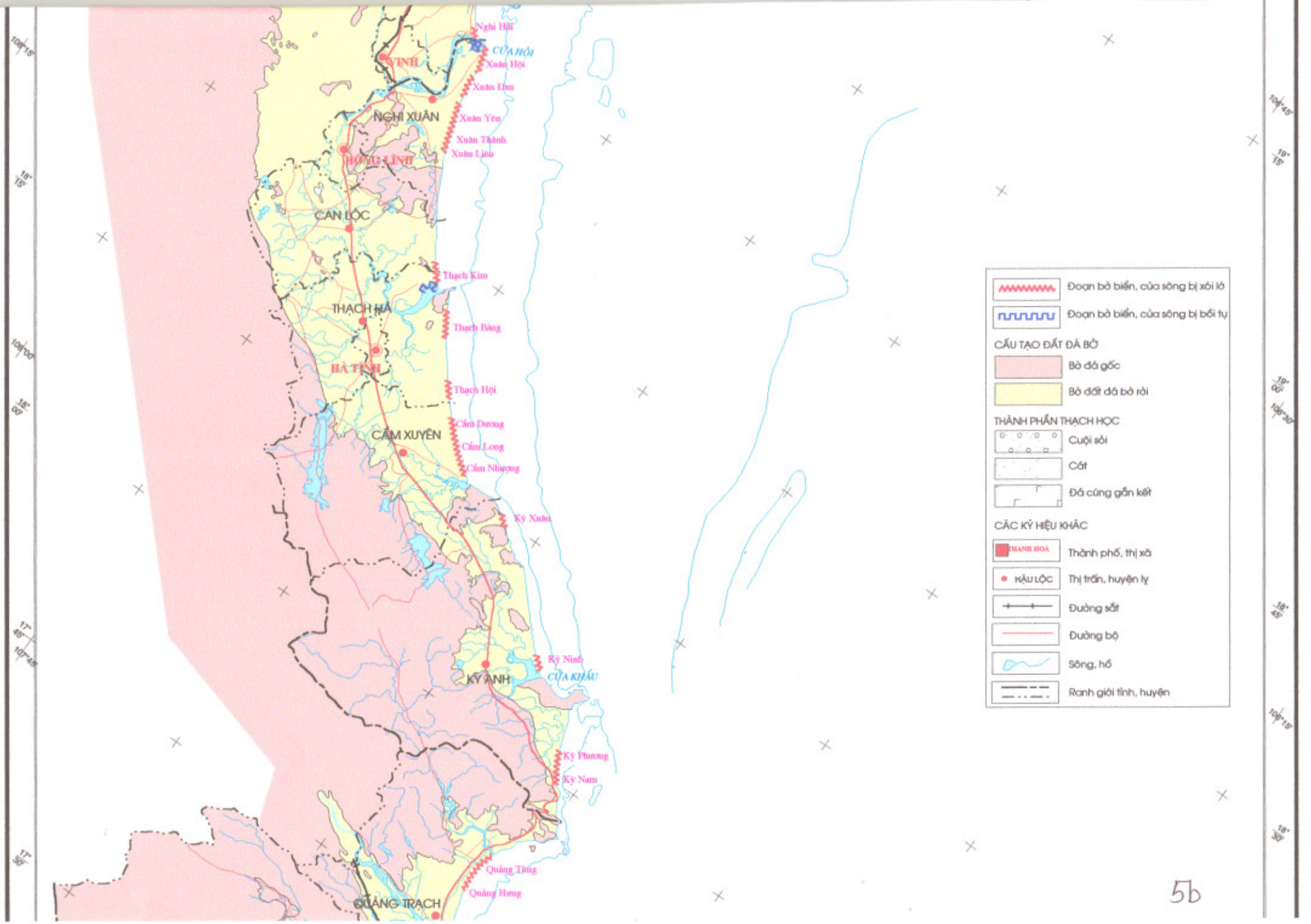
4a



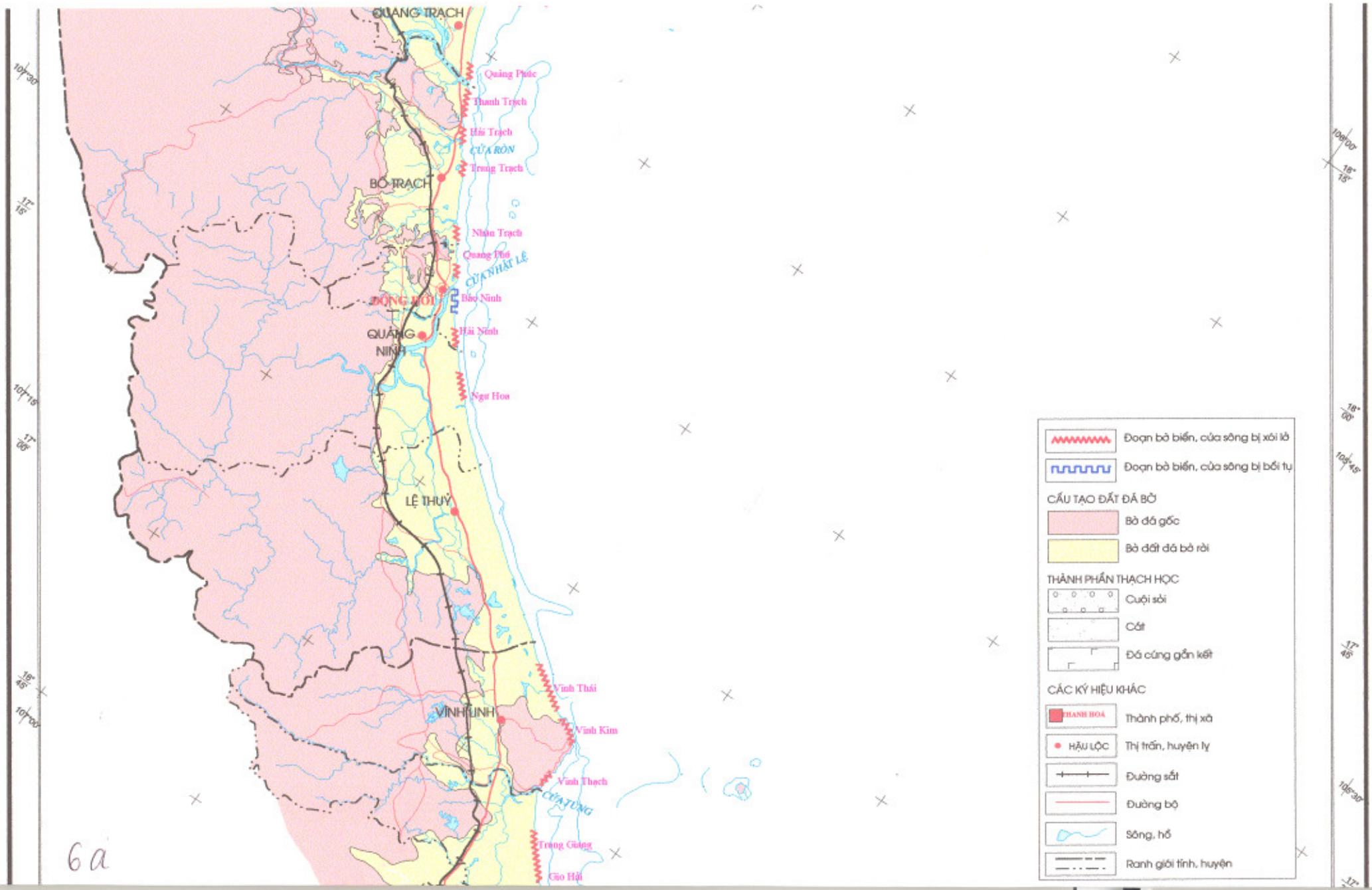
SÔNG BỊ XÓI LỞ, BỒI TỤ TỪ QUẢNG NINH ĐẾN HẢI PHÒNG (1992 - 2003)

TỶ LỆ 1 : 500.000

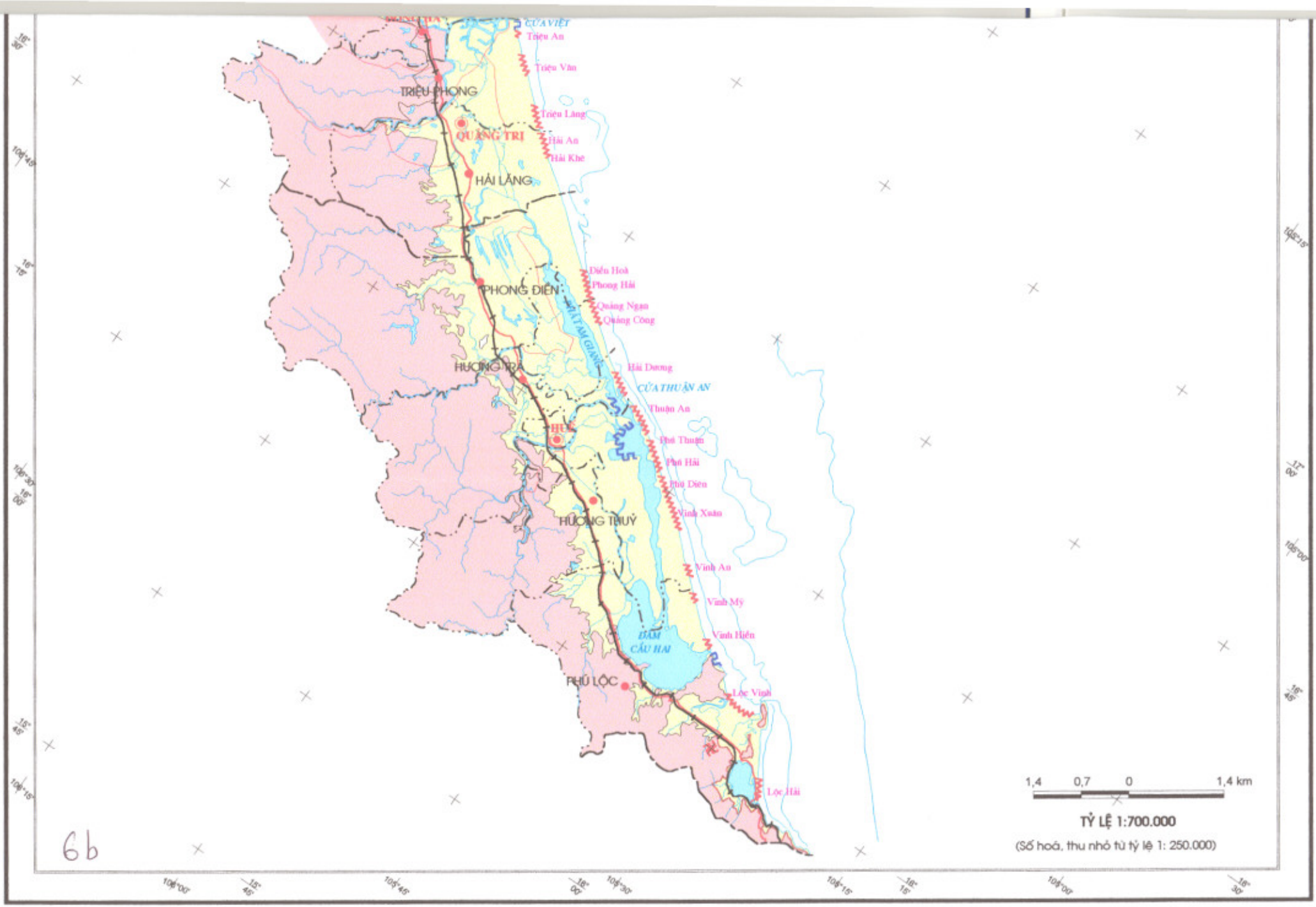

N
W
E
S
THANH HÓA
HẬU LỘC
HOẰNG HÓA
Nga Tân
Da Lộc
Ngư Lộc
Hải Lộc
Hoằng Trường
Hoằng Thanh
Hoằng Phú
CỬA HỚI
QUẢNG XƯƠNG
SẦM SƠN
Quảng Tiến
Bắc Sơn
Quảng Vinh
Quảng Đại
Quảng Nham
CỬA GHÉP
Hải Ninh
Tân Dân
TĨNH GIA
CỬA TẠP
Hải Bình
QUỲNH LƯU
CỬA CẤN
Quỳnh Phương
Quỳnh Bảng
Quỳnh Minh
Diễn Hồng
Diễn Hải
DIỄN CHÂU
Diễn Vạn
LẠCH QUÈN
Diễn Thịnh
Nghi Yên
Nghi Tiến
Nghi Thiết
NGHI LỘC
5a


Nghi Hải
CỬA HỘI
VINH
Xuân Hội
Xuân Đan
NGHI XUÂN
Xuân Yên
Xuân Thành
Xuân Liên
HỒNG LĨNH
CAN LỘC
Thạch Kim
THẠCH HÀ
Thạch Bàng
HÀ TĨNH
Thạch Hội
Cẩm Dương
CẨM XUYÊN
Cẩm Long
Cẩm Nhượng
Kỳ Xuân
Kỳ Ninh
CỬA KHẨU
KỲ ANH
Kỳ Phương
Kỳ Nam
Quảng Tùng
Quảng Hưng
QUẢNG TRẠCH
Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỞ
Bờ đá gốc
Bờ đất đá bờ rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
THANH HOA
Thành phố, thị xã
KẬU LỘC
Thị trấn, huyện lỵ
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ
Ranh giới tỉnh, huyện

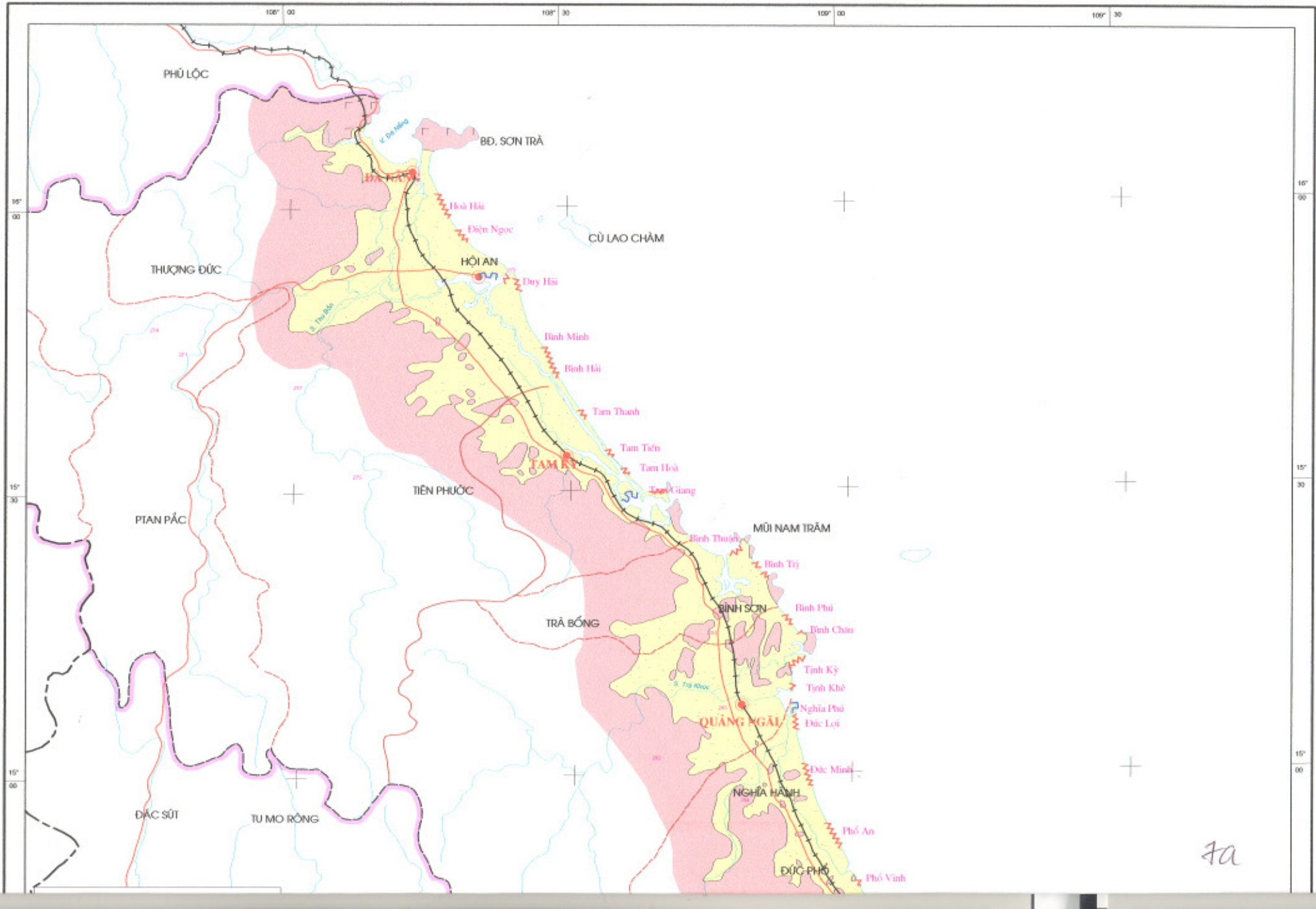
5b

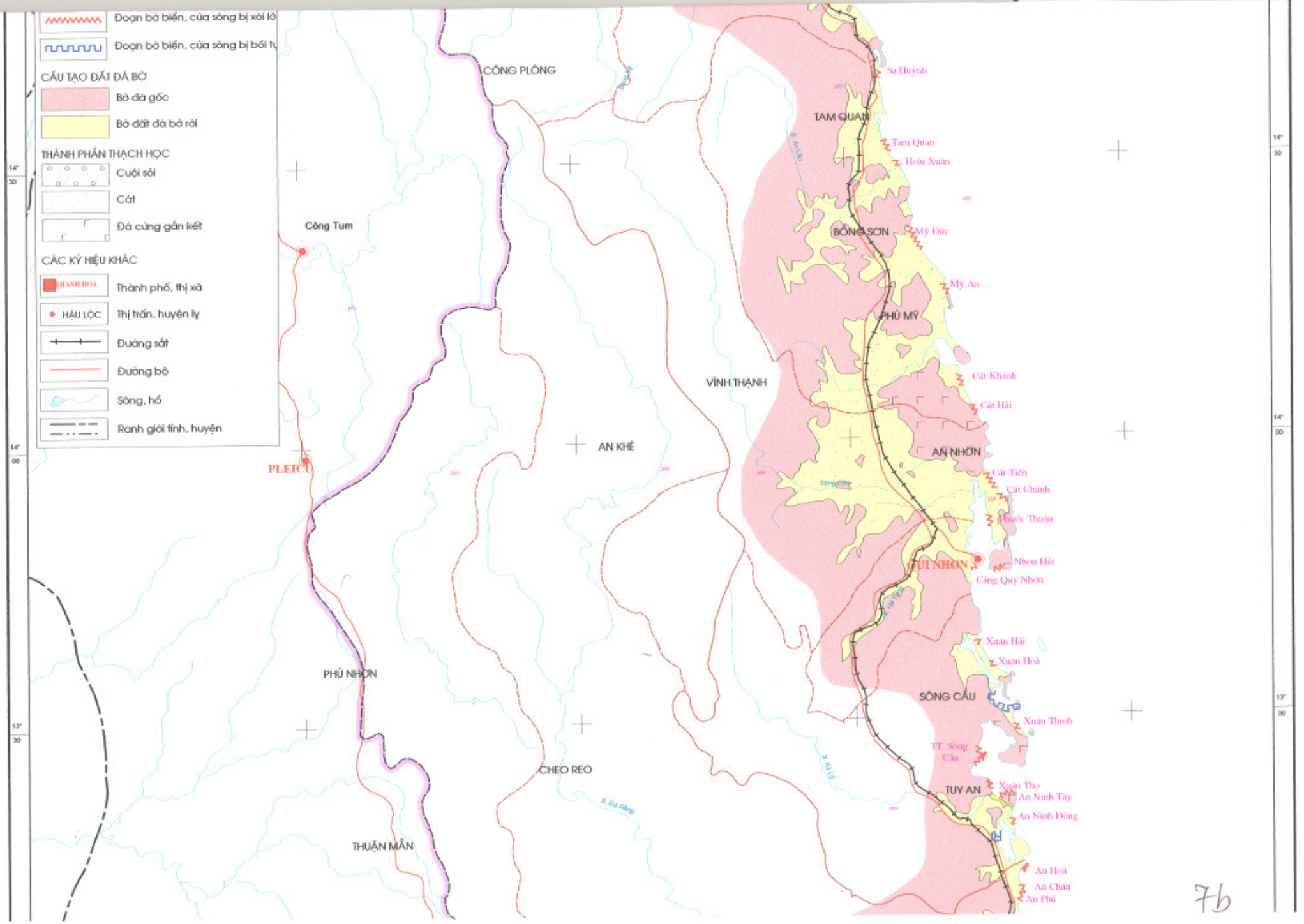

QUẢNG TRẠCH
Quảng Phúc
Thanh Trạch
Hải Trạch
CỬA RÒN
Trung Trạch
BỐ TRẠCH
Nhân Trạch
Quảng Trạch
CỬA NHẬT LỆ
ĐỒNG HỚI
Bảo Ninh
QUẢNG NINH
Hải Ninh
Ngư Hoa
LỆ THUỶ
Vĩnh Thái
VĨNH LINH
Vĩnh Kim
Vĩnh Thạch
CỬA TÙNG
Trung Giang
Gio Hải
Đoạn bờ biển, của sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, của sông bị bồi tụ
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỜ
Bờ đá gốc
Bờ đất đá bờ rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
THANH HOÁ
Thành phố, thị xã
HẬU LỘC
Thị trấn, huyện lỵ
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ
Ranh giới tỉnh, huyện

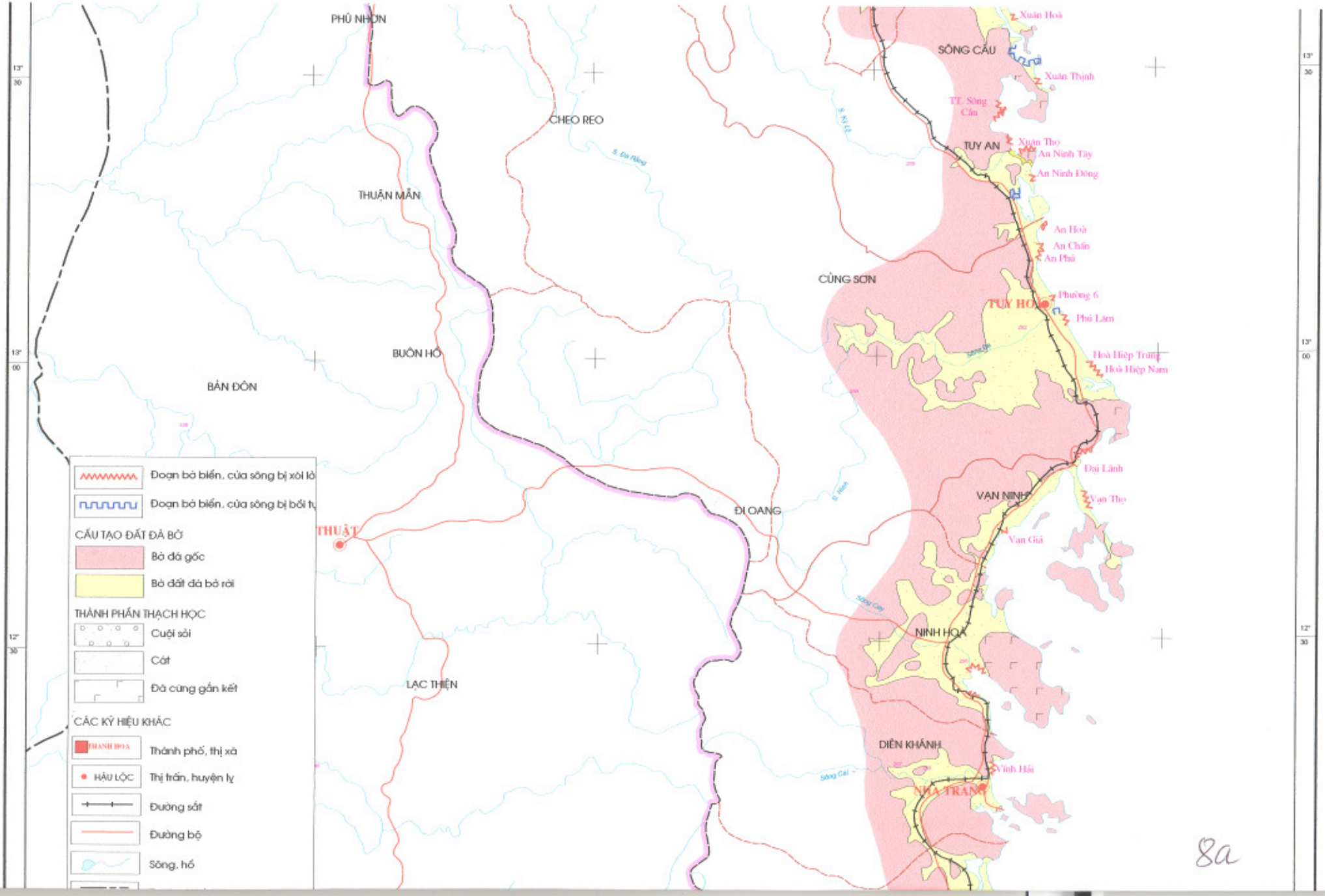
6a

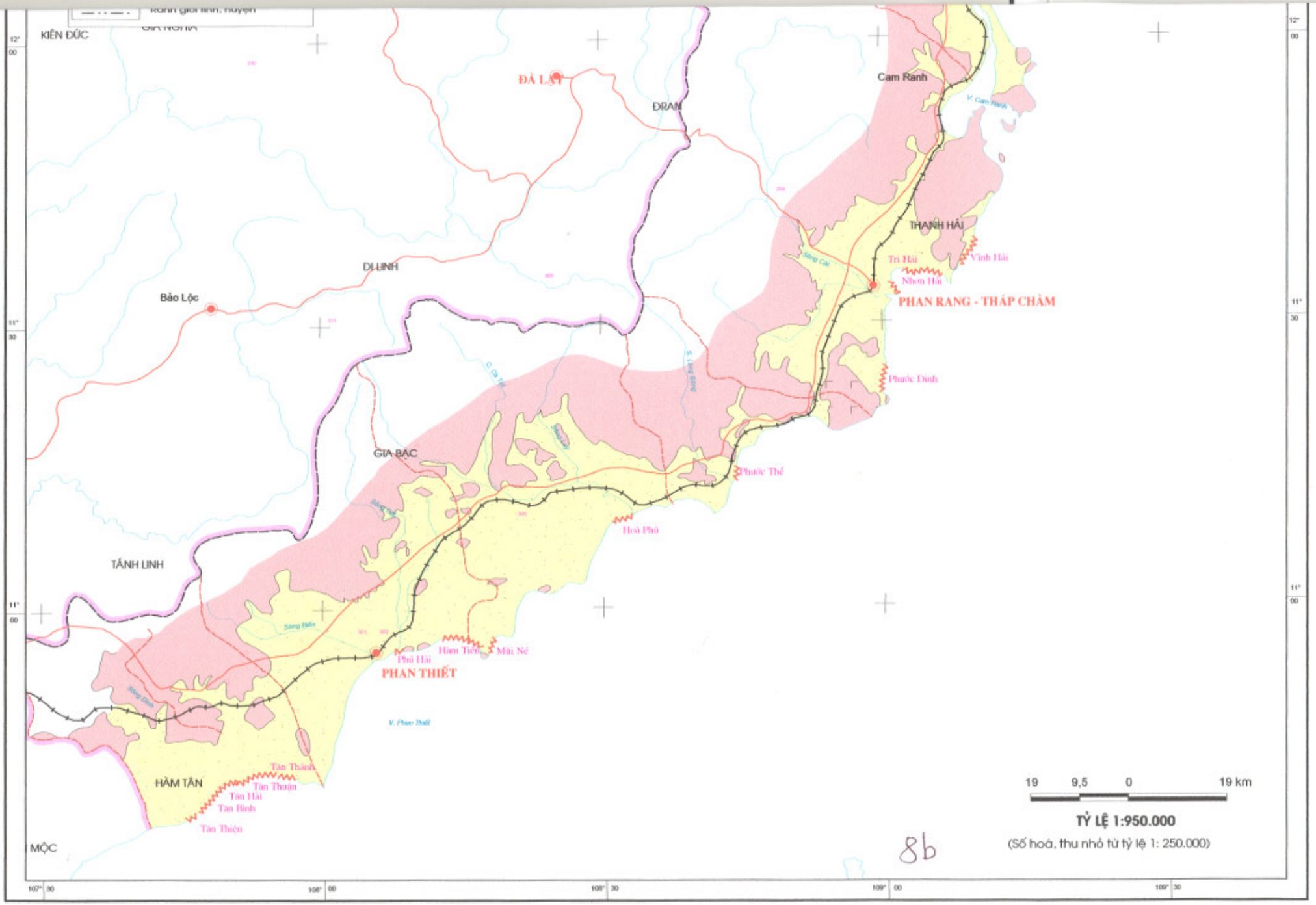


HÌNH 3.3. **BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG MIỀN TRUNG**


108° 00
108° 30
109° 00
109° 30
16° 00
15° 30
15° 00
PHÚ LỘC
THƯỢNG ĐỨC
PTAN PẮC
ĐẮC SÚT
TU MƠ RÔNG
BĐ. SƠN TRÀ
Hoà Hải
Điện Ngọc
CÙ LAO CHÀM
HỘI AN
Duy Hải
Bình Minh
Bình Hải
Tam Thanh
Tam Tiến
Tam Hoà
Tam Giang
TAM KỲ
TIÊN PHƯỚC
MŨI NAM TRÀM
Bình Thuận
Bình Trị
BÌNH SƠN
Bình Phú
Bình Châu
TRÀ BỒNG
Tịnh Kỳ
Tịnh Khê
Nghĩa Phú
QUẢNG NGÃI
Đức Lợi
Đức Minh
NGHĨA HÀNH
Phổ An
ĐỨC PHỔ
Phổ Vinh
7a


Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỞI
Bở đá gốc
Bở đất đá bở rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
THANH HOÁ
Thành phố, thị xã
HẬU LỘC
Thị trấn, huyện lỵ
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ
Ranh giới tỉnh, huyện
CÔNG PLÔNG
Công Tum
PLEICU
AN KHÊ
VĨNH THẠNH
PHÙ NHƠN
CHEO REO
THUẬN MẪN
TAM QUAN
Sa Huỳnh
Tam Quan
Hoài Xuân
BỒNG SƠN
Mỹ Đức
Mỹ An
PHÙ MỸ
Cát Khánh
Cát Hải
AN NHƠN
Cát Tiến
Cát Chánh
Phước Thuận
QUI NHƠN
Nhơn Hải
Cảng Quy Nhơn
Xuân Hải
Xuân Hoà
SÔNG CẦU
Xuân Thịnh
TT. Sông Cầu
TUY AN
Xuân Thọ
An Ninh Tây
An Ninh Đông
An Hoà
An Chấn
An Phú
7b


PHÚ NHƠN
CHEO REO
THUẬN MẪN
BUÔN HỒ
BẢN ĐÔN
LẠC THIỆN
ĐI OANG
CÙNG SƠN
SÔNG CẦU
TUY AN
TUY HÒA
VẠN NINH
NINH HÒA
DIÊN KHÁNH
NHA TRANG
Xuân Hoà
Xuân Thịnh
TT. Sông Cầu
Xuân Thọ
An Ninh Tây
An Ninh Đông
An Hoà
An Chấn
An Phú
Phường 6
Phú Lâm
Hoà Hiệp Trung
Hoà Hiệp Nam
Đại Lãnh
Vạn Thọ
Vạn Giã
Vĩnh Hải
S. Ba Rèng
S. Kì Lì
S. Hinh
Sông Cái
Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỞ
Bở đá gốc
Bở đất đá bở rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
THANH HOA
Thành phố, thị xã
HẬU LỘC
Thị trấn, huyện lỵ
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ
13° 30
13° 00
12° 30
109
107
105
8a



HÌNH 3.3. BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG MIỀN TRUNG

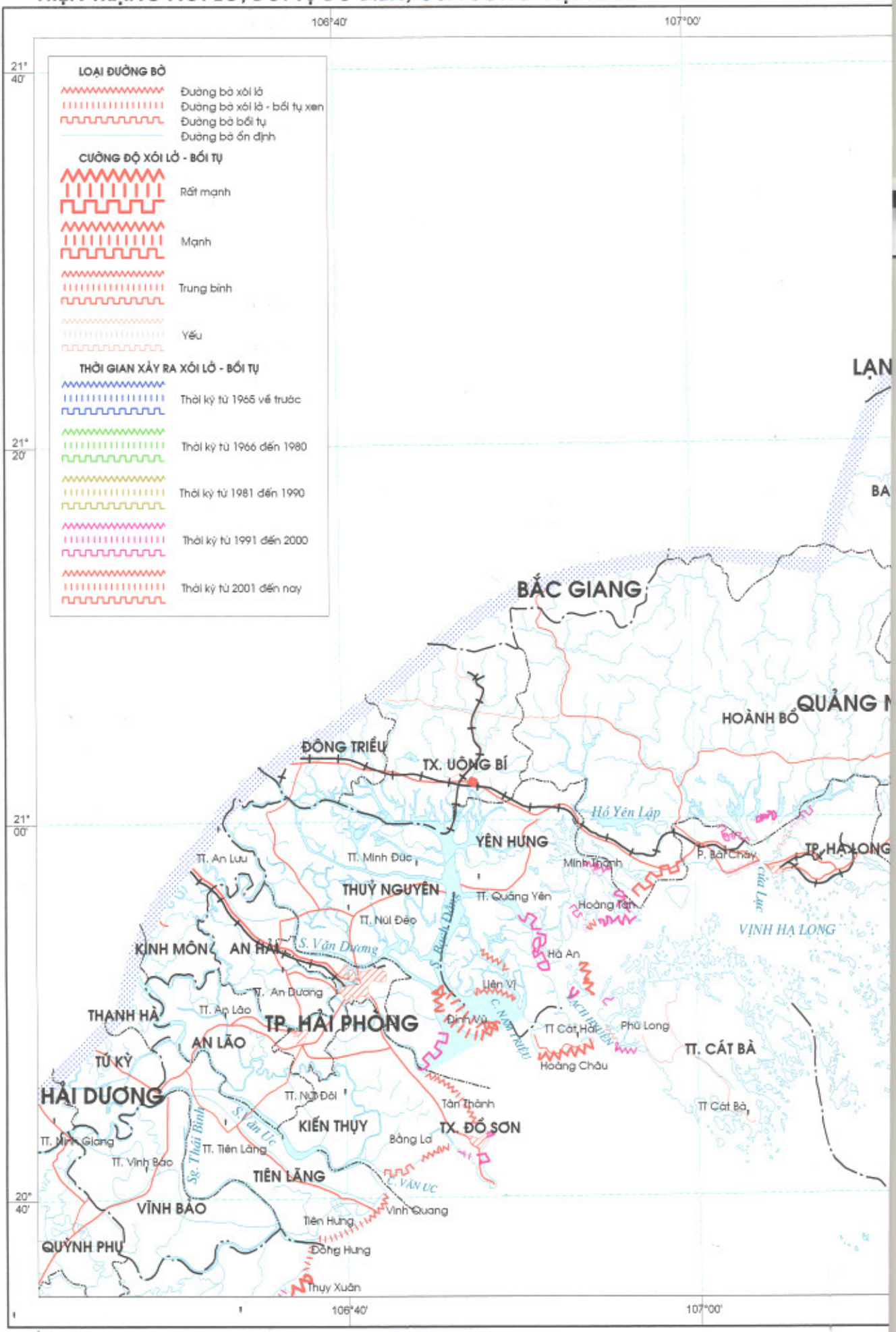

102°
104°
106°
108°
110°
22°
20°
18°
16°
TRUNG QUỐC
CAO BẰNG
HÀ GIANG
LAI CHÂU
LÀO CAI
TUYÊN QUANG
BẮC CẠN
ĐIỆN BIÊN
THÁI NGUYÊN
LẠNG SƠN
YÊN BÁI
VĨNH PHÚC
BẮC GIANG
QUẢNG NINH
PHÚ THỌ
SƠN LA
HÀ NỘI
BẮC NINH
HẢI DƯƠNG
ĐÌNH VŨ
HƯNG YÊN
HẢI PHÒNG
HÒA BÌNH
HÀ TÂY
HÀ NAM
THÁI BÌNH
NAM ĐỊNH
NINH BÌNH
HẢI HẬU
THANH HÓA
CỬA NINH CƠ
VỊNH BẮC BỘ
ĐẢO HẢI NAM
NGHỆ AN
LÀO
HÀ TĨNH
VIÊNG CHĂN
QUẢNG BÌNH
BIỂN ĐÔNG
CỬA VIỆT
QUẢNG TRỊ
CỬA THUẬN AN
THỪA THIÊN HUẾ
Sông Mê Kông
Khu vực trọng điểm nghiên cứu
CỬA VIỆT
Thủ đô
Thành phố, tỉnh lỵ
Biên giới Quốc gia
Ranh giới tỉnh
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ

9a

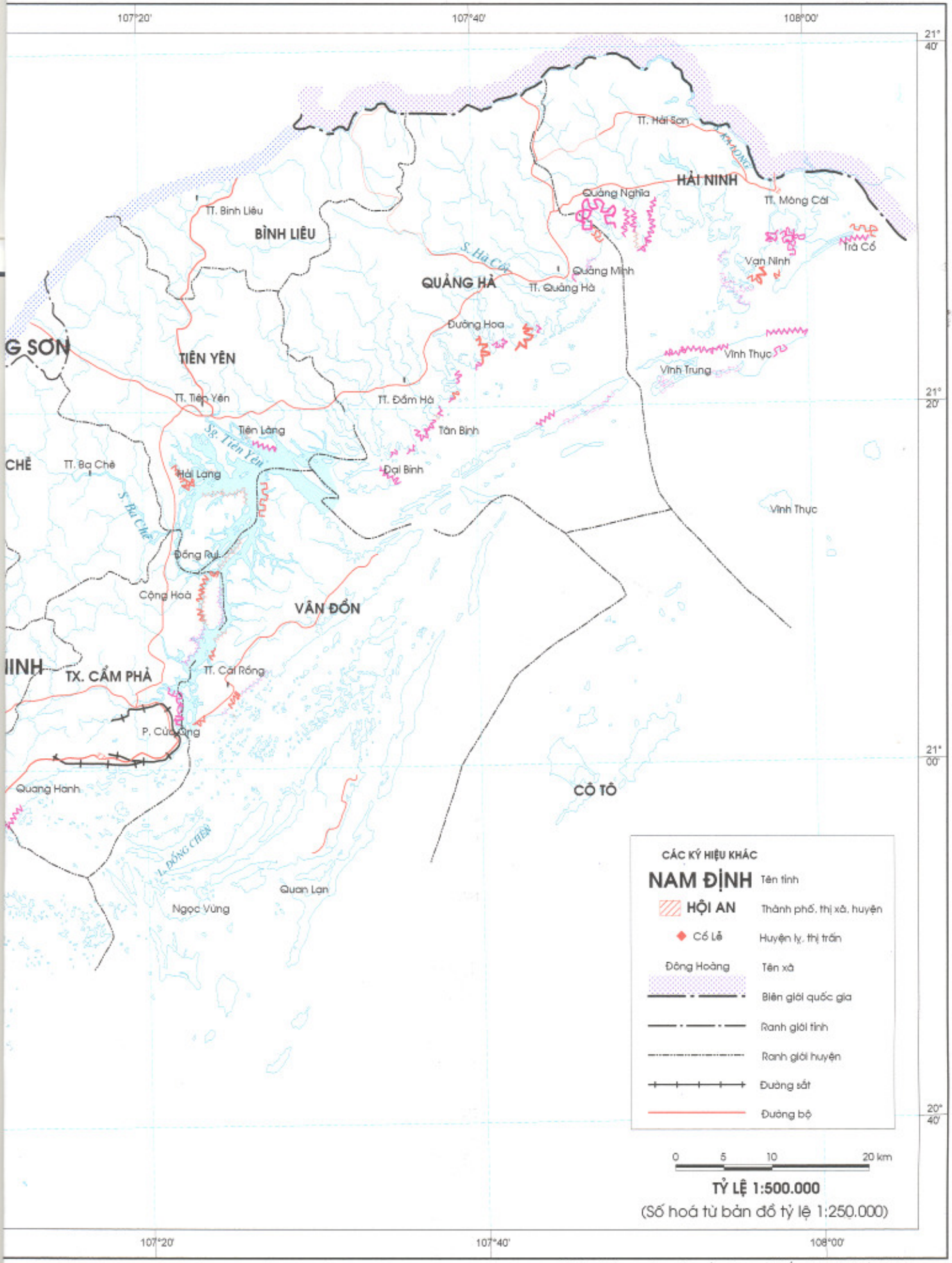


HÌNH 3.4A. **SƠ ĐỒ CÁC KHU VỰC TRỌNG ĐIỂM NGHIÊN CỨU XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG**

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM



10a

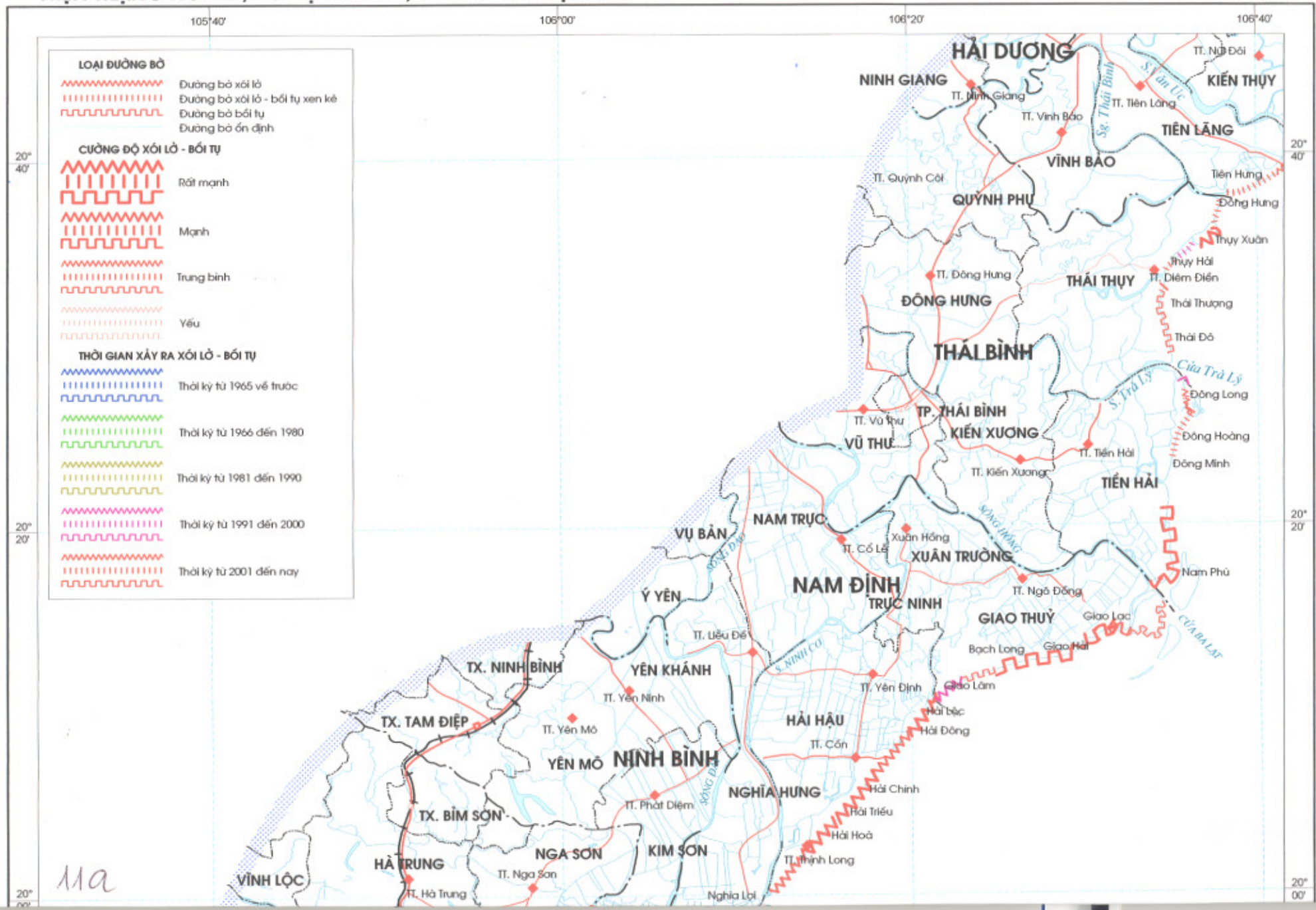


HÌNH 3.4 10 b

Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 02



11a

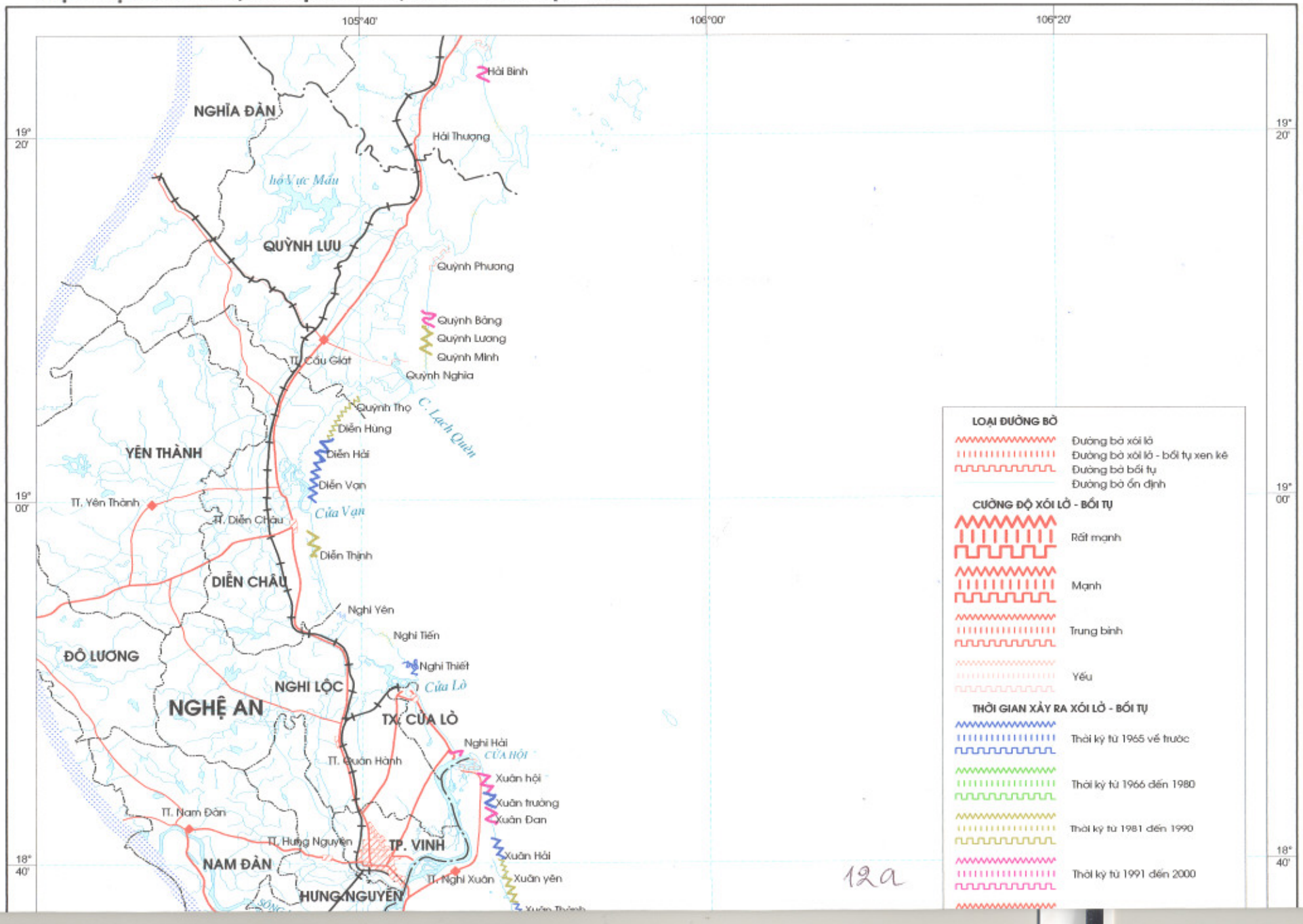


HÌNH 3.4

Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 03



12a

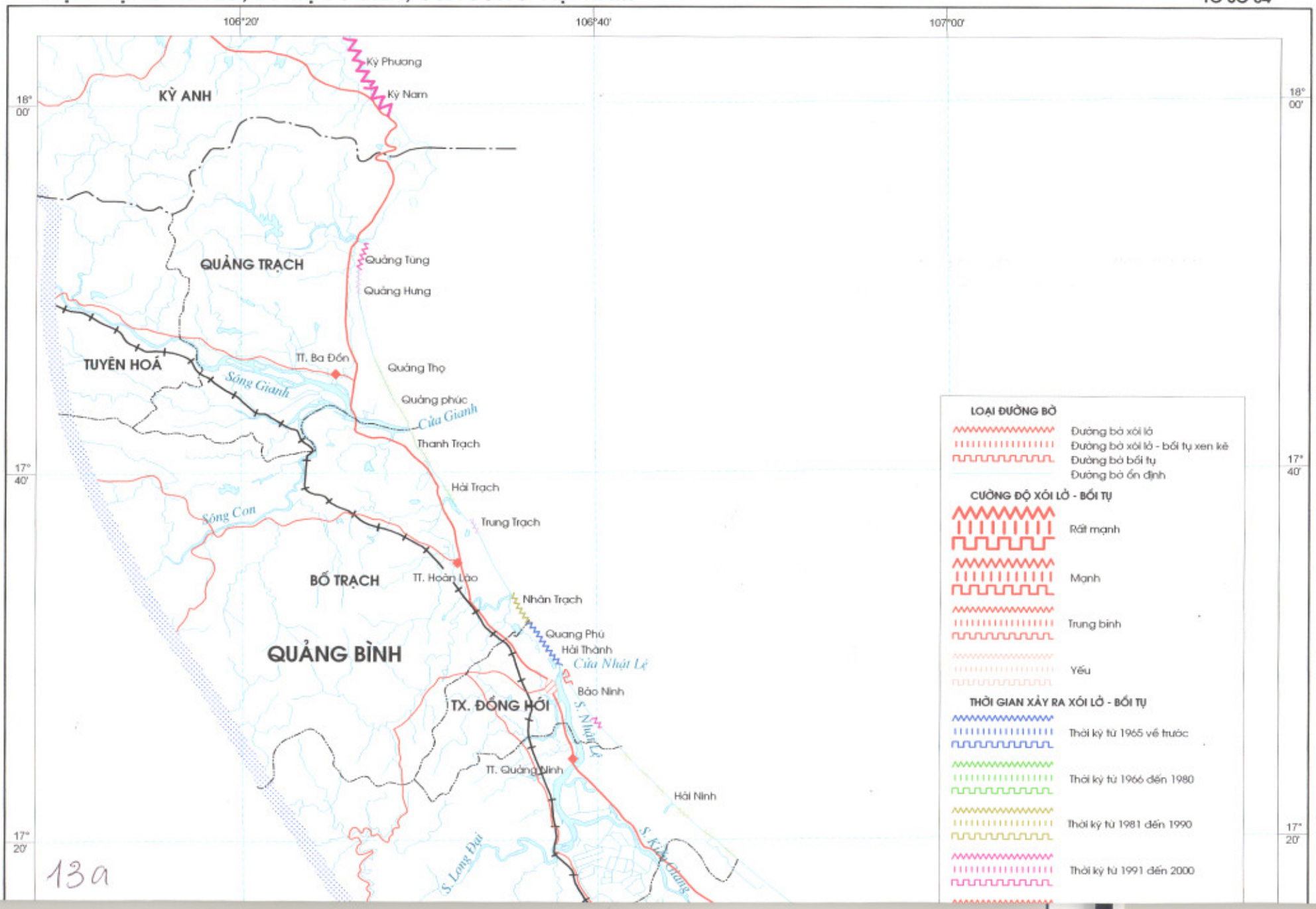


HÌNH 3.4

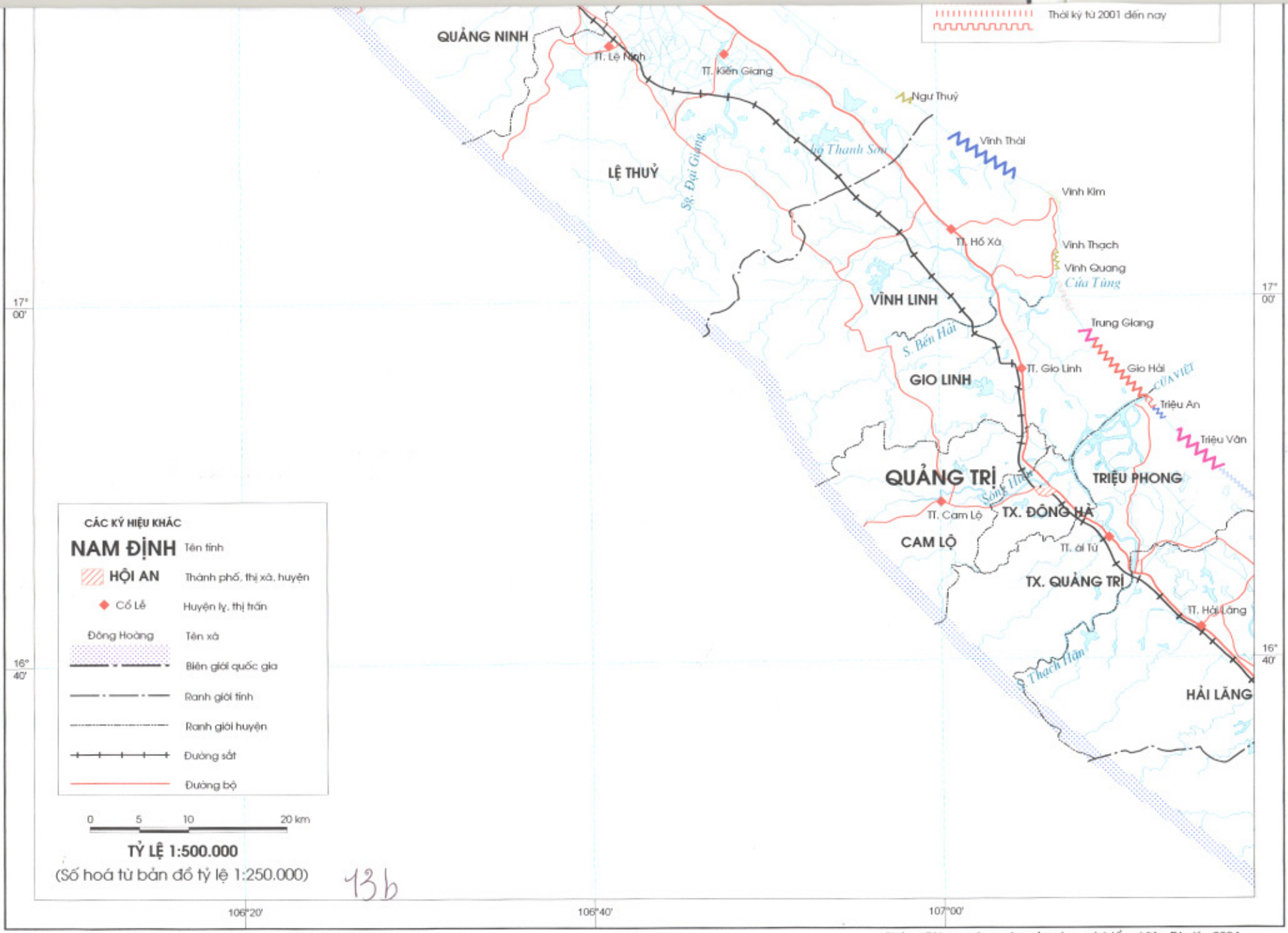
Phòng Tài nguyên nước cửa sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 04



13a

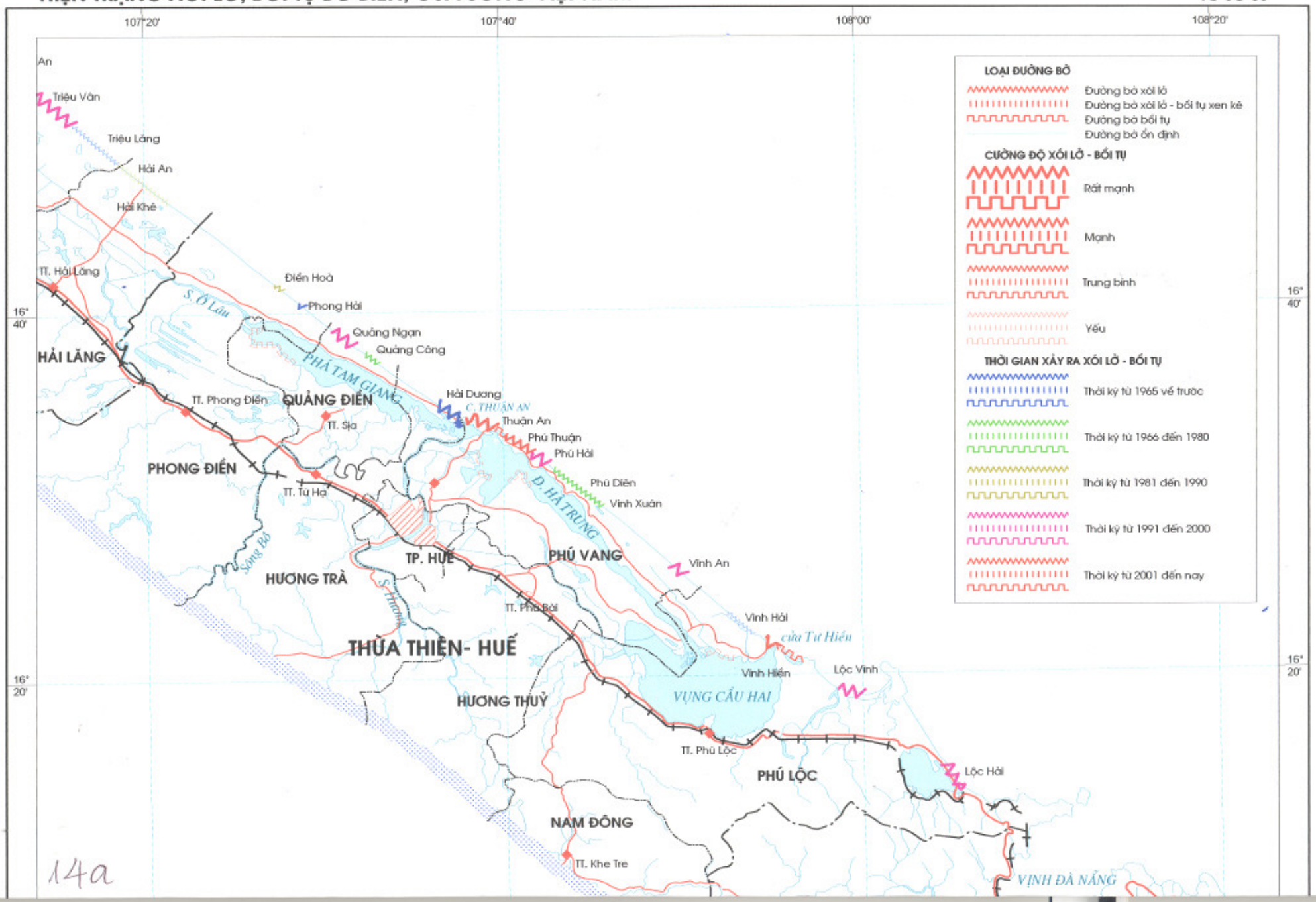


HÌNH 3.4

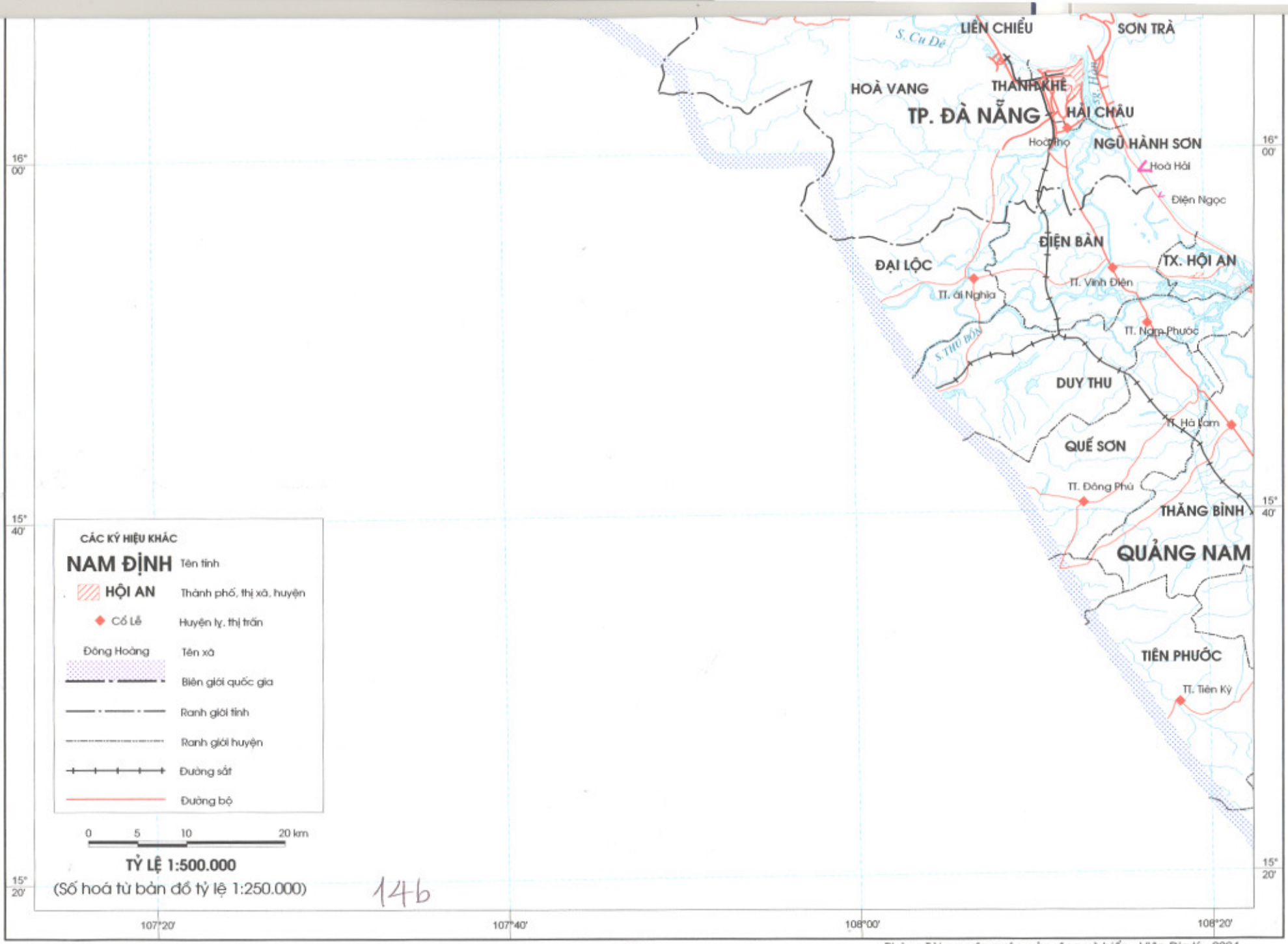
Phòng Tài nguyên nước cửa sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 05



14a



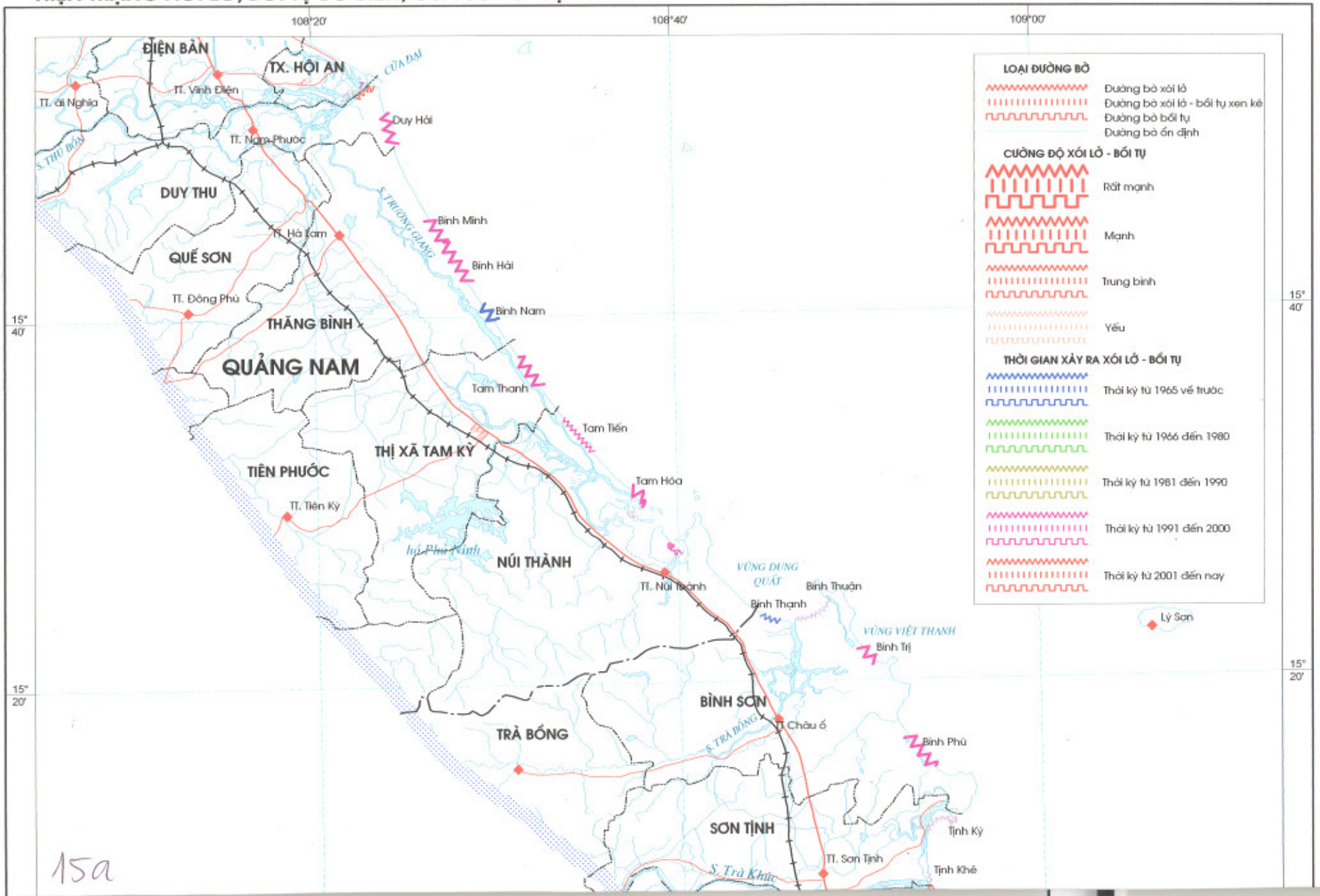
146

HÌNH 3.4

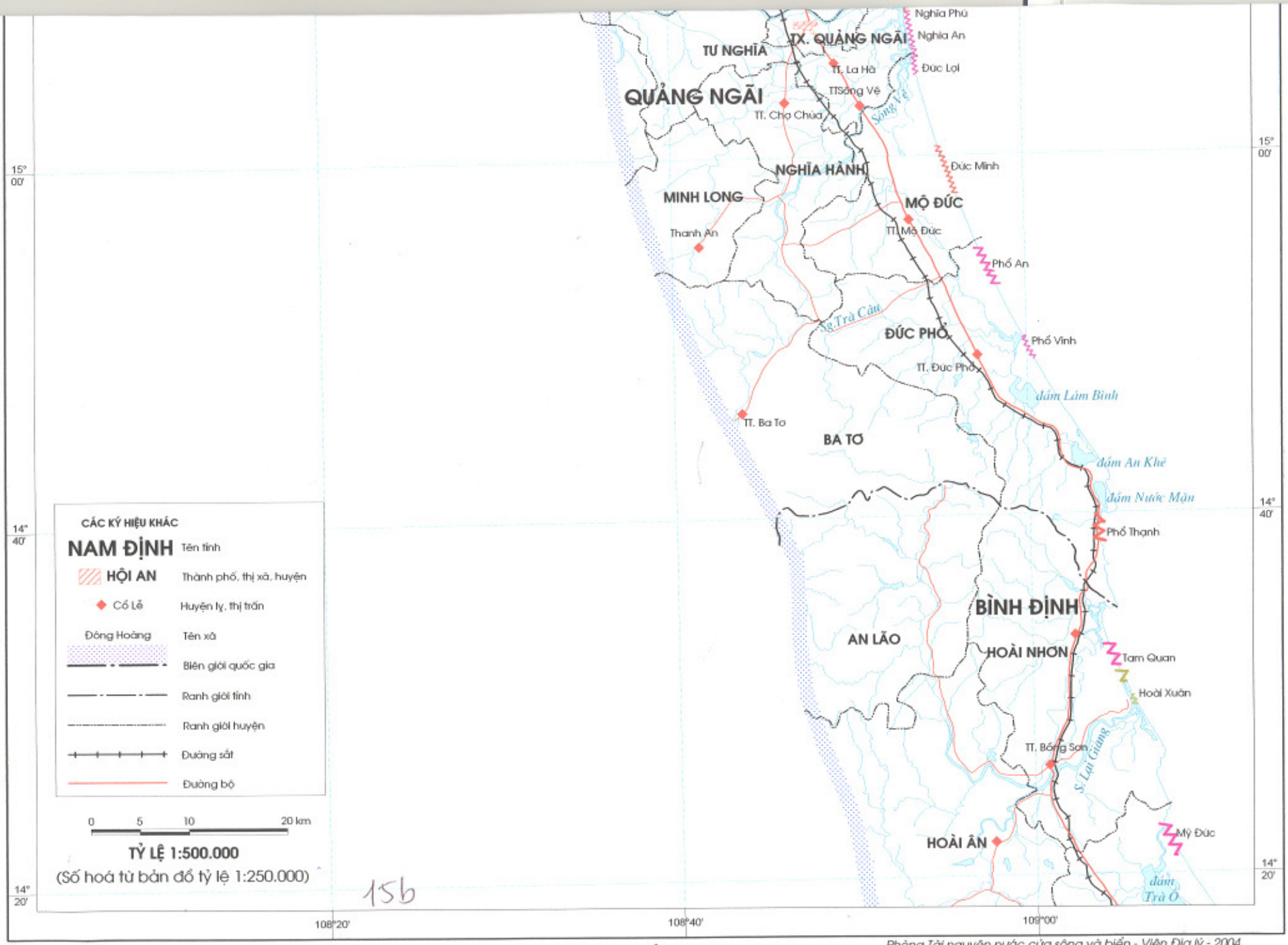
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 06



15a

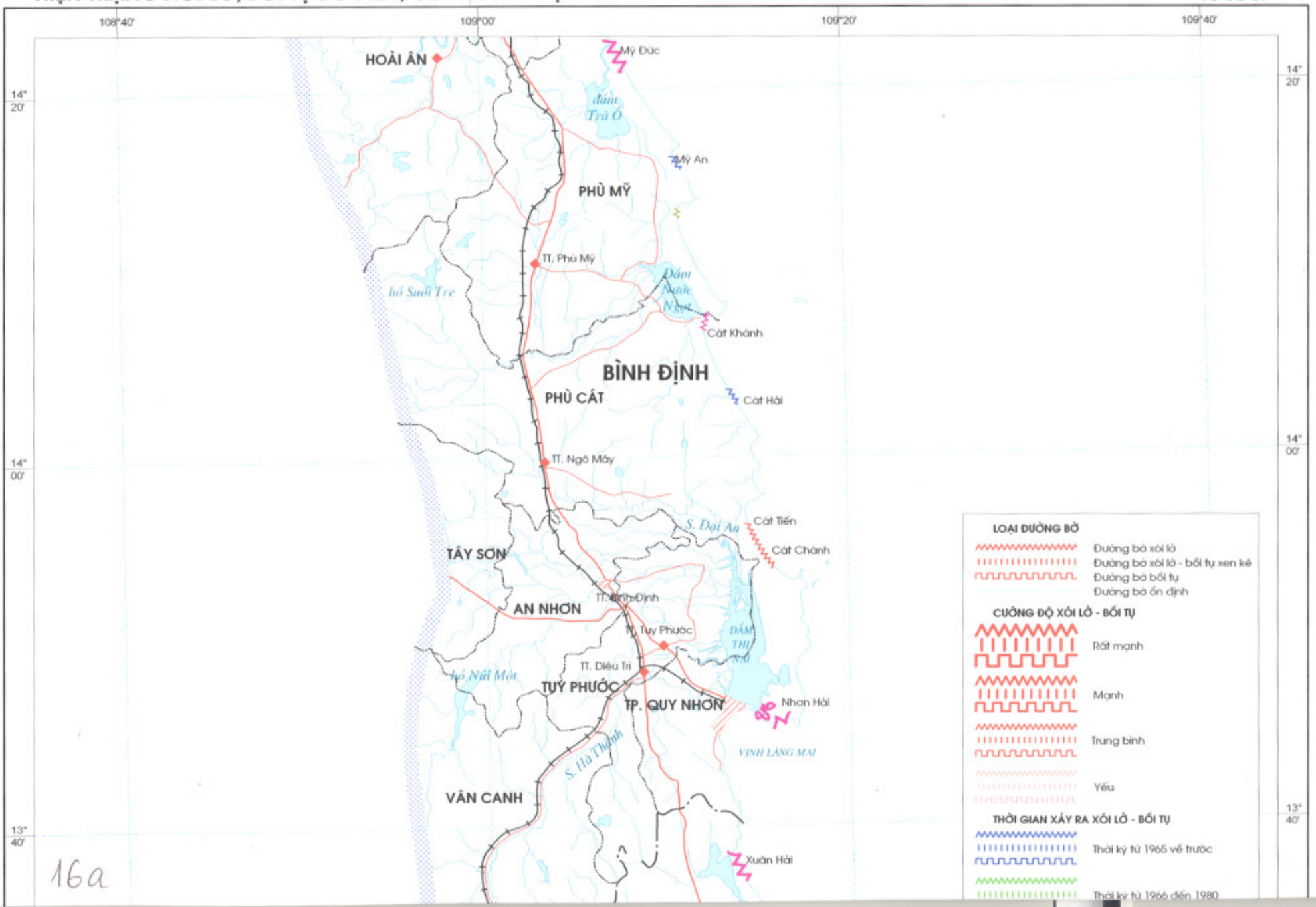


HÌNH 3.4

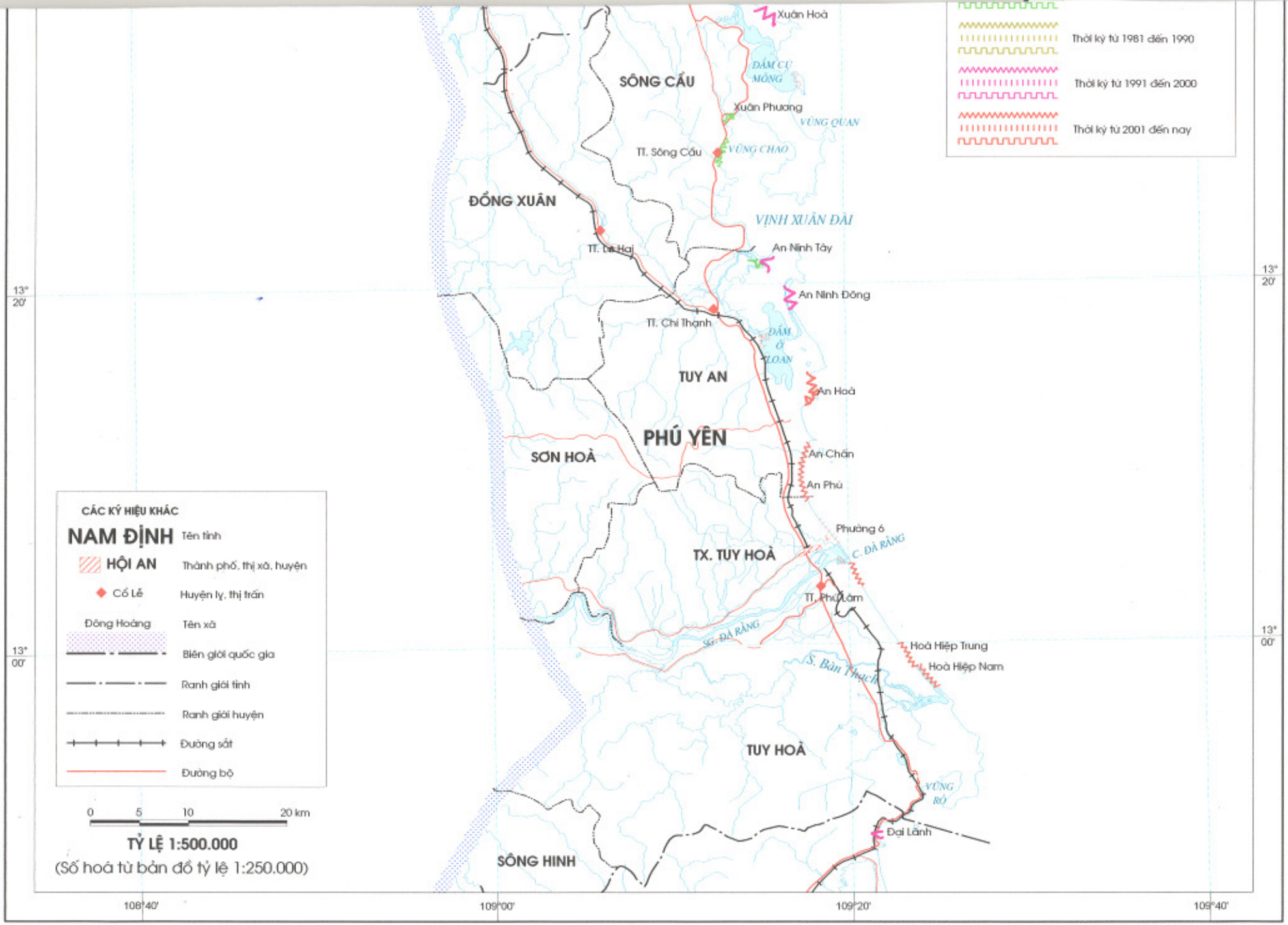
Phòng Tài nguyên nước cửa sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 07



16a



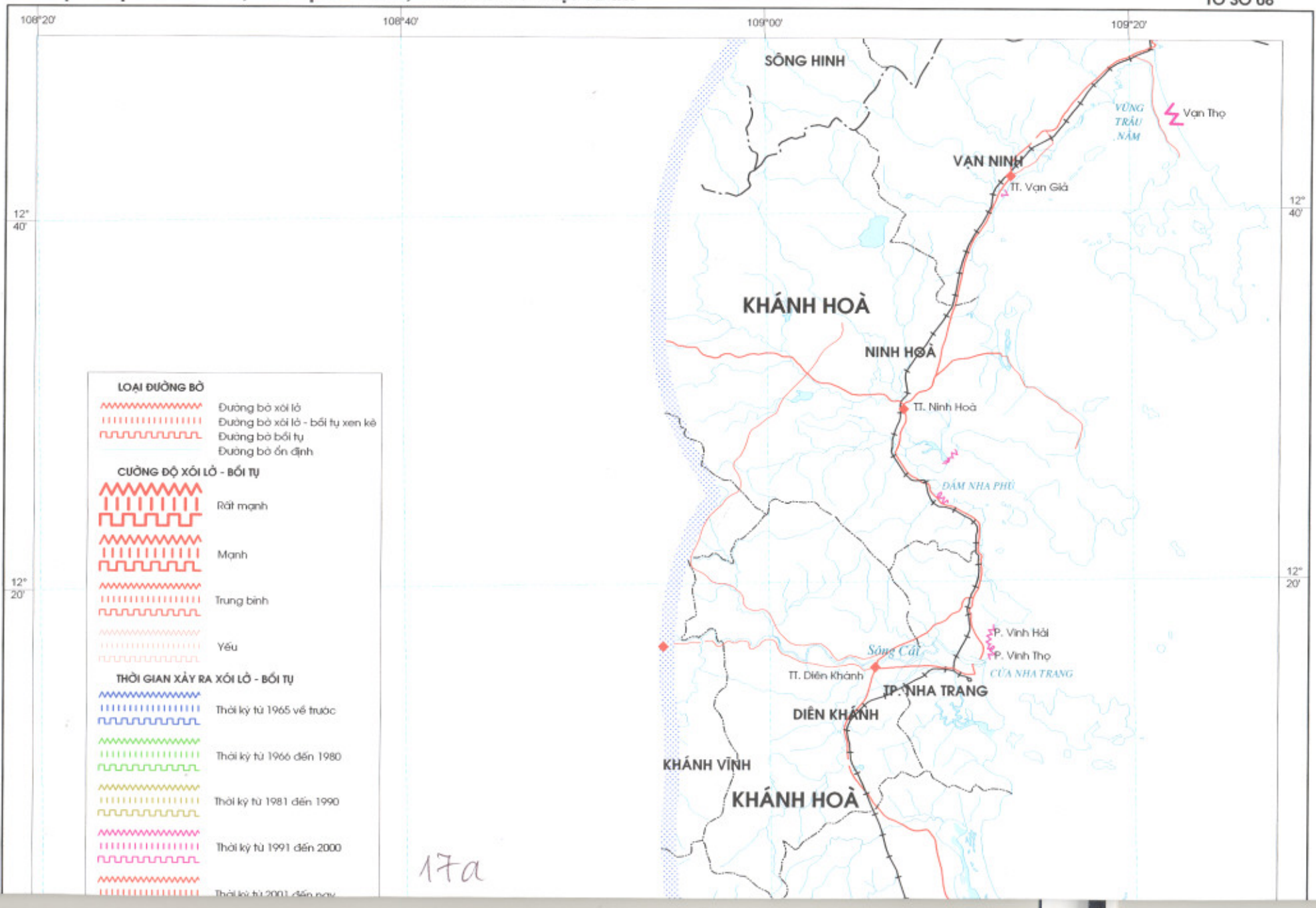
16 b

HÌNH 3.4

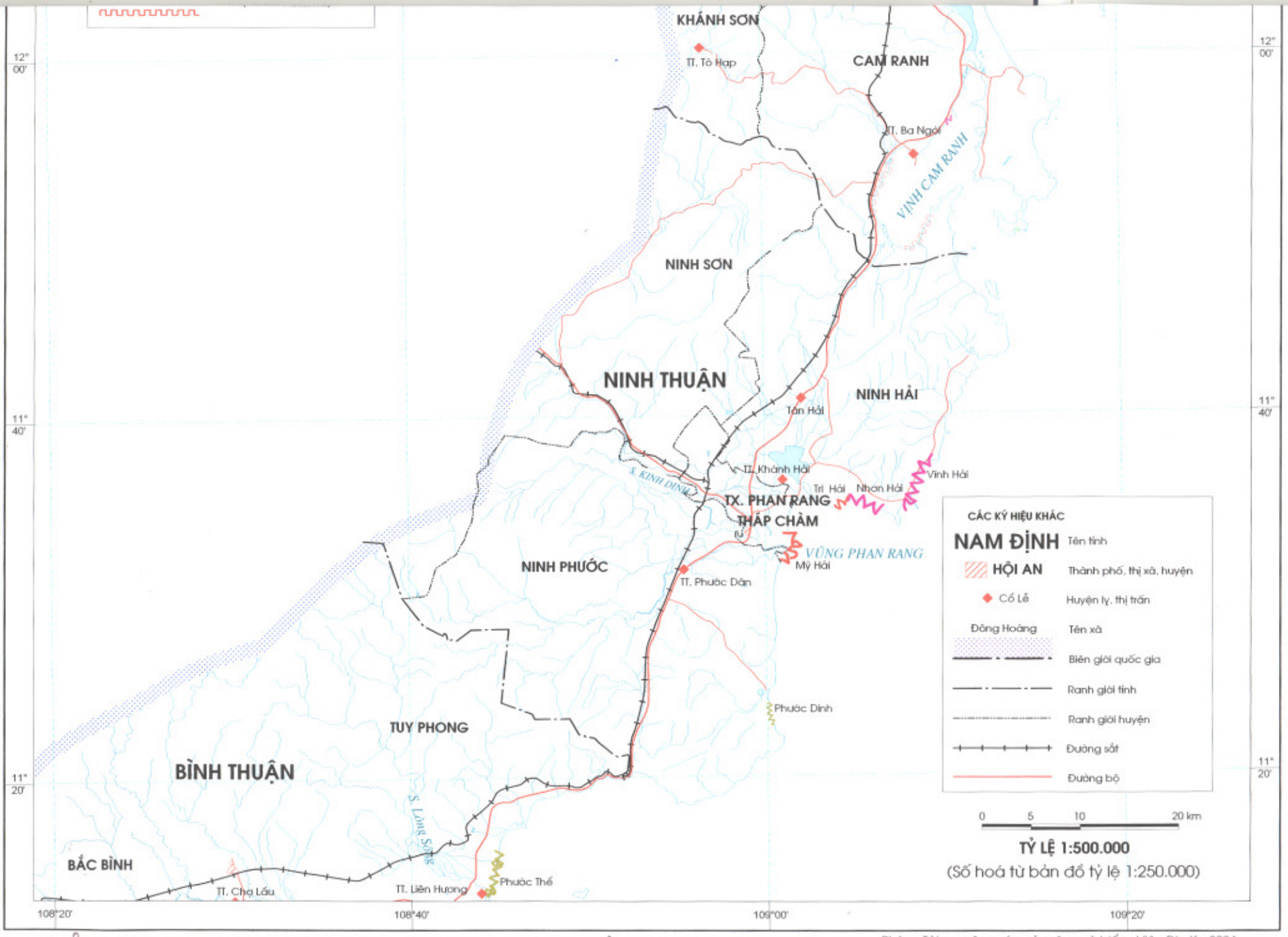
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 08



17a

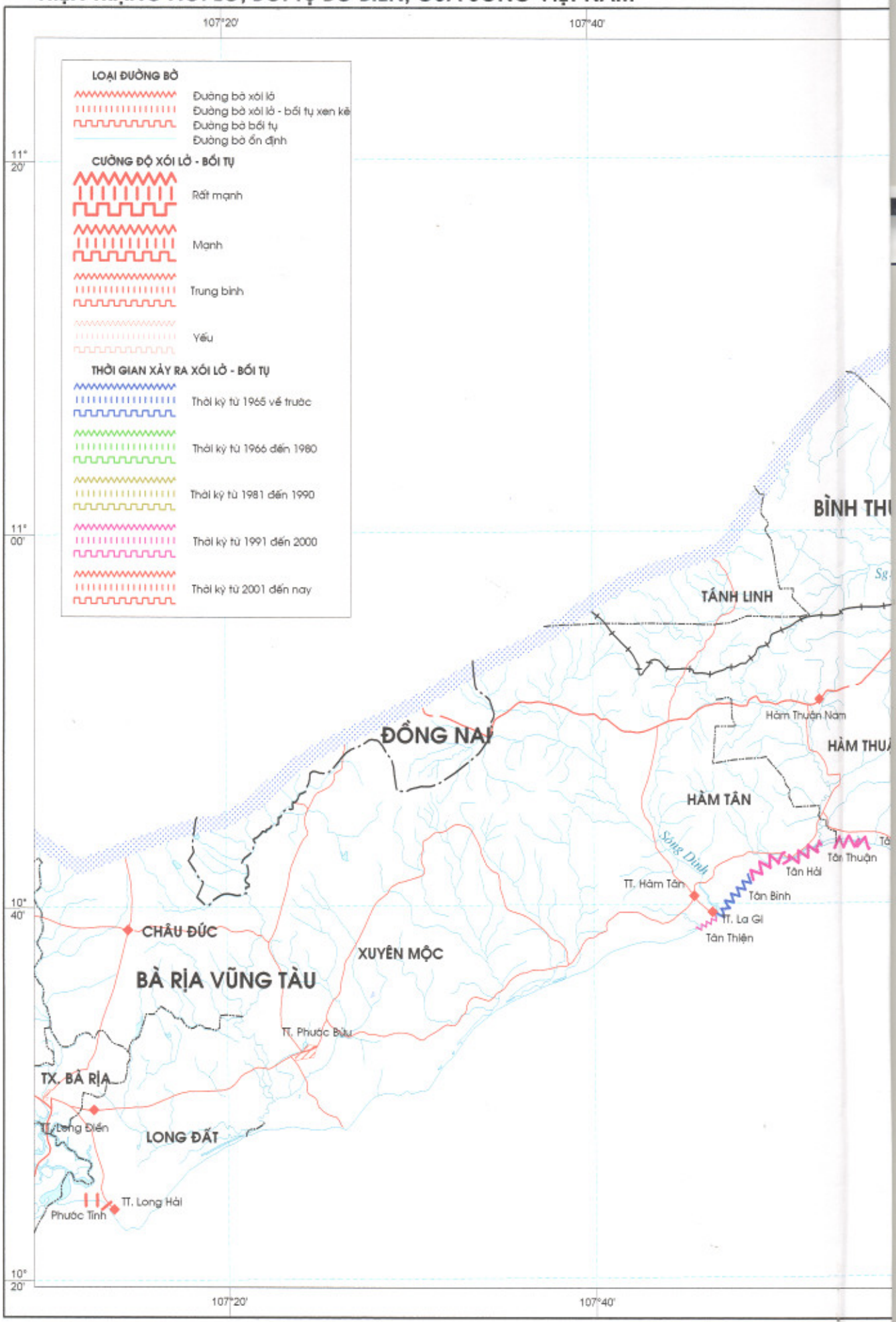


17b

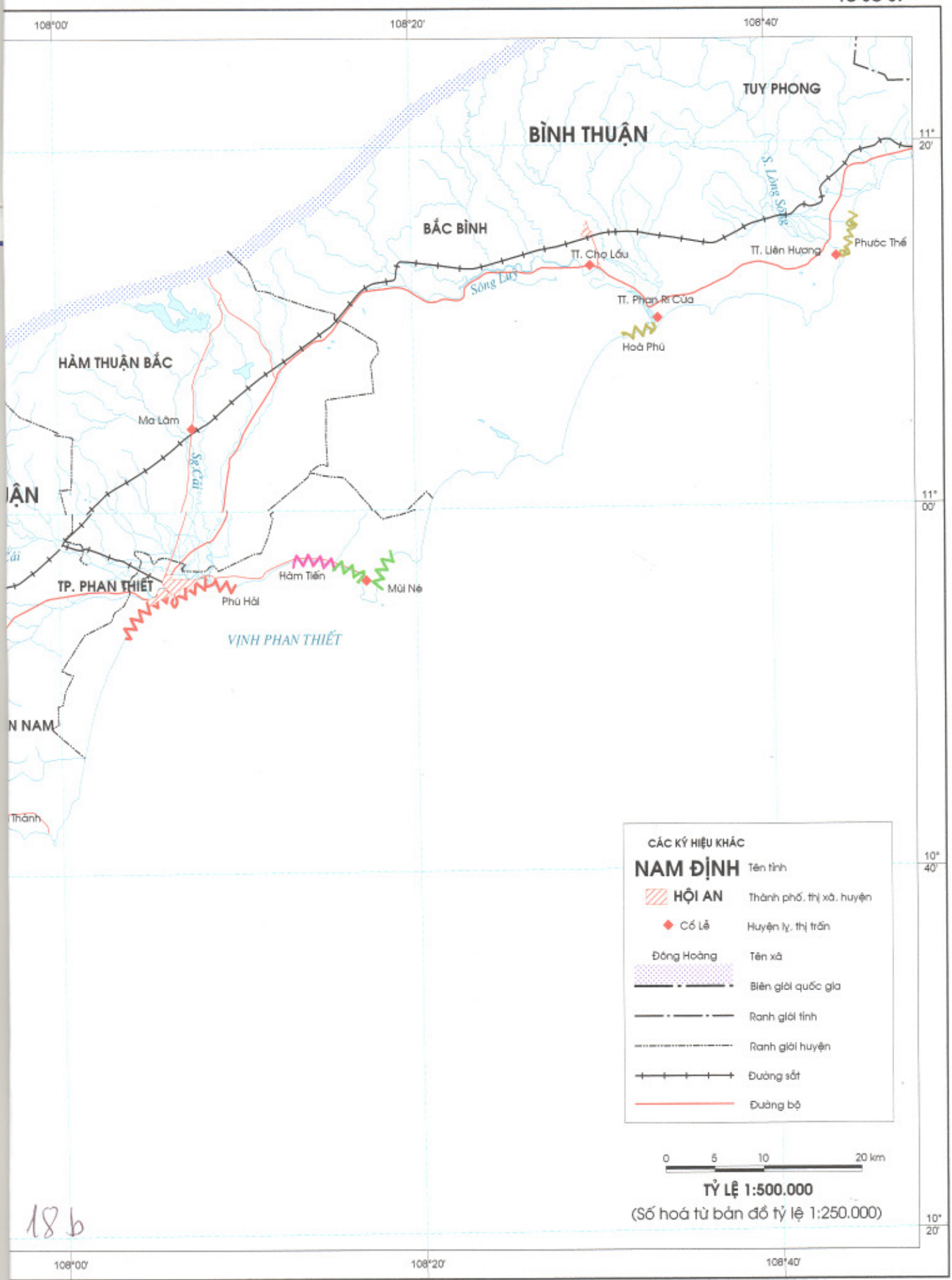
HÌNH 3.4

Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM



18a

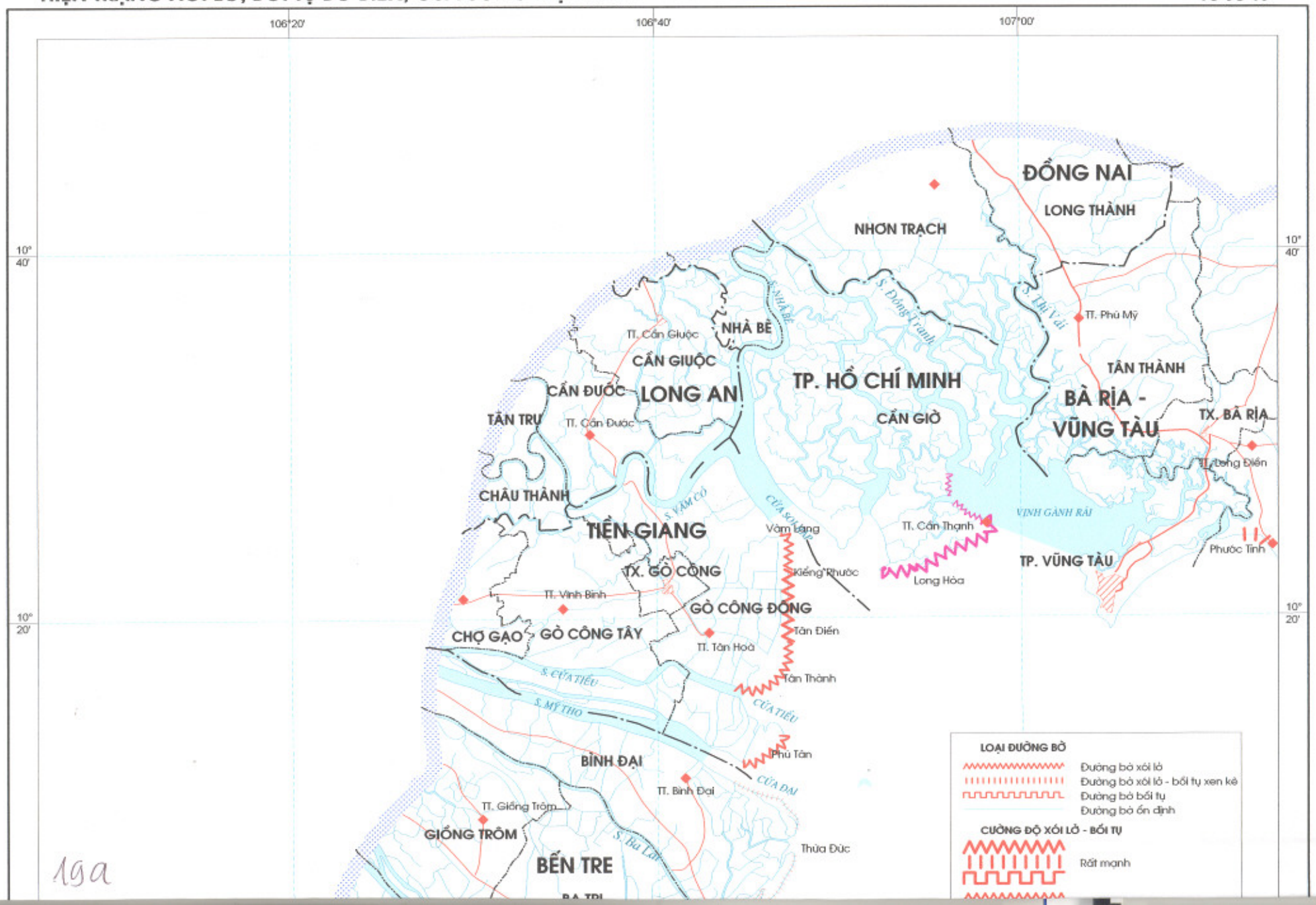


HÌNH 3.4

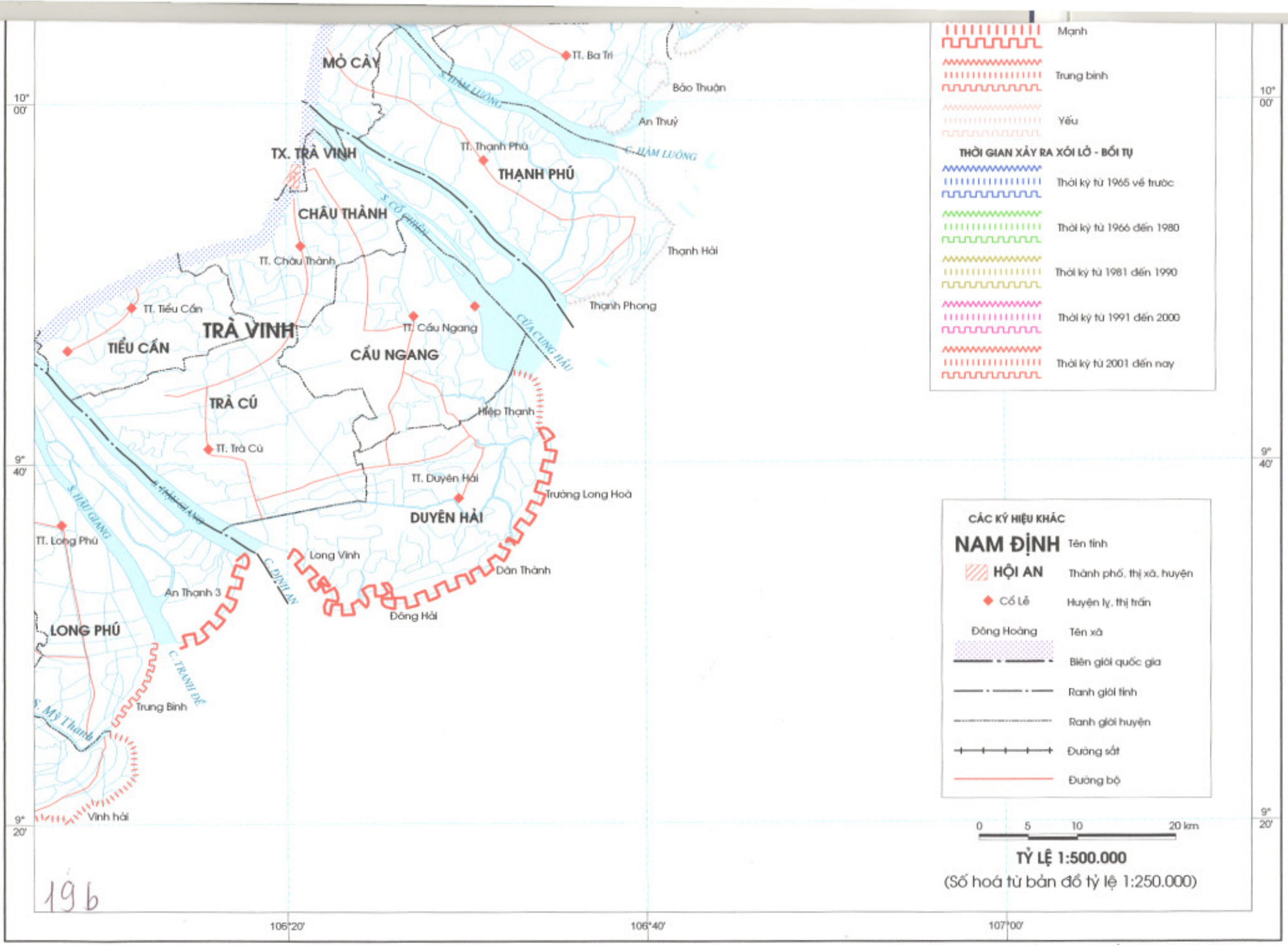
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM

TỜ SỐ 10



19a

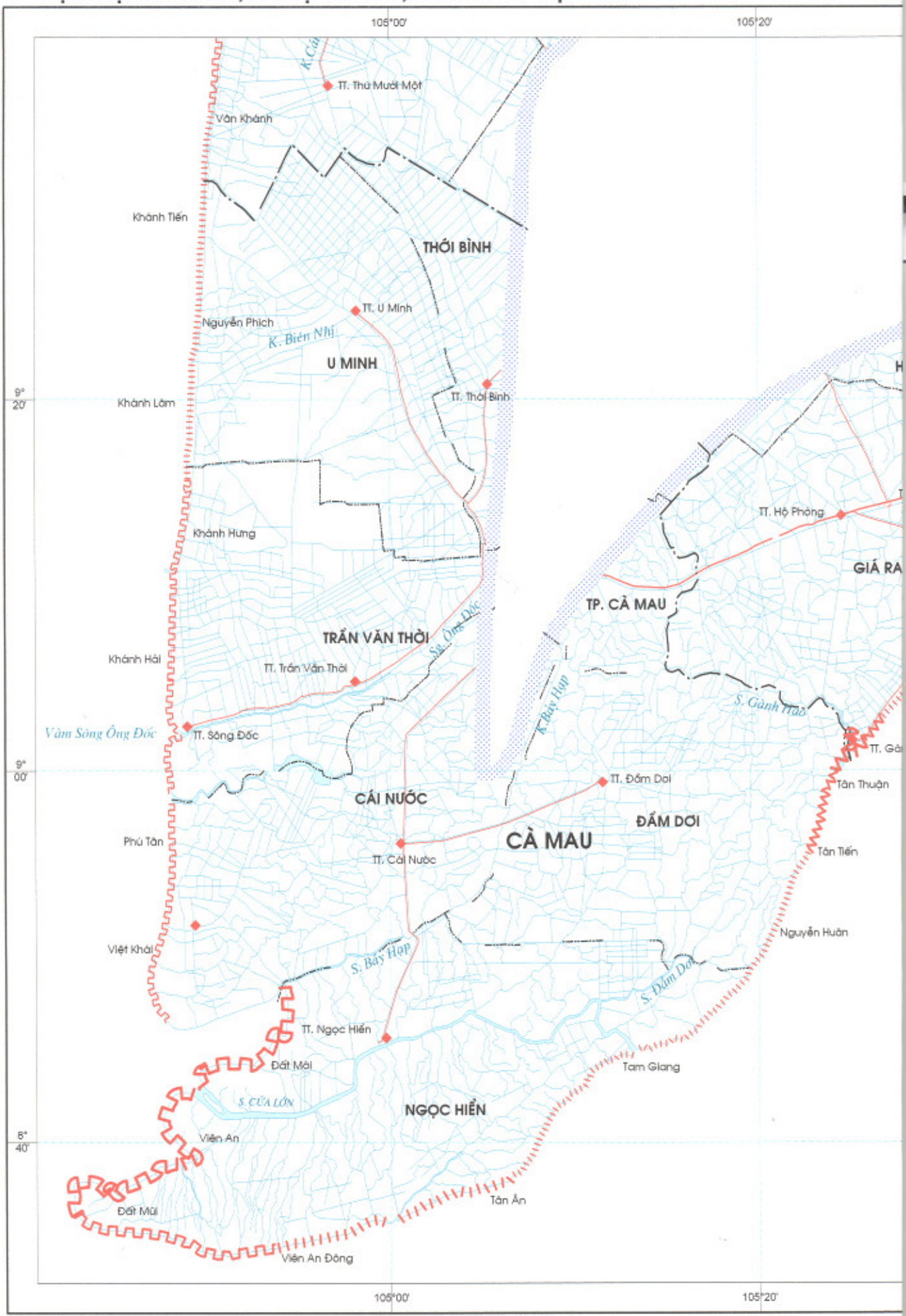


196

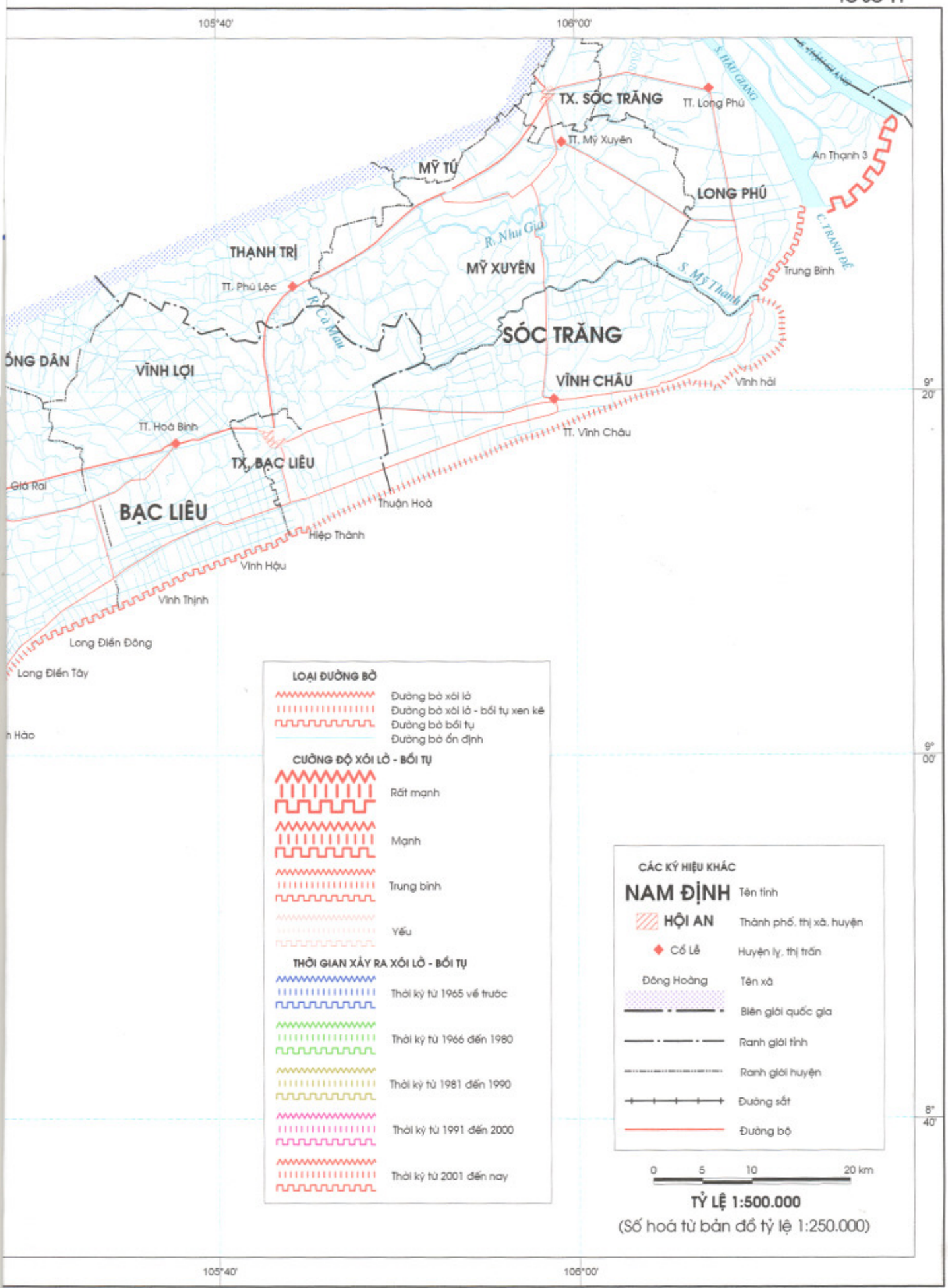
HÌNH 3.4

Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM



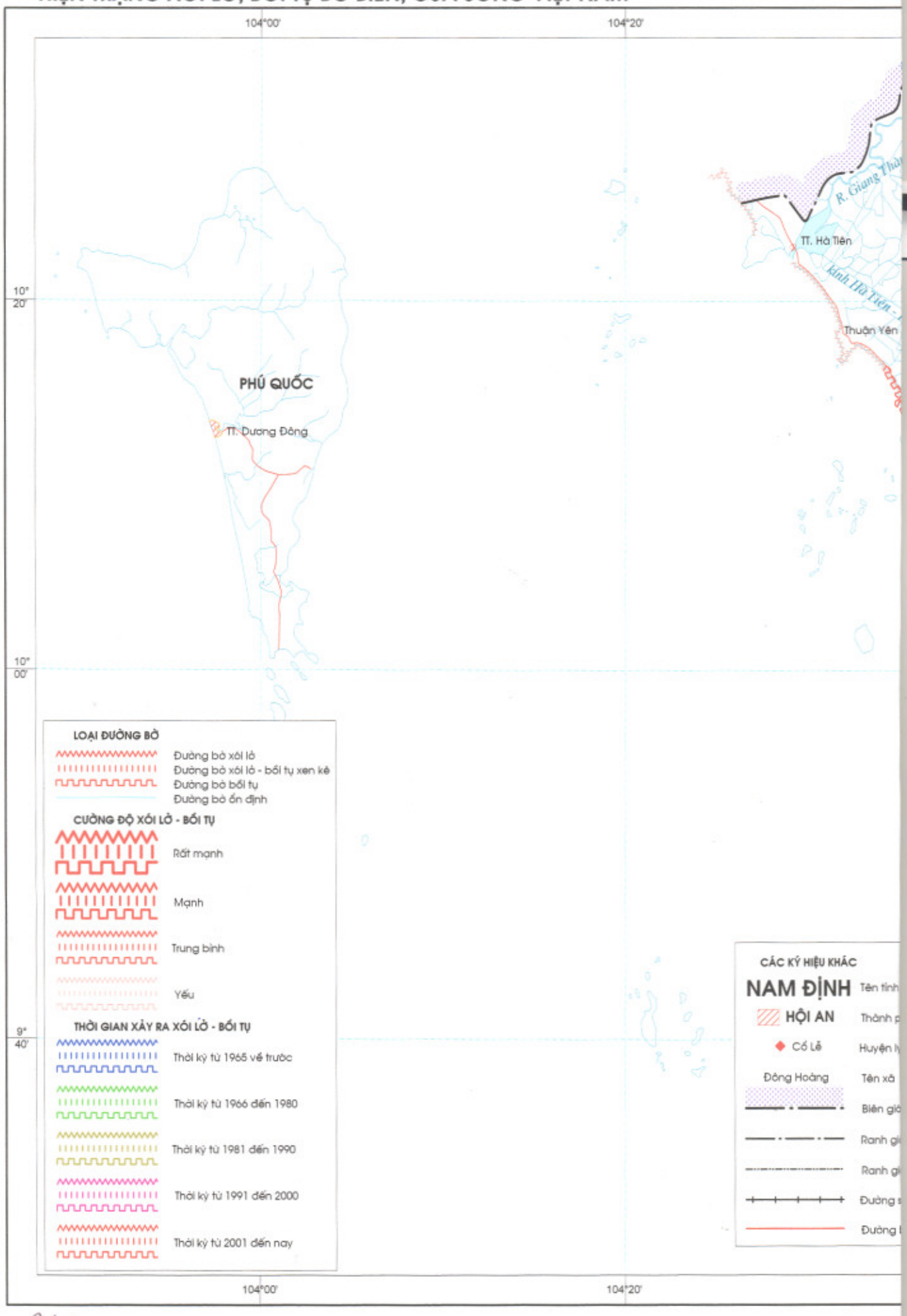
20a



HÌNH 3.4 206

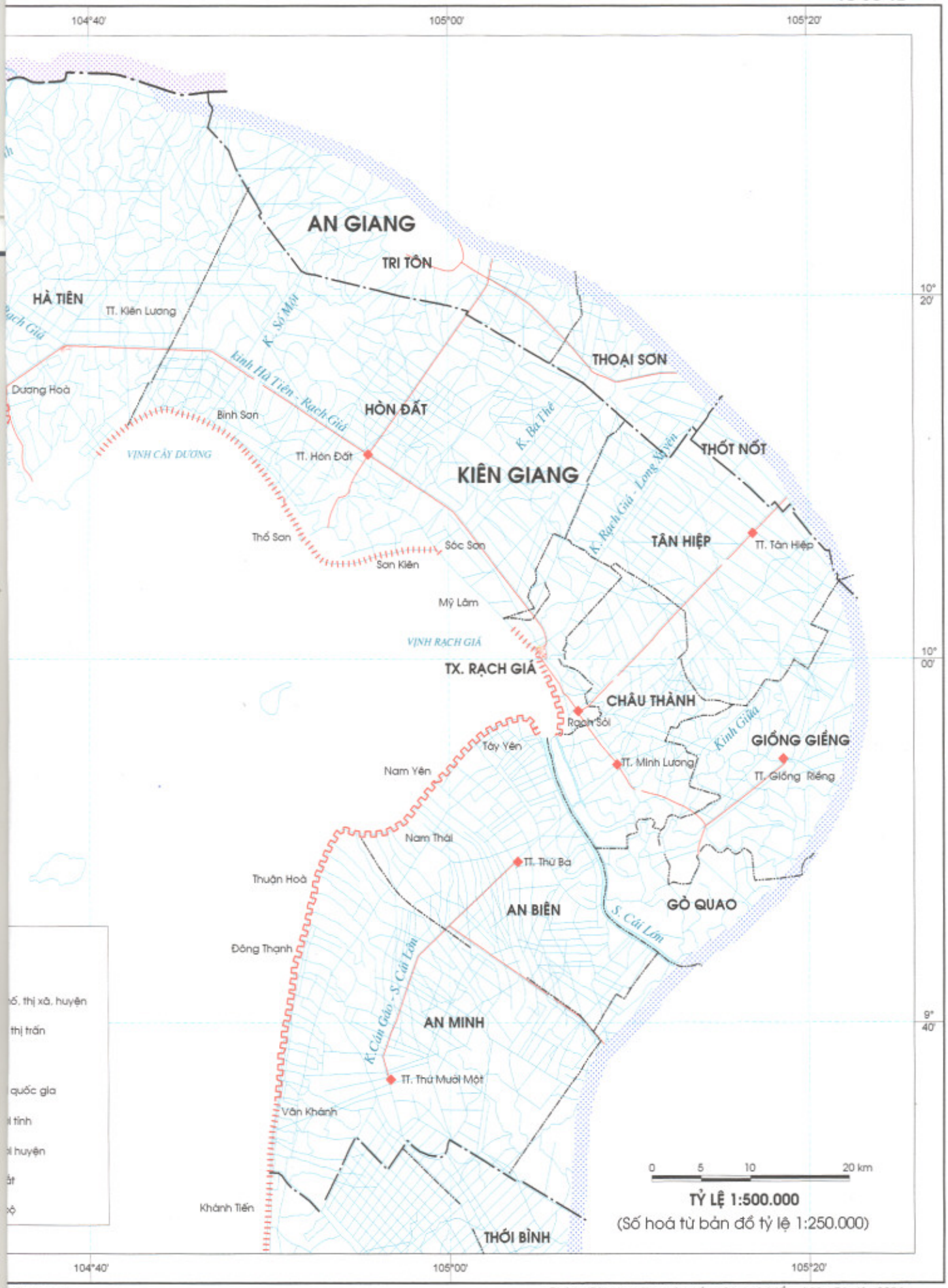
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG VIỆT NAM



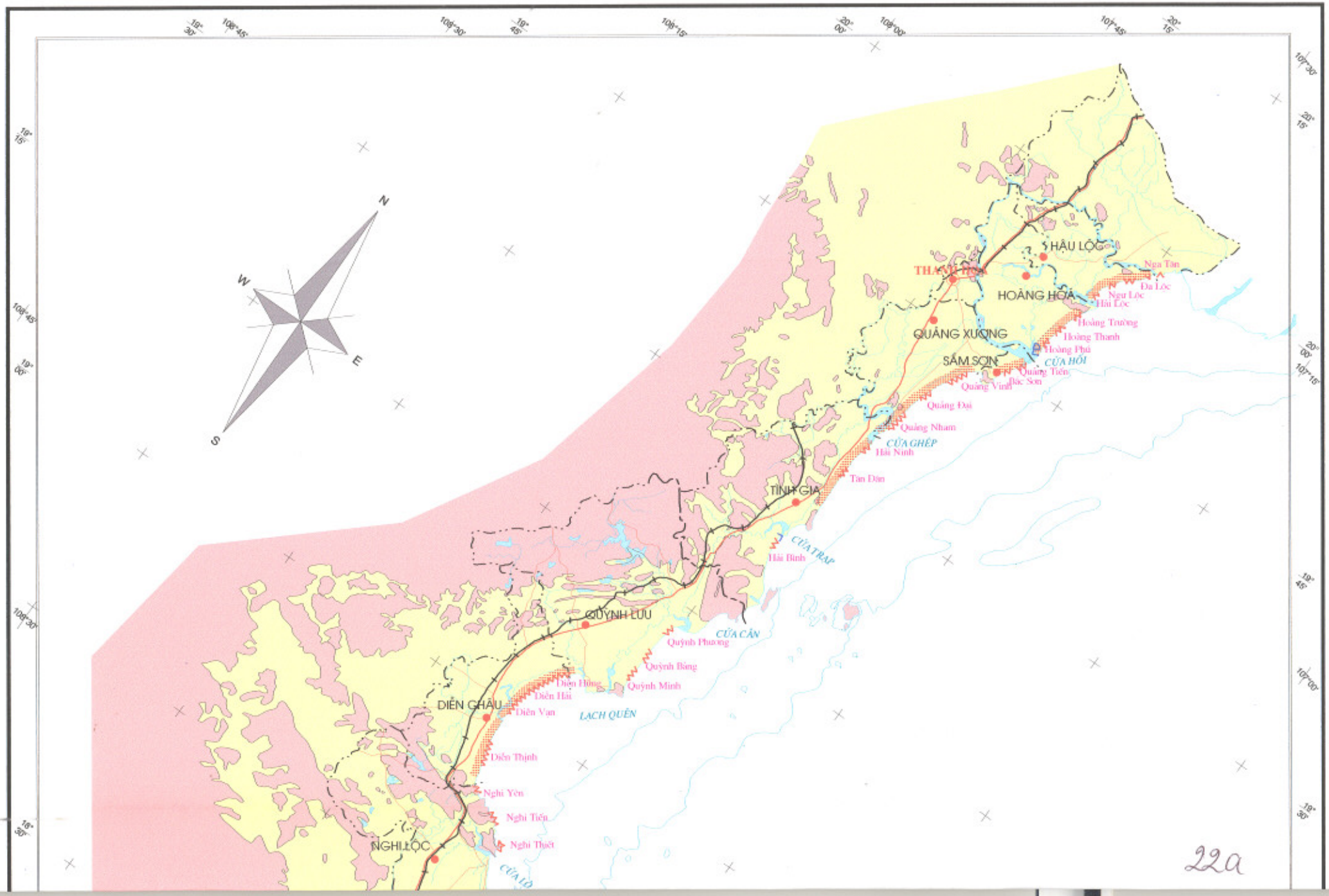
21a

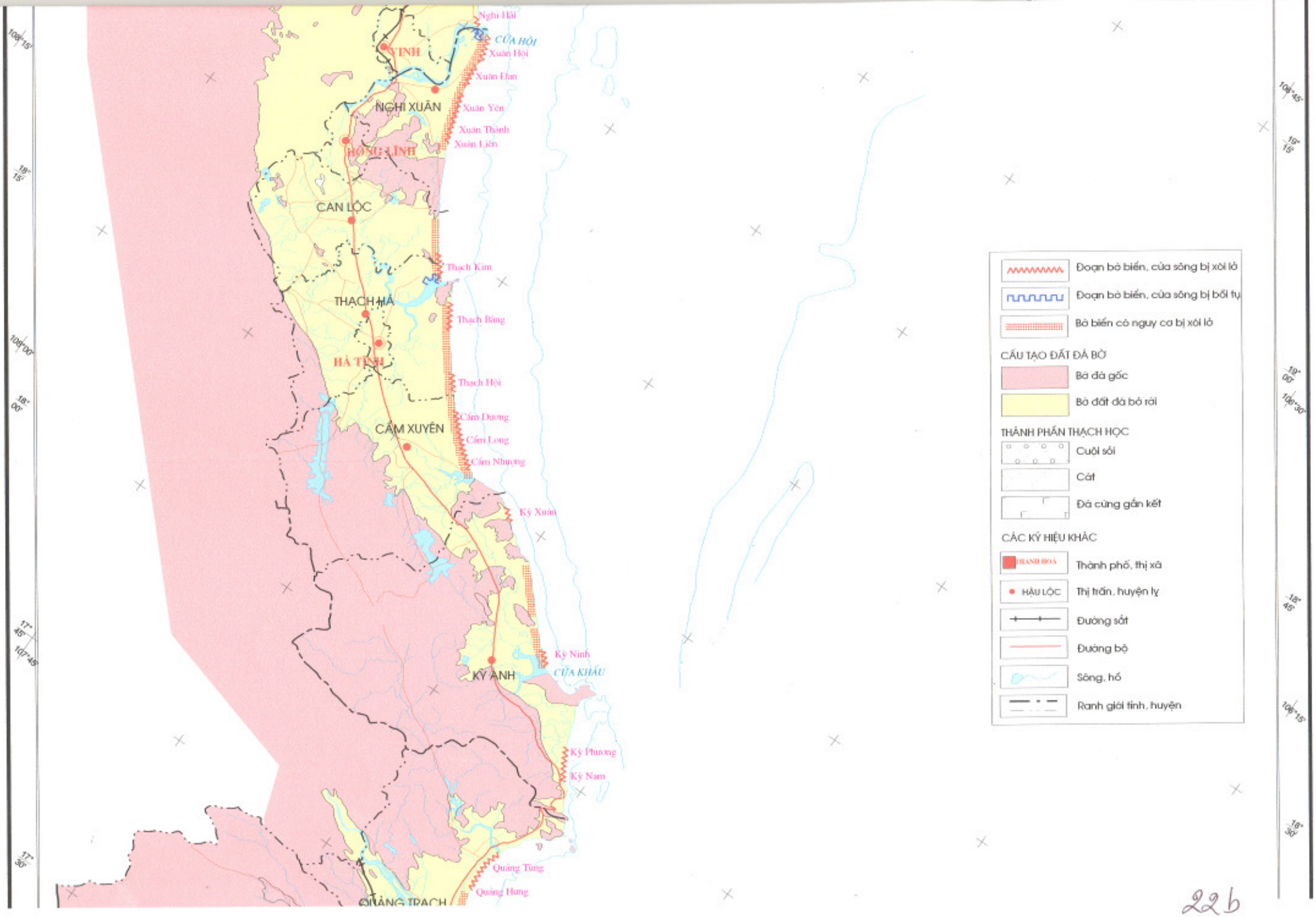
TỜ SỐ 12



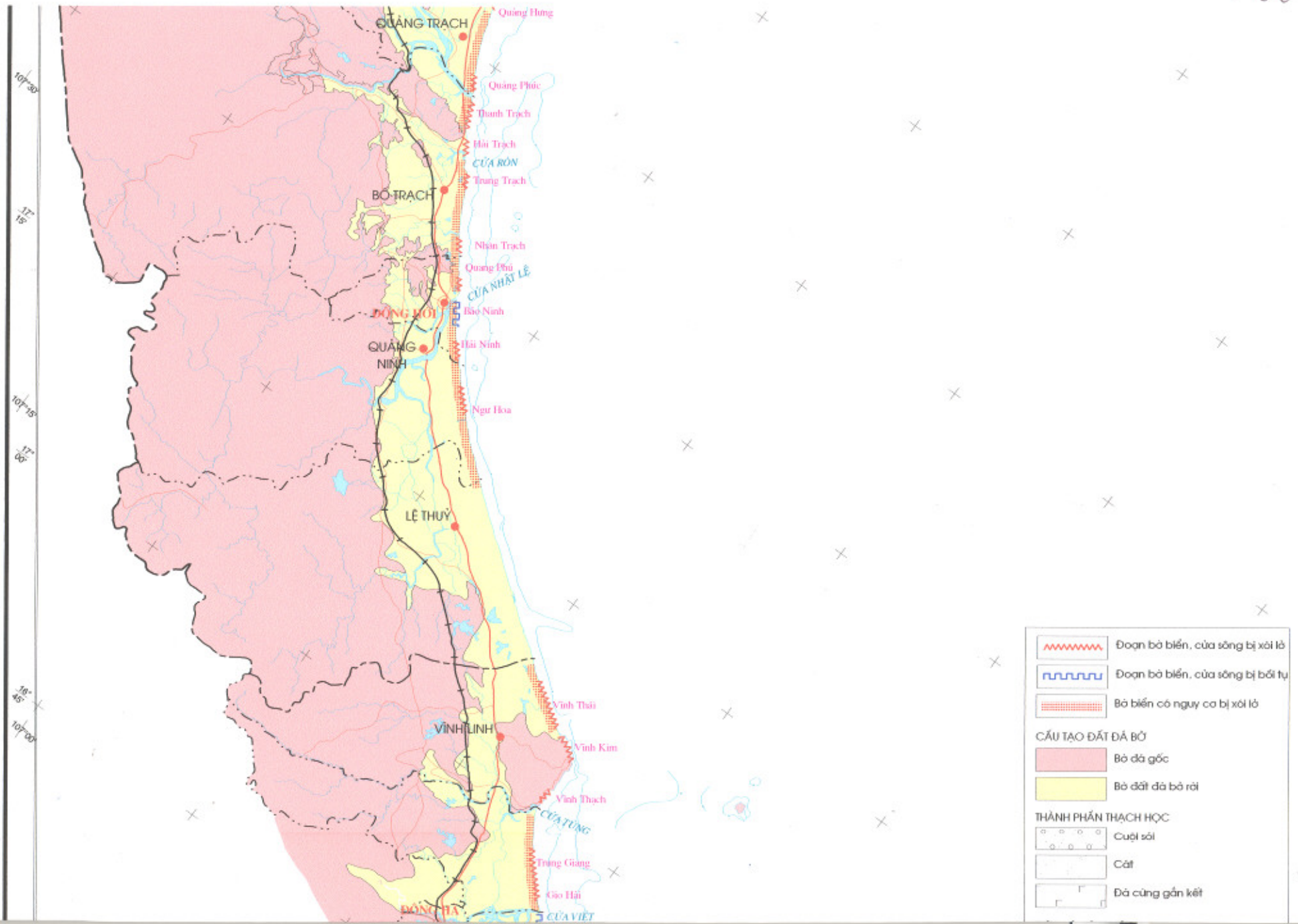
HÌNH 3.4 21b

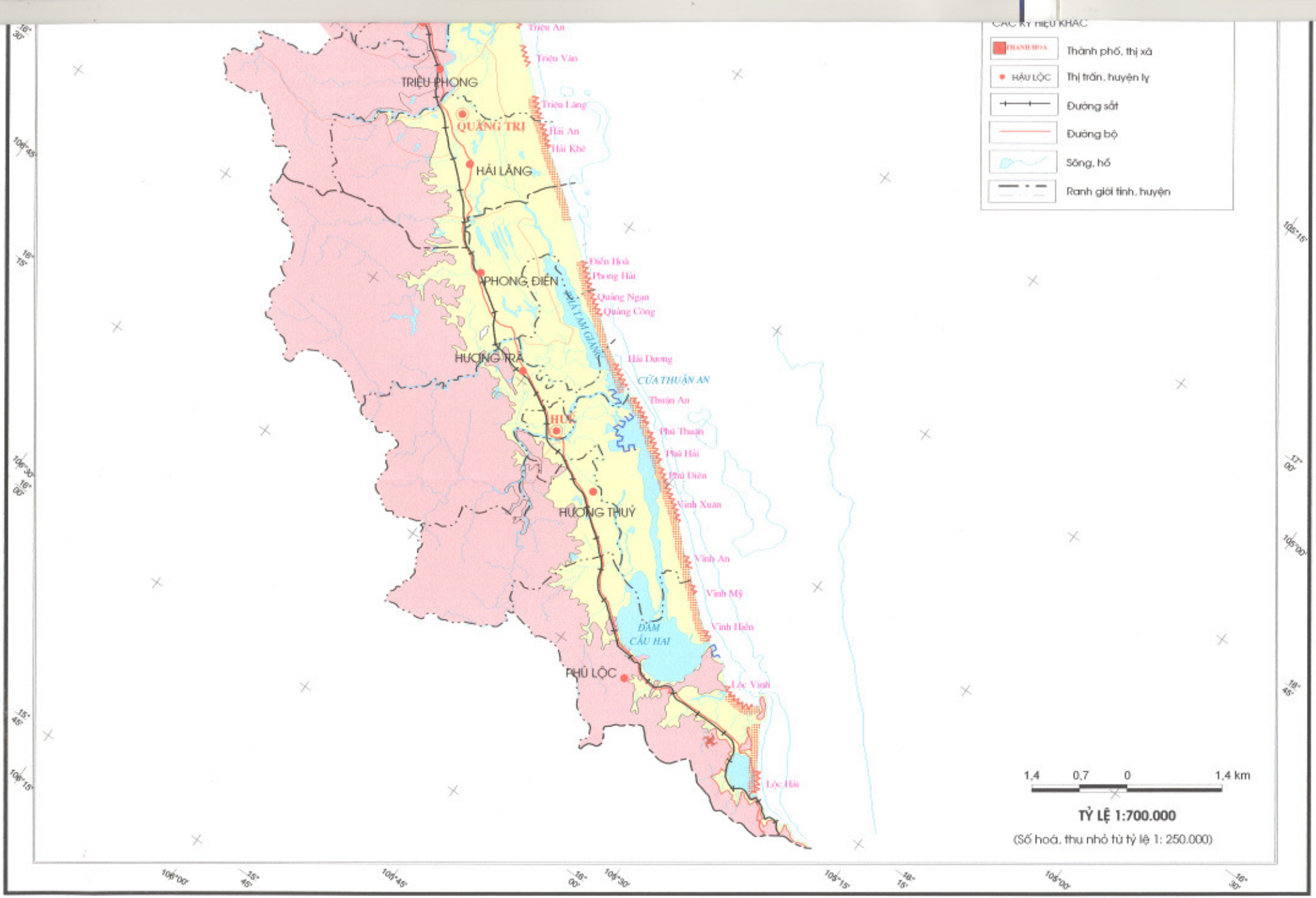
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004


N
W
E
S
HẬU LỘC
THANH HÓA
HOẰNG HÓA
QUẢNG XƯƠNG
SẦM SƠN
TĨNH GIA
QUỲNH LƯU
DIỄN CHÂU
NGHI LỘC
Nga Tân
Đa Lộc
Ngư Lộc
Hải Lộc
Hoằng Trường
Hoằng Thanh
Hoằng Phú
CỬA HỚI
Quảng Tiến
Bắc Sơn
Quảng Vinh
Quảng Đại
Quảng Nham
CỬA GHÉP
Hải Ninh
Tân Dân
CỬA TRẠP
Hải Bình
CỬA CẤN
Quỳnh Phương
Quỳnh Bảng
Quỳnh Minh
Diễn Hồng
Diễn Hải
Diễn Vạn
LẠCH QUÈN
Diễn Thịnh
Nghi Yên
Nghi Tiến
Nghi Thuết
CỬA LỘ
22a


Nghi Hải
CỬA HỘI
VINH
Xuân Hội
Xuân Đan
NGHI XUÂN
Xuân Yên
Xuân Thành
Xuân Liên
HỒNG LĨNH
CAN LỘC
Thạch Kim
THẠCH HÀ
Thạch Bàng
HÀ TĨNH
Thạch Hội
Cẩm Dương
CẨM XUYÊN
Cẩm Long
Cẩm Nhượng
Kỳ Xuân
Kỳ Ninh
CỬA KHẨU
KỲ ANH
Kỳ Phương
Kỳ Nam
Quảng Tùng
Quảng Hưng
QUẢNG TRẠCH
Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
Bờ biển có nguy cơ bị xói lở
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỜ
Bờ đá gốc
Bờ đất đá bở rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
THANH HOA
Thành phố, thị xã
HẬU LỘC
Thị trấn, huyện lỵ
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ
Ranh giới tỉnh, huyện

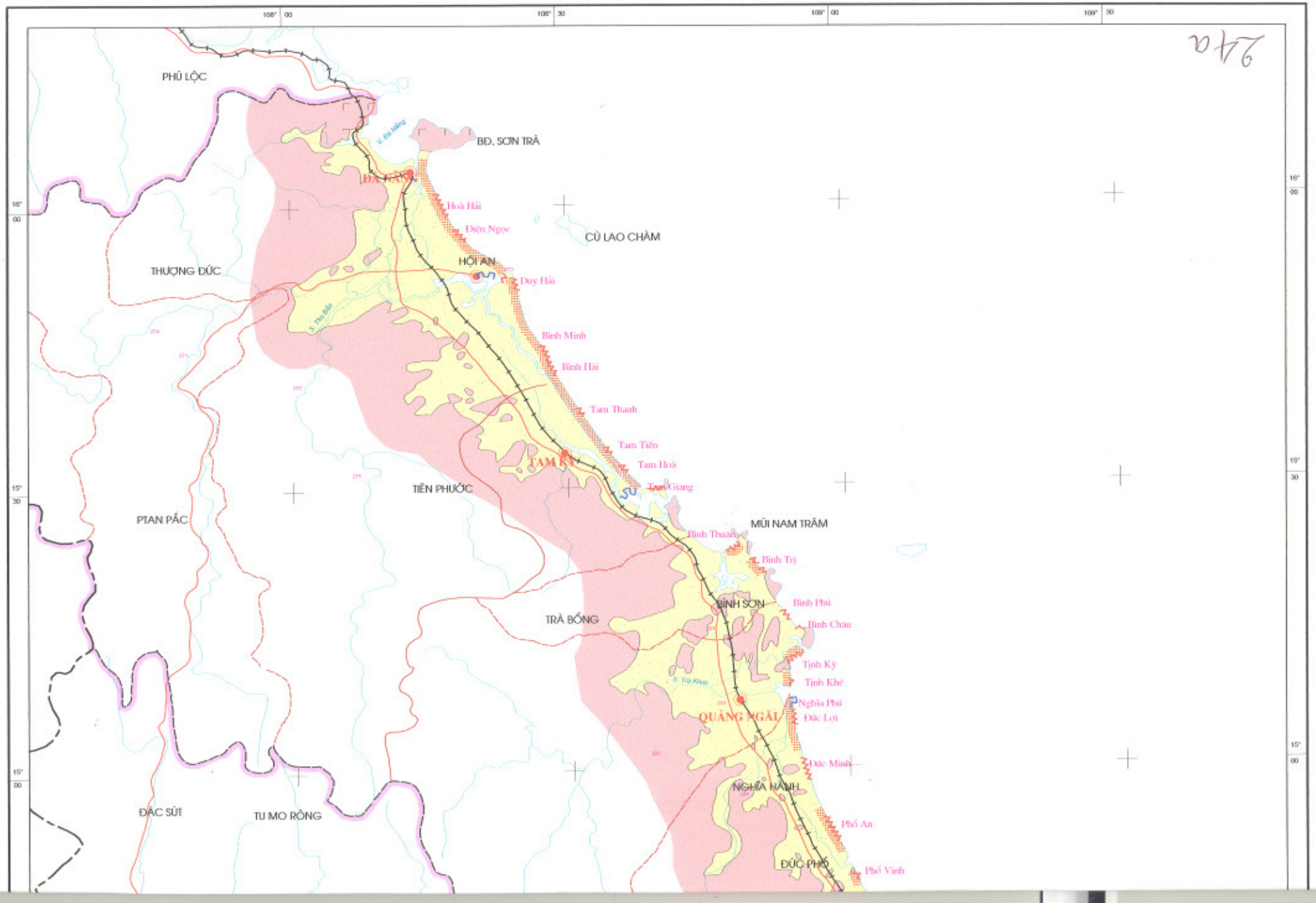
22b

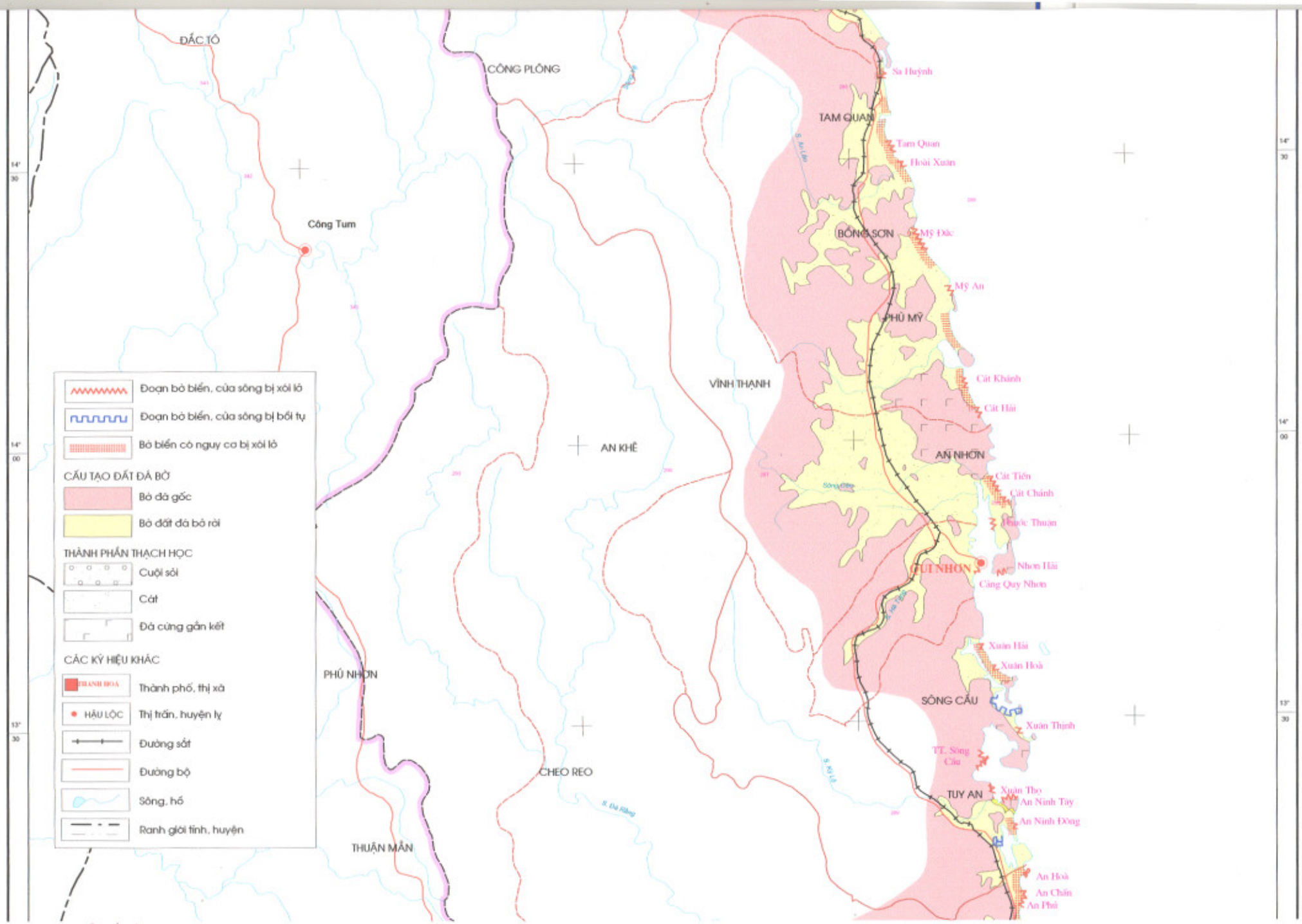

QUẢNG TRẠCH
Quảng Hưng
Quảng Phúc
Thanh Trạch
Hải Trạch
CỬA RÒN
Trung Trạch
BỐ TRẠCH
Nhân Trạch
Quảng Phú
CỬA NHẬT LỆ
ĐỒNG HỚI
Bảo Ninh
QUẢNG NINH
Hải Ninh
Ngư Hòa
LỆ THUỶ
Vĩnh Thái
VĨNH LINH
Vĩnh Kim
Vĩnh Thạch
CỬA TÙNG
Trung Giang
Gio Hải
ĐÔNG HÀ
CỬA VIỆT
Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
Bờ biển có nguy cơ bị xói lở
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỞ
Bờ đá gốc
Bờ đất đá bở rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết



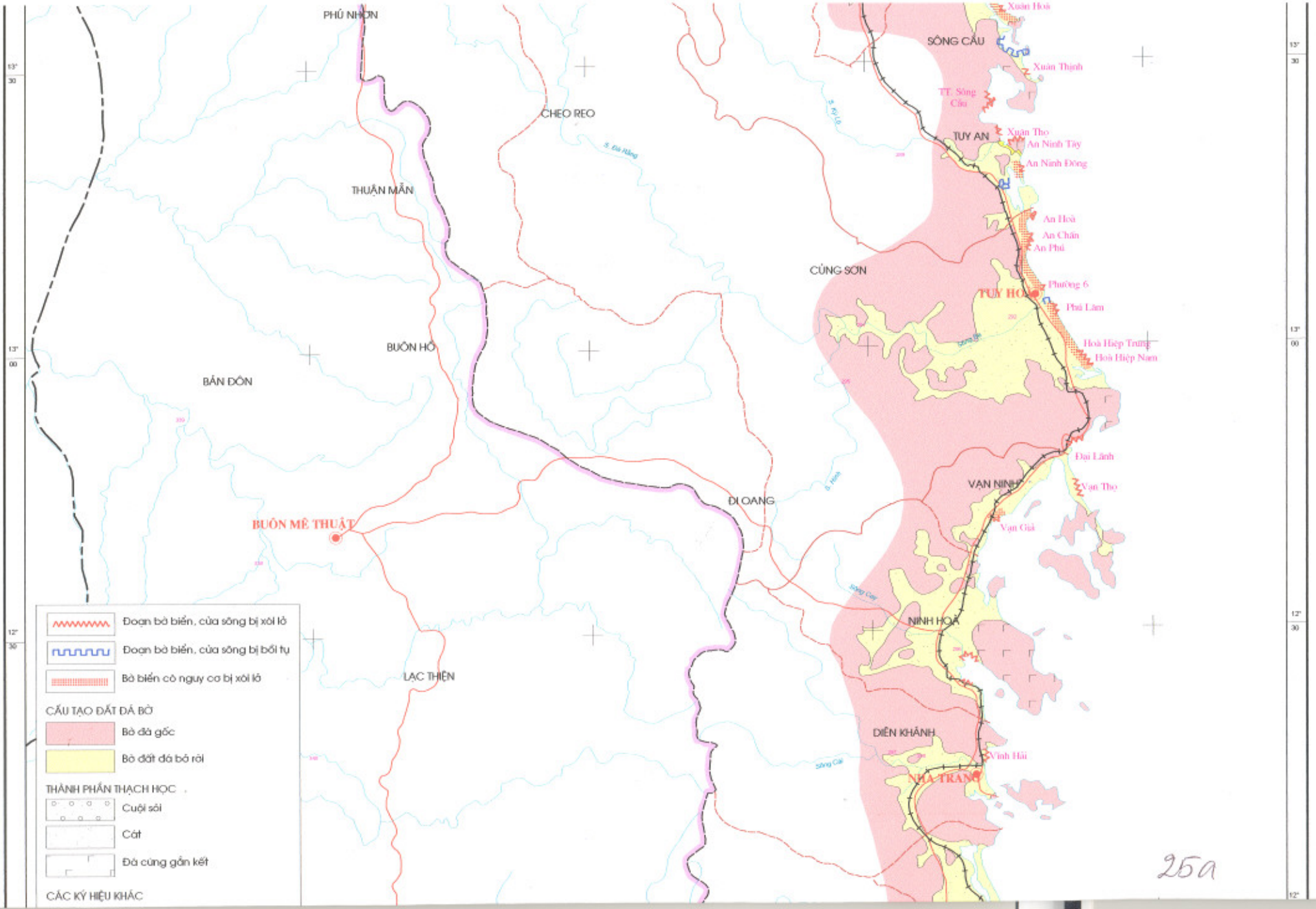
23 b

HÌNH 4.2: BẢN ĐỒ CẢNH BÁO XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG MIỀN TRUNG

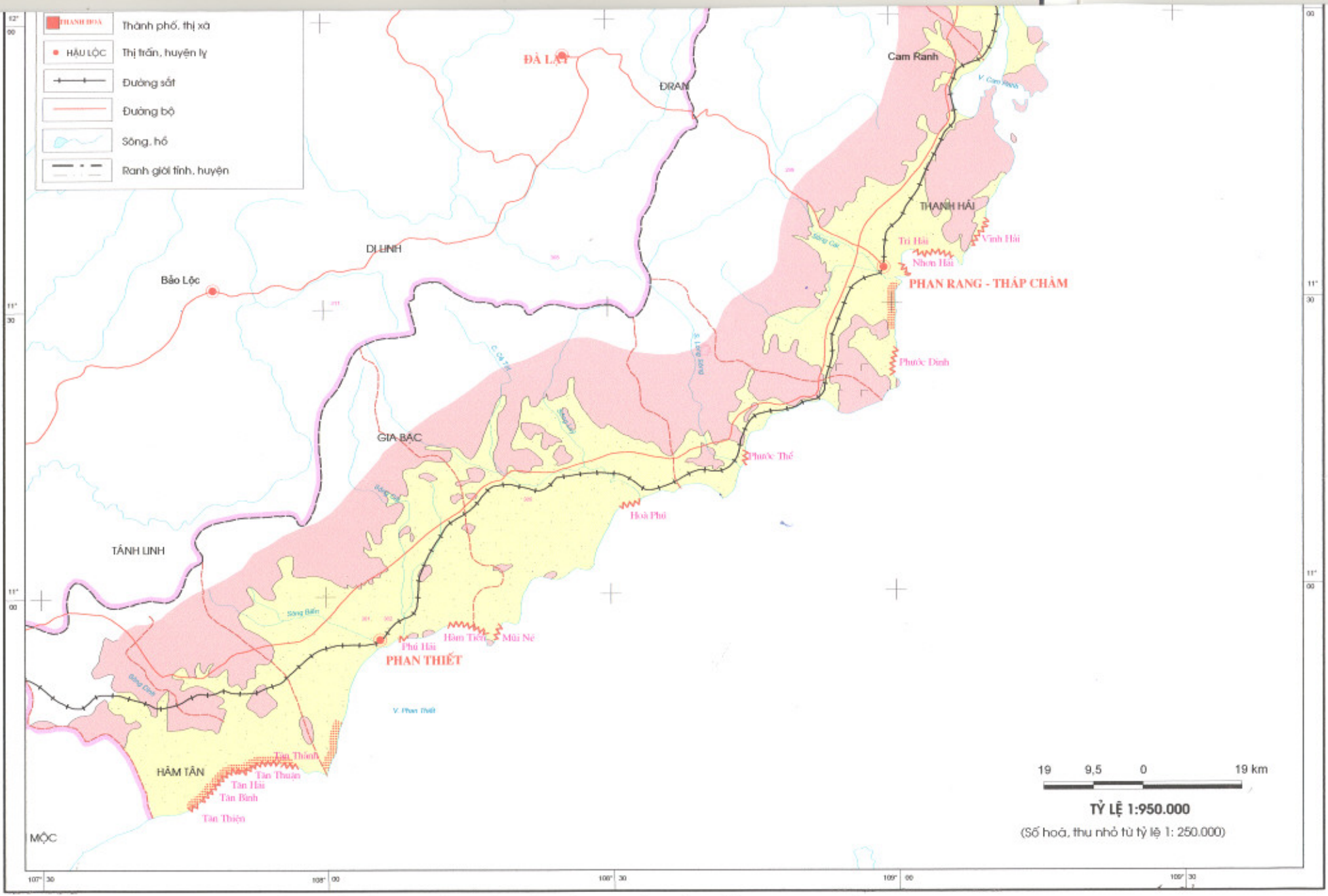

108° 00
108° 30
109° 00
109° 30
16° 00
15° 30
15° 00
PHÚ LỘC
THƯỢNG ĐỨC
PTAN PẮC
ĐẮC SÚT
TU MO RÔNG
TIÊN PHƯỚC
TRÀ BỒNG
BÌNH SƠN
NGHĨA HÀNH
ĐỨC PHỔ
MŨI NAM TRÂM
CÙ LAO CHÀM
BĐ. SƠN TRÀ
ĐÀ NẴNG
HỘI AN
TAM KỲ
QUẢNG NGÃI
V. Đà Nẵng
S. Thu Bồn
S. Trà Khúc
Hoà Hải
Điện Ngọc
Duy Hải
Bình Minh
Bình Hải
Tam Thanh
Tam Tiến
Tam Hoà
Tam Giang
Bình Thuận
Bình Trị
Bình Phú
Bình Châu
Tịnh Kỳ
Tịnh Khê
Nghĩa Phú
Đức Lợi
Đức Minh
Phổ An
Phổ Vinh


ĐẮC TÔ
CÔNG PLÔNG
Công Tum
AN KHÊ
VĨNH THẠNH
TAM QUAN
Sa Huỳnh
Tam Quan
Hoài Xuân
BỒNG SƠN
Mỹ Đức
Mỹ An
PHÙ MỸ
Cát Khánh
Cát Hải
AN NHƠN
Cát Tiến
Cát Chánh
Phước Thuận
QUI NHƠN
Nhơn Hải
Cảng Quy Nhơn
Xuân Hải
Xuân Hoà
SÔNG CẦU
Xuân Thịnh
TT. Sông Cầu
TUY AN
Xuân Thọ
An Ninh Tây
An Ninh Đông
An Hoà
An Chấn
An Phú
PHÙ NHƠN
CHEO REO
THUẬN MẪN
Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
Bờ biển có nguy cơ bị xói lở
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỞ
Bở đá gốc
Bở đất đá bở rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
THANH HOÁ
Thành phố, thị xã
HẬU LỘC
Thị trấn, huyện lỵ
Đường sắt
Đường bộ
Sông, hồ
Ranh giới tỉnh, huyện
14° 30
14° 00
13° 30
14° 30
14° 00
13° 30

24b

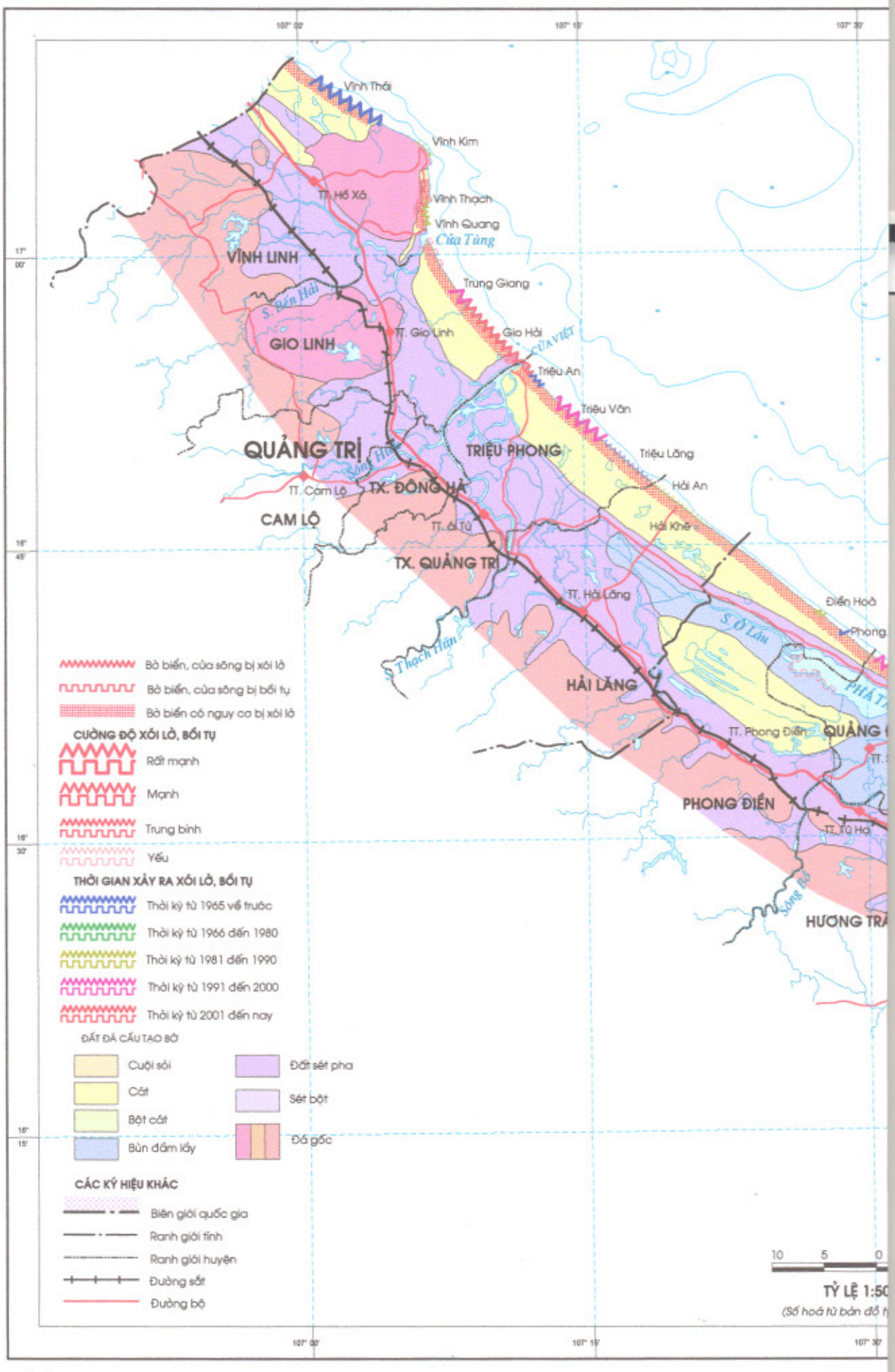

PHÚ NHƠN
CHEO REO
THUẬN MÃN
BUÔN HỒ
BẢN ĐÔN
BUÔN MÊ THUỘT
LẠC THIỆN
CƯNG SƠN
ĐI OANG
SÔNG CẦU
Xuân Hoà
Xuân Thịnh
TT. Sông Cầu
TUY AN
Xuân Thọ
An Ninh Tây
An Ninh Đông
An Hoà
An Chấn
An Phú
TUY HOÀ
Phường 6
Phú Lâm
Hoà Hiệp Trung
Hoà Hiệp Nam
Đại Lãnh
VẠN NINH
Vạn Thọ
Vạn Giã
NINH HOÀ
DIÊN KHÁNH
Vĩnh Hải
NHA TRANG
Đoạn bờ biển, cửa sông bị xói lở
Đoạn bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
Bờ biển có nguy cơ bị xói lở
CẤU TẠO ĐẤT ĐÁ BỜ
Bờ đá gốc
Bờ đất đá bở rời
THÀNH PHẦN THẠCH HỌC
Cuội sỏi
Cát
Đá cứng gắn kết
CÁC KÝ HIỆU KHÁC

25a



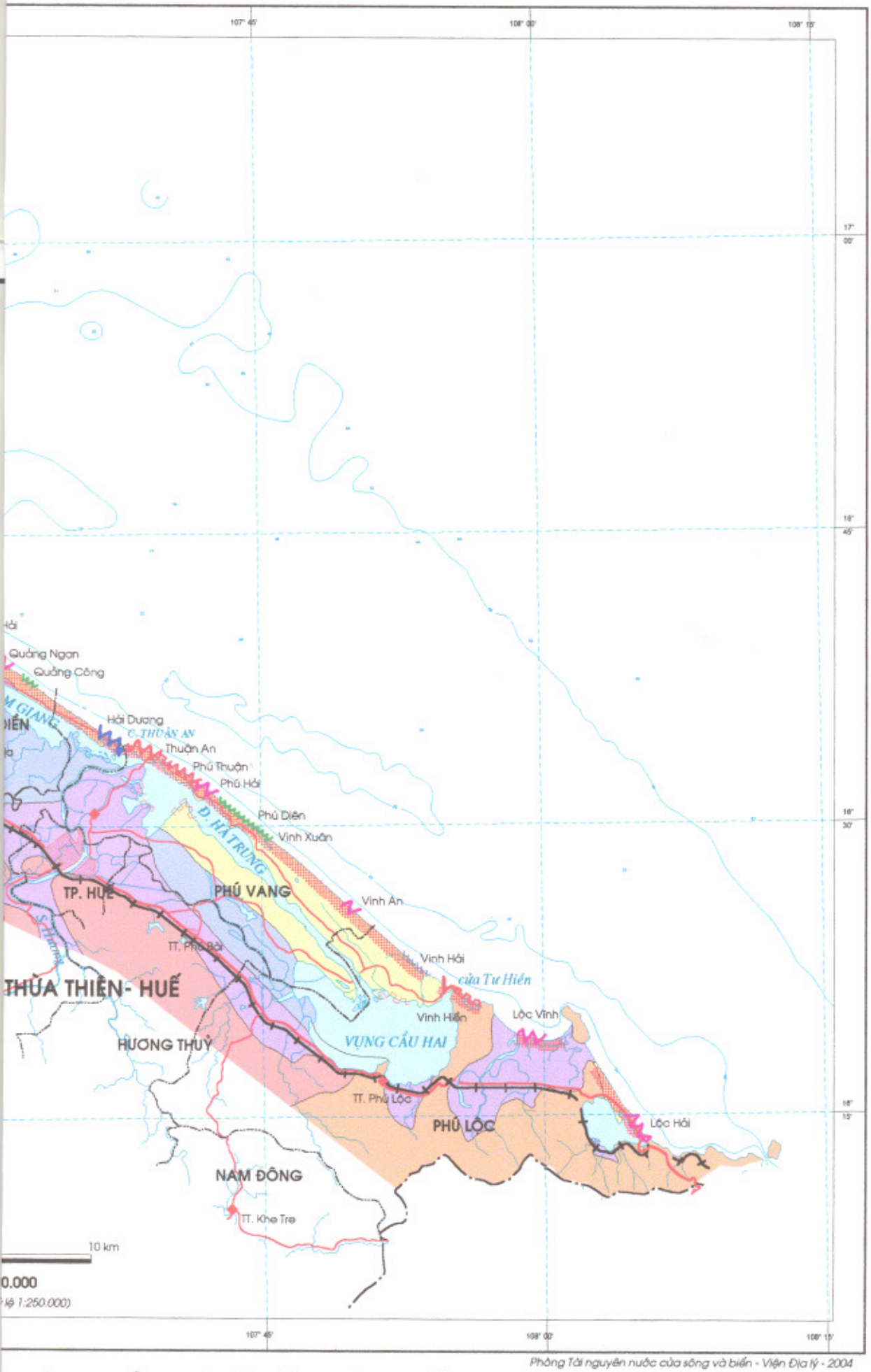
25b

HÌNH 4.2. BẢN ĐỒ CẢNH BÁO XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN CỬA SÔNG MIỀN TRUNG



26a

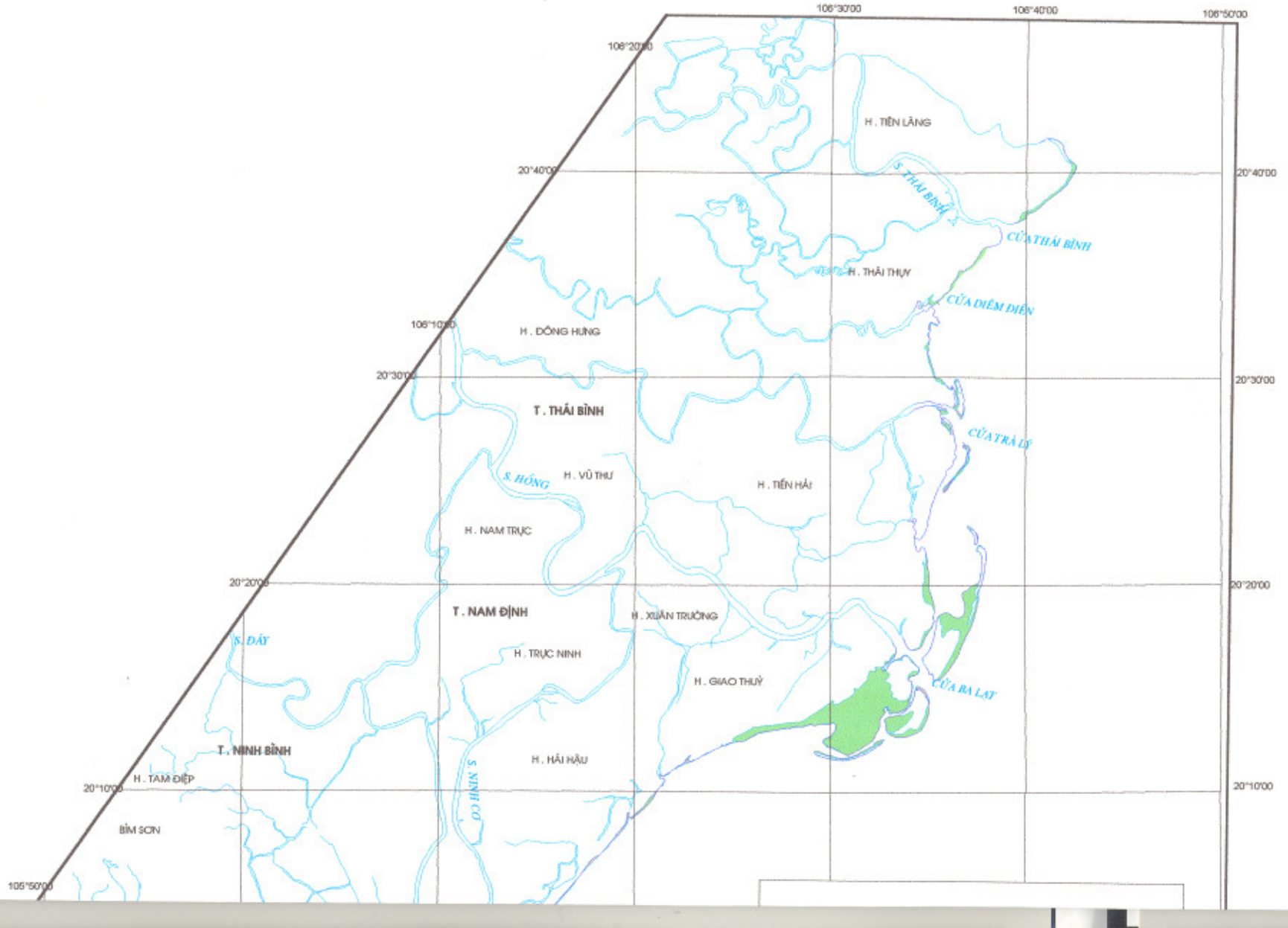
HÌNH 4.3. BẢN ĐỒ CẢNH BÁO XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỦ



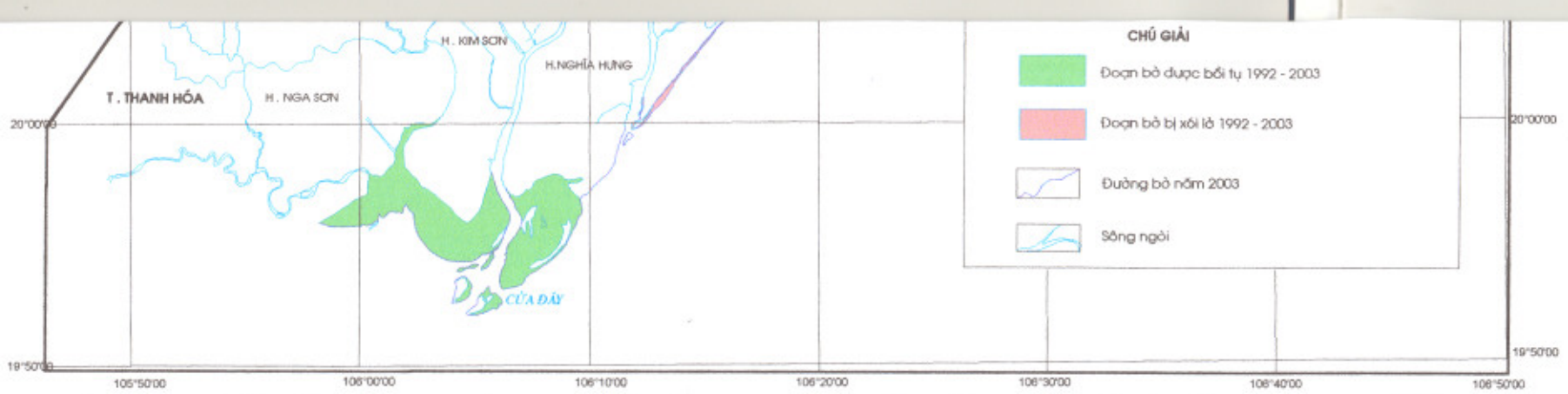
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

ỰA SÔNG QUẢNG TRỊ VÀ THỪA THIÊN - HUẾ

26b


106°30'00
106°40'00
106°50'00
106°20'00
20°40'00
H . TIỀN LÃNG
S. THÁI BÌNH
CỬA THÁI BÌNH
H . THÁI THỤY
CỬA DIỆM ĐIỀN
106°10'00
H . ĐÔNG HƯNG
20°30'00
T . THÁI BÌNH
CỬA TRÀ LÝ
S. HỒNG
H . VŨ THƯ
H . TIỀN HẢI
H . NAM TRỰC
20°20'00
T . NAM ĐỊNH
H . XUÂN TRƯỜNG
S. ĐÁY
H . TRỰC NINH
H . GIAO THỦY
CỬA BA LẠT
T . NINH BÌNH
H . HẢI HẬU
S. NINH CƠ
20°10'00
H . TAM ĐIỆP
BỈM SƠN
105°50'00

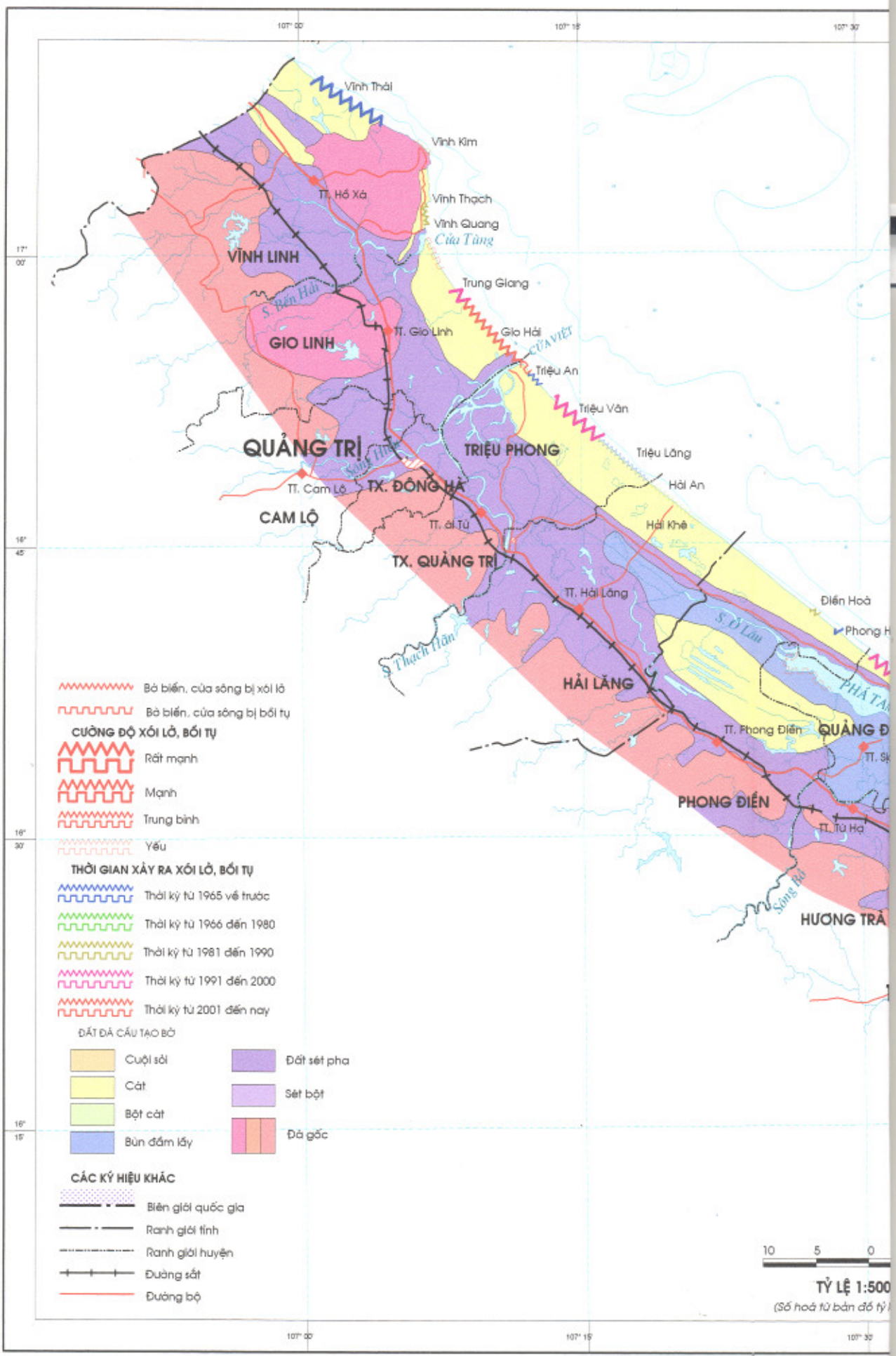
27a



HÌNH 3.2. SƠ ĐỒ BIẾN ĐỘNG ĐƯỜNG BỜ VÀ CÁC ĐOẠN BỜ BIỂN, CỬA SÔNG BỊ XÓI LỞ, BỒI TỤ TỪ THÁI BÌNH ĐẾN NINH BÌNH (1992 - 2003)

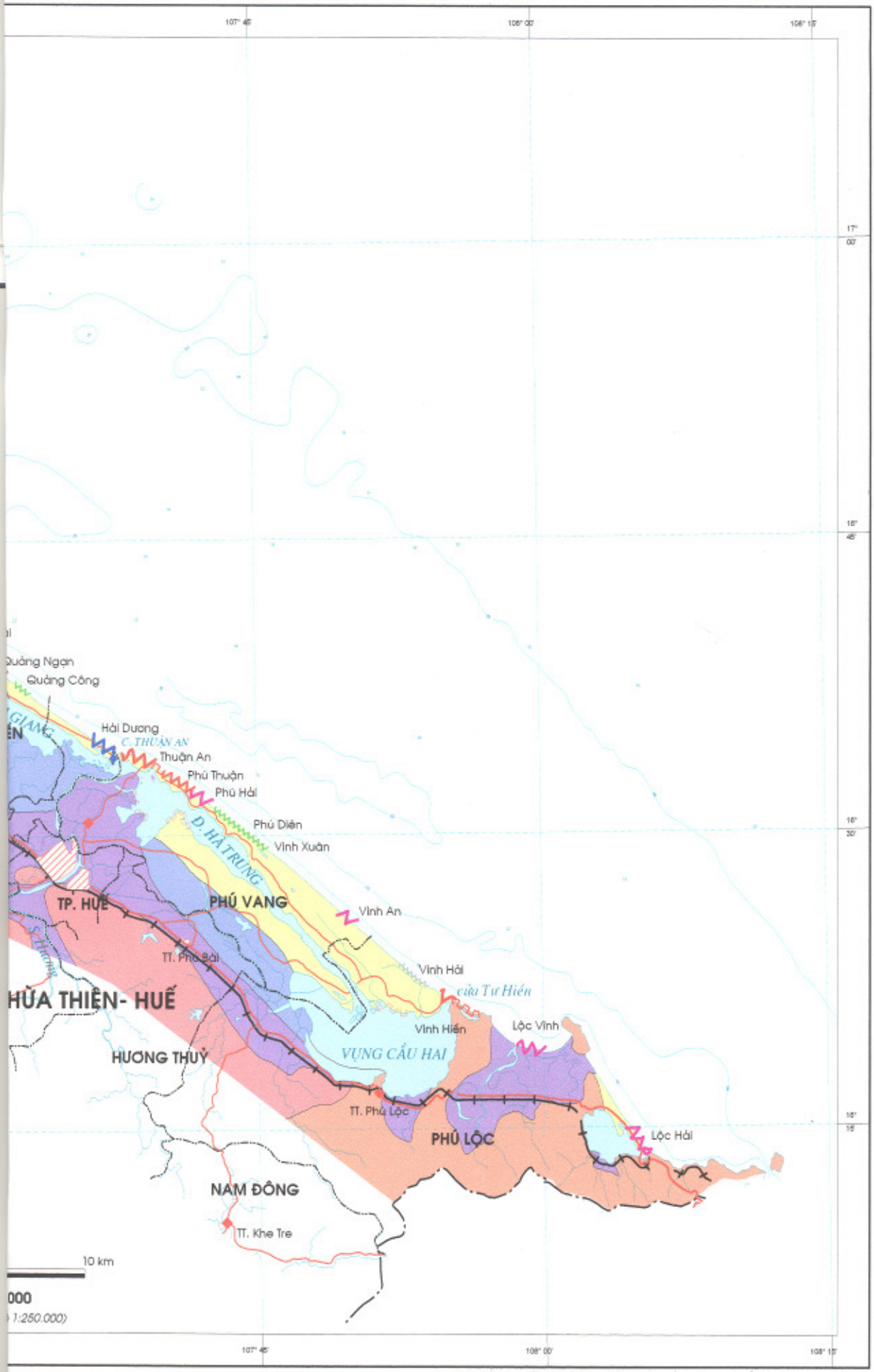
TỶ LỆ 1: 500 000

27b



28a

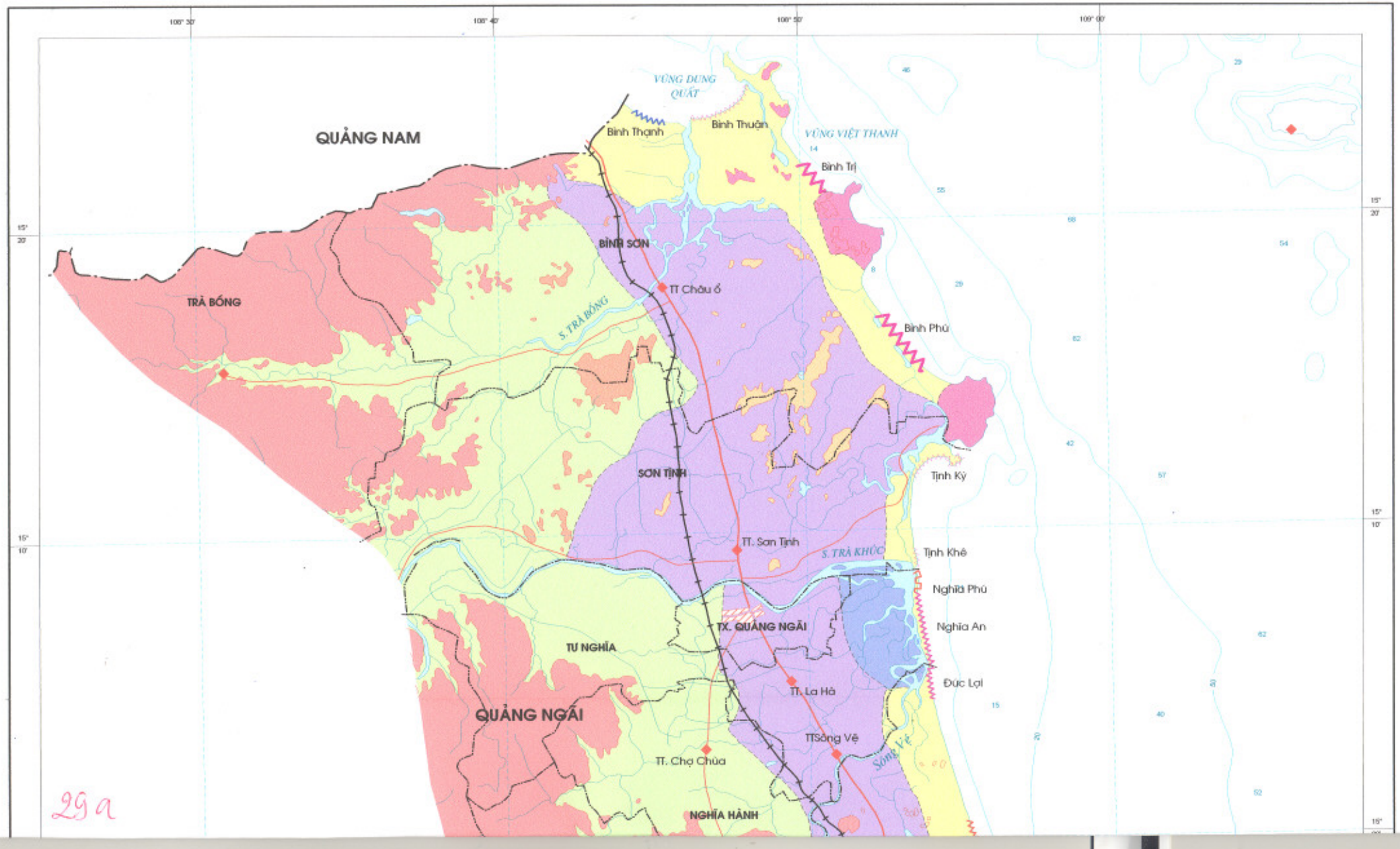
HÌNH 3.5. **BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG**



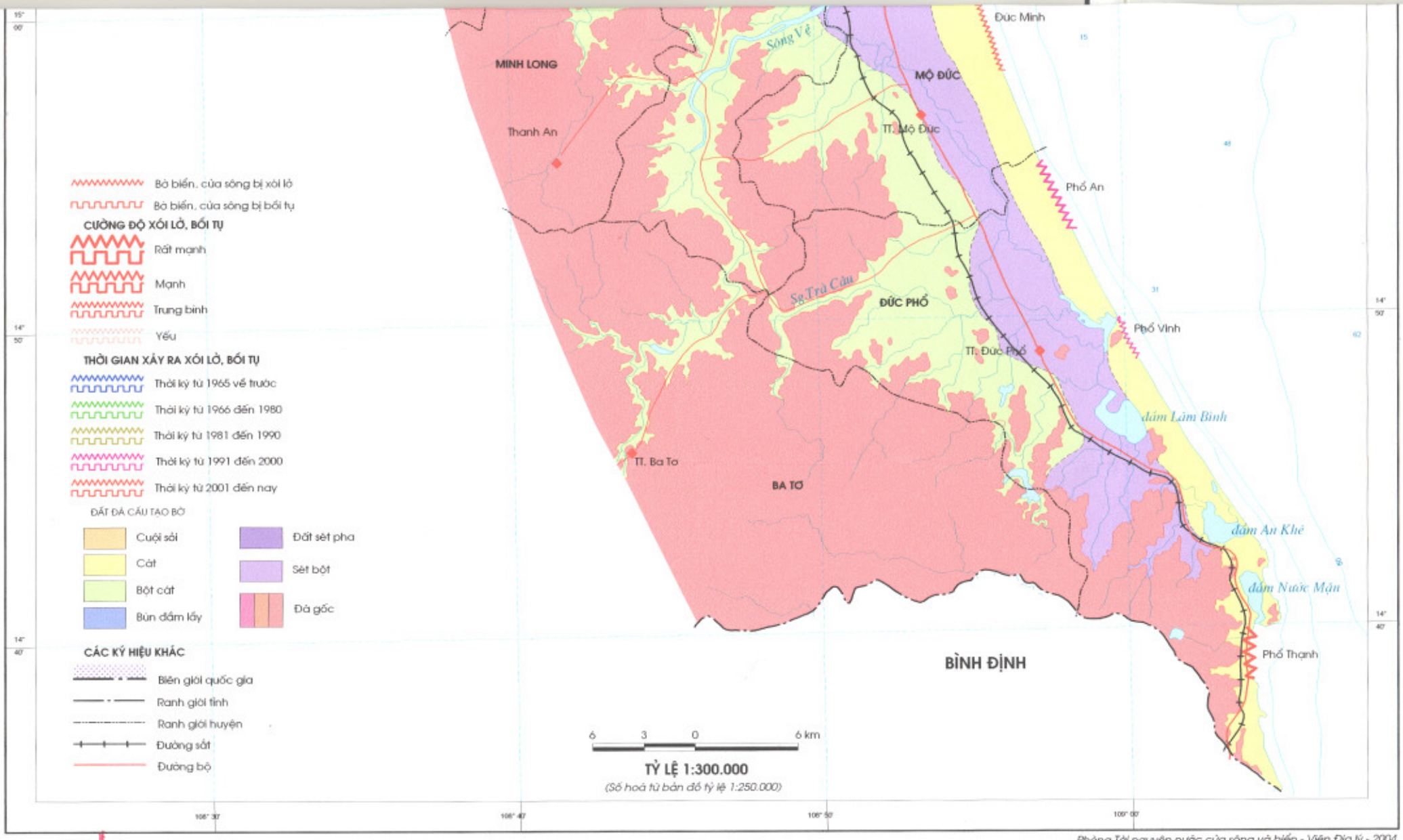
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

QUẢNG TRỊ VÀ THỪA THIÊN - HUẾ ĐẾN NĂM 2004

28 b


VŨNG DUNG QUẤT
VŨNG VIỆT THANH
QUẢNG NAM
Bình Thạnh
Bình Thuận
Bình Trị
BÌNH SƠN
TT Châu ổ
TRÀ BỒNG
S. TRÀ BỒNG
Bình Phú
SƠN TỊNH
Tịnh Kỳ
TT. Sơn Tịnh
S. TRÀ KHÚC
Tịnh Khê
Nghĩa Phú
TX. QUẢNG NGÃI
Nghĩa An
TƯ NGHĨA
Đức Lợi
TT. La Hà
QUẢNG NGÃI
TTSông Vệ
Sông Vệ
TT. Chợ Chùa
NGHĨA HÀNH

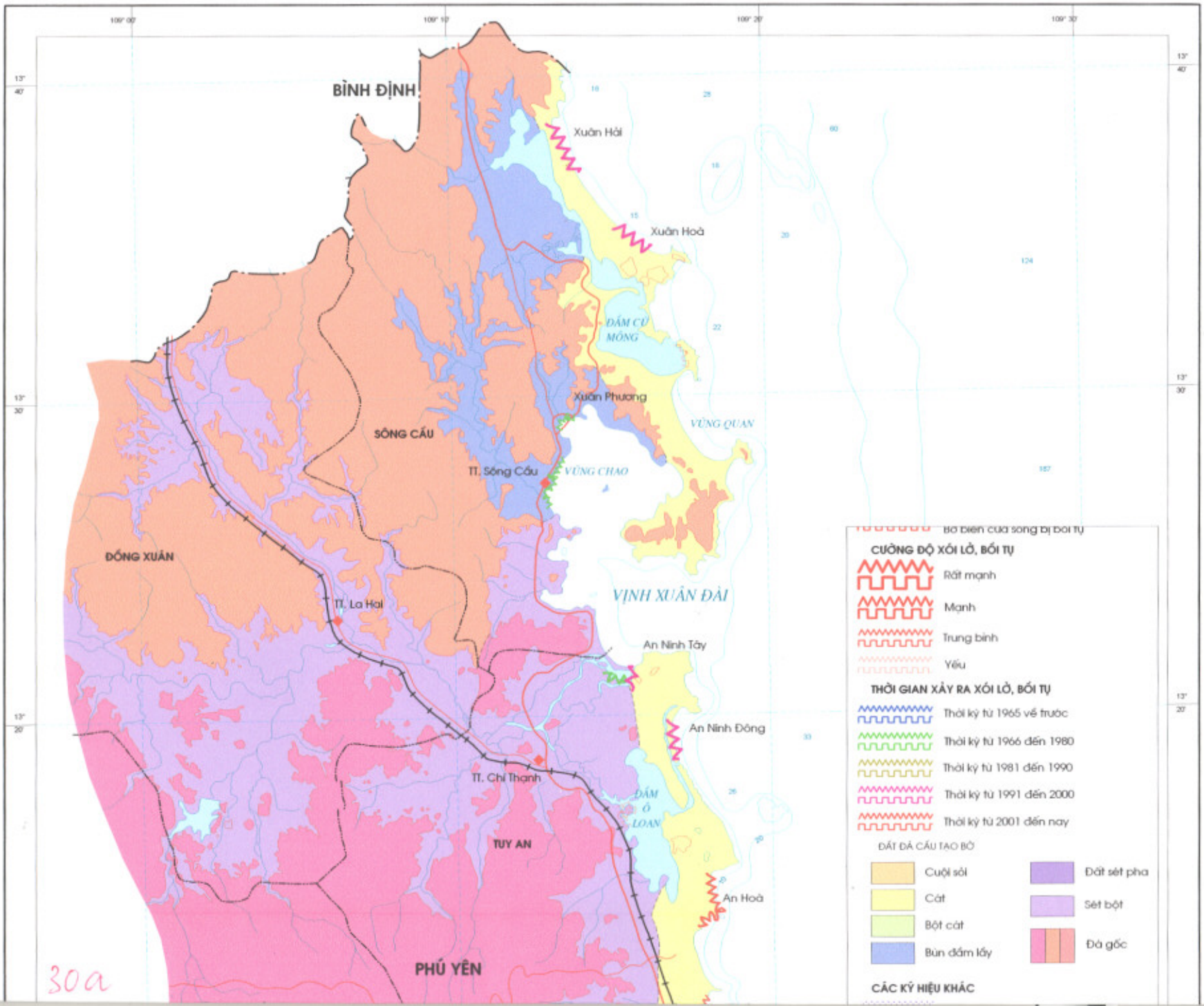
29a



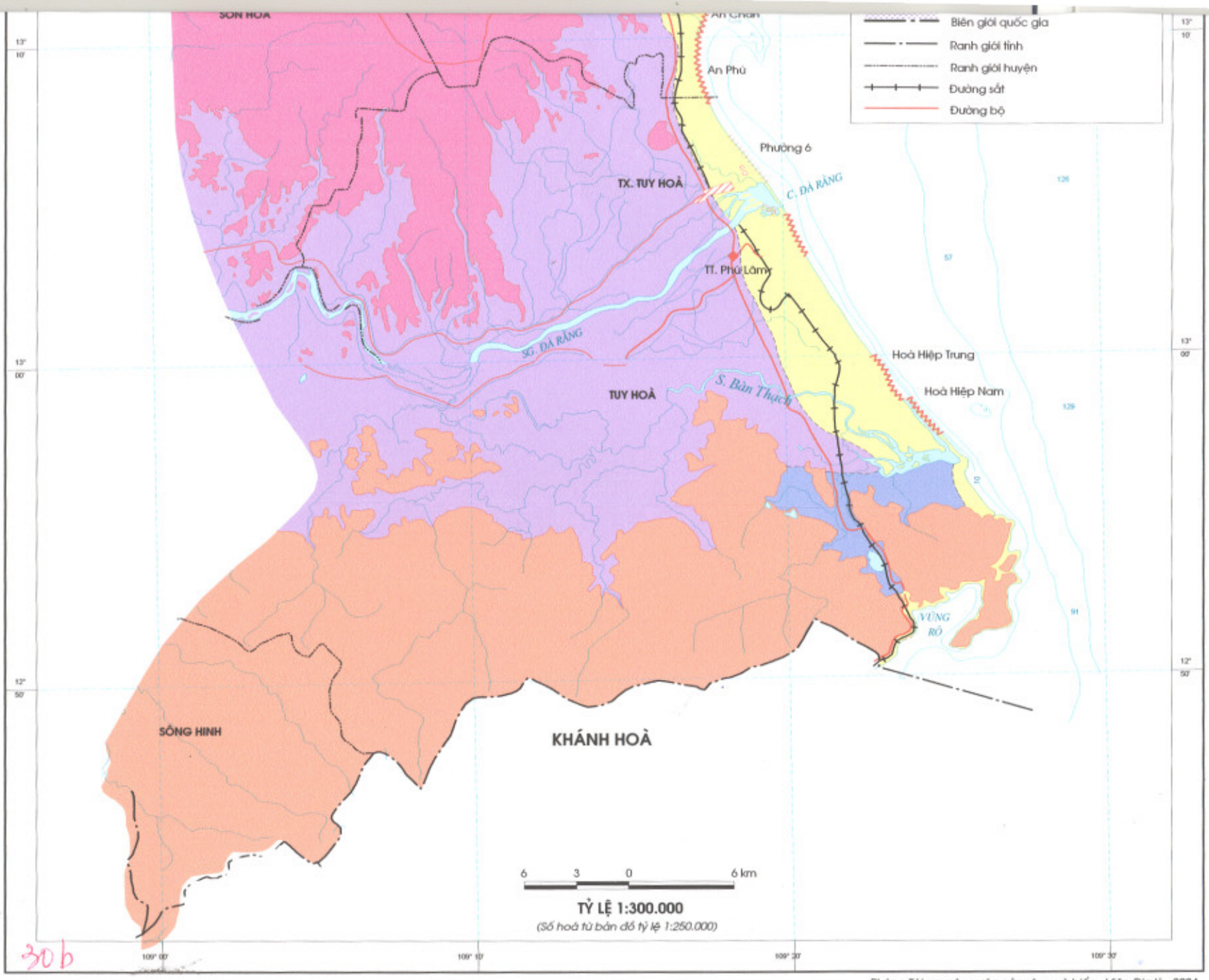
Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

296

HÌNH 3.7. BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG TỈNH QUẢNG NGÃI ĐẾN NĂM 2004


BÌNH ĐỊNH
Xuân Hải
Xuân Hoà
ĐẦM CỦ MÔNG
Xuân Phương
VŨNG QUAN
SÔNG CẦU
TT. Sông Cầu
VŨNG CHAO
ĐỒNG XUÂN
TT. La Hai
VỊNH XUÂN ĐÀI
An Ninh Tây
An Ninh Đông
TT. Chí Thạnh
ĐẦM Ô LOAN
TUY AN
An Hoà
PHÚ YÊN
Bờ biển của sông bị bồi tụ
CƯỜNG ĐỘ XÓI LỞ, BỒI TỤ
Rất mạnh
Mạnh
Trung bình
Yếu
THỜI GIAN XẢY RA XÓI LỞ, BỒI TỤ
Thời kỳ từ 1965 về trước
Thời kỳ từ 1966 đến 1980
Thời kỳ từ 1981 đến 1990
Thời kỳ từ 1991 đến 2000
Thời kỳ từ 2001 đến nay
ĐẤT ĐÁ CẤU TẠO BỜ
Cuội sỏi
Cát
Bột cát
Bùn đầm lầy
Đất sét pha
Sét bột
Đá gốc
CÁC KÝ HIỆU KHÁC

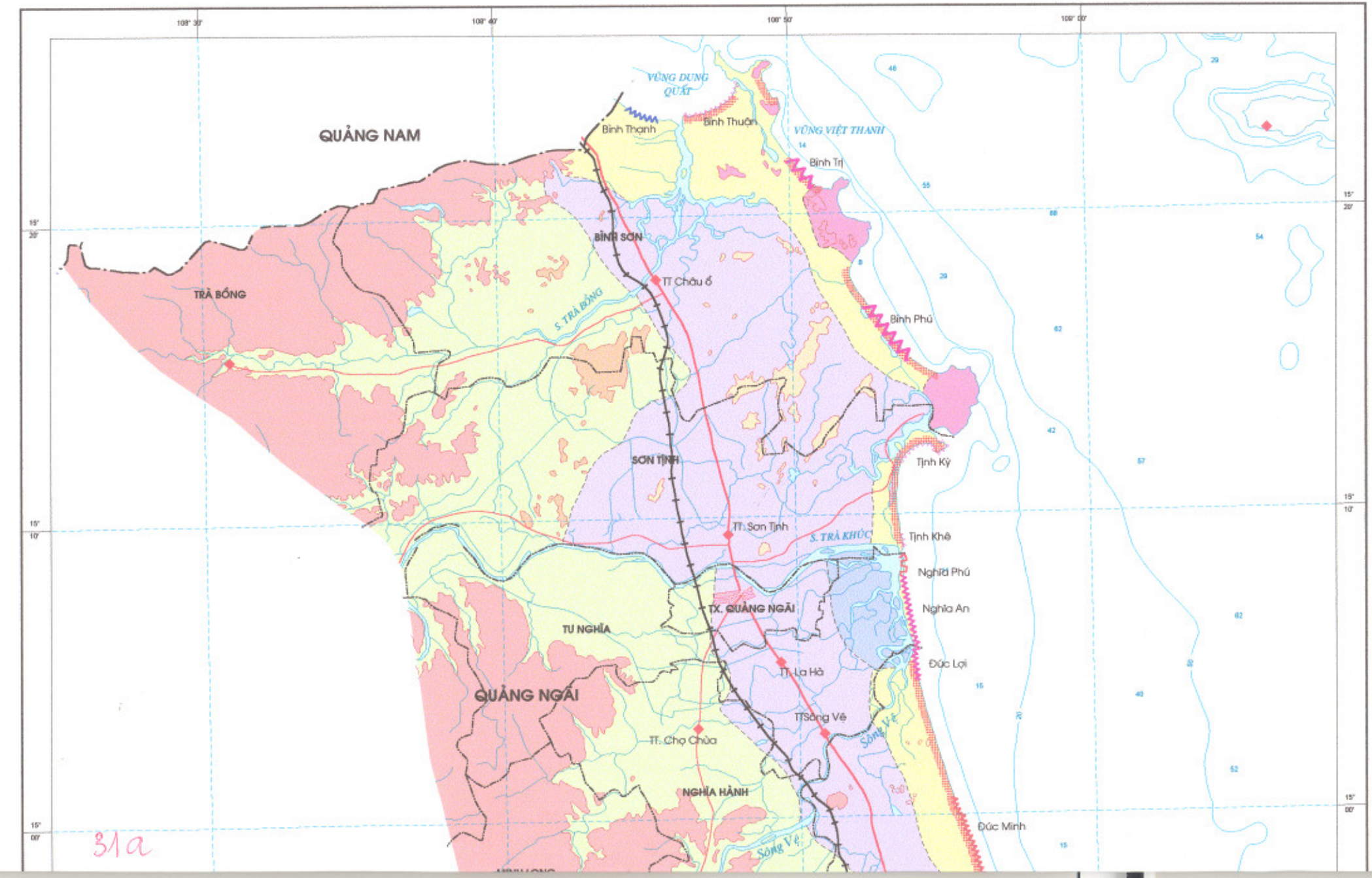
30a

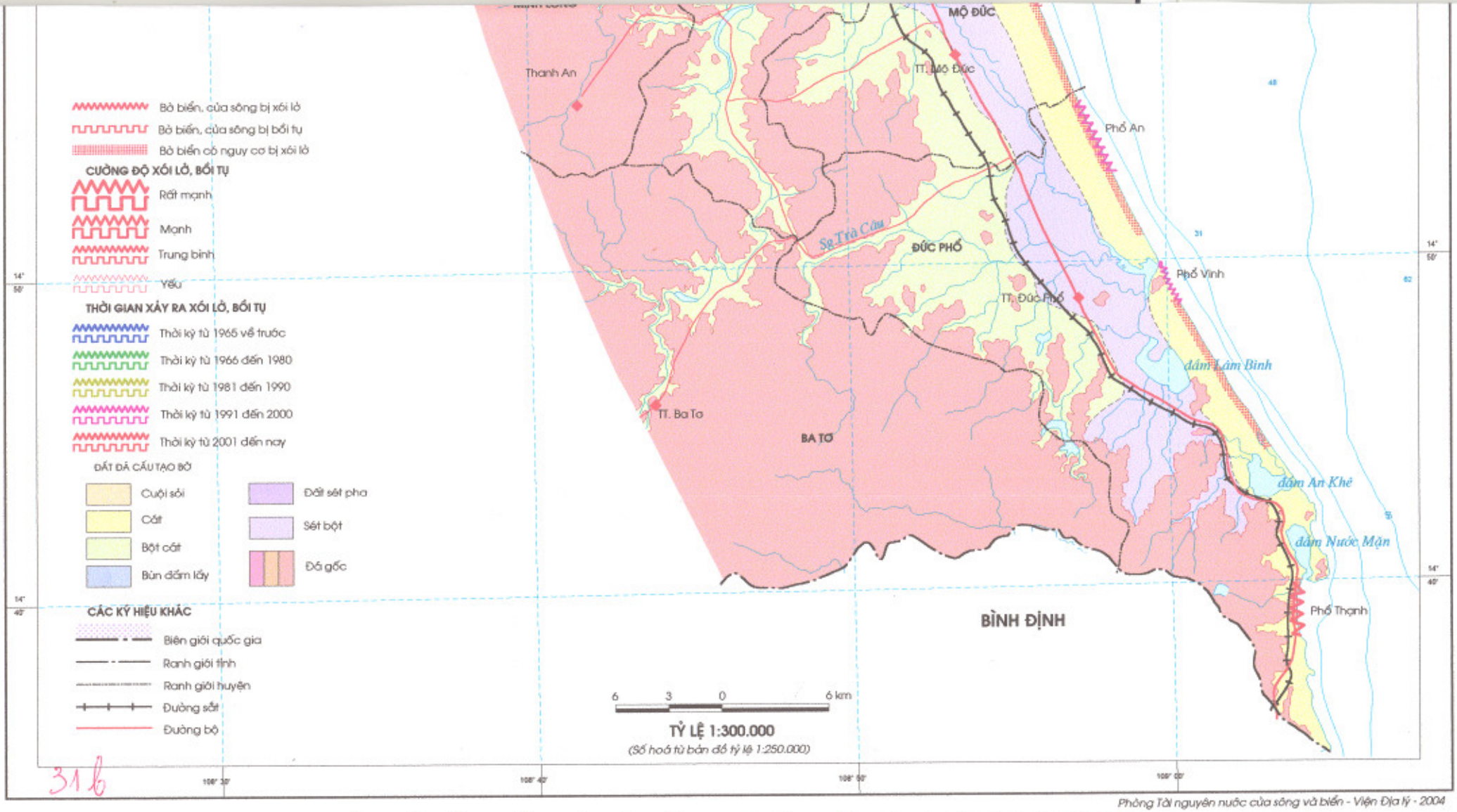


30b

Phòng Tài nguyên nước cửa sông và biển - Viện Địa lý - 2004

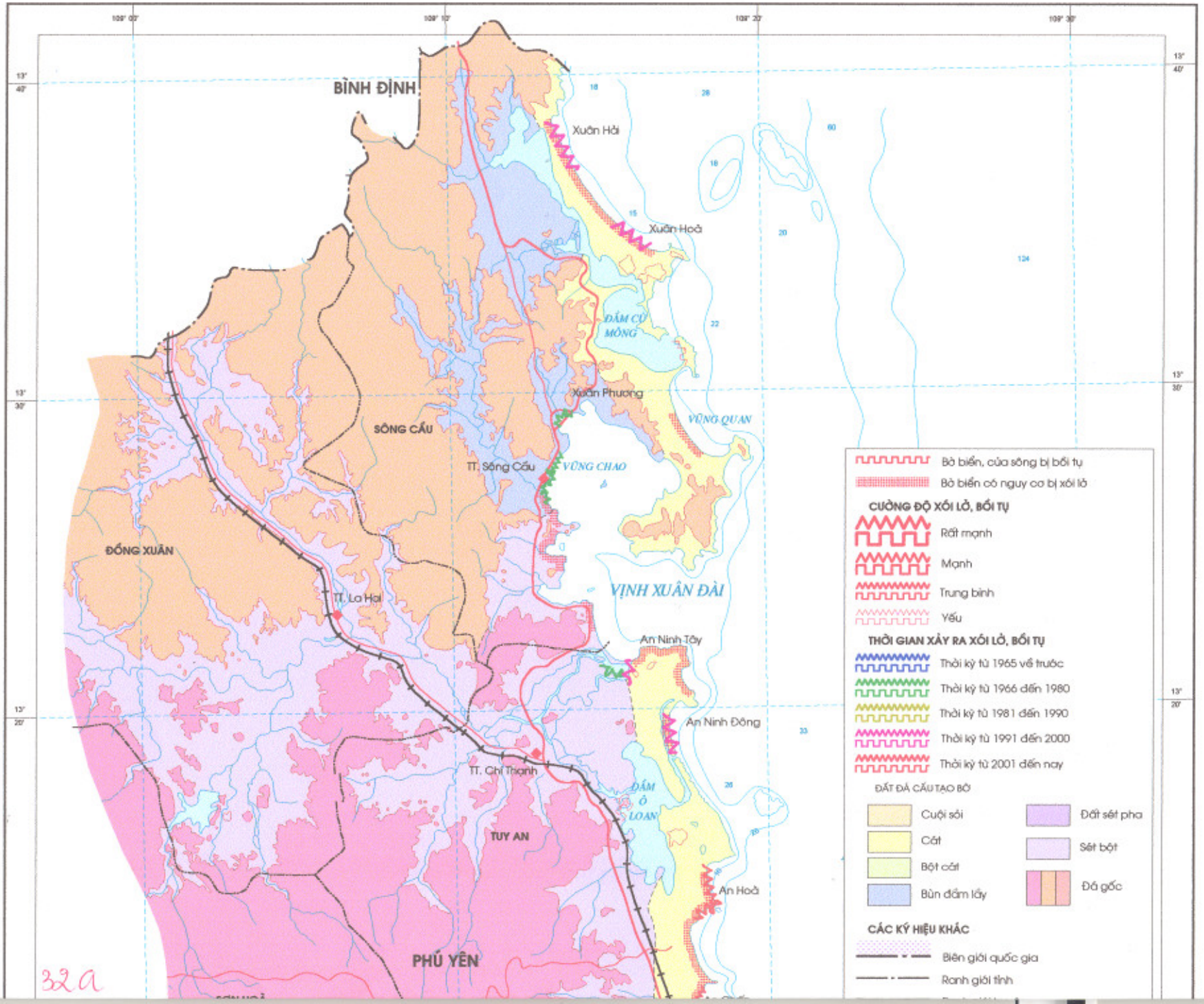
HÌNH 3.8. BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG TỈNH PHÚ YÊN ĐẾN NĂM 2004


108° 30'
108° 40'
108° 50'
109° 00'
15° 20'
15° 10'
15° 00'
VŨNG DUNG QUẤT
VŨNG VIỆT THANH
QUẢNG NAM
Bình Thạnh
Bình Thuận
Bình Trị
BÌNH SƠN
TT Châu ổ
TRÀ BỒNG
S. TRÀ BỒNG
Bình Phú
SƠN TỊNH
Tịnh Kỳ
TT. Sơn Tịnh
S. TRÀ KHÚC
Tịnh Khê
Nghĩa Phú
TX. QUẢNG NGÃI
Nghĩa An
TƯ NGHĨA
Đức Lợi
TT. La Hà
QUẢNG NGÃI
TTSông Vệ
Sông Vệ
TT. Chợ Chùa
NGHĨA HÀNH
Đức Minh
Sông Vệ
31a

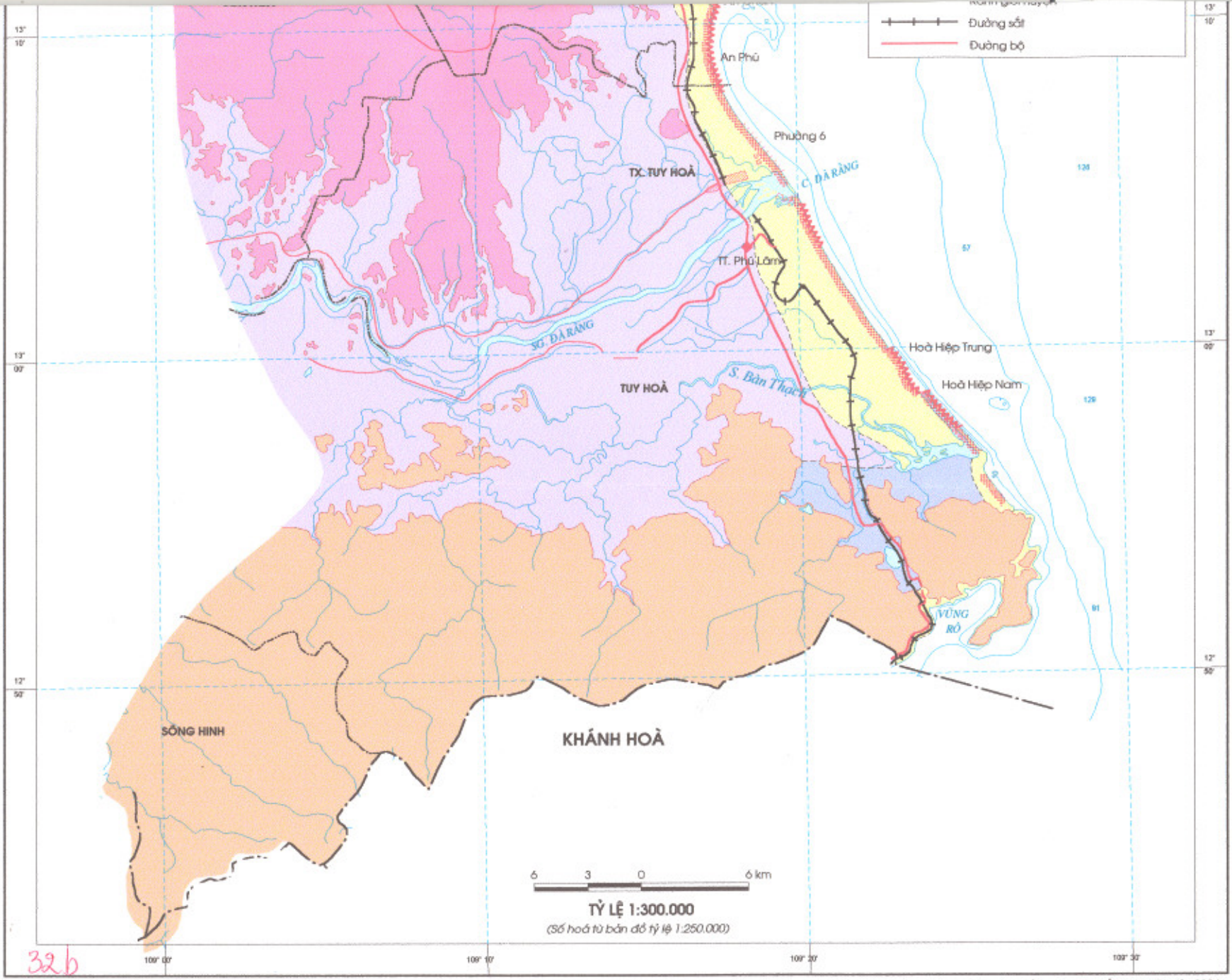


Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HÌNH 4.4. BẢN ĐỒ CẢNH BÁO XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG TỈNH QUẢNG NGÃI


BÌNH ĐỊNH
Xuân Hải
Xuân Hoà
ĐẦM CỦ MÔNG
Xuân Phương
VŨNG QUAN
SÔNG CẦU
TT. Sông Cầu
VŨNG CHÁO
ĐỒNG XUÂN
TT. La Hai
VỊNH XUÂN ĐÀI
An Ninh Tây
An Ninh Đông
TT. Chí Thạnh
ĐẦM Ô LOAN
TUY AN
An Hoà
PHÚ YÊN
Bờ biển, cửa sông bị bồi tụ
Bờ biển có nguy cơ bị xói lở
CƯỜNG ĐỘ XÓI LỞ, BỒI TỤ
Rất mạnh
Mạnh
Trung bình
Yếu
THỜI GIAN XẢY RA XÓI LỞ, BỒI TỤ
Thời kỳ từ 1965 về trước
Thời kỳ từ 1966 đến 1980
Thời kỳ từ 1981 đến 1990
Thời kỳ từ 1991 đến 2000
Thời kỳ từ 2001 đến nay
ĐẤT ĐÁ CẤU TẠO BỜ
Cuội sỏi
Cát
Bột cát
Bùn đầm lầy
Đất sét pha
Sét bột
Đá gốc
CÁC KÝ HIỆU KHÁC
Biên giới quốc gia
Ranh giới tỉnh

32a



Phòng Tài nguyên nước của sông và biển - Viện Địa lý - 2004

HÌNH 4.5. **BẢN ĐỒ CẢNH BÁO XÓI LỞ, BỒI TỤ BỜ BIỂN, CỬA SÔNG TỈNH PHÚ YÊN**