

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KỸ THUẬT BIỂN**

**BÁO CÁO TÓM TẮT KẾT QUẢ THỰC HIỆN
NHIỆM VỤ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TỈNH**

**RÀ SOÁT, ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ AN TOÀN CỦA
HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG VÙNG
CỬA SÔNG VEN BIỂN DO XÓI LỎ, TRIỀU CƯỜNG VÀ
ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG
CHỐNG CHỊU TRONG GIAI ĐOẠN 2025-2035 TRÊN
ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH**

**Tổ chức chủ trì: Viện Kỹ thuật Biển
Chủ nhiệm nhiệm vụ: TS. Lê Văn Tuấn**

TP. HỒ CHÍ MINH – 2026

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KỸ THUẬT BIỂN

**BÁO CÁO TÓM TẮT KẾT QUẢ THỰC HIỆN
NHIỆM VỤ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TỈNH
RÀ SOÁT, ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ AN TOÀN CỦA HỆ THỐNG
ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CÔNG VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN
DO XÓI LỎ, TRIỀU CƯỜNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP
ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG CHỐNG CHỊU TRONG GIAI ĐOẠN
2025-2035 TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH**

Chủ nhiệm nhiệm vụ



TS. Lê Văn Tuấn



Tổ chức chủ trì

VIỆN TRƯỞNG

Phạm Văn Tùng

DANH SÁCH NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

TT	Họ và tên, học hàm học vị	Chức danh nghiên cứu nhiệm vụ	Tổ chức công tác
1	TS. Lê Văn Tuấn	Chủ nhiệm đề tài	Viện Kỹ thuật Biển
2	ThS. Hoàng Đức Cường	Thư ký đề tài	Viện Kỹ thuật Biển
3	PGS. TS Hoàng Văn Huân	Thành viên chính	Viện Kỹ thuật Biển
4	PGS. TS Nguyễn Thế Biên	Thành viên chính	Viện Kỹ thuật Biển
5	TS. Nguyễn Anh Tiến	Thành viên chính	Viện Kỹ thuật Biển
6	ThS. Nguyễn Thị Kim Thảo	Thành viên chính	Viện Kỹ thuật Biển
7	TS. Đặng Thanh Lâm	Thành viên	Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam
8	ThS. Hồ Công Toàn	Thành viên	Viện Kỹ thuật Biển
9	ThS. Hoàng Thị Kim Anh	Thành viên	Sở Nông nghiệp và Môi trường TP. Hồ Chí Minh - Chi Cục Thủy lợi
10	ThS. Diệp Như Bình	Thành viên	Chi cục thủy lợi tỉnh Vĩnh Long
11	ThS. Lê Minh Truyền	Thành viên	Ban quản lý dự án Nông nghiệp tỉnh Vĩnh Long
12	CN. Phạm Anh Huy	Thành viên	Viện Kỹ thuật Biển
13	KS. Nguyễn Thị Thạch Thảo	Thành viên	Viện Kỹ thuật Biển
14	KS. Trần Thị Chúc Linh	Thành viên	Viện Kỹ thuật Biển
15	KS. Nguyễn Thiên Phúc	Thành viên	Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG HCM
16	CN. Nguyễn Thị Diễm Trinh	Thành viên	Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Vĩnh Long

MỤC LỤC

MỤC LỤC	i
DANH MỤC KÍ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	iv
DANH MỤC BẢNG BIỂU	v
DANH MỤC HÌNH ẢNH	vi
1. MỞ ĐẦU	1
1.1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI	1
1.2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU	2
1.3. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU	3
1.3.1. Phạm vi nghiên cứu	3
1.3.2. Đối tượng nghiên cứu	3
1.4. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU	3
1.5. SẢN PHẨM ĐẠT ĐƯỢC CỦA ĐỀ TÀI	3
2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	9
2.1. DỮ LIỆU SỬ DỤNG	9
2.1.1. Dữ liệu địa hình	9
2.1.2. Dữ liệu địa chất, địa mạo	9
2.1.3. Dữ liệu hiện trạng công trình thủy lợi và hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở khu vực nghiên cứu	9
2.1.4. Dữ liệu thủy hải văn, sụt lún	9
2.1.5. Dữ liệu miền tính, mạng sông	10
2.1.6. Kịch bản mô phỏng chế độ mực nước, dòng chảy	10
2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	10
3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CHẾ ĐỘ MỰC NƯỚC, DÒNG CHẢY KHI XẢY RA TRIỀU CƯỜNG, NƯỚC BIỂN DÂNG; ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ NGẬP LỤT, SỤT LÚN ĐẾN AN TOÀN ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG	11
3.1. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ MỰC NƯỚC, DÒNG CHẢY	11
3.2. ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ NGẬP LỤT, SỤT LÚN VÀ SẠT LỎ ĐẾN AN TOÀN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO VÀ CỬA CỐNG	12
3.2.1. Sự ảnh hưởng của ngập lụt đến ven sông ven biển tỉnh Trà Vinh	12
3.2.2. Sự ảnh hưởng của sụt lún bề mặt đến đê bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển	13
3.2.3. Sự ảnh hưởng của xói lở bờ sông đến hệ thống bờ bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển	15
4. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ AN TOÀN VÀ XÁC NGUYÊN NHÂN, CƠ CHẾ GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG	16
4.1. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ AN TOÀN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH	16
4.1.1. Tiêu chí đánh giá an toàn đê bao, bờ bao	16
4.1.2. Kết quả đánh giá	16

4.2. XÁC ĐỊNH CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH.....	17
4.2.1. Yếu tố khách quan.....	17
a, Địa hình.....	17
b, Địa chất.....	17
c, Địa mạo.....	17
d, Thủy triều.....	17
e, Dòng chảy.....	17
f, Sóng.....	17
g, Xói lở- Sạt lở (do nguyên nhân tổng hợp).....	17
h, Biến đổi khí hậu.....	18
4.2.2. Yếu tố chủ quan.....	18
a) Kết cấu công trình.....	18
b) Cao trình đỉnh và vị trí tuyến.....	18
c) Quy trình thi công và vật liệu đắp đê.....	19
d) Sự xuống cấp của công trình sau thời gian sử dụng.....	19
e) Chất tải bờ sông.....	19
f) Xây dựng đập thượng nguồn và khai thác cát.....	19
g) Giao thông thủy.....	20
h) Sụt lún đất do khai thác nước ngầm.....	20
i) Nuôi trồng thủy sản ven bờ sông.....	20
4.2.3. Xác định nguyên nhân sạt lở tại 4 khu vực đại diện.....	20
4.3. XÁC ĐỊNH CÁC CƠ CHẾ GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG Ở CỬA SÔNG VEN BIỂN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH.....	23
4.3.1. Xói lở.....	23
4.3.2. Mất ổn định nền.....	23
4.3.3. Phá hoại kết cấu.....	23
4.3.4. Tràn nước.....	24
4.3.5. Thẩm.....	24
5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO AN TOÀN CHO HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG VEN SÔNG LỚN TỈNH TRÀ VINH GIAI ĐOẠN 2025 - 2035.....	24
5.1. CƠ SỞ PHÁP LÝ VÀ THIẾT KẾ TIÊU CHÍ CHO CÁC GIẢI PHÁP ..	24
5.1.1. Cơ sở pháp lý.....	24
5.1.2. Thiết kế tiêu chí cho các giải pháp.....	24
5.2. GIẢI PHÁP TỔNG THỂ ĐẢM BẢO AN TOÀN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG GIAI ĐOẠN 2025-2035.....	24
5.2.1. Giải pháp tổng thể.....	25
5.2.2. Giải pháp phi công trình.....	25
5.2.3. Giải pháp công trình.....	25
5.3. THIẾT KẾ ĐIỂN HÌNH CÁC GIẢI PHÁP KẾT CẤU MẪU	25

5.3.1. Tuyến đê bao, bờ bao.....	25
5.3.2. Giải pháp xây dựng và nâng cấp kết cấu đê bao	25
5.3.3. Giải pháp xây dựng và nâng cấp kết cấu bờ bao	26
5.3.4. Giải pháp giảm sóng, dòng chảy, gây bồi tạo bãi chống xói lở bờ sông khu vực có tuyến bờ bao.....	27
5.3.5. Giải pháp gia cố cho các khu vực cửa cống.....	30
5.4. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MỚI, VẬT LIỆU MỚI TRONG NÂNG CẤP VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO.....	30
5.4.1. Túi bọc vải địa kỹ thuật	30
5.4.2. Vải HDPE chống thấm.....	30
5.4.3. Bê tông mẫn sử dụng cát biển.....	31
5.4.4. Cấu kiện lắp ghép T249	31
5.4.5. Cấu kiện Bê tông (hoặc nhựa) lắp ghép chống tràn đỉnh bờ bao	31
5.4.6. Nhà sàn vùng ngập lụt	32
5.4.7. Hồ điều hoà giảm ngập sau bờ bao	32
5.5. ĐỀ XUẤT DANH MỤC ĐẦU TƯ CHO CÁC KHU VỰC CỤ THỂ	34
6. XÂY DỰNG BỘ CƠ SỞ DỮ LIỆU, BẢN ĐỒ SỐ VÀ WEBGIS PHỤC VỤ TRA SOÁT VÀ QUẢN LÝ HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG	43
6.1. XÂY DỰNG BỘ CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ BẢN ĐỒ SỐ HÓA.....	43
6.1.1. Bộ cơ sở dữ liệu	43
6.1.2. Xây dựng bản đồ số hóa tỷ lệ 1:25.000	43
6.2. XÂY DỰNG WEBGIS HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG ..	44
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	46
KẾT LUẬN	46
KIẾN NGHỊ	49
TÀI LIỆU THAM KHẢO	50

DANH MỤC KÍ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

BĐKH	:	Biến đổi Khí hậu
DEM	:	Mô hình cao độ số (Digital Elevation Model)
DHI	:	Viện Thủy Lực Đan Mạch (Denmark Hydraulic Institute)
ĐBSCL	:	Đồng bằng sông Cửu Long
ĐCTV	:	Địa chất thủy văn
FM	:	Flow Model
GIS	:	Geographic Information System (Hệ thống thông tin địa lý)
GIZ	:	Tổ chức Hợp tác phát triển Cộng hoà Liên Bang Đức
HD	:	Thủy động lực học (Hydrodynamic)
KHCN	:	Khoa học Công nghệ
KVNC	:	Khu vực nghiên cứu
KTTV	:	Khí tượng, thủy văn
KT-XH	:	Kinh tế- Xã hội
NBD	:	Nước biển dâng
NDĐ	:	Nước dưới đất
NN&MT	:	Nông nghiệp và Môi trường
NOAA	:	Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương Quốc gia Mỹ (National Oceanic and Atmospheric Administration)
PCTT	:	Phòng chống thiên tai
TCVN	:	Tiêu chuẩn Việt Nam
TNN	:	Tài nguyên nước
UBND	:	Ủy ban Nhân Dân
Viện KTB	:	Viện Kỹ thuật Biển

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 4.1. Phân loại an toàn đê.....	16
Bảng 4.2. Đặc trưng các khu vực đại diện.....	21
Bảng 4.3. Phân nhóm và định lượng các nguyên nhân gây mất an toàn đê bao, bờ bao tại 4 vùng đại diện	22
Bảng 5.1. Các dự án/công trình đề xuất dọc tuyến đê bao, bờ bao sông Hậu	34
Bảng 5.2. Các dự án/công trình đề xuất dọc tuyến đê bao, bờ bao sông Cổ Chiên	38

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 3.1. Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao ven sông Hậu và Cổ Chiên ở KVNC theo hiện trạng năm 2023	12
Hình 3.2. Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao ven sông Hậu và Cổ Chiên ở KVNC theo RCP4.5 năm 2035	13
Hình 3.3. Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao ven sông Hậu và Cổ Chiên ở KVNC theo RCP8.5 năm 2035	13
Hình 3.4. Bản đồ phân vùng tốc độ sụt lún hiện trạng khu vực ven sông ảnh hưởng đến hệ thống đê bao	14
Hình 3.5. Phân vùng dự báo sụt lún vào năm 2035 khu vực ven sông Hậu và Cổ Chiên ảnh hưởng đến hệ thống đê bao	14
Hình 3.6. Đường tốc độ và độ lún trung bình hiện trạng và dự báo đến năm 2035	15
Hình 3.7. Bản đồ dự báo diễn biến xói lở, sạt lở bờ sông Cổ Chiên và sông Hậu đoạn qua địa phận KVNC đến năm 2030	16
Hình 4.1. Minh họa vị trí 4 khu vực nghiên cứu đại diện	20
Hình 4.2. Các giai đoạn và tiến trình gây mất ổn định hệ thống	24
Hình 5.1. Sơ đồ tổng thể giải pháp đảm bảo an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống giai đoạn 2025-2035.....	25
Hình 5.2. Mặt cắt ngang điển hình giải pháp xây dựng mới đê bao	25
Hình 5.3. Mặt cắt ngang điển hình giải pháp xây dựng mới đê bao với mái đê phía sông được gia cố xói mòn do ngập của triều cường.....	26
Hình 5.4. Mặt cắt ngang điển hình bờ bao gia cố mái và chân khay	26
Hình 5.5. Mặt cắt ngang điển hình nâng cấp cao trình và mở rộng bờ bao kết hợp gia cố mái	26
Hình 5.6. Mặt cắt ngang điển hình bờ bao nâng cấp cao trình và mở rộng kết hợp gia cố và màng chống thấm ở mái HDPE	26
Hình 5.7. Mặt cắt ngang điển hình bờ bao nâng cấp cao trình và mở rộng kết hợp gia cố và vật chống thấm ở giữa thân bờ bao	26
Hình 5.8. Mặt bằng (hình trên) và cắt ngang điển hình (hình dưới) giải pháp gây bồi tạo bãi ven sông.....	27
Hình 5.9. Mặt bằng bố trí hệ thống cừ dừ và cừ tràm.....	27
Hình 5.10. Minh họa bố trí công trình khu vực sạt lở.....	27
Hình 5.11. Mặt cắt dọc thiết kế mô hàn cọc vuông góc với mép bờ.....	28
Hình 5.12. Mặt cắt ngang điển hình kè tạm chống sạt lở bờ.....	28
Hình 5.13. Mặt cắt ngang điển hình kè bán kiên cố.....	29
Hình 5.14. Mặt cắt ngang điển hình kè sinh thái.....	29
Hình 5.15. Mặt cắt ngang điển hình kè bảo vệ bờ loại 1	29
Hình 5.16. Mặt cắt ngang điển hình kè bảo vệ bờ loại 2	30
Hình 5.17. Mặt cắt ngang điển hình kè bảo vệ bờ loại 3	30
Hình 5.18. Minh họa giải pháp kè sinh thái bằng các túi bọc vải địa kỹ thuật.....	30
Hình 5.19. Bố trí màng chống thấm ở thượng lưu có lớp bảo vệ	30
Hình 5.20. Cấu kiện bê tông ngầm khoá biên trên dưới (hình minh họa cấu kiện có mô giảm sóng, dòng chảy)	31
Hình 5.21. Minh họa cừ bản nhựa làm tường chắn ở ao, hồ	31
Hình 5.22. Minh họa mô hình nhà ở thích nghi ngập úng.....	32
Hình 5.23. Ao cá không sử dụng có thể tận dụng làm hồ trữ nước ngọt hoặc sử dụng khi ứng phó sự cố vỡ bờ bao.....	32

Hình 5.24. Minh hoạ hồ điều hòa kết hợp trữ nước ngọt phục vụ tưới tiêu, ứng phó sự cố vỡ bờ bao và kết hợp du lịch sinh thái.....	33
Hình 6.1. Bản đồ hiện trạng mức độ chất lượng.....	43
Hình 6.2. Bản đồ hiện trạng mức độ an toàn	43

1. MỞ ĐẦU

1.1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Khu vực nghiên cứu (KVNC) nằm dọc 02 tuyến sông Hậu và sông Cổ Chiên thuộc phường Long Đức, Hoà Minh và các xã An Phú Tân, Nhị Long, Hưng Mỹ, Hoà Minh, Vinh Kim, Long Hoà, Mỹ Long, Long Hữu, Long Vĩnh, Đại An, Hàm Giang, Lưu Nghiệp Anh, Phong Thạnh và xã Tân Hoà với 03 cửa sông Cổ Chiên, Cung Hầu, Định An và giáp biển rất nhạy cảm và dễ bị tổn thương trước thiên tai như: Sạt lở bờ sông, sụt lún, ngập lụt, biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD). KVNC trước kia là vùng cửa sông, ven biển của tỉnh Trà Vinh cũ (bây giờ là tỉnh Vĩnh Long sau sáp nhập) trong thời gian qua được sự quan tâm đầu tư của Trung ương, sự nỗ lực của chính quyền và nhân dân địa phương, kinh tế - xã hội và cơ sở hạ tầng của các địa phương ven sông, ven biển đã có những phát triển đáng ghi nhận. Theo Nghị quyết 01/NQ-HĐND ngày 27/02/2023 về việc thông qua quy hoạch phát triển tỉnh Trà Vinh (nay là tỉnh Vĩnh Long) thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, toàn tỉnh ưu tiên phát triển kết cấu hạ tầng nông thôn, tăng cường xã hội hóa đầu tư các công trình kết cấu hạ tầng để phục vụ mục tiêu phát triển các loại hình du lịch như: Văn hóa - lễ hội, biển, sinh thái miệt vườn và kết hợp đầu tư nông nghiệp và phát triển du lịch,...

Trong khoảng 10 năm trở lại đây, dưới áp lực phát triển kinh tế - xã hội từ phía thượng nguồn sông Mê Kông, bùn cát phía thượng nguồn bị giữ lại có thể gây xói sâu (hạ thấp) lòng dẫn sông phía hạ lưu kéo theo mực nước chân triều hạ lưu bị biến dạng theo làm ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông, đê bao, bờ bao, cửa cống nghiêm trọng và khai thác tài nguyên nước phục vụ cho nông nghiệp, thủy sản và dân sinh ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), tỉnh Vĩnh Long nói chung và KVNC nói riêng. BĐKH-NBD ngày càng diễn biến bất thường, mực nước năm sau cao hơn năm trước và sụt lún đồng bằng trầm trọng dẫn đến các cực trị mực nước không ngừng gia tăng gây nguy cơ ngập lụt nặng, sạt lở bờ sông và bờ bao vùng ven sông, ven biển cao hơn và khả năng tiêu thoát nước, giảm ngập úng kém hơn. Các hoạt động khai thác do con người gây ra như: Khai thác cát, lấn chiếm và xây dựng công trình ven sông, trong phạm vi an toàn đê bao, bờ bao và nuôi trồng thủy sản, khai thác nước dưới đất... làm cho vấn đề sạt lở bờ sông nghiêm trọng hơn, bờ sông bị hạ thấp do sụt lún, hạ tầng và đường giao thông bị lún gây mất an toàn đê bao, bờ bao, cửa cống ngày càng kém đi.

Hệ thống đê bao, bờ bao là công trình đa mục tiêu nhằm bảo vệ an toàn cho người dân, cơ sở hạ tầng, phát triển sản xuất, đồng thời biết tận dụng công trình kiểm soát lũ để lấy phù sa, thủy sản và vệ sinh đồng ruộng. Nhiều năm qua, bằng nguồn vốn của Trung ương, tỉnh Vĩnh Long đã đầu tư, xây dựng nhiều công trình đê, kè ven biển, đê bao kết hợp giao thông ven sông để chắn sóng, ngăn triều cường. Do nguồn kinh phí đầu tư theo từng giai đoạn, một số công trình không được thực hiện đồng bộ nên tình trạng sạt lở chưa được khắc phục hoàn toàn. Tình hình thiên tai, BĐKH, triều cường dâng cao, dòng chảy mạnh ngày càng diễn biến phức tạp đã gây vỡ bờ bao, hư hỏng cửa cống và ngập lụt ven sông phía ngoài đê bao, các hoạt động giao thông thủy trên các con sông đã tạo nên những đợt sóng mạnh vỗ vào bờ bao chủ yếu đất đắp bờ rời làm cho nhiều đoạn bờ bao và một số cửa cống tại khu vực cửa sông ven biển tỉnh Vĩnh Long. Chính điều này đã gây ra sạt lở nghiêm trọng có xu hướng ăn sâu vào phạm vi bên trong, đe dọa đến tính mạng, gây thiệt hại về tài sản, nhà ở, cơ sở hạ tầng và hoa màu của nhiều hộ dân. Vì vậy, vấn đề đảm bảo an toàn các tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống ở các cửa sông, ven biển đang mất ổn định là vấn đề cần thiết và cấp bách.

Hiện nay, hệ thống công trình thủy lợi ở tỉnh Vĩnh Long và KVNC đã tương đối

khép kín nhưng quá trình điều tiết nước ra khi lũ rút còn khó khăn nên hệ thống đê, bờ bao thường xuống cấp và cần tu sửa thường xuyên. Về sạt trượt mái bờ bao, cửa cống: Tốc độ sạt trượt diễn ra nhanh hơn, nhất là khi triều cường dâng cao và xu hướng tiến sát đến chân các tuyến bờ bao hiện hữu và hạ lưu các cống đầu mối. Xu thế này tiếp tục diễn ra sẽ gây ảnh hưởng lớn đến ổn định bờ sông, toàn bộ hệ thống bờ bao và quá trình vận hành các cống điều tiết. Hoạt động khai thác và lấn chiếm hành lang an toàn trên hệ thống đê bao kết hợp đường ở KVNC đã tạo ra tải trọng lớn lên đê bao, gây hư hỏng và lún bề mặt, sau thời gian cao trình đỉnh và kết cấu hệ thống đê bao sẽ bị ảnh hưởng và suy giảm chức năng bảo vệ vùng sản xuất phía trong nội đồng. Chính vì vậy, chính quyền các địa phương và nhân dân nhiều lần gia cố, khắc phục tạm thời hạn chế tình trạng sạt lở, tuy nhiên, các giải pháp sử dụng vật liệu là các bao cát đựng trong các túi nilong, tuổi thọ không cao, biện pháp khắc phục thiếu tính tổng thể và chưa đánh giá được diễn biến trong tương lai. Vấn đề đặt ra là kết cấu đê, kè bảo vệ cửa cống như hiện tại có khả năng đảm bảo ổn định hay không, với những nguy cơ do xói lở, triều cường kết hợp sụt lún đất, sự xâm lấn của dòng chảy sông do xói lở đến sát chân bờ bao, bờ sông kết hợp sóng gió thì kết cấu mái bằng đất có đảm bảo chống chịu được hay không trong tương lai. Có cần thiết phải điều chỉnh tuyến đê và nâng cấp kết cấu (độ bền, vật liệu, cao trình đỉnh đê) của đê bao và thiết kế giải pháp kè mới để bảo vệ cửa cống hay giữ nguyên như hiện trạng. Do đó rất cần thiết phải đánh giá hiện trạng tuyến đê bao vùng cửa sông, ven biển và nghiên cứu cơ sở khoa học định hướng nhằm nâng cấp độ ổn định đê bao, thích ứng với khả năng tác động của các yếu tố triều cường, sụt lún, xói lở. Từ đó giúp tỉnh đề xuất các danh mục dự án nhằm nâng cấp xây dựng tuyến đê bao theo từng giai đoạn ưu tiên đầu tư.

Hiện nay, địa phương chưa có bản đồ trực tuyến để theo dõi và trích dẫn các vị trí sạt lở theo từng năm và đánh giá nguy cơ sạt trượt đê bao, bờ bao, cửa cống trong tương lai. Điều này đã làm cho chính quyền địa phương rất khó khăn trong vấn đề đánh giá đoạn nào là xung yếu cần có giải pháp khẩn cấp trong tương lai gần trước các ảnh hưởng ngày càng lớn của triều cường - NBD, mưa cực đoan, sạt lở bờ sông. Bên cạnh đó, hệ thống tài liệu về sụt lún đê bao, đánh giá nguy cơ xảy ra sự cố liên quan đến đê bao, bờ bao, cửa cống trên địa bàn tỉnh vẫn còn hạn chế. Dẫn đến, khi triển khai khắc phục hoặc lập kế hoạch cho các dự án tôn tạo, nâng cấp, làm mới hệ thống đê bao ven sông lớn gặp nhiều khó khăn. Vì vậy, để có cơ sở khoa học phục vụ cho việc đầu tư nâng cấp hệ thống đê bao ven sông Hậu, Cổ Chiên, các cửa sông Cổ Chiên, Cung Hầu, Định An và ven biển tỉnh Vĩnh Long (ngoài hệ thống thủy lợi hiện hữu) thì việc nghiên cứu đề tài khoa học *“Rà soát, đánh giá mức độ an toàn của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông ven biển do xói lở, triều cường và đề xuất giải pháp đảm bảo khả năng chống chịu trong giai đoạn 2025-2035 trên địa bàn tỉnh Trà Vinh”* là rất cần thiết, giúp giải quyết vấn đề phòng chống thiên tai, bảo vệ sản xuất và đời sống của người dân.

1.2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Mục tiêu tổng quát: Đánh giá được hiện trạng, xác định rõ nguyên nhân và đề xuất giải pháp đảm bảo an toàn các tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống ở cửa sông ven biển trên địa bàn tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2025-2035 nhằm góp phần ổn định sản xuất nông nghiệp, phục vụ phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Trà Vinh.

Mục tiêu cụ thể:

- Đánh giá được hiện trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở cửa sông ven biển và các nguyên nhân gây mất an toàn tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống trên địa bàn tỉnh Trà Vinh;
- Đề xuất được giải pháp đảm bảo an toàn tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống trên từng

vùng cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh;

- Thiết kế giải pháp công nghệ kè tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống an toàn cho từng vùng cửa sông ven biển trên địa bàn tỉnh Trà Vinh.

1.3. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

1.3.1. Phạm vi nghiên cứu

Triển khai trên hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống dọc 02 tuyến sông Hậu và sông Cổ Chiên thuộc phường Long Đức, Hoà Minh và các xã An Phú Tân, Nhị Long, Hưng Mỹ, Hoà Minh, Vĩnh Kim, Long Hoà, Mỹ Long, Long Hữu, Long Vĩnh, Đại An, Hàm Giang, Lưu Nghiệp Anh, Phong Thạnh, Tân Hoà thuộc tỉnh Vĩnh Long (khu vực tỉnh Trà Vinh cũ).

1.3.2. Đối tượng nghiên cứu

Như mục tiêu đề cập ở trên, đối tượng nghiên cứu của đề tài là (1) Hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông ven biển trên địa bàn tỉnh Vĩnh Long (khu vực tỉnh Trà Vinh cũ); (2) Các yếu tố tự nhiên chế độ mực nước, dòng chảy, địa chất, địa hình ảnh hưởng đến an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống.

1.4. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

STT	Các nội dung, công việc chủ yếu cần được thực hiện	Kết quả đạt được
1	Nội dung 1: Xây dựng thuyết minh và dự toán nhiệm vụ KH&CN	Tập thuyết minh đề tài+ dự toán
2	Nội dung 1: Điều tra hiện trường, phân tích hiện trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh và khảo sát bổ sung mới tài liệu địa hình	
3	Nội dung 2: Xây dựng mô hình toán tính toán mô phỏng chế độ mực nước, dòng chảy khi xảy ra trường hợp triều cường và nước biển dâng có thể uy hiếp đến an toàn đê bao, bờ bao, cửa cống (hiện trạng) tỉnh Trà Vinh	Tập báo cáo, số liệu, kết quả tính toán
4	Nội dung 3: Đánh giá mức độ an toàn hiện trạng và xác định các nguyên nhân gây mất ổn định hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh	Tập báo cáo, số liệu
5	Nội dung 4: Đề xuất giải pháp đảm bảo an toàn cho hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ven sông lớn tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2025-2035	Tập báo cáo và dữ liệu
6	Nội dung 5: Xây dựng bộ cơ sở dữ liệu và bản đồ số hóa cho hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh	Tập báo cáo, số liệu, bản đồ
7	Nội dung 9: Xây dựng báo cáo tổng kết, báo cáo tóm tắt của đề tài	Tập báo cáo, tài liệu, số liệu, kết quả, phụ lục

1.5. SẢN PHẨM ĐẠT ĐƯỢC CỦA ĐỀ TÀI

- Sản phẩm Dạng II:

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Ghi chú
		Theo thuyết minh và hợp đồng	Thực tế đạt được	
1	Bộ cơ sở dữ liệu về: - Hệ thống thông tin, tư liệu hiện có về dân sinh, kinh tế - xã hội, tự nhiên (địa hình, địa chất, thủy hải văn,...),... của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống khu vực cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh được thu thập. - Các kết quả điều tra, khảo sát hiện trạng và đo đạc bổ sung mới tài liệu địa hình.	- Trình bày rõ ràng, khoa học, trực quan và có hệ thống theo các tiêu chí cụ thể; các tài liệu - số liệu có nguồn gốc rõ ràng, độ tin cậy cao. - Đảm bảo độ tin cậy; Khối lượng khảo sát đầy đủ.	- 01 Bộ cơ sở dữ liệu, bao gồm: Tập tin mềm, tập tin số (thể hiện trên bản đồ số và WebGIS), Tập tin hình ảnh và video. - 01 Báo cáo Thu thập tài liệu và kết quả khảo sát địa hình.	Đạt
2	Báo cáo điều tra, phân tích hiện trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở khu vực cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh.	Đánh giá rõ thực trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống từng khu vực nghiên cứu.	01 Báo cáo đã tổng hợp các kết quả điều tra hiện trạng và phân tích được mức độ chất lượng của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở khu vực nghiên cứu.	Đạt
3	Báo cáo kết quả khảo sát bổ sung mới địa hình trên 04 khu vực 1, 2, 3, 4 (kèm bộ số liệu) trên địa bàn tỉnh Trà Vinh.	Nêu rõ khối lượng khảo sát, vị trí khảo sát, hình ảnh khảo sát, phương pháp khảo sát, kết quả khảo sát và nhận xét, đánh giá độ tin cậy của kết quả.	01 Báo cáo kết quả khảo sát địa hình 04 khu vực nghiên cứu, thể hiện rõ khối lượng, vị trí, độ tin cậy số liệu điều tra để đầu vào cho các sản phẩm sau và có tập bản vẽ mặt cắt ngang địa hình (tập tin giấy và tập tin số).	Đạt
4	Báo cáo phân tích, đánh giá mức độ an toàn của các đoạn đê bao, bờ bao, cửa cống trên từng vùng cửa sông	Thể hiện được vị trí, phạm vi, quy mô, mức độ an toàn của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống từng khu vực nghiên cứu.	- 01 Báo cáo đã thể hiện được vị trí, phạm vi, quy mô, mức độ an toàn của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống từng khu vực nghiên cứu theo các tiêu chuẩn Việt Nam và cơ sở khoa học.	Đạt

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Ghi chú
		Theo thuyết minh và hợp đồng	Thực tế đạt được	
	ven biển tỉnh Trà Vinh.		- Chi tiết hoá mức độ an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống trên nền bản đồ số.	
5	Báo cáo kết quả mô hình toán mô phỏng những tác động điển hình (sụt lún, ngập lụt, xói ngầm, sạt lở) gây mất an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển tỉnh Trà Vinh.	- Nêu rõ số liệu, phần mềm tính toán mô phỏng. - Mô phỏng mức độ ảnh hưởng của triều cường và nước biển dâng đến hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống bằng mô hình MIKE 21/3 coupled model FM; Mô phỏng sạt lở, xói ngầm bằng phần mềm Geostudio; Kế thừa kết quả tính toán sụt lún, ngập lụt từ các nghiên cứu khác: GIZ 2019, Bộ Tài nguyên và Môi trường 2020, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Trà Vinh (dự án AMD Trà Vinh 2018); - Kiểm định và hiệu chỉnh mô hình đảm bảo độ chặt chẽ, đảm bảo độ chính xác; - Cập nhật được các công trình đê kè, cửa cống, sông - kênh lớn, đầy đủ chính xác; - Đánh giá cập nhật đầy đủ điều kiện biên về trường hợp triều cường và nước biển dâng trong tính toán; - Báo cáo có tính logic, khoa học cao, trình bày đúng định dạng, hình ảnh trường dòng chảy thể hiện rõ, đảm bảo cả chất lượng phổ màu và số lượng trang trình diễn với các thời điểm điển hình.	01 Báo cáo kết quả mô hình toán mô phỏng những tác động điển hình (sụt lún, ngập lụt, xói ngầm, sạt lở) gây mất an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển tỉnh Trà Vinh. - Ghi rõ số liệu, phần mềm tính toán mô phỏng. - Đã cập nhật được các công trình đê kè, cửa cống, sông - kênh lớn, đầy đủ chính xác; Đánh giá cập nhật đầy đủ điều kiện biên về trường hợp triều cường và nước biển dâng trong tính toán. - Kiểm định và hiệu chỉnh mô hình đảm bảo độ chặt chẽ, đảm bảo độ chính xác. - Đã mô phỏng mức độ ảnh hưởng của triều cường và nước biển dâng đến hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống bằng mô hình MIKE 21/3 coupled model FM, giúp nghiên cứu xác định được các mức độ mực nước hiện trạng và tương lai để làm căn cứ cho các thiết kế công trình đê bao, bờ bao ở khu vực nghiên cứu. - Đã kế thừa kết quả nghiên cứu mô phỏng sạt lở bờ sông từ các nghiên cứu đã triển khai ở khu vực nghiên cứu.	Đạt

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Ghi chú
		Theo thuyết minh và hợp đồng	Thực tế đạt được	
			- Đã kế thừa kết quả tính toán sụt lún từ các nghiên cứu khác: GIZ (2019), Bộ Nông nghiệp và Môi trường (2020) và thực hiện mô phỏng ngập lụt theo các kịch bản năm điển hình và cực đoan có ảnh hưởng của BĐKH-NBD.	
6	Báo cáo đánh giá mức độ an toàn hiện trạng và phân tích, đánh giá các nguyên nhân tác động đến mất ổn định hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống (có đánh giá mức độ tác động cho từng vùng chi tiết) tỉnh Trà Vinh.	- Phải làm rõ được mức độ an toàn của các khu vực nghiên cứu qua công tác kiểm tra hiện trường, công tác quản lý vận hành. - Đánh giá đúng nguyên nhân, cơ chế và các yếu tố chính gây xói lở tại các khu vực nghiên cứu, nêu rõ nhân tố nào là chính. - Xem xét đến các nguyên nhân ở tương lai đến năm 2035.	01 Báo cáo: - Trình bày được mức độ an toàn của các khu vực nghiên cứu qua công tác kiểm tra hiện trường, công tác quản lý vận hành. - Đánh giá được nguyên nhân, cơ chế và các yếu tố chính gây xói lở tại các khu vực nghiên cứu, nêu rõ nhân tố nào là chính.	Đạt
7	Báo cáo đề xuất giải pháp đảm bảo an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2025 - 2035.	Các giải pháp công trình và phi công trình hợp lý, hiệu quả, khả thi được đề xuất.	01 Báo cáo trình bày rõ các giải pháp công trình và phi công trình hợp lý, hiệu quả, khả thi và có luận cứ khoa học chặt chẽ.	Đạt
8	Báo cáo và hồ sơ bản vẽ thiết kế sơ bộ các giải pháp kỹ thuật cho từng vùng khác nhau.	- Tuyển công trình hợp lý, phù hợp xu thế biến động bờ sông; - Kết cấu công trình phù hợp đảm bảo mỹ quan, tiết kiệm, ổn định và ít gây ảnh hưởng khu vực lân cận, cao trình phù hợp với mực nước biến đổi khí hậu; - Kết cấu rõ ràng, đủ cao trình và kích thước (có tính kế thừa);	- 01 Báo cáo trình bày về cơ sở thiết kế, các tuyển và kết cấu công trình khoa học, hợp lý và có bảng đề xuất thứ tự ưu tiên, suất đầu tư. - Hồ sơ bản vẽ thiết kế sơ bộ các giải pháp kỹ thuật cho từng vùng khác nhau.	Đạt

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt		Ghi chú
		Theo thuyết minh và hợp đồng	Thực tế đạt được	
		- Bản vẽ có thứ tự ưu tiên đầu tư xây dựng và suất đầu tư xây dựng.		
9	Tập bản đồ số hóa về tuyến đê bao, mức độ an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống,... (Tỷ lệ 1/25.000)	- Bản đồ giấy dạng ATLAS chính xác và đầy đủ, tuân thủ theo quy định hiện hành của Bộ Tài nguyên và Môi trường. - Bản đồ trực tuyến được số hóa trên nền WebGis để truy cập, đủ thông tin, trực quan.	01 tập bản đồ giấy, 01 bộ bản đồ số và thể hiện trên nền WebGIS.	Đạt
10	Tập bản đồ số hóa về kết quả mô phỏng mức độ ngập lụt trong kịch bản hiện trạng của hệ thống đê bao (năm điển hình và cực đoan). (Tỷ lệ 1/25.000)	- Bản đồ giấy dạng ATLAS chính xác và đầy đủ, tuân thủ theo quy định hiện hành của Bộ Tài nguyên và Môi trường. - Bản đồ trực tuyến được số hóa trên nền WebGis để truy cập, đủ thông tin, trực quan.	01 tập bản đồ giấy, 01 bộ bản đồ số và thể hiện trên nền WebGIS.	Đạt
11	Tập bản đồ số hóa dự báo về khả năng rủi ro, mức độ an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2025-2035. (Tỷ lệ 1/25.000)	- Bản đồ giấy dạng ATLAS chính xác và đầy đủ, tuân thủ theo quy định hiện hành của Bộ Tài nguyên và Môi trường. - Bản đồ trực tuyến được số hóa trên nền WebGis để truy cập, đủ thông tin, trực quan.	01 tập bản đồ giấy, 01 bộ bản đồ số và thể hiện trên nền WebGIS.	Đạt
12	Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài (gồm báo cáo chính và báo cáo tóm tắt).	- Thể hiện được phương pháp luận, tiếp cận để giải quyết vấn đề, có tính logic giữa các nội dung. - Thể hiện cơ bản nội dung của Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật, giải quyết mục tiêu của đề tài, đáp ứng yêu cầu của đơn vị đặt hàng.	01 Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài trình bày đầy đủ, khoa học, chặt chẽ về các kết quả nghiên cứu và làm nổi bật các kết quả đạt được cho mục tiêu đề tài.	Đạt

- Sản phẩm Dạng III và Đào tạo:

STT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học cần đạt trong Thuyết minh	Kết quả đạt được	Ghi chú
I. Bài báo		02 bài báo, đạt các tiêu chí của bài báo khoa học.	Đăng trên các Tạp chí khoa học công nghệ chuyên ngành theo danh sách do Hội đồng Giáo sư nhà nước phê duyệt và tạp chí khoa học quốc tế (tập tin mềm đính kèm).	
1	Bài 1	Tên bài: “The influence of roughness coefficient on hydrodynamic simulations: a Case Study at the Co Chien estuary, Mekong delta”.	Tác giả: Nguyễn Thị Kim Thảo, Lê Văn Tuấn Journal of the Polish Mineral Engineering Society, 16.p, http://doi.org/10.29227/IM-2025-01-02-022	Đạt
2	Bài 2	Tên bài: “Application of Mike 21/3 Coupled Model FM for Selecting a Suitable Coastal Protection Structure for Hiep Thanh Commune, Tra Vinh Province (Vietnam)”	Tác giả: Nguyễn Thị Kim Thảo, Lê Văn Tuấn, Võ Lương Hồng Phước. IEEJ Transactions on electrical and electronic engineering, IEEJ Trans 2025, 2-8, DOI:10.1002/tee.70231.	Đạt
II. Đào tạo				
	Cao học	Hỗ trợ đào tạo từ 1 thạc sĩ. Chuyên ngành: - Xây dựng công trình thủy.	Hỗ trợ đào tạo 01 Thạc sĩ; - Họ và tên: Nguyễn Quốc Thịnh; - Chuyên ngành: Xây dựng công trình thủy; - Cơ sở đào tạo: Phân hiệu Trường Đại học Thủy lợi.	Đạt

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. DỮ LIỆU SỬ DỤNG

2.1.1. Dữ liệu địa hình

- Dữ liệu địa hình: Thể hiện các yếu tố mạng lưới sông suối, cao độ nền của KVNC với sự chênh lệch giá trị giữa các vị trí trũng thấp với các vị trí có cao độ nền cao. Những dữ liệu trên được mã hóa và lưu trữ dưới dạng số (tọa độ, độ cao, các số liệu thuộc tính). Dữ liệu địa hình bao gồm: Dữ liệu năm 2023 thu thập từ dự án “*Điều tra, nghiên cứu, lập bản đồ tọa độ các khu vực an toàn trên biển, các khu vực tránh sóng, tránh bão khu vực biển tỉnh Trà Vinh*”, dữ liệu năm 2022 thu thập từ đề tài “*Đánh giá, dự báo chế độ dòng chảy (lưu lượng, mực nước, chất lượng nước) và diễn biến bồi xói tuyến sông Cổ Chiên và sông Hậu tỉnh Trà Vinh*” và “*Rà soát, đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông (nội vùng), bờ biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050*” 0) để triển khai ở KVNC.

- Dữ liệu bình đồ, độ sâu ở KVNC thu thập từ Dự án “*Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên khu vực xã Vinh Kim, huyện Cầu Ngang, tỉnh Trà Vinh*” (2022) 0, Đề tài “*Đánh giá, dự báo chế độ dòng chảy (lưu lượng, mực nước, chất lượng nước) và diễn biến bồi xói tuyến sông Cổ Chiên và sông Hậu tỉnh Trà Vinh*” (2022), Dự án “*Nâng cấp hệ thống đê biển Trà Vinh (giai đoạn II)*” (2021), Dự án “*Đường ven sông Hậu, huyện Cầu Kè*” (2021), Dự án “*Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên khu vực cù lao ấp Long Trị, xã Long Đức, thành phố Trà Vinh*” (2020), Đề tài “*Nghiên cứu đề xuất giải pháp khoa học và công nghệ dự báo, phòng chống biến lấn đoạn bờ biển tỉnh Trà Vinh và vùng phụ cận*” (2013).

2.1.2. Dữ liệu địa chất, địa mạo

Các tài liệu địa chất được thu thập từ Dự án “*Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên khu vực xã Vinh Kim, huyện Cầu Ngang, tỉnh Trà Vinh*” (2022) 0, dự án “*Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên khu vực cù lao ấp Long Trị, xã Long Đức, thành phố Trà Vinh*” (2020), đề tài “*Đánh giá, dự báo chế độ dòng chảy (lưu lượng, mực nước, chất lượng nước) và diễn biến bồi xói tuyến sông Cổ Chiên và sông Hậu tỉnh Trà Vinh*” (2022), dự án “*Kè chống sạt lở bảo vệ khu dân cư ấp Chợ, xã Đại An, tỉnh Vĩnh Long*”, và dự án “*Bố trí ổn định dân cư vùng thiên tai cấp bách khu vực xã Tân Hoà, tỉnh Vĩnh Long*”.

Dữ liệu hệ thống địa mạo của đề tài được thu thập, kế thừa từ cơ sở dữ liệu “*Quy hoạch vùng ĐBSCL thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*”.

2.1.3. Dữ liệu hiện trạng công trình thủy lợi và hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở khu vực nghiên cứu

Hiện trạng công trình thủy lợi được đề tài thu thập từ Chi cục Thủy lợi tỉnh Vĩnh Long và Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam về hệ thống thủy lợi Nam Măng Thít. Năm 2024-2025, đề tài đã triển khai thu thập, điều tra hiện trường để số hóa dữ liệu hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống để xây dựng bản đồ số hóa cho các đối tượng trên, trong đó, ven sông Hậu có hệ thống đê bao chạy dọc tuyến sông dài 61,80km, hệ thống bờ bao dài 106,41km (trong đó tuyến bờ bao sát mép bờ sông khoảng 34,51 km) và 19 cống dưới đê; ven sông Cổ Chiên có hệ thống đê bao chạy dọc tuyến sông dài 62,04km, hệ thống bờ bao dài 41,14km (trong đó tuyến bờ bao sát mép bờ sông khoảng 10,05 km) và 19 cống dưới đê.

2.1.4. Dữ liệu thủy hải văn, sụt lún

- Các dữ liệu thủy văn quan trắc do Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ cung cấp.

+ Chuỗi số liệu thủy văn (mực nước) đặc trưng giai đoạn 2000 - 2020 tại các trạm

thủy văn Trà Vinh, Bến Trại, Đại Ngãi, Trần Đề.

+ Số liệu lưu lượng, mực nước tại trạm quốc gia Mỹ Thuận, Cần Thơ, An Thuận, Bến Trại, Bình Đại, Chợ Lách, Đại Ngãi, Hoà Bình, Mỹ Hoà, Trần Đề, Trà Vinh, Vàm Kênh vào năm 2017, 2018, 2019, 2022, 2023.

- Số liệu mô hình dự báo triều toàn cầu tích hợp trong phần mềm MIKE 21 được thu phóng và trích làm 03 biên ngoài biên cho mô hình vùng nghiên cứu chi tiết.

- Số liệu gió toàn cầu: Đây là dữ liệu tái phân tích thế hệ thứ 5 (ERA5) về khí hậu và thời tiết toàn cầu của Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) được cập nhật liên tục từ năm 1979 đến nay. Dữ liệu này được lưu trữ trên trang Copernicus Data Store.

- Kế thừa dữ liệu lún bề mặt cho KVNC (2014 - 2019) công bố trong các bài báo khoa học quốc tế, dữ liệu số công bố từ Dịch vụ Quản lý Khẩn cấp Copernicus – Bản đồ Rủi ro & Phục hồi của EU và ESA (<https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN062>) và dự án do Bộ Nông nghiệp và Môi trường thực hiện trong giai đoạn 2005-2017 đo tại 339 mốc chuẩn đã công bố gần đây.

2.1.5. Dữ liệu miền tính, mạng sông

Dữ liệu mạng sông làm đầu vào cho mô hình toán mô phỏng chế độ thủy lực trên sông kênh ở KVNC là dữ liệu được thu phóng từ mạng sông vùng ĐBSCL với hơn khoảng 800 mặt cắt và 46 sông, kênh, rạch để thiết lập miền tính cho mô hình toán mô phỏng ngập lụt. Miền tính Biển Đông kế thừa từ các đề tài đã nghiệm thu của Viện Kỹ thuật Biển.

2.1.6. Kịch bản mô phỏng chế độ mực nước, dòng chảy

Dựa trên thuyết minh, đề tài xây dựng 04 kịch bản để mô phỏng chế độ mực nước, dòng chảy tác động đến hệ thống đê bao, bờ bao và cửa cống tỉnh Trà Vinh. Bốn kịch bản lớn bao gồm: (i) hiện trạng năm thủy văn 2022 - 2023, (ii) lũ trung bình và mực nước năm 2018, (iii) mực nước tháng 11/2018 và bão cấp 9 (bão Usagi hoạt động 23/11/2018-26/11/2018), (iv) mực nước tháng 12/2017 và bão cấp 12 (bão Tembin hoạt động 20/12/2017-26/12/2017) có xét thêm NBD đến năm 2035.

2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để thực hiện những nội dung nghiên cứu, sản phẩm và mục tiêu của đề tài, các phương pháp và kỹ thuật như Bảng dưới đây.

i) Phương pháp kế thừa, thu thập, thống kê và tổng hợp tài liệu: Phương pháp này áp dụng cho tất cả các nội dung của đề tài bắt đầu từ nội dung 1 để kế thừa, thu thập tài liệu, thống kê toán – lý, xử lý tài liệu và áp dụng các kiểm định sai khác giữa chuỗi số liệu tính toán và thực đo..

ii) Phương pháp điều tra thực địa, khảo sát đo đạc địa hình: Phương pháp này chủ yếu áp dụng cho nội dung 1, cụ thể là tổ chức đủ lực lượng cán bộ và thiết bị công nghệ thực hiện công tác khảo sát hiện trường, khảo sát tài liệu địa hình;

iii) Phương pháp mô hình hoá: Đề tài sử dụng bộ phần mềm MIKE của DHI để tính toán thủy động lực và ngập lụt cho KVNC. Ứng dụng mô hình MIKE 11, MIKE 21/3 COUPLED, MIKE FLOOD;

iv) Phương pháp chồng chập, xây dựng bản đồ và công nghệ GIS ứng dụng xuyên suốt các nội dung 1, 2, 3 và 5.

v) Phương pháp hội thảo và chuyên gia: Trong khuôn khổ đề tài này, ngày 05/02/2026, Viện Kỹ thuật Biển và Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Vĩnh Long mà trực tiếp là Chi cục Thủy lợi tỉnh Vĩnh Long phối hợp tổ chức hội thảo khoa học đề tài cấp tỉnh “*Rà soát, đánh giá mức độ an toàn của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông ven biển do xói lở, triều cường và đề xuất giải pháp đảm bảo khả năng chống chịu trong giai đoạn 2025-2035 trên địa bàn tỉnh Trà Vinh (tỉnh Vĩnh Long mới)*”.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CHẾ ĐỘ MỰC NƯỚC, DÒNG CHẢY KHI XẢY RA TRIỀU CƯỜNG, NƯỚC BIỂN DÂNG; ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ NGẬP LỤT, SỤT LÚN ĐẾN AN TOÀN ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG

3.1. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ MỰC NƯỚC, DÒNG CHẢY

Kết quả mô phỏng chế độ mực nước, dòng chảy tác động đến hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống theo kịch bản 1 cho thấy, chế độ mực nước và dòng chảy đang uy hiếp mức độ an toàn rất lớn tới hệ thống bờ bao dọc sông Hậu và Cổ Chiên. Mực nước cao nhất 2,04 - 2,30m, trung bình là khoảng 0,29 - 0,60m, các đoạn bờ bao có cao trình +2,0m đến +2,3m là không còn an toàn trước triều cường và các đoạn bờ bao có cao trình > +2,3m đang nguy cấp do khoảng cách an toàn là 0,5 - 0,6m, nhiều đoạn bờ bao đang nguy hiểm ở cồn Hô, xã Phong Thạnh, Hàm Giang và xã An Phú Tân. Chế độ dòng chảy trên sông Hậu và Cổ Chiên ảnh hưởng đến dọc bờ sông với hệ thống đê bao, bờ bao có hướng Tây Bắc khi triều lên và hướng Đông Nam khi triều xuống với tốc độ lớn nhất là khoảng 0,93 - 1,68 m/s, trung bình là khoảng 0,05 - 0,11 m/s.

Ở kịch bản 2, mực nước mùa lũ năm 2018 trên sông Hậu và Cổ Chiên có giá trị đỉnh cao nhất từ 1,82m đến 2,39m, mực nước trên sông Hậu có giá trị cao nhất > 2,3m, như vậy những đoạn bờ bao có cao trình chỉ từ +2,0m đến +2,2m sẽ đối mặt với nguy cơ mất an toàn. Dòng chảy vào mùa lũ là biến động khó lường với tốc độ trung bình đến cao, có thể gây xói lở chân bờ bao, đặc biệt ở các đoạn cong hoặc đoạn tiếp xúc trực diện với dòng chính như tuyến đê bao xã Nhị Long và khu vực cửa cống đối mặt nguy cơ gây mất an toàn là rất lớn.

Đến năm 2035, theo các trường hợp mô phỏng RCP4.5 và RCP8.5 cho thấy rằng, mực nước trên sông Hậu và Cổ Chiên gia tăng bởi NBD và chính điều này sẽ tác động mạnh hơn đến bờ sông cũng như hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở KVNC. Mực nước cao nhất và trung bình vào năm 2035 gia tăng so với hiện trạng năm 2022 - 2023 là 2,18 - 2,55m và 0,43 - 0,74m (theo RCP4.5 năm 2035), 2,21 - 2,58m, 0,46 - 0,77m (theo RCP8.5 năm 2035) và gia tăng so với mực nước lũ lớn năm 2018, cụ thể là 1,96 - 2,57m (theo RCP4.5 năm 2035), 1,99 - 2,63m (theo RCP8.5 năm 2035). Các kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực cho biết:

- Các tuyến đê bao còn dư an toàn trên 1 m, tuy nhiên cần xét đến yếu tố sụt lún dài hạn hoặc triều cường cực đoạn tương lai và kể cả bãi sông, thảm thực vật bị thu hẹp do chế độ dòng chảy sông diễn biến khó lường.

- Khoảng cách an toàn bờ bao trước mực nước cao nhất là rất nguy cấp, những đoạn đê bao có cao trình +2,0m đến +2,2m đã bị uy hiếp và tràn bờ, một số đoạn bờ bao có khoảng cách an toàn khá mong manh từ 0,04m đến 0,26m trước mực nước cao nhất năm 2022 - 2023.

- Hầu hết 35 cống dọc theo tuyến đê bao sông Hậu, Cổ Chiên có chất lượng công trình và an toàn phòng lũ tốt. Nhưng 03 cống Cần Chông, Vinh Kim, Chà Và có chất lượng công trình và an toàn phòng lũ ở mức B - C (trung bình - kém) điều này sẽ tăng khả năng gây rò rỉ, xói ngầm hoặc quá tải công trình trước tác động của triều cường, NBD và dòng chảy sông phức tạp.

Phân tích kết quả mô phỏng chế độ mực nước, dòng chảy và sóng theo kịch bản 3 và kịch bản 4 cho thấy rằng, hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống dọc sông Hậu và Cổ Chiên phía thượng nguồn không bị ảnh hưởng bởi sóng. Nhưng vùng cửa sông là điểm yếu chính sẽ bị tác động nhiều nhất, cụ thể là xã Long Vĩnh và xã Long Hữu và dải ven biển với trường sóng cao khi có bão và triều cường. Mực nước trong điều kiện cực đoạn có bão cấp 9, bão cấp 12 và triều cường ảnh hưởng đến hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống một cách rõ rệt. Mực nước cao nhất là 1,75 - 2,10m, trung bình là 0,38 - 0,62m

(kịch bản 3), mực nước cao nhất là 1,41 - 1,85m, trung bình là 0,28 - 0,50m (kịch bản 4). Hệ thống đê bao với cao trình +3,5m đến +4,0m và đa phần nằm cách sông 500 - 1.000m vẫn có khoảng cách an toàn so với mực nước cao nhất là > 1,5m.

Dựa trên các kết quả điều tra hiện trạng, mức độ chất lượng, an toàn hệ thống đê bao, bờ bao ở sản phẩm 2.1, 2.3. Đề tài đã phân đoạn hiện trạng tuyến đê bao, bờ bao thành 15 đoạn cho tuyến đê bao ven sông Hậu và 09 đoạn cho tuyến đê bao ven sông Cỏ Chiên. Từ các đoạn trên đề tài trích các kết quả mực nước đại diện cho các đoạn nghiên cứu để thể hiện đường mực nước từ thượng nguồn ra đến cửa sông ven biển dọc theo sông Hậu và sông Cỏ Chiên. Các kết quả này rất quan trọng giúp đề tài xác định cao trình đỉnh bờ bao ở KVNC.

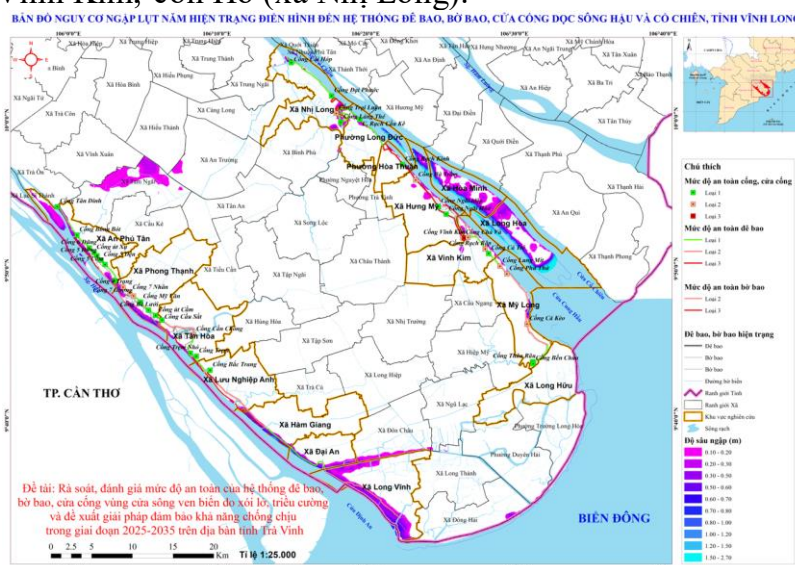
3.2. ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ NGẬP LỤT, SỤT LÚN VÀ SẠT LỎ ĐẾN AN TOÀN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO VÀ CỬA CỐNG

3.2.1. Sự ảnh hưởng của ngập lụt đến ven sông ven biển tỉnh Trà Vinh

Phân tích kết quả hiện trạng cho thấy, phạm vi ngập lụt chủ yếu là vùng ven sông Hậu, Cỏ Chiên và kênh Tắt, ven biển phía ngoài hệ thống đê bao và các cù lao chịu ảnh hưởng nhiều bởi ngập với các mức ngập từ 0,1m đến 1,5m, ngập nặng nhất ở các cồn Hô và xã cù lao Hoà Minh, Long Hoà chịu mức ngập cao nhất 1,5 - 2,0m. Tổng diện tích ngập toàn KVNC là 19.938,11 ha (chiếm 22,04% diện tích tự nhiên).

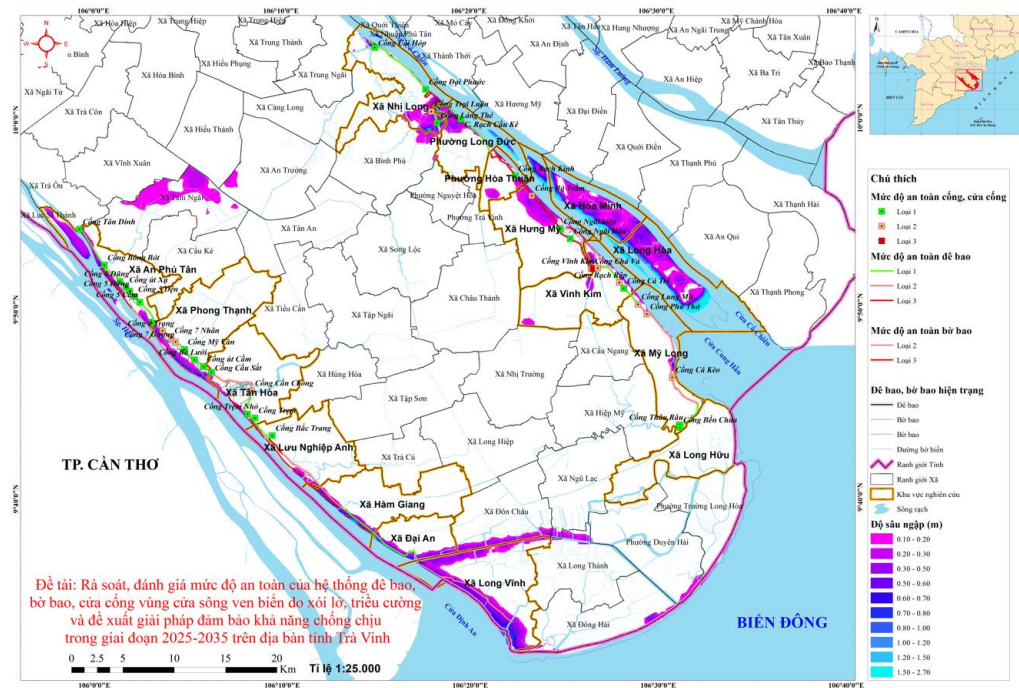
Kết quả tính toán ngập lụt theo kịch bản RCP4.5 năm 2035 cho thấy, ngập lụt gia tăng so với thời điểm hiện trạng năm 2023. Mức ngập là 0,2 - 1,5m tác động chính đến các vùng đất, công trình ven sông. Tổng diện tích ngập trong kịch bản RCP4.5 năm 2035 là khoảng 24.121,79 ha chiếm 26,67% diện tích tự nhiên của KVNC và nhiều hơn diện tích ngập hiện trạng là 4.183,68 ha. Tổng diện tích ngập trong kịch bản RCP8.5 năm 2035 là khoảng 24.638,87 ha chiếm 27,24% diện tích tự nhiên của KVNC và nhiều hơn tổng diện tích ngập hiện trạng năm 2023 khoảng 4.700,76 ha; Mức ngập là 0,2 - 1,5m tác động chính đến các vùng đất, công trình ven sông, các cồn và xã cù lao Hoà Minh và Long Hoà có mức ngập 1,5 - 2,0m.

Dựa trên các kết quả ngập lụt và thực trạng các tuyến đê sông có thể thấy rằng, hiệu quả chống ngập lụt của đê sông ở KVNC là rất tốt. Vùng ngoài đê bao gần như bị ngập lụt nặng vào những tháng triều cường. Hệ thống bờ bao có mức độ an toàn đang bị uy hiếp, điển hình là đoạn bờ bao xã Phong Thạnh, Tân Hoà, phường Hòa Thuận và Hưng Mỹ, xã Vĩnh Kim, cồn Hô (xã Nhị Long).

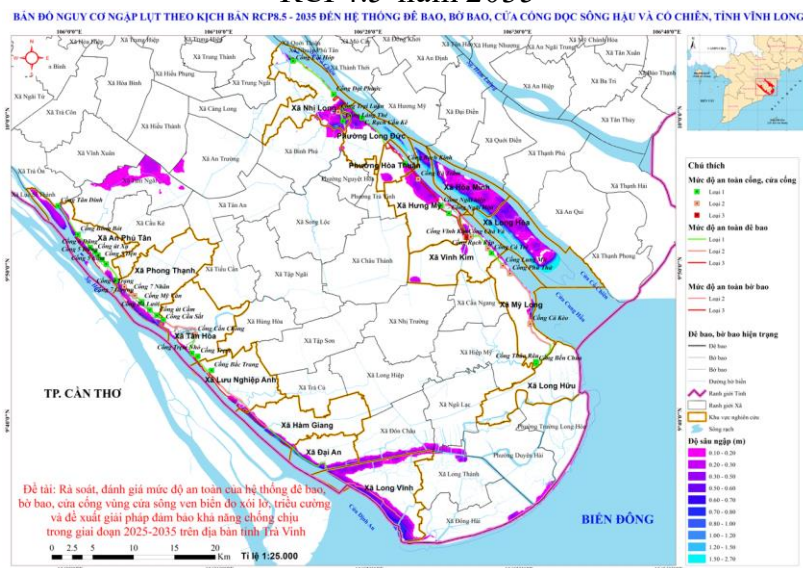


Hình 3.1. Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao ven sông Hậu và Cỏ Chiên ở KVNC theo hiện trạng năm 2023

BẢN ĐỒ NGUY CƠ NGẬP LỤT THEO KỊCH BẢN RCP4.5 - 2035 ĐẾN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG DỌC SÔNG HẬU VÀ CỎ CHIÊN, TỈNH VĨNH LONG



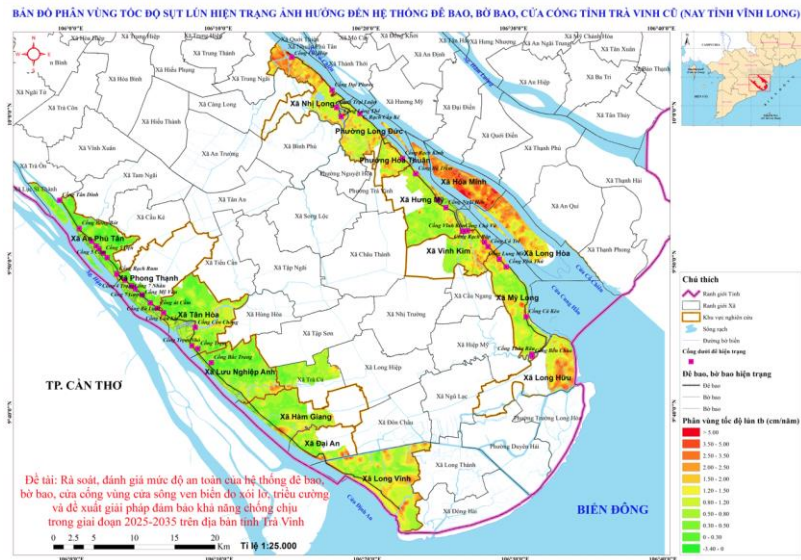
Hình 3.2. Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao ven sông Hậu và Cỏ Chiên ở KVNC theo RCP4.5 năm 2035



Hình 3.3. Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao ven sông Hậu và Cỏ Chiên ở KVNC theo RCP8.5 năm 2035

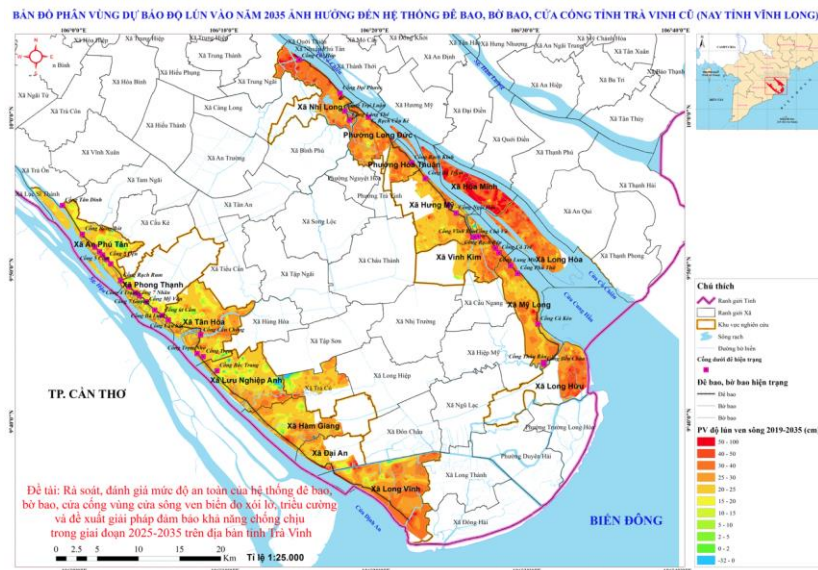
3.2.2. Sự ảnh hưởng của sụt lún bề mặt đến đê bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển

Theo đánh giá là sụt lún bề mặt ảnh hưởng đến các xã, phường ven sông rất nặng, các kết quả công bố của Bộ Nông nghiệp và Môi trường hay các công trình nghiên cứu của các tác giả nước ngoài không làm dịu đi tình hình sụt lún nghiêm trọng ở KVNC. Kế thừa dữ liệu công bố từ các tổ chức quốc tế cho biết rằng, ở KVNC, độ lún trung bình là 11,19 cm và tốc độ sụt lún bình quân khoảng 1,08 cm/năm từ năm 2014 đến năm 2019. Dữ liệu đo lún tại 09 mốc trong giai đoạn 2005 - 2017 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường cho biết, độ lún và tốc độ lún trung bình là 4,69 cm và 0,52 cm/năm. Các xã, phường là Mỹ Long, Vĩnh Kim, Nhị Long, Hoà Minh, Hưng Mỹ, Long Hoà, Long Hữu, Đại An và Long Đức bị ảnh hưởng bởi sụt lún nền nghiêm trọng.



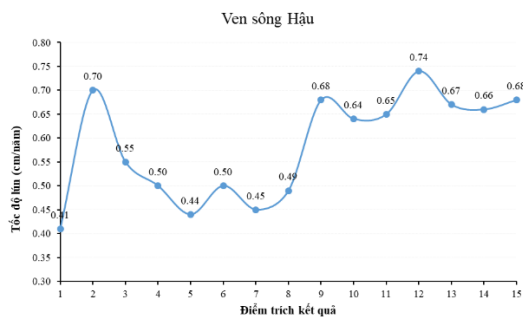
Hình 3.4. Bản đồ phân vùng tốc độ sụt lún hiện trạng khu vực ven sông ảnh hưởng đến hệ thống đê bao

Dựa trên tốc độ sụt lún bề mặt trung bình đã phân tích trong giai đoạn 2014 - 2019, đề tài dự báo độ lún cho KVNC đến năm 2035. Với tốc độ sụt lún trung bình là 0,89 cm/năm và nếu không có bất cứ giải pháp giúp hạn chế thì tốc độ sụt lún sẽ không giảm. Như vậy, sau 16 năm (2019 - 2035), độ lún dự báo được khoảng 17,28 - 97,56 cm và trung bình là 28,47 cm.

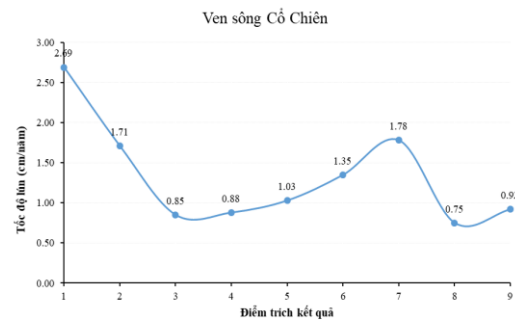


Hình 3.5. Phân vùng dự báo sụt lún vào năm 2035 khu vực ven sông Hậu và Cổ Chiên ảnh hưởng đến hệ thống đê bao

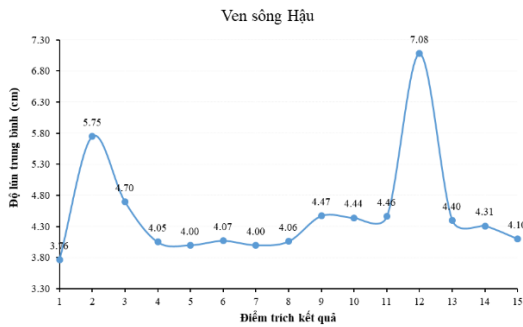
Từ kết quả hiện trạng và dự báo sụt lún, đề tài đã trích kết quả đại diện ứng với các đoạn nghiên cứu tuyến đê bao, bờ bao (15 vị trí cho tuyến đê bao ven sông Hậu và 09 vị trí cho tuyến đê bao ven sông Cổ Chiên).



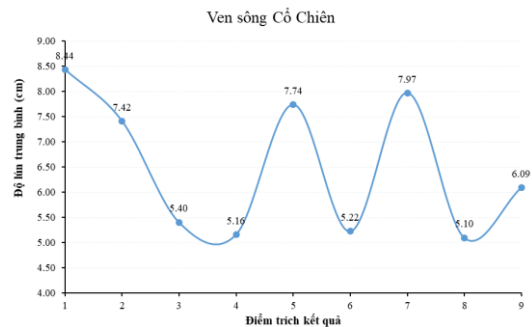
a, Đường tốc độ lún ven sông Hậu dọc theo tuyến đê bao, bờ bao



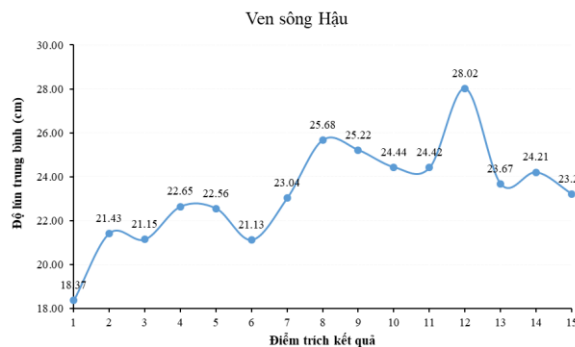
b, Đường tốc độ lún ven sông Cổ Chiên dọc theo tuyến đê bao, bờ bao



c, Đường độ lún trung bình hiện trạng ven sông Hậu dọc theo tuyến đê bao, bờ bao



d, Đường độ lún trung bình hiện trạng ven sông Cổ Chiên



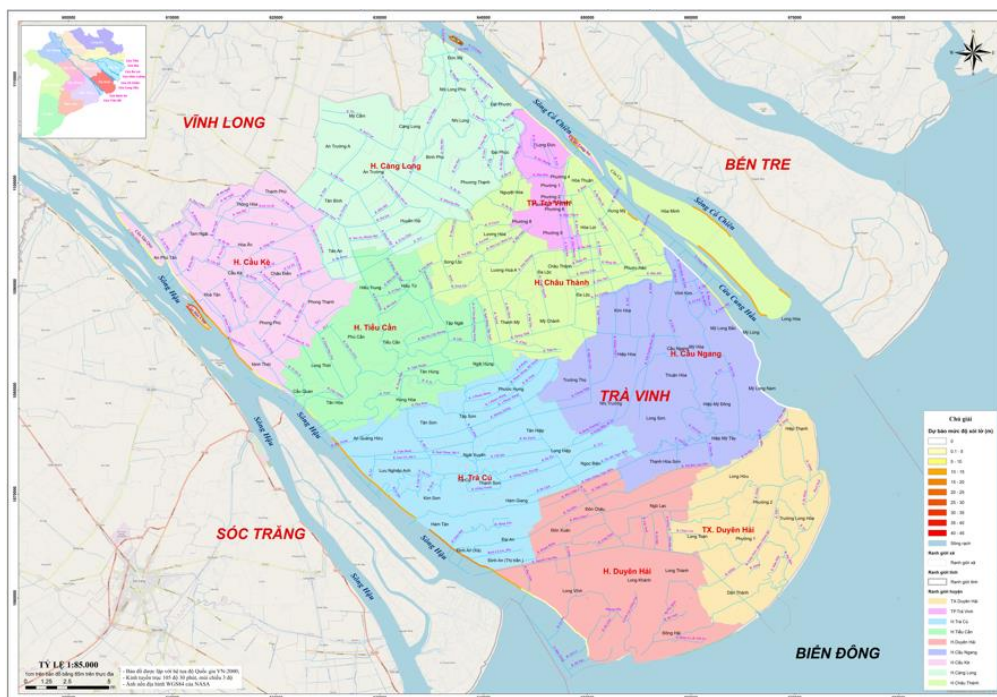
e, Đường độ lún trung bình dự báo đến năm 2035 ven sông Hậu dọc theo tuyến đê bao, bờ bao

Hình 3.6. Đường tốc độ và độ lún trung bình hiện trạng và dự báo đến năm 2035

3.2.3. Sự ảnh hưởng của xói lở bờ sông đến hệ thống bờ bao, cửa cống vùng cửa sông, ven biển

Theo nghiên cứu của Viện KHTL miền Nam (2023) trong đề tài cấp tỉnh cho biết, tình hình xói lở bờ sông dọc sông Hậu và sông Cổ Chiên diễn ra phức tạp. Các kết quả công bố của cùng với kết quả điều tra đề tài ghi nhận khu vực xói lở đặc biệt nguy hiểm ở Cồn Hô, dọc bờ sông Cổ Chiên (thượng và hạ lưu cầu Cổ Chiên) thuộc xã Nhị Long. Ven sông Hậu, các khu vực có dân cư sinh sống tập trung, không có bãi sông và thảm rừng bị xói lở nghiêm trọng.

Nguy cơ xói lở bờ sông Hậu xảy ra nguy cấp hơn, với tốc độ trung bình 2,0 - 7,0 m/năm, đặc biệt bờ sông xã Hoà Tân, Ninh Thới (bây giờ là xã Phong Thạnh) và xã Hàm Tân (bây giờ là xã Hàm Giang) có tốc độ sạt lở bờ sông trung bình khoảng 8,79 m/năm. Nguy cơ xói lở bờ sông Cổ Chiên được dự báo đến năm 2025 - 2030 với tốc độ 0,30 - 4,19 m/năm, đặc biệt bờ sông xã Đại Phước (bây giờ là xã Nhị Long) và khu vực cửa cống xã Vĩnh Kim



Hình 3.7. Bản đồ dự báo diễn biến xói lở, sạt lở bờ sông Cổ Chiên và sông Hậu đoạn qua địa phận KVNC đến năm 2030

4. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ AN TOÀN VÀ XÁC NGUYỄN NHÂN, CƠ CHẾ GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG

4.1. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ AN TOÀN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH

4.1.1. Tiêu chí đánh giá an toàn đê bao, bờ bao

Các tiêu chí đánh giá an toàn đê bao, bờ bao được xây dựng dựa trên cơ sở tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 12317:2018 về Công trình đê điều – Đánh giá an toàn đê sông [14] và Quyết định 01/2011/QĐ-TTg Ban hành quy chế xử lý sạt lở bờ sông, bờ biển [3]. Trong đó có 5 tiêu chí: (1). Đánh giá chất lượng công trình; (2). Đánh giá an toàn phòng lũ; (3). Đánh giá an toàn kết cấu; (4). Đánh giá an toàn thấm; (5). Đánh giá an toàn kết cấu với công trình giao cắt.

Bảng 4.1. Phân loại an toàn đê

TT	Phân loại an toàn	Tiêu chuẩn xếp loại
1	Loại 1	Tất cả 05 tiêu chí trên đạt mức A
2	Loại 2	Tất cả 05 tiêu chí trên đạt mức A hoặc B
3	Loại 3	Các trường hợp còn lại

4.1.2. Kết quả đánh giá

a, Đê bao

Trong tổng chiều dài gần 124km đê bao, có 48,7 % thuộc loại 1, 33,2 % thuộc loại 2 và 18,1 % thuộc loại 3. Khu vực loại 3 chủ yếu nằm phía nội đồng, ven sông Cổ Chiên và một đoạn thuộc xã Lưu Nghiệp Anh, nhánh sông Hậu. Đến năm 2035, mức độ an toàn hệ thống đê bao giữ nguyên như hiện trạng.

b, Bờ bao

Trong tổng chiều dài 45km, bờ bao trong KVNC chủ yếu là loại 3 (73,3 %), còn lại là loại 2 (26,7 %). Các công trình này đã xuống cấp, không còn đáp ứng an toàn với kết cấu yếu và nhiều đoạn bị sạt lở. Khả năng phòng lũ và ngăn chặn tràn bờ khi triều

cường giảm. Đến 2035 khoảng 90% tuyến bờ bao đã không còn đáp ứng an toàn, khả năng phòng lũ giảm, triều cường sẽ tràn bờ, làm suy giảm độ an toàn của kết cấu yếu và tăng khả năng bị sạt lở.

c, Cửa cống

Theo kết quả đánh giá, các cống và cửa cống chủ yếu là loại 1 (chiếm 65,8 %) và loại 2 (chiếm 31,6 %). Chỉ có cống Vinh Kim đạt loại 3. Khu vực bờ phải của công trình này đang xảy ra xói lở nghiêm trọng. Các cống đạt loại 2, 3 chủ yếu nằm ven bờ sông Cổ Chiên (nhánh sông Tiền). Đến năm 2035, mức độ an toàn hệ thống cửa cống giữ nguyên như hiện trạng.

4.2. XÁC ĐỊNH CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH

4.2.1. Yếu tố khách quan

a, Địa hình

Trà Vinh có địa hình đồng bằng ven biển thấp (0,5–1,5 m), nên dễ chịu tác động của triều và nước dâng do bão, làm tăng nguy cơ sóng tràn qua đê. Mạng lưới kênh rạch dày đặc tạo nhiều điểm giao cắt với sông lớn, hình thành các khu vực xung yếu tại ngã ba sông.

b, Địa chất

Khu vực ven sông Cổ Chiên và sông Hậu chủ yếu là trầm tích Holocene với các lớp bùn sét, sét pha mặn có độ bão hòa nước cao, sức chịu tải cực yếu. Thân đê và cống nặng nề xây trên nền đất này dễ bị lún không đều hoặc trượt mái. Đất sét vùng này khi khô hạn (mùa kiệt) dễ nứt sâu, tạo đường dẫn cho nước xâm nhập nhanh chóng khi triều dâng, làm tan rã cấu trúc đê.

c, Địa mạo

Sự xuất hiện của các cồn nổi, cù lao, bãi dài trên sông làm vận tốc dòng chảy tăng đột ngột khi chạy qua các đoạn sông này. Bên cạnh đó, sự thay đổi của các bãi bồi giữa sông, dòng chủ lưu thường xuyên thay đổi vị trí. Khi dòng chủ lưu áp sát bờ với vận tốc lớn, chân bờ bao dễ bị xói lở với tốc độ rất nhanh. Sự tương tác giữa triều cường biển Đông và dòng ra của sông Mekong tạo ra các chế độ thủy động lực học phức tạp, gây xói lở mạnh tại các khu vực cửa cống ven sông lớn [1].

d, Thủy triều

Khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều truyền từ biển Đông vào, biên độ triều lớn (2,5 đến gần 4,0 m). Triều cường kết hợp mưa lớn làm mực nước vượt cao trình thiết kế, gây tràn đê, xói mái và hư hỏng mặt đê. Chu kỳ ngập – khô lặp lại còn làm suy giảm cơ lý đất, giảm độ bền lâu dài của kết cấu đất đắp [2].

e, Dòng chảy

Dòng chảy bị chi phối bởi cả dòng nguồn và dòng triều nên có vận tốc lớn và diễn biến phức tạp. Các pha triều lên và rút thường xuất hiện các hướng dòng chảy tác động trực diện vào bờ sông với vận tốc lớn, gây xói lở [3][4]. Gia tăng vận tốc dòng chảy vào mùa lũ làm tăng ứng suất kéo tại chân mái, gây xói chân đê và bờ bao [5].

f, Sóng

Sóng do gió hoặc phương tiện thủy tạo ra gây va đập trực tiếp vào mái đê, làm xói mòn lớp bảo vệ. Sóng lặp lại nhiều lần gây mất vật liệu mái, trượt mái cục bộ, đặc biệt khi không có lớp gia cố (đá lát, rọ đá...). Khi mực nước cao kết hợp sóng lớn, năng lượng sóng tác động vào vị trí cao hơn trên mái, làm mở rộng phạm vi hư hỏng [6][7].

g, Xói lở- Sạt lở (do nguyên nhân tổng hợp)

Xói lở, sạt lở là hệ quả tổng hợp của thủy triều, dòng chảy, sóng và điều kiện địa chất. Xói chân công trình làm mất ổn định tổng thể mái đê (cơ chế trượt mái). Thẩm và dòng thẩm ngược trong thân đê có thể gây xói ngầm, nguy hiểm nhưng khó phát hiện sớm. Nền đất yếu (bùn sét, hữu cơ) dễ bị lún, làm nứt thân đê và mất liên kết kết cấu. Hoạt động của con người (giao thông thủy, khai thác cát, chất tải gần mép bờ) làm tăng tải trọng và kích hoạt sạt lở.

h, Biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu và nước biển dâng đang gây áp lực kép lên hệ thống đê điều và bờ sông thông qua việc gia tăng mực nước triều và mưa lũ cực đoan. Tình trạng này không chỉ làm giảm hệ số an toàn chống tràn mà còn khiến đất mái bờ bị bão hòa lâu ngày, làm suy giảm sức kháng cắt và thay đổi tính chất cơ lý của công trình [8][9].

4.2.2. Yếu tố chủ quan

a) Kết cấu công trình

Nhiều công trình đê bao, bờ bao được xây dựng từ rất lâu, hoặc do người dân tự xây dựng, chưa đạt được tiêu chuẩn thiết kế hoặc không đáp ứng kịp các thay đổi của điều kiện thủy động lực học hiện tại, nhất là trong bối cảnh BĐKH và phát triển thượng nguồn có nhiều diễn biến phức tạp [8].

- Đê bao

Mặt đê bao thoát nước kém, gây phá hoại bề mặt đê: Tại một số tuyến đê, mặt đê chưa được bố trí hệ thống thoát nước hợp lý hoặc cao độ mặt đê chưa đảm bảo độ dốc ngang cần thiết, dẫn đến tình trạng đọng nước sau mưa hoặc sau các đợt triều tràn. Nước tồn lưu trong thời gian dài làm suy giảm tuổi thọ lớp vật liệu mặt, gây bong tróc, xói mòn cục bộ và hình thành ổ gà.

Chưa gia cố bề mặt mái đê tại các vị trí thường xuyên bị ngập do triều cường: Tại các đoạn đê tiếp xúc trực tiếp với triều chưa được gia cố bằng kết cấu bảo vệ (như lát mái, kè bảo vệ hoặc thảm chống xói). Khi xảy ra triều cường, mực nước dâng cao kết hợp với sóng và dòng chảy ven bờ tác động trực tiếp lên mái đê, gây xói lở chân mái và rửa trôi lớp đất bảo vệ.

- Bờ Bao

Thiếu vật liệu chống thấm: Tại một số tuyến bờ bao, thân đê được đắp bằng đất tại chỗ nhưng không bố trí lõi chống thấm hoặc lớp vật liệu có hệ số thấm nhỏ. Khi mực nước phía sông dâng cao, chênh lệch cột nước giữa hai phía bờ bao làm gia tăng dòng thẩm qua thân và nền công trình. Dòng thẩm kéo dài có thể gây xói ngầm, rửa trôi hạt mịn, suy giảm hệ số ổn định tổng thể của bờ bao.

Không xử lý nền móng khi xây dựng: Nền đất tự nhiên khu vực ven sông có đặc trưng bùn sét mềm, sức chịu tải thấp và độ lún lớn. Việc không xử lý nền (gia tải trước, thay đất, cọc tre, bấc thấm...) dẫn đến: Lún không đều thân bờ bao; Hình thành khe nứt dọc hoặc ngang; Tăng nguy cơ trượt mái khi chịu tác động của mực nước cao hoặc mưa lớn.

Không gia cố chống sóng mái bờ bao: Tại các đoạn bờ bao tiếp xúc trực tiếp với sông, mái phía sông chưa được gia cố bằng kết cấu bảo vệ (lát đá, kè, thảm bê tông, rọ đá...). Khi có triều cường, gió mạnh hoặc phương tiện thủy tạo sóng, năng lượng sóng tác động trực tiếp lên mái đất, gây: xói mòn bề mặt; mất đất mái; hạ thấp chân mái.

Không có chân khay hoặc công trình bảo vệ thềm bãi phía sông: không bố trí chân khay hoặc công trình bảo vệ chân mái (kè chân, cừ, rọ đá...) làm cho chân mái dễ bị xói ngầm do dòng chảy.

b) Cao trình đỉnh và vị trí tuyến

Theo kết quả điều tra hiện trạng và các tài liệu thu thập được, do ảnh hưởng của mực nước biển dâng, lũ thượng nguồn và sụt lún mặt đất, cao trình bờ bao tại nhiều khu vực không đáp ứng được yêu cầu bảo vệ, dẫn đến hiện tượng nước tràn qua đê tại nhiều thời điểm trong năm. Tại một số vị trí, tuyến đê bao, bờ bao hiện tại quá gần mép bờ sông, trong khi khu vực này đang có xu thế sạt lở hoặc biến động hình thái lòng dẫn. Khi bờ sông bị xói lở, làm mất phần đất tự nhiên đóng vai trò là mái tựa ổn định cho chân đê.

c) Quy trình thi công và vật liệu đắp đê

Quy trình thi công và vật liệu đắp đê tại một số tuyến bờ bao chưa đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, như không phân lớp và đầm nện theo đúng quy định, không kiểm soát độ ẩm hoặc phơi đất trước khi đắp, không xử lý nền đất yếu trước khi thi công. Điều này khiến thân đê dễ phát sinh lún, nứt hoặc trượt mái khi chịu tác động của mực nước và tải trọng khai thác. Trong điều kiện nền ven sông có thành phần bùn sét mềm, sức chịu tải thấp, nếu không được gia cố hoặc xử lý nền phù hợp sẽ dẫn đến lún không đều, suy giảm cao trình đỉnh đê và làm giảm hệ số ổn định tổng thể của công trình [10].

d) Sự xuống cấp của công trình sau thời gian sử dụng

Các công trình đê bao, bờ bao và cửa cống vùng ven sông hiện nay đang có dấu hiệu xuống cấp rõ rệt. Nhiều tuyến đê, bờ bao bị sạt lở mái, nứt thân đê, lún cục bộ hoặc suy giảm khả năng chống thấm do nền đất yếu và tải trọng khai thác kéo dài. Các cửa cống qua thời gian vận hành thường xuyên trong môi trường nước lợ, nước mặn dễ bị ăn mòn kim loại, hư hỏng, kẹt cửa van hoặc giảm hiệu quả đóng mở. Việc duy tu, bảo dưỡng chưa được thực hiện đồng bộ, nguồn kinh phí hạn chế càng khiến mức độ xuống cấp diễn ra nhanh hơn, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn công trình và ảnh hưởng trực tiếp đến sản xuất, sinh hoạt của người dân khu vực ven sông.

e) Chất tải bờ sông

Tình trạng chất tải bờ sông, bao gồm việc tập kết vật liệu xây dựng, đất đào, cát, đá hoặc xây dựng công trình, nhà ở, đường giao thông sát mép bờ, làm gia tăng tải trọng tác dụng lên mái và nền bờ bao. Trong điều kiện nền đất ven sông thường có thành phần bùn sét mềm, sức chịu tải thấp và độ lún lớn, việc tăng tải đột ngột hoặc kéo dài sẽ làm gia tăng ứng suất trong đất, giảm hệ số ổn định trượt mái và có thể kích hoạt cung trượt sâu. Đồng thời, tải trọng bổ sung làm tăng áp lực nước lỗ rỗng trong giai đoạn ngắn hạn, đặc biệt khi kết hợp với dao động mực nước sông, dẫn đến suy giảm sức kháng cắt của đất. Tại các vị trí bờ sông đang có xu thế sạt lở, hoạt động chất tải càng làm mất cân bằng trạng thái ổn định tự nhiên, thúc đẩy quá trình trượt – sụp mái diễn ra nhanh hơn. Vì vậy, việc kiểm soát tải trọng khai thác và hạn chế tập kết vật liệu sát mép bờ sông là yêu cầu cần thiết nhằm đảm bảo an toàn lâu dài cho tuyến bờ bao.

f) Xây dựng đập thượng nguồn và khai thác cát

Việc giữ lại phù sa trong các hồ chứa làm giảm nguồn bồi lắng tự nhiên cho hạ lưu, dẫn đến mất cân bằng bùn cát, gia tăng xu thế xói lở lòng dẫn và bờ sông. Sự suy giảm phù sa mịn làm giảm khả năng tự phục hồi bãi bồi và chân đê, khiến các khu vực ven sông, ven biển dễ bị xói chân và hạ thấp cao trình tự nhiên theo thời gian. Tác động tổng hợp của giảm phù sa và biến động dòng chảy có thể làm thay đổi hình thái lòng sông, gây dịch chuyển dòng chủ lưu, tăng nguy cơ sạt lở tại các đoạn bờ lồi và các công trình bảo vệ bờ. Hoạt động khai thác cát trên sông là một trong những yếu tố làm thay đổi hình thái lòng dẫn và gia tăng nguy cơ mất ổn định bờ sông. Việc hút cát quá mức hoặc khai thác không đúng vị trí quy hoạch làm hạ thấp đáy sông cục bộ, gây mất cân bằng bùn cát và làm tăng độ dốc mái bờ tự nhiên. Khi đáy sông bị hạ thấp, chân bờ và chân đê mất điểm tựa ổn định, từ đó hình thành cung trượt sâu hoặc sạt lở mái phía ven

sông [5][11].

g) Giao thông thủy

Tàu thuyền di chuyển tạo ra hệ sóng lan truyền vào bờ, gây va đập trực tiếp lên mái đê, bờ bao. Sóng tàu có chu kỳ ngắn nhưng biên độ lớn, lặp lại thường xuyên, làm xói mòn lớp bảo vệ mái, rửa trôi vật liệu mịn. Khi kết hợp với mực nước cao (triều cường hoặc lũ), sóng tác động lên cao trình lớn hơn, mở rộng phạm vi hư hỏng. Dòng tia từ chân vịt tàu khi tăng tốc hoặc neo đậu gần bờ gây xói cục bộ chân đê, chân bờ. Sóng và dao động mực nước do tàu tải trọng lớn tạo ra lặp lại nhiều lần, làm suy giảm dần độ bền của đất đắp và nền yếu. Neo đậu tàu thuyền sát bờ làm tăng tải trọng cục bộ. Hoạt động nạo vét luồng phục vụ giao thông có thể thay đổi hình thái đáy sông, làm mất cân bằng bùn cát và gia tăng xói lở bờ [12].

h) Sụt lún đất do khai thác nước ngầm

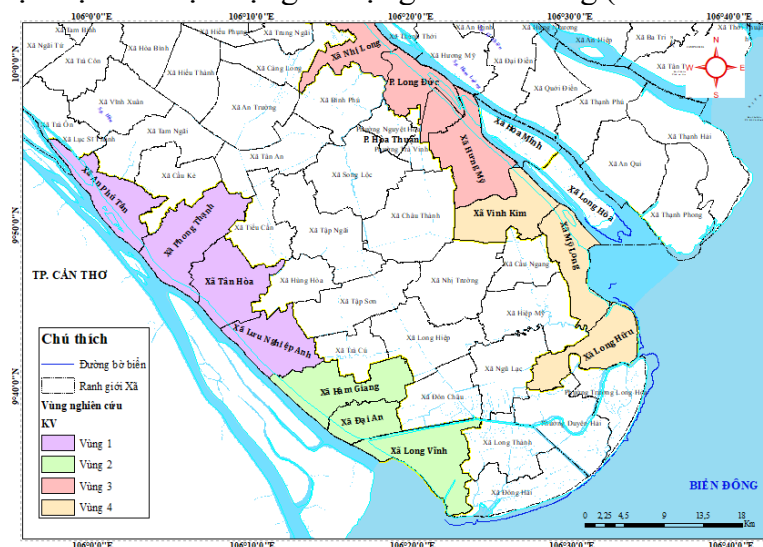
Khai thác nước ngầm không kiểm soát có thể làm thay đổi các điều kiện địa chất của khu vực, khiến đất đai dễ bị xói mòn, sụt lún hoặc mất độ ổn định, làm gia tăng nguy cơ sạt lở và sụt lún [9]. Sụt lún đất, đặc biệt do khai thác nước ngầm quá mức, là một trong những yếu tố làm suy giảm cao trình và khả năng làm việc của công trình bảo vệ. Khi mực nước ngầm suy giảm, áp lực nước lỗ rỗng giảm, làm tăng ứng suất hữu hiệu trong đất gây nén lún; Cao trình đỉnh bị hạ thấp, giảm khả năng chống tràn và ổn định chống lật, chống trượt; Sự lún không đều có thể gây nứt thân đê, lệch cửa van, ảnh hưởng đến khả năng vận hành và kín nước của cống [13][14].

i) Nuôi trồng thủy sản ven bờ sông

Hoạt động nuôi trồng thủy sản ven sông, đặc biệt là đào ao và cải tạo mặt bằng sát mép bờ, có thể làm thay đổi điều kiện ổn định tự nhiên của mái bờ. Việc đào ao làm giảm thêm bãi, cắt xén chân mái và cùng với dao động mực nước trong ao có thể gây chênh áp, làm giảm sức kháng cắt của đất. Việc phá bỏ thảm thực vật ven sông để mở rộng diện tích nuôi làm tăng nguy cơ xói lở dưới tác động của dòng chảy và sóng tàu thuyền. Những tác động này có thể thúc đẩy sạt lở bờ sông và ảnh hưởng đến ổn định của các tuyến bờ bao lân cận.

4.2.3. Xác định nguyên nhân sạt lở tại 4 khu vực đại diện

Để phân tích các nguyên nhân gây mất ổn định hệ thống đê bao, bờ bao và cửa cống, chia khu vực nghiên cứu thành 4 vùng (vùng 1, 2, 3, 4). Việc phân chia các vùng này dựa trên sự khác biệt về vị trí địa lý, đặc điểm thủy động lực, hình thái sông, điều kiện địa chất – địa mạo và hiện trạng sử dụng đất ven sông (xem Hình 4.1 và Bảng 4.2).



Hình 4.1. Minh họa vị trí 4 khu vực nghiên cứu đại diện

Bảng 4.2. Đặc trưng các khu vực đại diện

Vùng nghiên cứu	Nhánh sông	Hình thái sông	Vị trí	Hiện trạng sử dụng đất ven sông
Vùng 1	Sông Hậu	Cò hẹp, nhiều cồn nổi, cù lao, bãi dài trên sông	Bờ tả, đón gió Tây Nam, xa cửa sông	Nông nghiệp
Vùng 2	Sông Hậu	Mở rộng, ngay cửa sông	Bờ tả, đón gió Tây Nam, gần cửa sông	Nuôi trồng thủy hải sản
Vùng 3	Sông Cổ Chiên	Cò hẹp, nhiều cồn nổi, cù lao, bãi dài trên sông	Bờ hữu, đón gió Đông Bắc, xa cửa sông	Dân cư và nông nghiệp
Vùng 4	Sông Cổ Chiên	Mở rộng, ngay cửa sông	Bờ hữu, đón gió Đông Bắc, gần cửa sông	Nuôi trồng thủy hải sản

Vùng nghiên cứu 1 nằm ở bờ tả sông Hậu, gồm các xã An Phú Tân, Phong Thạnh, Tân Hòa và Lưu Nghiệp Anh. Chiều dài khoảng 36km, cách biển khoảng 25km, nằm trong vùng chịu ảnh hưởng triều. Tại khu vực này, mặt cắt ngang sông bị thu hẹp và hình thái lòng dẫn phức tạp do sự hiện diện của các cồn, cù lao, bãi dài giữa sông. Sự thay đổi hình học lòng dẫn làm gia tăng vận tốc và năng lượng dòng chảy tại KVNC. Diện tích mặt cắt ướt thu hẹp cũng dễ xảy ra hiệu ứng nước dâng do thu hẹp mặt cắt, cao độ mực nước tăng đột ngột gây ngập hoặc tràn qua đê bao, bờ bao. Kết quả mô phỏng thủy động lực cho thấy, vận tốc dòng chảy trung bình theo độ sâu tại khu vực có thể đạt 0,6-0,8 m/s, lớn nhất có thể đạt gần 1,5 m/s, vượt quá vận tốc không xói (nhỏ hơn 0,25 m/s). Kết cấu, cao trình đỉnh, vị trí tuyến đê bao, bờ bao cũng là một trong những nguyên nhân gây mất an toàn ở VNC 1. Một số đoạn đê bao trong khu vực chỉ đạt loại 3. Bờ bao đã xuống cấp nhiều với loại 3 chiếm ưu thế. Bờ bao nhiều đoạn nằm sát mép bờ sông, có nguy cơ sạt lở rất cao. Theo điều tra hiện trạng và đánh giá mức độ an toàn, khu vực xã Lưu Nghiệp Anh là nơi có tổ hợp đê bao và bờ bao bị mất an toàn nặng nhất trong VNC này.

Vùng nghiên cứu 2 gồm xã Hàm Giang, Đại An, Long Vĩnh, chiều dài khoảng 34km. Khu vực này nằm ở ngay cửa sông Định An. Đây là tuyến giao thông thủy trọng điểm, đóng vai trò kết nối các cảng với tuyến hàng hải quốc tế và là luồng chính cho tàu biển trọng tải lớn ra vào sông Hậu. Do đó, ảnh hưởng của giao thông thủy đến khu vực này khá đáng kể. Do vị trí địa lý và hình thái cửa sông, khu vực cửa Định An, Trần Đề là một trong những vị trí có cao độ mực nước triều lớn nhất (H_{max}) lớn hơn so với các vùng lân cận. Cao độ mực nước đạt trên 2,0m thường xuyên xuất hiện vào các tháng trong năm, đặc biệt là các tháng mùa lũ và mùa gió Đông Bắc hoạt động mạnh. Theo kết quả mô phỏng thủy động lực, vận tốc dòng chảy dao động lớn, phổ biến khoảng 1,5 m/s và có thể đạt tới 2,0 m/s tại một số vị trí. Giá trị này lớn hơn nhiều so với vận tốc không xói chỉ đạt gần 0,3 m/s tại VNC này.

Vùng nghiên cứu 3 gồm phường Long Đức, phường Hòa Thuận, xã Nhị Long, xã Hưng Mỹ, chiều dài khoảng 30km. Khu vực này nằm ở các nhánh sông Cổ Chiên - nhánh lớn nhất của sông Tiền, là vùng bị ảnh hưởng triều. Tại VNC 3, mặt cắt ngang sông bị thu hẹp do sự hiện diện của các cồn, cù lao, bãi dài trên sông. Tương tự VNC1, diện tích mặt cắt ướt thu hẹp làm tăng vận tốc dòng chảy qua mặt cắt ngang và dễ xảy ra hiệu ứng nước dâng do thu hẹp mặt cắt, cao độ mực nước tăng đột ngột gây ngập hoặc tràn qua

đê bao, bờ bao. Trong khi vận tốc không xói tại khu vực này chỉ khoảng 0,23-0,23 m/s [14], thì theo kết quả mô phỏng trường vận tốc dòng chảy, đây là khu vực có vận tốc dòng chảy lớn nhất với giá trị $V_{\max}$ có thể lên tới 2,0 m/s, tiềm ẩn nhiều nguy cơ xói hàm ếch, gây sạt lở bờ sông. Kết quả điều tra thực địa cho thấy, hơn ½ tuyến đê bao, bờ bao trong khu vực chỉ đạt loại 3. Cao trình đỉnh bờ bao chỉ đạt khoảng +2,0m, tuyến đê bao nằm sát mép bờ sông, rất dễ bị tràn đỉnh khi xảy ra triều cường hoặc lũ.

Vùng 4 gồm các xã Vinh Kim, Mỹ Long và Long Hữu, chiều dài khoảng 30km, nằm ngay cửa sông Cung Hầu- cửa ra của nhánh sông Cổ Chiên. Khu vực này có sự phức tạp cả về mặt địa mạo và chế độ thủy động lực. Sự kết hợp giữa dòng chảy thượng nguồn mạnh, biên độ dao động triều lớn và hình thái sông phức tạp khi bị chi phối bởi nhiều cồn, cù lao và bãi nổi ven sông làm vận tốc và hướng dòng chảy có những thay đổi đột ngột và phức tạp theo các chu kỳ triều. Bờ sông cũng đối diện trực tiếp với hướng gió mùa Đông Bắc, mùa có vận tốc gió lớn, làm tăng chiều cao sóng, vận tốc và mực nước do gió tại chỗ. Kết quả mô phỏng thủy động lực cũng cho thấy, vận tốc trong khu vực đạt 0,5-0,8 m/s, trong khi vận tốc tới hạn xói của khu vực chỉ đạt 0,23-0,28 m/s. Đê bao trong khu vực đạt loại 2 chiếm ưu thế. Có một cống đang bị xói lở và xuống cấp là cống Vinh Kim, chỉ đạt loại 3.

Đối với các khu vực nằm ở phía nội đồng (VNC 1, 3), nguyên nhân cốt lõi gây mất an toàn đê bao, bờ bao, cửa cống là do lòng sông thu hẹp; vận tốc dòng chảy lớn hơn nhiều so với vận tốc cho phép không xói, xu hướng ép sát bờ, gây xói lở bờ sông; biên độ triều dao động mạnh; sự xuống cấp của các công trình đê bao, bờ bao (chủ yếu loại 2 và 3); cao trình đỉnh thấp hơn mực nước triều cường và tuyến đê bao sát mép sông tại một số đoạn; tốc độ sụt lún đáng báo động (đặc biệt là khu vực 3).

Đối với khu vực cửa sông (VNC 2, 4), nguyên nhân cốt lõi theo mức độ tác động là do vận tốc dòng chảy lớn; biên độ triều dao động mạnh; tác động của sóng biển và sóng do tàu thuyền tải trọng lớn ra và cửa sông; sự xuống cấp của các công trình đê bao, bờ bao (đê bao loại 2, bờ bao loại 3); cao trình đỉnh công trình nhỏ hơn cao trình đỉnh triều tại nhiều đoạn bờ bao; và tốc độ sụt lún đáng báo động (đặc biệt là khu vực 4).

Căn cứ trên kết quả điều tra, khảo sát, tính toán ổn định kết cấu và phương pháp chuyên gia, đề tài đã tổng hợp được các nhóm nguyên nhân gây mất an toàn đê bao, bờ bao tại 4 vùng đại diện. Việc mất an toàn đê bao, bờ bao, cống thường là do sự kết hợp bởi nhiều yếu tố. Trong đó, chia làm các nhóm chính gồm: Điều kiện tự nhiên ít biến đổi; Điều kiện tự nhiên biến đổi thường xuyên; Các yếu tố liên quan đến công trình; Các yếu tố liên quan đến khai thác. Tại các khu vực, nguyên nhân chính chủ yếu đến từ ảnh hưởng của các yếu tố biến đổi nhanh như tác động của các yếu tố thủy động lực, xói lở và các yếu tố liên quan đến công trình như kết cấu, cao trình, quy trình thi công và vật liệu xây dựng. Xem chi tiết định lượng ở Bảng 3.3.

Bảng 4.3. Phân nhóm và định lượng các nguyên nhân gây mất an toàn đê bao, bờ bao tại 4 vùng đại diện

Phân loại	Nguyên nhân	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 4
Yếu tố khách quan	Tự nhiên ít biến đổi/ biến đổi chậm	10%	10%	10%	10%
	Địa hình	4%	4%	4%	4%
	Địa chất	3%	3%	3%	3%

Phân loại	Nguyên nhân	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 4
	Địa mạo	3%	3%	3%	3%
	Tự nhiên biến đổi thường xuyên	47%	42%	41%	46%
	Thủy triều	10%	8%	8%	10%
	Dòng chảy	15%	12%	14%	10%
	Sóng	3%	8%	3%	10%
	Xói lở- sạt lở	18%	8%	10%	10%
	Biến đổi khí hậu	1%	6%	6%	6%
Yếu tố chủ quan	Các yếu tố liên quan đến công trình	37%	32%	40%	34%
	Kết cấu công trình	14%	11%	11%	14%
	Cao trình đỉnh và vị trí tuyến	6%	9%	7%	7%
	Quy trình thi công và vật liệu đắp đê	6%	4%	6%	5%
	Sự xuống cấp của công trình sau thời gian sử dụng	8%	8%	10%	8%
	Chất tải bờ sông	3%	0%	6%	0%
	Các yếu tố từ khai thác	6%	16%	9%	10%
	Xây dựng và khai thác thượng nguồn	3%	2%	3%	2%
	Giao thông thủy	2%	5%	1%	2%
	Sụt lún đất do khai thác nước ngầm	1%	4%	5%	3%
	Nuôi trồng thủy sản ven bờ sông	0%	5%	0%	3%
	Tổng	100%	100%	100%	100%

4.3. XÁC ĐỊNH CÁC CƠ CHẾ GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG Ở CỬA SÔNG VEN BIỂN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH TRÀ VINH

4.3.1. Xói lở

Xói lở chân đê/bờ bao/cống: Dòng chảy mạnh (do triều, lũ, hoặc vận hành công) tạo ra các xoáy nước tập trung ở chân công trình. Các xoáy này có năng lượng lớn, cuốn vật liệu nền ở chân đê đi, tạo thành hố xói. Xói lở mái đê/bờ bao: Sóng (do gió, tàu thuyền) vỗ trực tiếp vào mái đê, gây ra lực va đập và dòng chảy lên xuống. Lực này cuốn đi vật liệu làm mái (đất, đá). Xói ngầm: Xảy ra khi có chênh lệch mực nước lớn giữa hai bên đê (ví dụ, triều cường phía sông/biển và mực nước thấp phía đồng). Nước sẽ tìm cách thấm qua thân đê hoặc nền đê. Dòng thấm sẽ mang theo các hạt đất mịn, tạo thành các mạch thấm ngày càng lớn (ống thấm). Khi ống thấm phát triển đến một mức độ nhất định, nó có thể gây sụp đổ đột ngột một phần hoặc toàn bộ thân đê. Hiện tượng này đặc biệt nguy hiểm vì khó phát hiện sớm.

4.3.2. Mất ổn định nền

Trượt sâu: Xảy ra khi ứng suất trượt trong nền đất hoặc trong thân đê vượt quá sức kháng trượt của đất. Một khối đất lớn, bao gồm cả một phần nền và thân đê, sẽ trượt xuống theo một mặt trượt cong (trượt quay) hoặc mặt trượt phẳng (trượt tịnh tiến). Lún sụt: Đất nền yếu (đặc biệt là đất sét mềm, đất bùn hữu cơ) dưới tác dụng của tải trọng công trình (đê, cống) sẽ bị nén chặt lại theo thời gian, gây ra hiện tượng lún. Quá trình lún này bao gồm lún tức thời, lún do cố kết (thoát nước từ từ khỏi lỗ rỗng của đất) và lún từ biến (lún thứ cấp). Lún không đều có thể gây nứt vỡ thân đê, hư hỏng kết cấu cống, làm thay đổi cao trình đỉnh đê so với thiết kế, giảm khả năng chống lũ, triều cường.

4.3.3. Phá hoại kết cấu

Trượt mái đê: Mái đê (thường là mái phía đồng hoặc mái đã bị bão hòa nước) bị mất ổn định và trượt xuống do trọng lực và áp lực nước. Nứt vỡ thân đê/cửa cống: Do ứng suất vượt quá khả năng chịu đựng của vật liệu, hoặc do lún không đều. Hư hỏng

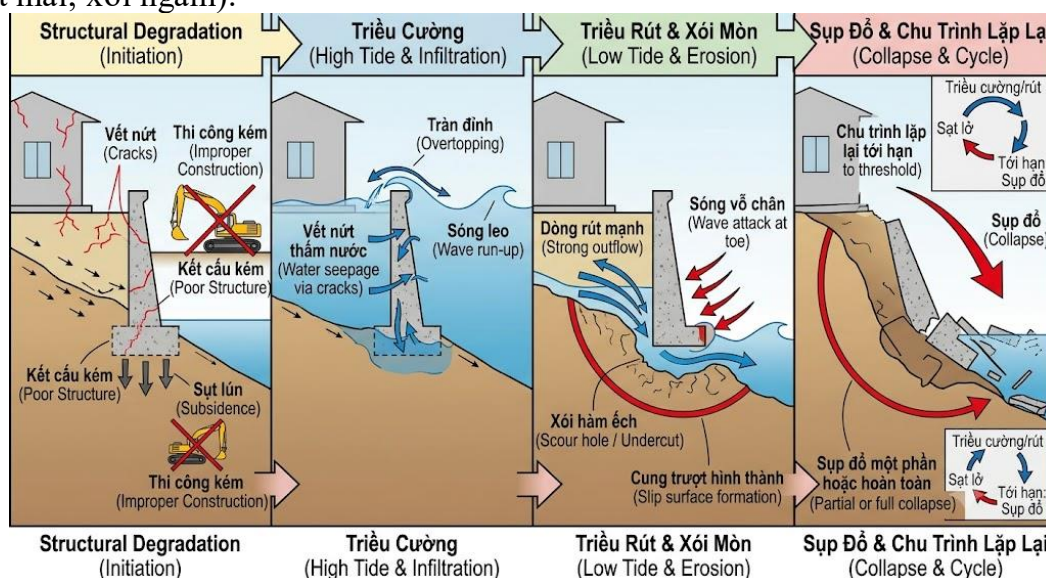
cửa cống: Cửa cống có thể bị kẹt, cong vênh, rò rỉ do ăn mòn, tác động của lực nước lớn, hoặc do cơ cấu vận hành bị hỏng.

4.3.4. Tràn nước

Khi mực nước lũ hoặc triều cường dâng cao hơn cao trình đỉnh đê, nước sẽ tràn qua mặt đê. Dòng chảy tràn có vận tốc lớn, đặc biệt nguy hiểm khi chảy xuống mái đê phía đồng. Dòng chảy này sẽ gây xói lở nghiêm trọng mái phía đồng, có thể nhanh chóng tạo thành một "kênh" cắt qua thân đê và gây vỡ đê.

4.3.5. Thẩm

Chênh lệch mực nước tạo ra dòng thẩm qua thân đê và nền. Dòng thẩm này làm phát sinh áp lực nước lỗ rỗng. Nếu áp lực này quá lớn, nó có thể làm giảm ứng suất hiệu quả giữa các hạt đất, từ đó làm giảm sức kháng cắt của đất, tăng nguy cơ mất ổn định (trượt mái, xói ngầm).



Hình 4.2. Các giai đoạn và tiến trình gây mất ổn định hệ thống

5. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO AN TOÀN CHO HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG VEN SÔNG LỚN TỈNH TRÀ VINH GIAI ĐOẠN 2025 - 2035

5.1. CƠ SỞ PHÁP LÝ VÀ THIẾT KẾ TIÊU CHÍ CHO CÁC GIẢI PHÁP

5.1.1. Cơ sở pháp lý

- Nghị quyết số 24-NQ/TW; Nghị quyết 120/NQ-CP;
- Quyết định số 245, 1581, 1397/QĐ-TTg ;

5.1.2. Thiết kế tiêu chí cho các giải pháp

- Tiêu chí kỹ thuật: an toàn, phù hợp với quy hoạch, tuổi thọ công trình phù hợp, thi công hiệu quả.
- Tiêu chí kinh tế: chi phí xây dựng, bảo trì phù hợp, gia tăng giá trị của đất, đảm bảo khai thác đa mục tiêu.
- Tiêu chí xã hội: Tạo công việc, sinh kế cho người dân, tạo không gian mới phục vụ cộng đồng.
- Tiêu chí môi trường: đảm bảo về cảnh quan môi trường tự nhiên, không tác động xấu đến khu vực lân cận.

5.2. GIẢI PHÁP TỔNG THỂ ĐẢM BẢO AN TOÀN HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG GIAI ĐOẠN 2025-2035

5.2.1. Giải pháp tổng thể



Hình 5.1. Sơ đồ tổng thể giải pháp đảm bảo an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống giai đoạn 2025-2035

5.2.2. Giải pháp phi công trình

- + Nhóm giải pháp quản lý truyền thông và hoàn thiện thể chế
- + Nhóm giải pháp ứng dụng công nghệ hiện đại và chuyển đổi số

5.2.3. Giải pháp công trình

- + Nhóm giải pháp công trình bị động
- + Nhóm giải pháp công trình chủ động

5.3. THIẾT KẾ ĐIỂN HÌNH CÁC GIẢI PHÁP KẾT CẤU MẪU

5.3.1. Tuyến đê bao, bờ bao

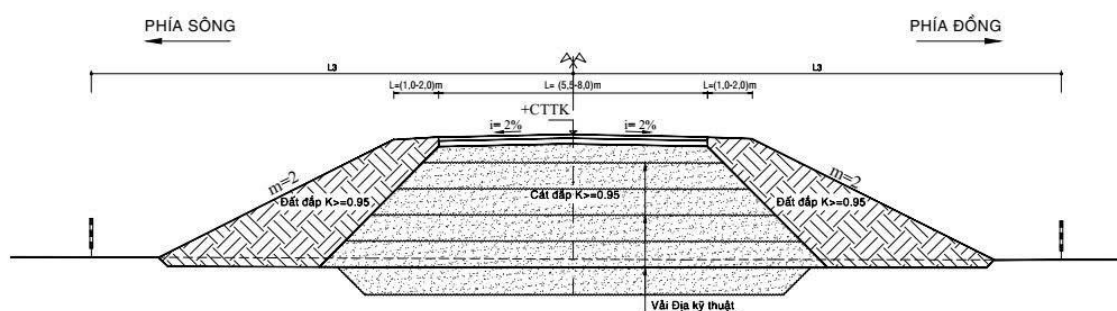
Kết quả điều tra cho thấy, hầu hết các tuyến đê bao nằm cách bờ sông tối thiểu 50m, vì vậy cơ bản tuyến đê bao đảm bảo an toàn về tuyến, gần như không đối diện với tình trạng sạt lở bờ sông.

Một số tiêu chí chuẩn về tuyến bờ bao ven sông được đề xuất cụ thể như sau:

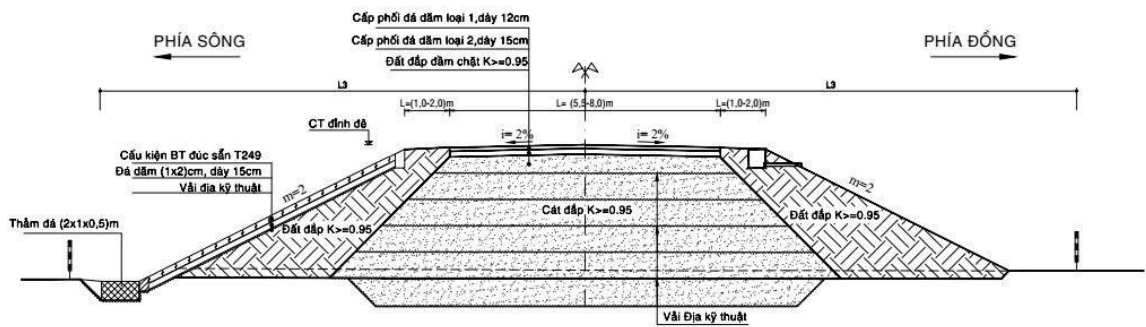
- + Tuyến bờ bao cần cách mép bờ sông một khoảng từ 10-15 mét. Thông thường bờ bao nằm sát bờ sông, đặc biệt là khu vực bờ sông đang có khả năng sạt lở là rất dễ mất ổn định, vì vậy cần bố trí xây dựng tim tuyến bờ bao tối thiểu cách mép bờ sông khoảng từ 10-15m sẽ an toàn cho bờ bao trong tương lai, do bờ bao đã nằm ngoài phạm vi cung trượt.

- + Tại các vị trí hiện trạng bờ bao đã nằm sát mép bờ sông và không có khả năng di dời, đề tài kiến nghị có thể giữ nguyên vị trí nhưng cần gia cố chân mái phía sông nhằm đảm bảo chống sạt lở.

5.3.2. Giải pháp xây dựng và nâng cấp kết cấu đê bao



Hình 5.2. Mặt cắt ngang điển hình giải pháp xây dựng mới đê bao



Hình 5.3. Mặt cắt ngang điển hình giải pháp xây dựng mới đê bao với mái đê phía sông được gia cố xói mòn do ngập của triều cường

5.3.3. Giải pháp xây dựng và nâng cấp kết cấu bờ bao

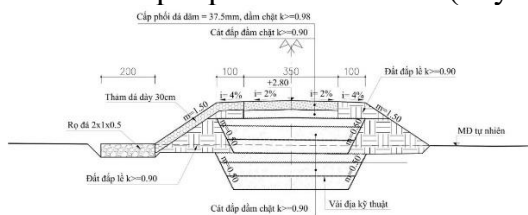
a. Xác định cao trình đỉnh bờ bao phục vụ nâng cấp giai đoạn 2026-2035

Từ kết quả tính toán cao trình đỉnh bờ bao theo 2 phương án, nhóm nghiên cứu đề xuất cao trình đỉnh bờ bao theo các khu vực như sau:

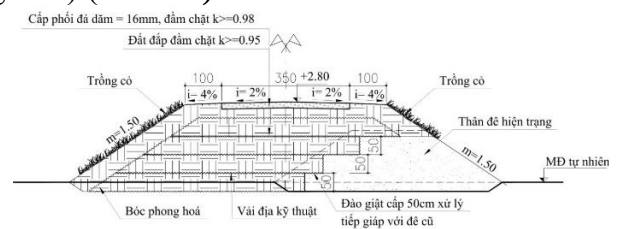
Cao trình bờ bao	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 4
Theo TCVN	+2,60m	+2,60m	+2,83m	+2,60m
Kịch bản bất lợi nhất đến 2035	+2,80m	+2,65m	+2,85m	+2,65m

Chú ý: Cao trình đỉnh của bờ bao chưa xét đến lún tổng thể của khu vực, khi thiết kế cần kể đến hiện tượng lún theo từng năm do lún tổng thể.

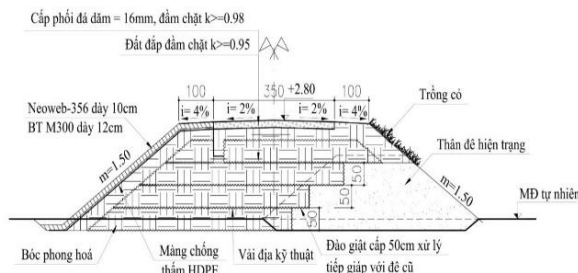
b. Giải pháp kết cấu bờ bao (xây dựng mới) (BB-GC)



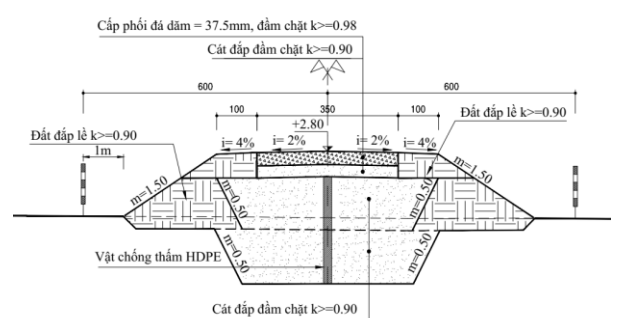
Hình 5.4. Mặt cắt ngang điển hình bờ bao gia cố mái và chân khay



Hình 5.5. Mặt cắt ngang điển hình nâng cấp cao trình và mở rộng bờ bao kết hợp gia cố mái



Hình 5.6. Mặt cắt ngang điển hình bờ bao nâng cấp cao trình và mở rộng kết hợp gia cố và màng chống thấm ở mái HDPE

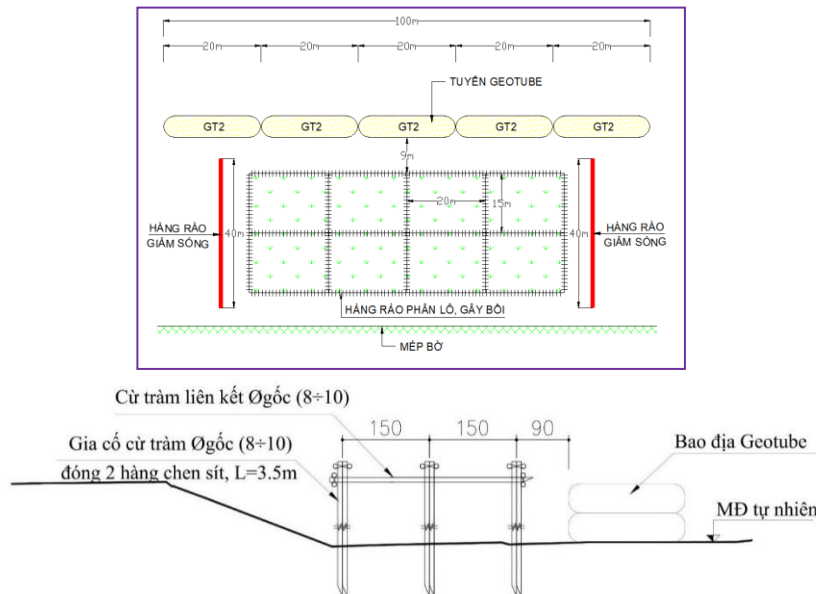


Hình 5.7. Mặt cắt ngang điển hình bờ bao nâng cấp cao trình và mở rộng kết hợp gia cố và vật chống thấm ở giữa thân bờ bao

5.3.4. Giải pháp giảm sóng, dòng chảy, gây bồi tạo bãi chống xói lở bờ sông khu vực có tuyến bờ bao

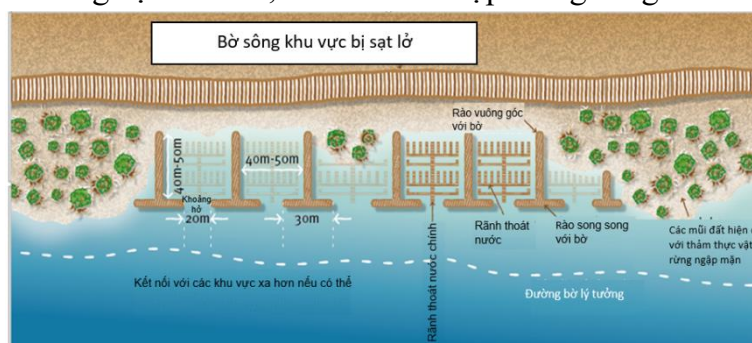
1. Giải pháp gây bồi tạo bãi, khôi phục thảm rừng ngập mặn ven sông (Kè GB)

a. Túi Geotube kết hợp hàng rào



Hình 5.8. Mặt bằng (hình trên) và cắt ngang điển hình (hình dưới) giải pháp gây bồi tạo bãi ven sông

b. Kè mềm bằng cọc cừ dừa, cừ tràm kết hợp trồng rừng

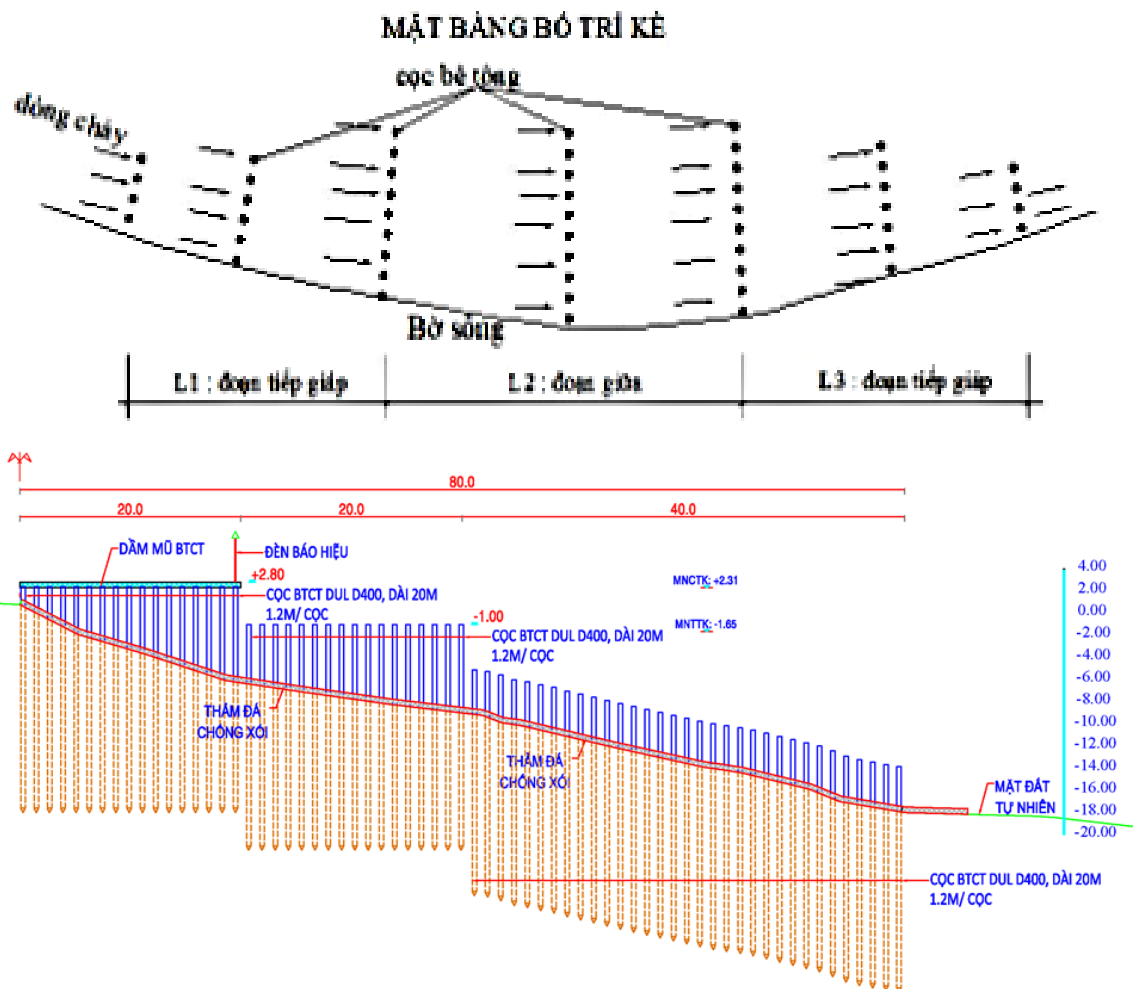


Hình 5.9. Mặt bằng bố trí hệ thống cù dừa và cù tràm

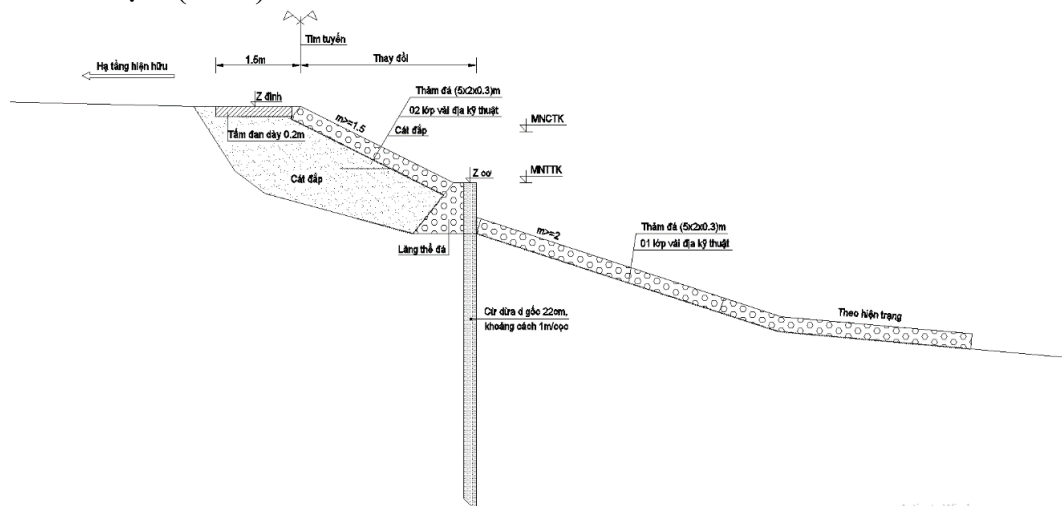


Hình 5.10. Minh hoạ bố trí công trình khu vực sát lở

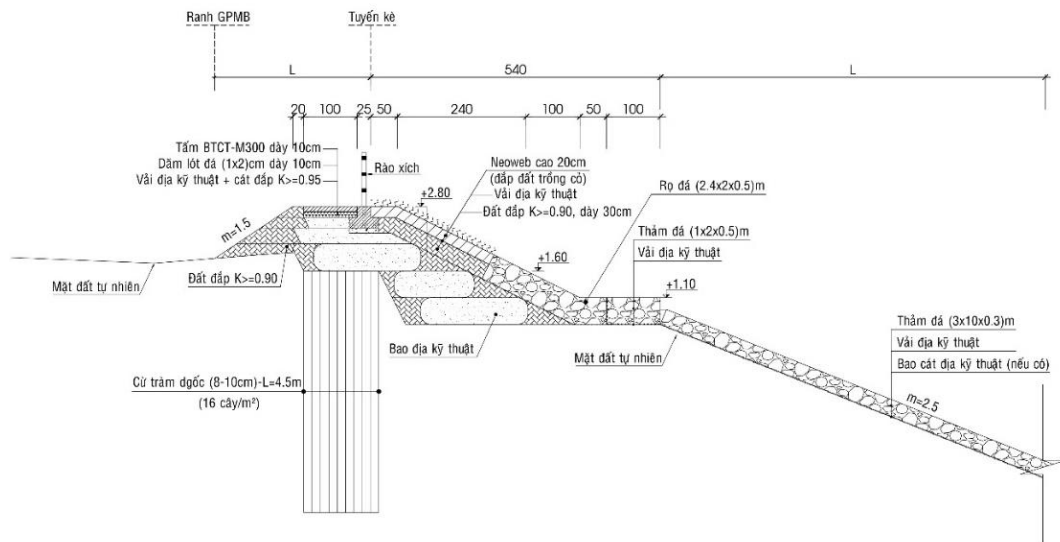
c. Mỏ hàn cọc vuông góc với mép bờ



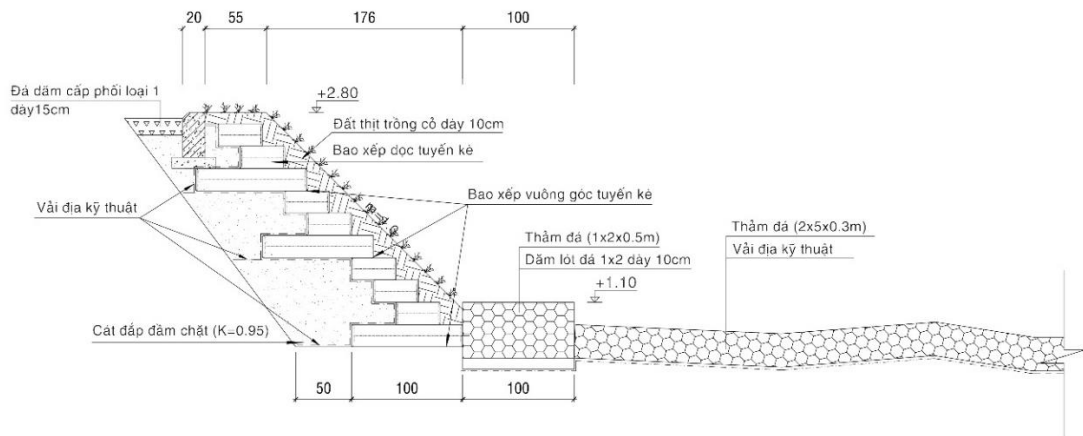
Hình 5.11. Mặt cắt dọc thiết kế mở hàn cọc vuông góc với mép bờ
2. Giải pháp chống xói lở bờ sông
a. Kè tạm (Kè T)



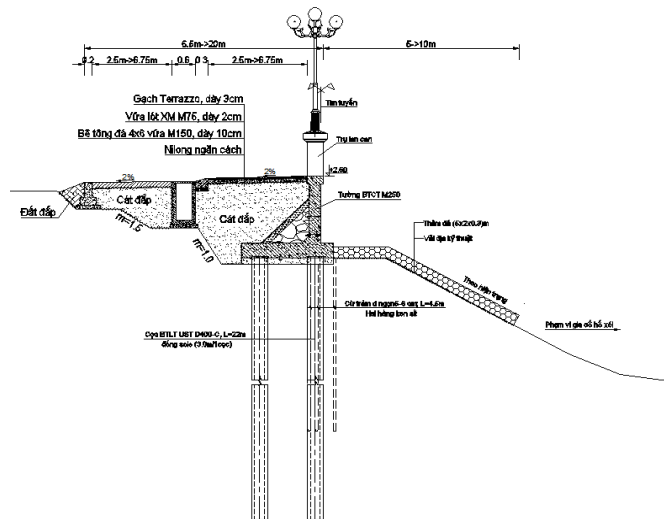
Hình 5.12. Mặt cắt ngang điển hình kè tạm chống sạt lở bờ
b. Kè bán kiên cố (Kè BKC)



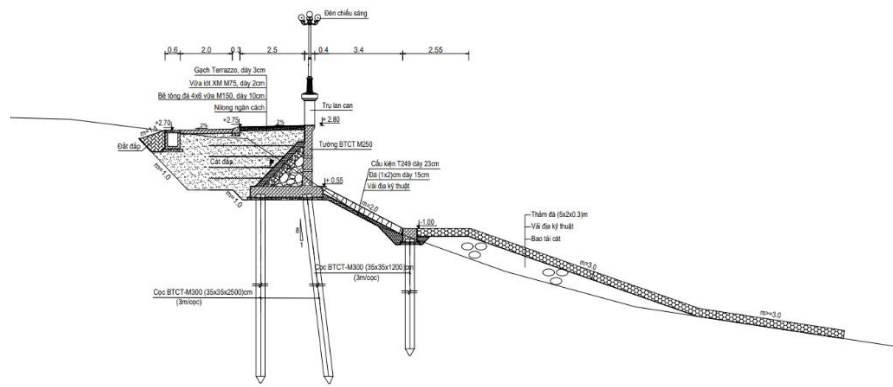
Hình 5.13. Mặt cắt ngang điển hình kè bán kiên cố
c. Kè sinh thái (Kè BKC)



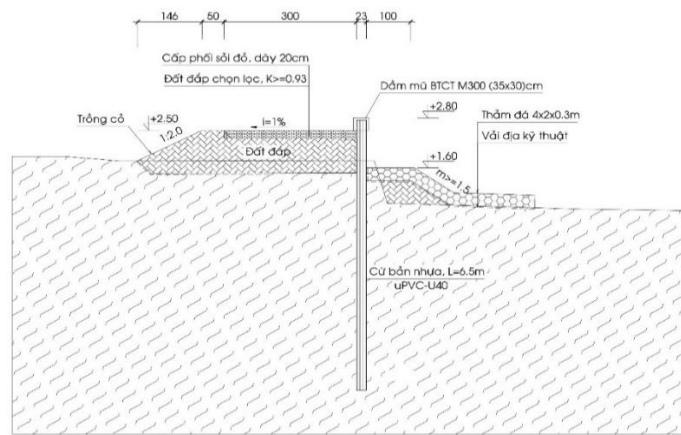
Hình 5.14. Mặt cắt ngang điển hình kè sinh thái
d. Kè kiên cố loại 1 (Kè GC)



Hình 5.15. Mặt cắt ngang điển hình kè bảo vệ bờ loại 1
e. Kè kiên cố loại 2 (Kè GC)



Hình 5.16. Mặt cắt ngang điển hình kè bảo vệ bờ loại 2
f. Kè kiên cố loại 3 (Kè GC)



Hình 5.17. Mặt cắt ngang điển hình kè bảo vệ bờ loại 3

5.3.5. Giải pháp gia cố cho các khu vực cửa cống

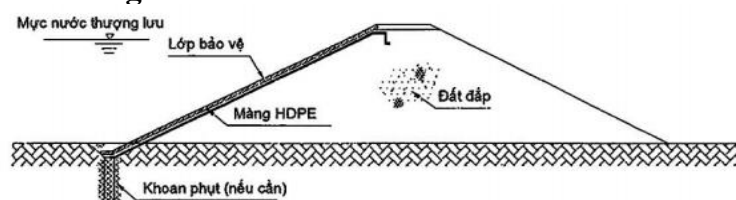
1. Xử lý và lấp hố xói
2. Gia cố bờ và mái đê chuyển tiếp
3. Giải pháp cừ ván để ngăn thấm và giữ ổn định

5.4. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MỚI, VẬT LIỆU MỚI TRONG NÂNG CẤP VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO

5.4.1. Túi bọc vải địa kỹ thuật



Hình 5.18. Minh họa giải pháp kè sinh thái bằng các túi bọc vải địa kỹ thuật
5.4.2. Vải HDPE chống thấm



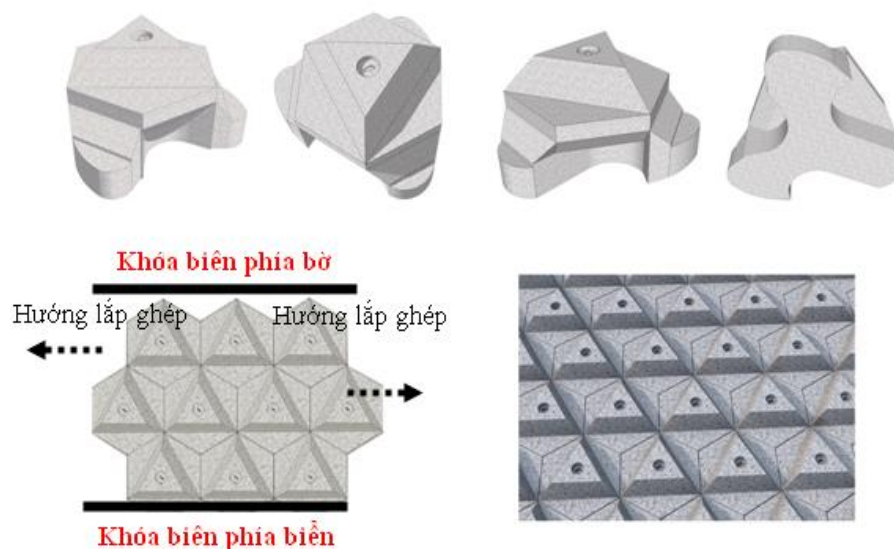
Hình 5.19. Bố trí màng chống thấm ở thượng lưu có lớp bảo vệ

5.4.3. Bê tông mẫn sử dụng cát biển

Đây là đột phá về vật liệu giúp giải quyết tình trạng khan hiếm cát sông nghiêm trọng hiện nay. Giải pháp sử dụng cốt sợi polymer (FRP) hoặc phụ gia siêu dẻo, tro bay để tăng độ đặc chắc, ngăn chặn sự xâm nhập của muối.

5.4.4. Cấu kiện lắp ghép T249

Đây là giải pháp mái kè sáng tạo được cấp bằng sáng chế của TS Lê Văn Tuấn (Viện kỹ thuật Biển) là tác giả. Giải pháp mái kè đảm bảo tính linh hoạt (mềm) khi chịu lực, chịu được uốn hoặc lún cục bộ mà vẫn đảm bảo yếu tố liên kết che kín mái nền công trình.



Hình 5.20. Cấu kiện bê tông ngầm khoá biên trên dưới (hình minh họa cấu kiện có mô giám sóng, dòng chảy)

5.4.5. Cấu kiện Bê tông (hoặc nhựa) lắp ghép chống tràn đỉnh bờ bao



Hình 5.21. Minh họa cử bản nhựa làm tường chắn ở ao, hồ

5.4.6. Nhà sàn vùng ngập lụt



Hình 5.22. Minh họa mô hình nhà ở thích nghi ngập úng

5.4.7. Hồ điều hoà giảm ngập sau bờ bao



Hình 5.23. Ao cá không sử dụng có thể tận dụng làm hồ trữ nước ngọt hoặc sử dụng khi ứng phó sự cố vỡ bờ bao



Hình 5.24. Minh họa hồ điều hòa kết hợp trữ nước ngọt phục vụ tưới tiêu, ứng phó sự cố vỡ bờ bao và kết hợp du lịch sinh thái

5.5. ĐỀ XUẤT DANH MỤC ĐẦU TƯ CHO CÁC KHU VỰC CỤ THỂ

Bảng 5.1. Các dự án/công trình đề xuất dọc tuyến đê bao, bờ bao sông Hậu

TT	Danh mục dự án/công trình	Qui mô công trình				Các công việc cần thực hiện	2026 ÷2030	2030 ÷2035
		Kè GC	Kè T	BB- GC	Kè GB			
I	Công trình							
	Xã An Phú Tân							
1	Nâng cấp, gia cố hệ thống bờ bao ngăn triều cường xã An Phú Tân đoạn từ bến phà Phong Năm đến phà Đường Đức, Đoạn SH1 L=8.190m.	X	X	X	X	❖ Chỉnh tuyến bờ bao để tránh bị cong gấp; ❖ Nâng cấp cao trình bờ bao đến +2.6 -2.8m ❖ Gia cố bờ bao tại các vị trí đang bị sạt lở ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông.	X	
	Xã Phong Thạnh							
2	Nâng cấp, gia cố hệ thống đê bao ngăn triều cường xã Phong Thạnh đoạn từ Phà Đường Đức đến vàm Ninh Thới, Đoạn SH2 L=8.810m	X	X	X	X	❖ Chỉnh tuyến bờ bao để tránh bị cong gấp; ❖ Nâng cấp cao trình bờ bao đến +2.6 -2.65m ❖ Gia cố bờ bao tại các vị trí đang bị sạt lở ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông.	X	
	Xã Tân Hoà					❖		

3	Xây dựng bờ bao ngăn triều cường xã Tân Hoà đoạn tiếp giáp với bờ bao hiện hữu cách vàm Cầu Quan 1,65km về hạ lưu 1,82km, Đoạn SH3 L=1.820m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.6 - 2.65m; (2) Tuyến bờ bao cách mép bờ sông từ 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
	Xã Lưu Nghiệp Anh							
4	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều xã Lưu Nghiệp Anh đoạn tiếp giáp với xã Tân Hoà đến bến đò, Đoạn SH4 L=1.800m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.6 - 2.65m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
5	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều xã Lưu Nghiệp Anh đoạn tiếp giáp với bến đò đến sông Trà Cú Đoạn SH5 L=4.900m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.6 - 2.65m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
	Xã Hàm Giang							

6	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều cường xã Hàm Giang đoạn từ Vàm Trà Cú đến bến đò Xoài Rùm, Đoạn SH6 L=2.360m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.6 - 2.65m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
7	Kè chống sạt lở bờ sông Hậu đoạn qua bến đò Xoài Rùm, Đoạn SH7 L=270m	X				❖ Xây mới tuyến kè bảo vệ bờ sông	X	
8	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều cường xã Hàm Giang đoạn từ bến đò Xoài Rùm đến rạch Tổng Long, Đoạn SH8 L=1.790m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.6 - 2.65m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
9	Nâng cấp, gia cố hệ thống bờ bao ngăn triều cường xã Hàm Giang đoạn từ bến đò Bến Bạ đến sông Rạch Cá, Đoạn SH9 L=2.400m			X	X	❖ Nâng cấp tuyến bờ bao dọc bờ sông đạt cao trình +2.6 - 2.65m; ❖ Hiệu chỉnh tuyến bờ bao thẳng và cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
	Xã Đại An							

10	Nâng cấp, gia cố hệ thống bờ bao ngăn triều cường xã Đại An đoạn từ sông Rạch Cá cảng cá Định An, Đoạn SH8 L=5.070m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.6 - 2.65m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
II	Phi công trình							
1	Tuyên truyền, vận động người dân nâng cao ý thức bảo vệ hạ tầng đê bao, bờ bao thông qua các hoạt động của Đoàn, Hội						X	
2	Triển khai mô hình hợp tác công và tư trong quản lý vận hành và khai thác sử dụng đất trong khu đê bao, bờ bao						X	
3	Tăng cường phát triển và cải thiện hệ thống quan trắc và cảnh báo sớm các yếu tố ảnh hưởng đến an toàn hệ thống đê bao, bờ bao và cửa cống như: sụt lún, nứt, biến dạng thân đê, dao động mực nước ngầm						X	

4	Lập bản đồ số hoá tất cả dữ liệu, thông số về đê bao, bờ bao, cửa cống nhằm phục vụ công tác tổng hợp, phân tích và dự báo các sự cố có thể ảnh hưởng trong tương lai.						X	
---	--	--	--	--	--	--	---	--

Bảng 5.2. Các dự án/công trình đề xuất dọc tuyến đê bao, bờ bao sông Cổ Chiên

TT	Danh mục dự án/công trình	Qui mô công trình				Các công việc cần thực hiện	2026 ÷2030	2030 ÷2035
		Kè GC	Kè T	BB- GC	Kè GB			
I	Công trình							
	Xã Nhị Long							
1	Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên xã Nhị Long đoạn từ rạch Bàng về hạ lưu 1,92km, đoạn SCC1 L=1.920m.	X			X	❖ Xây mới tuyến kè bảo vệ bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.8 - 2.90m; (2) tuyến kè cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
2	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều cường xã Nhị Long đoạn từ cống Cái Hóp đến cầu Cổ Chiên, đoạn SCC2 L=6.540m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.80 - 2.90m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	

TT	Danh mục dự án/công trình	Qui mô công trình				Các công việc cần thực hiện	2026 ÷2030	2030 ÷2035
		Kè GC	Kè T	BB- GC	Kè GB			
I	Công trình							
3	Nâng cấp, gia cố đoạn đê bao ngăn triều cường xã Nhị Long đoạn từ cầu Cỏ Chiên đến sông Láng Thè, đoạn SCC3 L=2.200m (chỉnh tuyến)				X	❖ Điều chỉnh tuyến đê bao cách bờ sông 50-100m ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
4	Nâng cấp, gia cố đoạn đê bao ngăn triều cường khu vực cồn Hô xã Nhị Long –đoạn SCC 31 L=600m			X	X	❖ Nâng cấp tuyến bờ bao dọc bờ sông đạt cao trình +2.80 - 2.90m; ❖ Gia cố mái và chống thấm bờ bao tại các vị trí xung yếu; ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
	Phường Long Đức					❖		
5	Kè chống sạt lở bờ sông Hậu phường Long Đức đoạn từ sông Láng Thè đến sông Long Bình, đoạn SCC4 L=6.700m			X	X	❖ Xây mới tuyến kè bảo vệ bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.8 - 2.90m; (2) tuyến kè cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
	Phường Hoà Thuận					❖		
6	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều cường phường Hoà Thuận đoạn từ			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.80 - 2.90m;		X

TT	Danh mục dự án/công trình	Qui mô công trình				Các công việc cần thực hiện	2026 ÷2030	2030 ÷2035
		Kè GC	Kè T	BB- GC	Kè GB			
I	Công trình							
	sông Long Bình đến giáp xã Hưng Mỹ, đoạn SCC5 L=4.210m.					(2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		
	Xã Hưng Mỹ							
7	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều cường xã Hưng Mỹ đoạn giáp Phường Hoà Thuận về hạ lưu, đoạn SCC6 L=6.430m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.80 - 2.90m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		X
8	Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên xã Hưng Mỹ đoạn từ bến phà Bãi Vàng lên thượng lưu 1,86km, đoạn SCC7 L=1.870m.	X			X	❖ Xây mới tuyến kè bảo vệ bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.80 - 2.90m; (2) tuyến kè cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
	Xã Vinh Kim					❖		
9	Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên xã Vinh Kim giai đoạn 2 , đoạn SCC8 L=1.850m	X			X	❖ Xây mới tuyến kè bảo vệ bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.60 - 2.70m;	X	

TT	Danh mục dự án/công trình	Qui mô công trình				Các công việc cần thực hiện	2026 ÷2030	2030 ÷2035
		Kè GC	Kè T	BB- GC	Kè GB			
I	Công trình							
						(2) tuyến kè cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).		
	Xã Mỹ Long							
10	Xây dựng tuyến bờ bao ngăn triều cường xã Mỹ Long đoạn tiếp giáp với xã Vĩnh Kim đến bến phà Thủ Trước, đoạn SCC9 L=2.730m			X	X	❖ Xây mới tuyến bờ bao dọc bờ sông yêu cầu: (1) cao trình +2.60 - 2.70m; (2) tuyến bờ bao cách mép bờ sông 10-15m. ❖ Khôi phục thảm thực vật tạo bãi bồi phía sông (nếu có).	X	
II	Phi công trình							
1	Tuyên truyền, vận động người dân nâng cao ý thức bảo vệ hạ tầng đê bao, bờ bao thông qua các hoạt động của Đoàn, Hội						X	
2	Triển khai mô hình hợp tác công và tư trong quản lý vận hành và khai thác sử dụng đất trong khu đê bao, bờ bao						X	
3	Dự án: Xây dựng hệ thống quan trắc tự động chế độ thủy động lực sông biển, sụt lún và cảnh báo sớm nguy cơ sạt						X	

TT	Danh mục dự án/công trình	Qui mô công trình				Các công việc cần thực hiện	2026 ÷2030	2030 ÷2035
		Kè GC	Kè T	BB- GC	Kè GB			
I	Công trình							
	lở do triều cường, dòng chảy đến hệ thống đê bao, bờ bao và cửa cống							
4	Dự án: Thiết lập bộ cơ sở dữ liệu và xây dựng bản đồ số hoá chi tiết dữ liệu tài nguyên môi trường hành lang ven sông lớn và tích hợp thông số công trình đê bao, bờ bao, cửa cống nhằm phục vụ công tác tổng hợp, phân tích và dự báo các sự cố có thể ảnh hưởng trong tương lai.						X	

Ghi chú: Kè gia cố (Kè GC), Kè tạm (Kè T), BB-GC (Gia cố bờ bao), Kè GB (Kè gây bồi).

6. XÂY DỰNG BỘ CƠ SỞ DỮ LIỆU, BẢN ĐỒ SỐ VÀ WEBGIS PHỤC VỤ TRA SÓÁT VÀ QUẢN LÝ HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG

6.1. XÂY DỰNG BỘ CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ BẢN ĐỒ SỐ HÓA

6.1.1. Bộ cơ sở dữ liệu

Trong khuôn khổ đề tài, nhóm nghiên cứu đã tiến hành đi thu thập, điều tra và khảo sát hiện trường để tổng hợp và thành lập bộ cơ sở dữ liệu cho đề tài, gồm có:

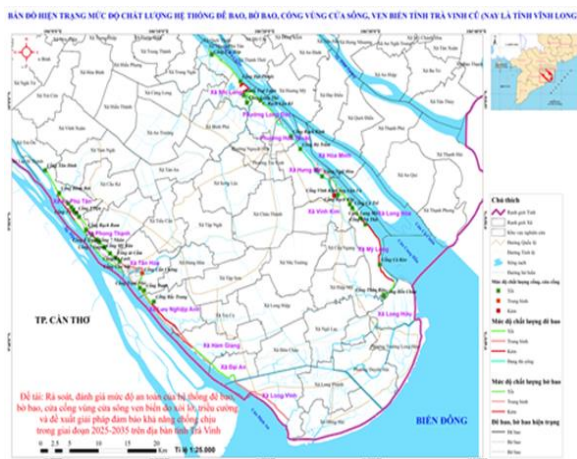
(1) **Tài liệu cơ bản:** tài liệu về điều kiện tự nhiên, tài liệu về thủy hải văn bùn cát, tài liệu bản đồ số, khảo sát bổ sung mới tài liệu địa hình và các kết quả nghiên cứu liên quan.

(2) **Bộ cơ sở dữ liệu điều tra hiện trạng:** hình ảnh, video, bản đồ tại KVNC.

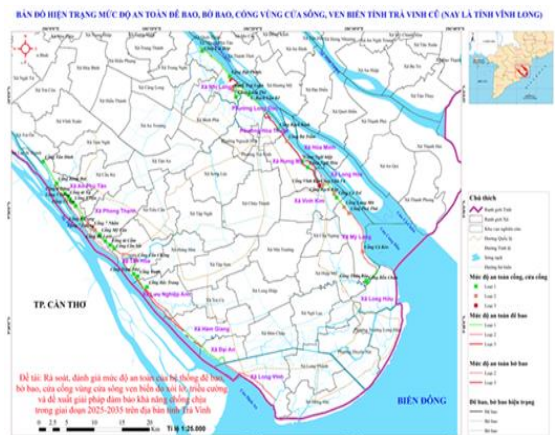
Bộ cơ sở dữ liệu cung cấp thông tin đầy đủ, đồng bộ và có hệ thống phục vụ quản lý, khai thác và vận hành hiệu quả hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống tỉnh Trà Vinh, đồng thời phục vụ tích hợp thông tin trên WebGIS giúp tra cứu trực quan, cập nhật, chia sẻ dữ liệu nhanh chóng và hỗ trợ ra quyết định trong công tác quản lý hướng đến chuyển đổi số trong nghiên cứu khoa học.

6.1.2. Xây dựng bản đồ số hóa tỷ lệ 1:25.000

❖ Tập bản đồ số hóa về tuyến đê bao, mức độ an toàn hệ thống đê bao, cửa cống.

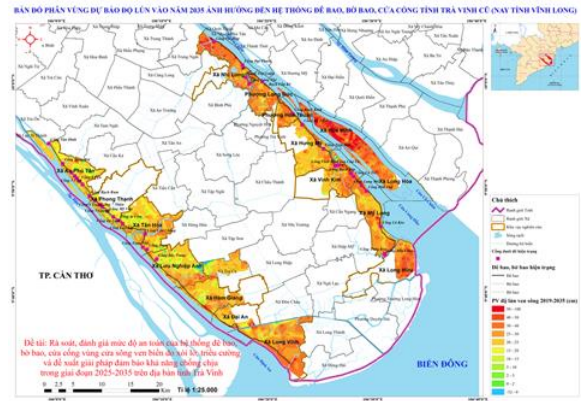
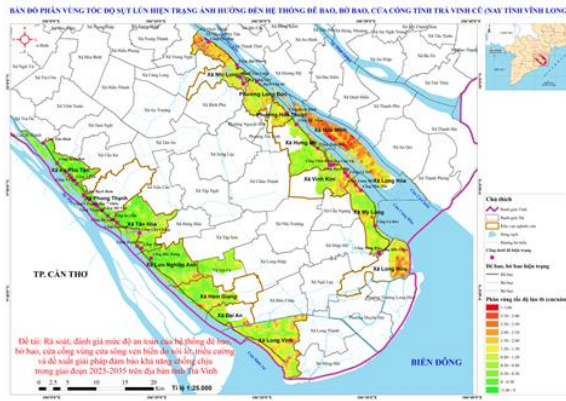


Hình 6.1. Bản đồ hiện trạng mức độ chất lượng



Hình 6.2. Bản đồ hiện trạng mức độ an toàn

- ❖ Tập bản đồ số hóa về kết quả mô phỏng ngập lụt trong kịch bản hiện trạng của hệ thống đê bao (năm điển hình và năm cực đoan), gồm có:
 - Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao theo hiện trạng năm 2023.
 - Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao theo kịch bản RCP4.5 năm 2035.
 - Bản đồ ngập lụt ngoài đê bao theo kịch bản RCP8.5 năm 2035.
- ❖ Tập bản đồ số hóa về khả năng rủi ro sụt lún bề mặt đến hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống.
- ❖ Tập bản đồ số hóa kết quả đánh giá an toàn đê bao, bờ bao, cửa cống hiện trạng và đến năm 2035.



Phân vùng tốc độ sụt lún hiện trạng

Phân vùng dự báo sụt lún vào năm 2035

6.2. XÂY DỰNG WEBGIS HỆ THỐNG ĐÊ BAO, BỜ BAO, CỬA CỐNG

Hệ thống WebGIS được xây dựng nhằm lưu trữ, quản lý và trực quan hóa các dữ liệu không gian liên quan đến hệ thống đê bao, bờ bao và cửa cống tại KVNC, cho phép tích hợp dữ liệu bản đồ, dữ liệu thuộc tính và các thông tin khảo sát thực địa trên cùng một nền tảng trực tuyến. Nhờ đó, người dùng có thể dễ dàng truy cập, tra cứu và khai thác thông tin thông qua trình duyệt web.

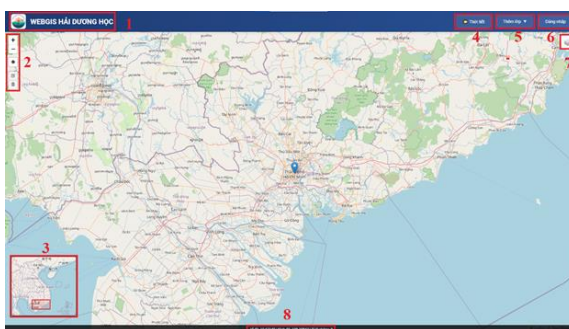
WebGIS Hải dương học được xây dựng gồm các chức năng cơ bản tương tác trên dữ liệu theo nguyên tắc CRUD gồm tạo mới, đọc, cập nhật và xóa dữ liệu. Nhóm đã sử dụng các công nghệ hiện đại để xây dựng nên sản phẩm Webgis gồm các thành phần như sau:

- Backend: Python - đóng vai trò là công cụ chuyển đổi dữ liệu thô (.shp, .gdb,...) sang dữ liệu không gian cho ứng dụng có thể gọi, Nodejs - chịu trách nhiệm quản lý và điều phối chức năng của Webgis như đăng nhập, truy vấn, tương tác với dữ liệu.

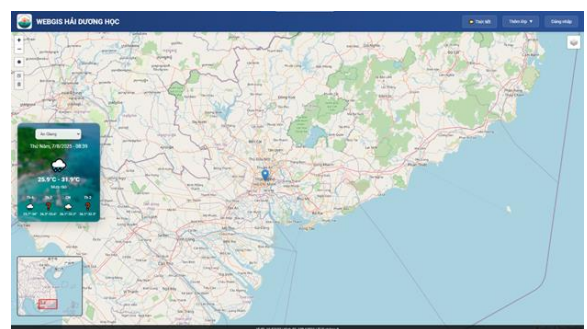
- Frontend (giao diện sản phẩm): HTML và CSS - xây dựng bố cục và thiết kế cho giao diện của sản phẩm, JavaScripts - tạo các chức năng động cho giao diện như thu/phóng bản đồ và tương tác với bản đồ.

- Database (Cơ sở dữ liệu): PostgreSQL - là một công nghệ hiện đại và phổ biến nhất để lưu trữ dữ liệu, tiện ích PostGIS được tích hợp sẵn để lưu trữ và quản lý các nhóm dữ liệu không gian.

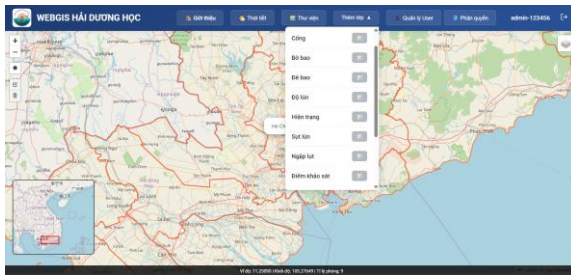
Dưới đây là một số hình ảnh của sản phẩm WebGIS:



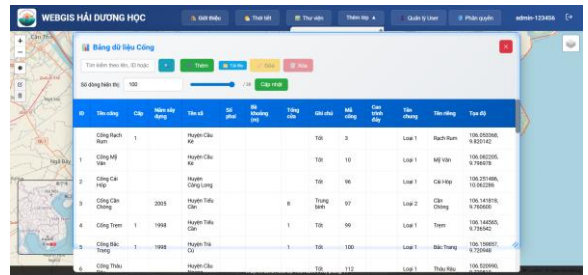
Giao diện người dùng trên web



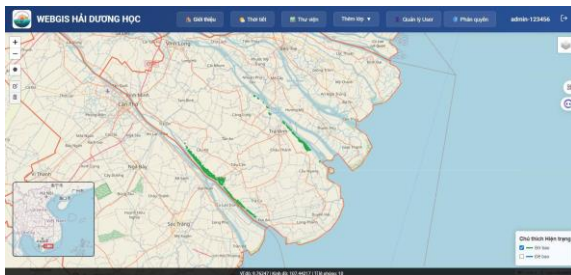
Tính năng dự báo thời tiết



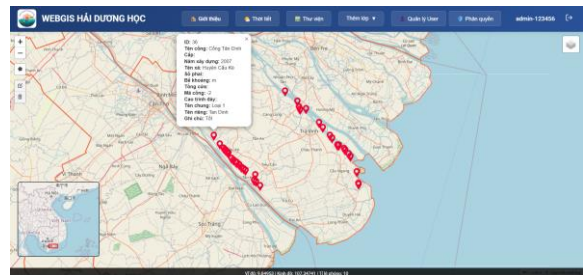
Hộp thả các lớp dữ liệu đề tài



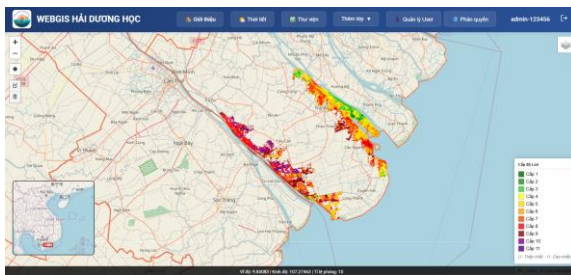
Giao diện bảng tương tác với dữ liệu từng lớp



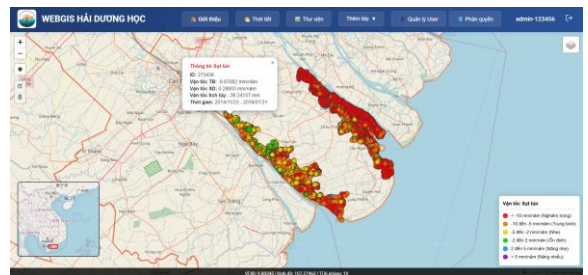
Dữ liệu Hiện trạng



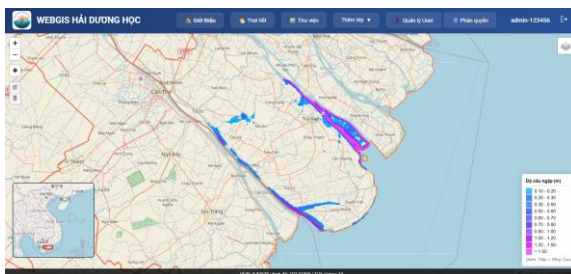
Dữ liệu Công



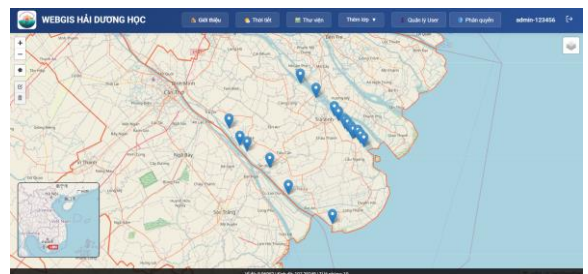
Dữ liệu độ lún



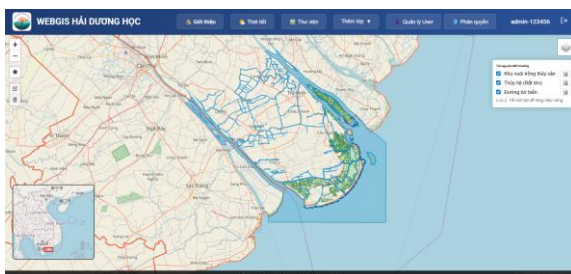
Dữ liệu sụt lún



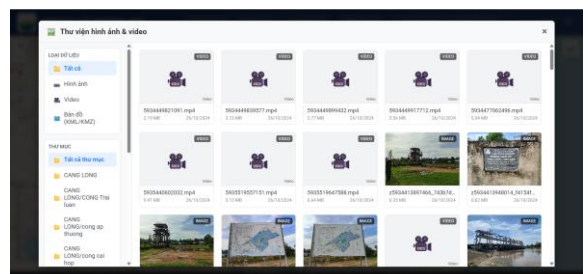
Hình ảnh minh họa dữ liệu Ngập lụt



Địa điểm khảo sát



Dữ liệu Tài nguyên môi trường



Thư viện của đề tài (hình ảnh, video và file tài liệu)

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Đề tài KHCN cấp tỉnh “Rà soát, đánh giá mức độ an toàn của hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông ven biển do xói lở, triều cường và đề xuất giải pháp đảm bảo khả năng chống chịu trong giai đoạn 2025-2035 trên địa bàn tỉnh Trà Vinh (tỉnh Vĩnh Long mới)” do Viện Kỹ thuật Biển chủ trì thực hiện đã hoàn thành các sản phẩm khoa học công nghệ đặt hàng theo Thuyết minh được phê duyệt, Hợp đồng và giải quyết được 03 mục tiêu chính của đề tài:

(i). Đánh giá được hiện trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống ở cửa sông ven biển và các nguyên nhân gây mất an toàn tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống trên địa bàn tỉnh Trà Vinh.

(ii). Đề xuất được giải pháp đảm bảo an toàn tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống trên từng vùng cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh.

(iii). Thiết kế giải pháp công nghệ kè tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống an toàn cho từng vùng cửa sông ven biển trên địa bàn tỉnh Trà Vinh.

Trong 18 tháng thực hiện, với sự nỗ lực của nhóm nghiên cứu, đề tài đã đạt được những kết quả như sau:

1. Đã xây dựng được bộ dữ liệu có giá trị tham khảo về hiện trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống cùng các dữ liệu thu thập về điều kiện tự nhiên, thiên tai; bộ dữ liệu về kết quả điều tra hiện trường và địa hình ở 04 khu vực đáng tin cậy. Đây là bộ cơ sở dữ liệu quan trọng để đánh giá an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống vùng cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh.

2. Kết quả điều tra hiện trường tới từng vị trí cửa cống và các tuyến đê bao, bờ bao trên địa bàn KVNC cho thấy, hiện tượng ngập lụt ảnh hưởng liên tục mỗi đợt triều cường tại một số vị trí ngoài đê bao vẫn đang xảy ra. Hiện tượng sụt lún và sạt lở bờ sông uy hiếp an toàn tuyến bờ bao đang xảy ra nghiêm trọng tại KVNC. Hiện nay, hệ thống đê bao còn bản hoạt động tốt; hệ thống bờ bao đang chịu tác động trực tiếp của triều cường đang dần xuống cấp, hư hỏng và mất an toàn nghiêm trọng. Các cống và phạm vi cửa cống đang hoạt động tốt theo quy trình vận hành, riêng cửa cống Vĩnh Kim, Cần Chông và Chà Và đang diễn ra sạt lở bờ đê bao nối với cống.

3. Đề tài đã ứng dụng các mô hình MIKE 21/3 COUPLE MODEL, MIKE 11 và MIKE FLOOD đánh giá mức độ ảnh hưởng của triều cường và ngập lụt phía ngoài bờ bao thuộc phạm vi KVNC. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Chế độ mực nước và dòng chảy đang uy hiếp rất lớn tới mức độ an toàn của hệ thống bờ bao dọc sông Hậu và Cổ Chiên trong điều kiện hiện trạng và trường hợp bất lợi cực đoan trong giai đoạn đến 2035; tại nhiều khu vực, bờ bao có nguy cơ bị tràn đỉnh gây hư hỏng kết cấu và ngập úng phần phía trong bờ bao, phía ngoài tuyến đê bao.

- Mực nước cao nhất 2,04 - 2,39m và gia tăng trong tương lai do NBD, trong khi các đoạn bờ bao có cao trình +2,0m đến +2,3m sẽ không còn an toàn trước mực NBD. Hệ thống đê bao ở KVNC đang dư an toàn > 1,0m trước mực nước cao nhất hiện trạng và trong các trường hợp bất lợi.

- Chế độ dòng chảy trên sông Hậu và Cổ Chiên với giá trị vận tốc lớn và hướng dòng chảy phức tạp theo các pha triều lên và xuống sẽ tác động nghiêm trọng đến bờ sông, nơi không có vùng đệm (bãi sông, thảm thực vật). Các khu vực cửa cống mà đặc biệt như cống Vĩnh Kim, Cần Chông và Chà Và phải đối mặt với áp lực nước từ ngoài sông lớn gây mất an toàn công trình.

- Hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống dọc sông Hậu và Cổ Chiên phía thượng nguồn không bị ảnh hưởng bởi sóng. Nhưng đối với hệ thống đê bao, bờ bao ở vùng cửa sông, sóng là một trong các điểm yếu chính sẽ bị tác động nhiều nhất, cụ thể là xã Long Vĩnh và xã Long Hữu.

- Về tổng thể, hiệu quả chống ngập lụt của đê bao ở KVNC rất tốt, kết hợp các công đầu mối đã làm giảm nguy cơ ngập lụt vào nội đồng. Tuy nhiên, đoạn đê bao và bờ bao ở xã Hàm Giang, Đại An và đê bao ở xã Nhị Long đang bị sạt lở nguy hiểm và đây là những khu vực ngập lụt khá nghiêm trọng với mức ngập 0,5 - 2,0m ở hiện tại đến tương lai năm 2035. Vùng ngoài đê bao gần như bị ngập lụt nặng đặc biệt là đoạn bờ bao xã Phong Thạnh, xã Tân Hoà, phường Hoà Thuận, xã Hưng Mỹ và xã Vĩnh Kim.

- Kế thừa kết quả về sụt lún từ các nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy rằng, tình hình sụt lún đang diễn ra rất nhanh và tác động đến đồng bằng nghiêm trọng. Với việc gia tăng mức độ lún đến năm 2035 sẽ gây nguy cơ mất an toàn đến hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống. Tình hình sạt lở bờ sông Hậu và Cổ Chiên diễn biến hết sức phức tạp, sạt lở bờ sông Cổ Chiên được dự báo đến năm 2025 - 2030 với tốc độ 0,30 - 4,19 m/năm; sạt lở bờ sông Hậu dự báo xảy ra nguy cấp hơn, với tốc độ trung bình 2,0 - 7,0 m/năm;

4. Đề tài đã đánh giá mức độ an toàn của hệ thống đê bao, bờ bao và cửa cống vùng cửa sông ven biển tỉnh Trà Vinh theo 05 nhóm tiêu chí gồm: (1) Chất lượng công trình; (2) An toàn phòng lũ, (3) Ổn định kết cấu; (4) An toàn thấm và (5) An toàn tại các đoạn giao cắt. Kết quả cho thấy:

- Đê bao: Trong tổng chiều dài gần 124km, có 48,7 % thuộc loại 1, 33,2 % thuộc loại 2 và 18,1 % thuộc loại 3. Khu vực loại 3 chủ yếu nằm phía nội đồng, ven sông Cổ Chiên và một đoạn thuộc xã Lưu Nghiệp Anh, nhánh sông Hậu;

- Bờ bao: Trong tổng chiều dài 45km, bờ bao trong KVNC chủ yếu là loại 3 (73,3 %), còn lại là loại 2 (26,7 %). Các công trình này đã xuống cấp, không còn đáp ứng an toàn với kết cấu yếu và nhiều đoạn bị sạt lở. Khả năng phòng lũ và ngăn chặn tràn bờ khi triều cường giảm;

- Cống: Theo kết quả đánh giá, các cống và cửa cống chủ yếu là loại 1 (chiếm 65,8 %), loại 2 (chiếm 31,6 %), chỉ cống Vĩnh Kim đạt loại 3 do khu vực bờ phải của công trình này đang xảy ra xói lở nghiêm trọng. Các cống đạt loại 2, 3 chủ yếu nằm ven bờ sông Cổ Chiên (nhánh sông Tiền).

5. Dựa trên kết quả thu thập, phân tích tài liệu, điều tra hiện trạng, tính toán mô phỏng thủy động lực, đề tài đã xác định được các nguyên nhân cốt lõi gây mất an toàn hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống trên địa bàn tỉnh Trà Vinh. Cụ thể:

- Đối với các khu vực nằm ở phía nội đồng, nguyên nhân cốt lõi gây mất an toàn đê bao, bờ bao, cửa cống là do lòng sông thu hẹp, vận tốc dòng chảy lớn hơn nhiều so với vận tốc cho phép không xói, xu hướng ép sạt bờ, gây xói lở bờ sông; biên độ triều dao động mạnh, tràn đỉnh khi triều cường, lộ thân và chân đê khi triều rút sâu làm giảm tuổi thọ công trình; sự xuống cấp và kết cấu không đảm bảo của các công trình đê bao, bờ bao hiện hữu; cao trình đỉnh thấp hơn mực nước triều cường; tuyến công trình sát mép sông; và tốc độ sụt lún đáng báo động (đặc biệt là khu vực ven sông cổ Chiên).

- Đối với khu vực cửa sông, nguyên nhân cốt lõi theo mức độ tác động là do vận tốc dòng chảy lớn; biên độ triều dao động mạnh (khoảng -2,0 đến +2,3 m); tác động của sóng (gồm cả sóng biển và sóng tàu thuyền tải trọng lớn); sự xuống cấp và kết cấu không đảm bảo yêu cầu của các công trình đê bao, bờ bao (đê bao loại 2, bờ bao loại 3); cao trình đỉnh nhỏ hơn cao trình đỉnh triều; tốc độ sụt lún đáng báo động (đặc biệt là khu vực cửa sông Cung Hầu); và nuôi trồng thủy hải sản ven bờ làm.

6. Cơ chế gây mất an toàn đê bao, bờ bao, cửa cống gồm xói lở, mất ổn định nền,

phá hoại kết cấu, tràn nước và thấm. Cụ thể, triều cường gây ngập và tràn đỉnh, triều rút sâu làm lộ chân và thân công trình, cùng với sụt lún làm nứt, hư hỏng kết cấu của công trình, tạo điều kiện cho dòng thấm len lõi qua các vết nứt này dễ dàng hơn. Chu trình này lặp lại liên tục. Dòng thấm và tràn đỉnh phát triển gây xói mặt, xói ngầm, làm sụp đổ một phần hoặc toàn bộ công trình. Trong điều kiện tự nhiên bất lợi, xói dọc thân, chân công trình, xói hàm ếch phát triển, cộng với kết cấu và nền công trình đã bị yếu dần qua thời gian, kết quả là hình thành các cung trượt, cuối cùng công trình bị sụp đổ hoàn toàn khi các điều kiện chịu đựng vượt ngưỡng tới hạn.

7. Đề xuất được giải pháp tổng thể đảm bảo an toàn tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống và thiết kế định hướng giải pháp công nghệ kè tuyến đê bao, bờ bao, cửa cống mẫu cho từng vùng nghiên cứu.

- Giải pháp tổng thể nâng cao sức chống chịu của bờ bao, đê bao và cửa cống nhằm đảm bảo ổn định an toàn dưới tác động của BĐKH&NBD đến 2035 bao gồm các giải pháp phi công trình và giải pháp công trình.

- Giải pháp phi công trình: đề nghị áp dụng giải pháp công tư trong xây dựng và quản lý hệ thống bờ bao, gia tăng ứng dụng công nghệ số trong quản lý, số hoá, xây dựng công cụ trực tuyến và gia tăng hiệu quả sử dụng đất phạm vi ngoài tuyến bờ bao.

- Giải pháp công trình gồm giải pháp tuyến và kết cấu. Trong đó:

- + Đối với hệ thống đê bao: về giải pháp tuyến cơ bản đã đảm bảo theo quy hoạch, đề tài đề xuất chỉ nắn chỉnh tuyến lùi vào bờ khoảng 50m tại 01 vị trí thuộc xã Nhị Long nhằm đảm bảo tuyến đê trơn thuận, khai thác đa mục tiêu, tăng hệ số an toàn chống trượt; đề tài cũng đề xuất các giải pháp kết cấu xây dựng mới và giải pháp gia cố mái bờ bao.

- + Đối với hệ thống bờ bao: Về tuyến bờ bao đã cơ bản bám theo tuyến hiện trạng, đối với các đoạn bờ bao đang bị sạt lở, hoặc đang đối diện nguy cơ sạt lở do xói lở bờ sông, đề nghị cần điều chỉnh tuyến lùi vào phía bờ đảm bảo từ 15-20m. Tuyến bờ bao dọc theo bờ sông để đảm bảo tính liên tục và khép kín giảm áp lực đối với đê bao phía trong. Giải pháp kết cấu bờ bao hiện trạng chưa đáp ứng yêu cầu trong tương lai đến 2035, vì vậy, cần phải có giải pháp nâng cấp và mở rộng trong đó có việc nâng cao trình đỉnh bờ bao cho phù hợp với giai đoạn đến 2035, gia cố mái bờ bao, gia cố vật chống thấm ở thân hoặc phía mái bờ bao là cần thiết và cấp bách. Mặt khác, đề tài cũng đã đề xuất nâng cấp tuyến bờ bao thành công trình thủy lợi cấp V để được thiết kế theo tiêu chuẩn hiện hành và đảm bảo kinh phí duy tu, sửa chữa khi xây dựng và xảy ra sự cố. Một số giải pháp kè tạm được sử dụng để xử lý kịp thời các sự cố công trình trong khi chờ giải pháp lâu dài kiên cố được thông qua. Giải pháp gây bồi tạo bãi là giải pháp ổn định lâu dài, dần khôi phục thảm rừng ngập mặn ven sông. Một số giải pháp thích ứng như xây hồ điều hoà hoặc nhà sà cho vùng ngập lụt cũng đã được đề xuất kết hợp đa mục tiêu trong giảm nhẹ và phòng tránh thiên tai và phục vụ du lịch sinh thái.

8. Sản phẩm bản đồ số hoá đã thể hiện được đầy đủ các lớp dữ liệu chính về dữ liệu hành chính, điều kiện tự nhiên và hiện trạng hệ thống đê bao, bờ bao, cửa cống, mức độ an toàn, ngập lụt và sụt lún nhằm giúp chính quyền địa phương thuận lợi trong theo dõi, đánh giá trong công tác phòng chống thiên tai và quản lý số. WebGIS đã được hoàn thiện với đầy đủ các chức năng tương tác dữ liệu như thêm, xóa, sửa, truy vấn, cùng các thao tác bản đồ trực quan như kéo thả, phóng to, thu nhỏ, vẽ phân vùng, tìm kiếm và chuyển lớp. Hệ thống còn tích hợp các tính năng nâng cao như trực quan hóa dữ liệu truy vấn trên bản đồ và dự báo thời tiết – những yếu tố hiện đại mà nhiều sản phẩm bản đồ hiện nay còn thiếu.

Ngoài ra, đề tài đã xuất bản được 2 bài báo trên tạp chí Q3 quốc tế và hỗ trợ đào

tạo 01 thạc sỹ.

KIẾN NGHỊ

Để các kết quả nghiên cứu của đề tài sớm được áp dụng vào thực tiễn, nhóm nghiên cứu có một số kiến nghị như sau:

(1) Cần bố trí nguồn kinh phí xây dựng khẩn cấp các dự án về quản lý và nâng cao sức chống chịu cho hệ thống bờ bao, xây dựng các ứng dụng chuyển đổi số để hỗ trợ công tác dự báo và ra quyết định kịp thời gồm: xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu thời gian thực, xây dựng mạng lưới cảm biến, quan trắc tự động dọc bờ sông (quan trắc mực nước, áp lực nước lỗ rỗng, biến dạng và chuyển vị thân đề...).

(2) Kiến nghị cấp thẩm quyền xem xét phê duyệt cơ chế quản lý tuyến bờ bao trọng điểm tương đương với công trình đề cấp V. Việc xác lập cấp công trình sẽ tạo cơ sở pháp lý để áp dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật (TCVN) trong thiết kế, thi công và đặc biệt là quy định chế độ kiểm tra, bảo vệ nghiêm ngặt như hệ thống đề chính quy.

(3) Xây dựng quy hoạch tích hợp khai thác vùng đất ngoài đề bao giữa các địa phương giáp ranh dọc sông Hậu và sông Cổ Chiên. Mục tiêu là tạo ra một hành lang bờ bao bảo vệ liên tục, khép kín theo phạm vi các xã mới, nhằm chủ động ứng phó với thiên tai và kiểm soát mặn. Ngoài ra, phát triển du lịch, dịch vụ, văn hoá.

(4) Tiếp tục triển khai các đề tài nghiên cứu mới theo chuỗi vấn đề cần giải quyết, trong đó chú trọng nghiên cứu về các giải pháp giảm sóng, gây bồi nhằm duy trì thảm xanh ven sông lớn có tác dụng như lớp đệm mềm để nâng cao sức chống chịu cho hệ thống bờ bao, đề bao.

(5) Triển khai dự án xây dựng bộ dữ liệu số về tài nguyên đất, nước, môi trường tích hợp với dữ liệu lún sụt, sạt lở, đa dạng sinh học ven hệ thống bờ bao, đề bao phục vụ quản lý phòng tránh thiên tai và khai thác tiềm năng đất nước vùng cửa sông ven biển. Lập bản đồ số dự báo cảnh nguy cơ sạt lở, ngập lụt theo từng năm, từng tháng chủ động phòng tránh giảm nhẹ thiên tai./.

(6) Hoàn thiện cơ chế phối hợp liên ngành và phân cấp quản lý: Xây dựng quy chế phối hợp giữa các sở, ngành và UBND các địa phương trong quản lý, vận hành, kiểm tra và bảo vệ hệ thống đề bao, bờ bao, cửa cống; phân định rõ trách nhiệm của từng đơn vị nhằm nâng cao hiệu quả quản lý và xử lý kịp thời các sự cố.

(7) Tăng cường chia sẻ dữ liệu và ứng dụng công nghệ: Xây dựng cơ sở dữ liệu dùng chung về hiện trạng công trình, diễn biến xói lở, triều cường và các khu vực có nguy cơ mất an toàn; tăng cường ứng dụng GIS, viễn thám, quan trắc tự động và hệ thống cảnh báo sớm để hỗ trợ quản lý, vận hành công trình.

(8) Do tập trung xác định giá trị cực hạn, Đề tài chưa xem xét kịch bản phát thải thấp (RCP2.6). Để đánh giá bổ sung các giải pháp thích ứng trong điều kiện phát thải thấp, hướng tới tối ưu hóa và tiết kiệm chi phí đầu tư, kiến nghị tiếp tục nghiên cứu trong các đề tài tiếp theo.

(9) Các kịch bản mô phỏng tương lai đến 2035 trong đề tài hiện mới xét đến tác động của nước biển dâng, chưa tính đến sự suy giảm lưu lượng phía biên thượng lưu (Mỹ Thuận, Cần Thơ), kiến nghị được xem xét, bổ sung trong các nghiên cứu tiếp theo.

(10) Các kịch bản mô phỏng chưa tính đến kịch bản mô phỏng ngập trường hợp đoạn đề bao, bờ bao bị vỡ và trường hợp nâng cấp công trình đề kiến nghị được xem xét, bổ sung trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Viện Kỹ thuật Biển (2022), “Rà soát, đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông (nội vùng), bờ biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050”, Đề tài cấp tỉnh Vĩnh Long.
- [2]. Lê Văn Tuấn và cộng sự (2023), “Rà soát, đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông (nội vùng), bờ biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050”, Đề tài cấp tỉnh.
- [3]. Bộ Nông nghiệp và Môi trường (2023). Tiêu chuẩn TCVN 12317:2018 về Công trình đê điều. <<https://thuvienphapluat.vn/TCVN/Nong-nghiep/TCVN-12317-2018-Cong-trinh-de-dieu-Danh-gia-an-toan-de-song-918258.aspx>>, accessed: 03/03/2026.
- [4]. Hoàng Văn Huân và cộng sự (2023), Điều tra thực trạng, đánh giá chế độ dòng chảy, xu thế diễn biến các bãi bồi, cồn nổi ven sông và đề xuất giải pháp khai thác tổng hợp, Đề tài cấp tỉnh, Viện Kỹ thuật Biển, Bến Tre.
- [5]. Nguyễn Thị Bảy (2020), “Nghiên cứu xác định nguyên nhân, cơ chế và đề xuất các giải pháp khả thi về kỹ thuật, hiệu quả về kinh tế nhằm hạn chế xói lở, bồi lắng cho hệ thống sông Đồng bằng sông Cửu Long”, Đề tài cấp Nhà nước.
- [6]. Lê Xuân Tú (2022), Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng, Đề tài cấp Nhà nước.
- [7]. Lê Văn Tuấn và cộng sự (2023), “Rà soát, đánh giá hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông (nội vùng), bờ biển tỉnh Trà Vinh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050”, Đề tài cấp tỉnh.
- [8]. Ban QLDA đầu tư xây dựng các công trình giao thông (2024), Dự án Cải tạo, nâng cấp đường huyện 50, huyện Cầu Kè, Báo cáo đánh giá tác động môi trường.
- Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2022), “Quy hoạch Vùng Đồng bằng sông Cửu Long thời kỳ 2021 – 2030, tầm nhìn đến năm 2050”. Báo cáo chính.
- [9]. Bộ Nông nghiệp và Môi trường, 2014 – 2017. Nhiệm vụ Đo kiểm tra hệ thống mốc độ cao hạng I, II và III Nhà nước khu vực TP. HCM và ĐBSCL. Dự án cấp Quốc gia.
- [10]. Trần Thanh Tú (2024), “Nghiên cứu đánh giá nguyên nhân và đề xuất các giải pháp chủ động ngăn ngừa, hạn chế hiện tượng sụt lún công trình hạ tầng (đê, đường GTNT) ở bán đảo Cà Mau trong điều kiện hạn hán”, Đề tài cấp Bộ.
- [11]. Dự án “Kè chống sạt lở bờ sông Cổ Chiên khu vực xã Vĩnh Kim, huyện Cầu Ngang, tỉnh Trà Vinh” (2022), Liên danh C.ty CP TVXD Khánh Hưng và C.ty TNHH TV ĐTXD Phương Bắc.
- [12]. Dự án “Đường ven sông Hậu, huyện Cầu Kè” (2021), Công ty Cổ phần Tư vấn Thiết kế Xây dựng Hưng Long.
- [13]. Bộ Nông nghiệp và Môi trường (2019), Tài nguyên nước và giải pháp ứng phó với sụt lún đất khu vực Thành phố Hồ Chí Minh và vùng đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo Tổng hợp, Hội nghị Quản lý tài nguyên nước, lũ lụt, xâm nhập mặn, ứng phó với sụt lún, sạt lở ở vùng đồng bằng sông Cửu Long.
- [14]. Hoàng Văn Huân và cộng sự (2005), “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp khoa học công nghệ để ổn định lòng dẫn hạ du hệ thống sông Đồng Nai - Sài Gòn phục vụ phát triển kinh tế xã hội vùng Đông Nam bộ (2004- 2005)”, Đề tài cấp Nhà nước.