

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



NCS. NGUYỄN THẾ CHUYÊN

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ TỔN THƯƠNG DO
XÂM NHẬP MẶN TRONG CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC VEN
BIỂN TỈNH NINH THUẬN, BÌNH THUẬN**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KHOA HỌC TRÁI ĐẤT

HÀ NỘI - 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



NCS. NGUYỄN THẾ CHUYÊN

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ TỔN THƯƠNG DO
XÂM NHẬP MẶN TRONG CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC VEN
BIỂN TỈNH NINH THUẬN, BÌNH THUẬN**

Chuyên ngành: Địa lý tài nguyên và môi trường

Mã số: 9 44 0220

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KHOA HỌC TRÁI ĐẤT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. PGS.TS. Phạm Quý Nhân
2. PGS.TS. Phan Thị Thanh Hằng

HÀ NỘI - 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận án này là công trình nghiên cứu độc lập của tôi dưới sự hướng dẫn của các nhà khoa học có uy tín. Tất cả các số liệu và kết quả nghiên cứu trong luận án này là trung thực, khách quan, được trích dẫn nguồn gốc rõ ràng.

Tác giả luận án

LỜI CẢM ƠN

Luận án được hoàn thành tại Khoa Địa lý - Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với sự cố gắng nỗ lực của Nghiên cứu sinh dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Phạm Quý Nhân (Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội) và PGS.TS. Phan Thị Thanh Hằng (Viện Địa lý - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam).

Trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu tại Khoa Địa lý, nghiên cứu sinh (NCS) luôn được sự động viên tinh thần và hướng dẫn tận tình của các thầy, cô giáo trong Khoa Địa lý - Học viện Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia và các bạn đồng nghiệp.

Qua đây, nghiên cứu sinh bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến Khoa Địa lý (Học viện Khoa học và Công nghệ), Khoa Tài nguyên nước (Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội), Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia (Bộ Tài nguyên và Môi trường), Đề tài KHCN cấp nhà nước, mã số BDKH.16/16-20 và Học viện Khoa học và Công nghệ (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam).

Đặc biệt, nghiên cứu sinh bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc đến sự giúp đỡ tận tình và quý báu của thầy giáo PGS.TS Phạm Quý Nhân, PGS.TS Phan Thị Thanh Hằng, PGS.TS. Đào Đình Châm, TS. Trần Thành Lê, TS. Tạ Thị Thoảng, TS. Trần Vũ Long, và ban chủ nhiệm đề tài “Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ hạn chế xâm nhập mặn đối với các tầng chứa nước ven biển miền Trung trong bối cảnh biến đổi khí hậu; ứng dụng thí điểm cho công trình cụ thể trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận - Mã số: BDKH.16/16-20” đã tạo điều kiện giúp đỡ nghiên cứu sinh trong suốt quá trình hoàn thành luận án. Xin gửi lời cảm ơn đến các đồng nghiệp, anh chị đã giúp đỡ nghiên cứu sinh trong quá trình làm luận án: ThS. Nguyễn Trọng Hào, ThS. Nguyễn Thị Khánh Hòa, ThS. Phạm Bình Thuận, ThS. Vũ Ngọc Đức và nnk.

Một lần nữa tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành đối với tất cả những giúp đỡ quý báu đó!

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT.....	viii
DANH MỤC HÌNH	ix
DANH MỤC BẢNG.....	xiii
MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết của luận án	1
2. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu.....	2
2.1. Mục tiêu nghiên cứu.....	2
2.2. Nhiệm vụ nghiên cứu	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	2
4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	3
4.1. Ý nghĩa khoa học.....	3
4.2. Ý nghĩa thực tiễn	3
5. Các luận điểm bảo vệ.....	4
6. Điểm mới của luận án	4
7. Cơ sở tài liệu, số liệu nghiên cứu của luận án.....	4
7.1. Tài liệu tham khảo, cập nhật có nội dung liên quan đến luận án.....	4
7.2. Các đề tài nghiên cứu, công trình khoa học nghiên cứu sinh tham gia thực hiện có liên quan đến luận án.....	4
7.3. Tài liệu, số liệu do luận án bổ sung, tính toán trực tiếp	5
8. Cấu trúc luận án	5
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU TÔN THƯƠNG DO XÂM NHẬP MẶN TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM	6
1.1. Nghiên cứu tôn thương do xâm nhập mặn trên thế giới	6
1.1.1. Tổng quan các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương của các tầng chứa nước.....	6
<i>1.1.1.1. Phương pháp DRASTIC.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.2. Phương pháp SINTACS.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.3. Phương pháp CVI.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.4. Phương pháp GALDIT.....</i>	<i>8</i>

1.1.1.5. Phương pháp EPIK	8
1.1.1.6. Phương pháp COP	9
1.1.1.7. Phương pháp PI.....	9
1.1.2. Nghiên cứu xâm nhập mặn.....	10
1.1.3. Nghiên cứu tổn thương do XNM trong bối cảnh BĐKH và NBD đến nước dưới đất trên thế giới	15
1.2. Nghiên cứu tổn thương do xâm nhập mặn Việt Nam.....	19
1.2.1. Nghiên cứu xâm nhập mặn.....	19
1.2.2. Nghiên cứu tổn thương do XNM trong bối cảnh BĐKH và NBD đến nước dưới đất	21
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP, DỮ LIỆU NGHIÊN CỨU.....	24
2.1. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng	24
2.1.1. Phương pháp tổng hợp và phân tích số liệu.....	24
2.1.2. Phương pháp thống kê.....	24
2.1.3. Phương pháp điều tra, khảo sát thực địa	24
2.1.4. Phương pháp xác định tài nguyên dự báo.....	24
2.1.5 Phương pháp tính trữ lượng có thể khai thác.....	26
2.1.6. Phương pháp mô hình	26
2.1.6.1. Mô hình dòng chảy nước dưới đất	27
2.1.6.2. Mô hình dịch chuyển ranh giới mặn nhạt nước dưới đất.....	28
2.1.7. Phương pháp đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ ven biển	34
2.1.8. Phương pháp chuyên gia và phương pháp phân tích thứ bậc (Analytical Hierichcal Process - AHP)	36
2.2. Khung logic nghiên cứu	39
2.3. Dữ liệu nghiên cứu.....	39
2.3.1. Tài liệu thu thập.....	39
2.3.2. Kết quả điều tra, khảo sát, thí nghiệm bổ sung.....	40
2.3.2.1. Kết quả xác định phân bố các tầng chứa nước và ranh giới mặn nhạt.....	40
2.3.2.2. Kết quả lấy và phân tích mẫu.....	42
2.3.2.3. Kết quả lấy và phân tích mẫu đồng vị bền.....	45
2.3.2.4. Kết quả đổ nước thí nghiệm.....	47
2.3.2.5. Kết quả thí nghiệm Seepage	48
2.3.2.6. Kết quả lấy ý kiến chuyên gia.....	49

CHƯƠNG 3. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN, KINH TẾ - XÃ HỘI VÀ TÀI NGUYÊN NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG VEN BIỂN NINH THUẬN, BÌNH THUẬN.....	51
3.1. Một số đặc điểm địa lý tự nhiên.....	51
3.1.1. Vị trí địa lý	51
3.1.2. Địa hình.....	52
3.1.3. Khí hậu.....	53
3.1.3.1. Mưa.....	53
3.1.3.2. Bốc hơi	54
3.1.3.3. Nhiệt độ	55
3.1.4. Thủy văn	56
3.1.5. Hải văn	62
3.1.6. Thổ nhưỡng.....	62
3.1.7. Thực vật.....	63
3.2. Một số đặc điểm kinh tế, xã hội	64
3.2.1. Dân cư	64
3.2.2. Kinh tế.....	64
3.2.2.1. Nông - Lâm nghiệp.....	64
3.2.2.2 Công nghiệp	65
3.2.2.4. Nuôi trồng thủy sản ven biển	66
3.3. Hiện trạng khai thác và sử dụng nước trong khu vực nghiên cứu	66
3.3.1. Hiện trạng khai thác sử dụng nước dưới đất.....	66
3.3.2. Các công thì thủy điện, hồ chứa.....	68
3.4. Đặc điểm địa chất thủy văn.....	70
3.4.1. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Đệ tứ không phân chia (q).....	71
3.4.2. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Holocen (qh).....	72
3.4.2.1 Khu vực nghèo nước	73
3.4.2.2 Khu vực tương đối giàu nước	75
3.4.3. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp).....	78
3.4.3.1 Khu vực nghèo nước	79
3.4.3.2 Khu vực tương đối giàu nước	81
3.4.3. Tính toán tài nguyên dự báo nước dưới đất.....	84
3.4.4. Tính toán trữ lượng có thể khai thác	86
CHƯƠNG 4. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ DỄ BỊ TỔN THƯƠNG DO XÂM NHẬP MẶN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU XÂM NHẬP MẶN CỦA CÁC	

TẦNG CHỨA NƯỚC TRẦM TÍCH ĐỆ TƯ VÙNG VEN BIỂN TỈNH NINH THUẬN, BÌNH THUẬN.....	88
4.1. Kết quả xác định trọng số các nhân tố GALDIT cho khu vực ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận.....	88
4.2. Đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn các tầng chứa nước ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận	90
4.2.1. Đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn tầng chứa nước Holocen (qh) ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận	90
4.2.1.1. Đánh giá kiểu tầng chứa nước	90
4.2.1.2. <i>Đánh giá hệ số thấm (A) TCN Holocen (qh)</i>	<i>90</i>
4.2.1.3. <i>Đánh giá cốt cao mực nước dưới đất (L) TCN Holocen (qh)</i>	<i>92</i>
4.2.1.4. Đánh giá khoảng cách (D) từ đường bờ biển đến vị trí phân bố TCN Holocen (qh).....	93
4.2.1.5. Đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của XNM (I) TCN Holocen (qh).....	95
4.2.1.6. Đánh giá chiều dày (T) TCN Holocen (qh)	96
4.2.1.7. Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM TCN Holocen (qh).....	97
4.2.2. Đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen (qp) ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận.	99
4.2.2.1. Đánh giá kiểu tầng chứa nước	99
4.2.2.2. Đánh giá hệ số thấm (A) TCN Pleistocen (qp).....	100
4.2.2.3. Đánh giá cốt cao mực nước dưới đất (L) TCN Pleistocen (qp).....	101
4.2.2.4. Đánh giá khoảng cách (D) từ đường bờ biển đến vị trí phân bố TCN Pleistocen (qp).....	102
4.2.2.5. <i>Đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của xâm nhập mặn (I) TCN Pleistocen (qp)</i>	<i>103</i>
4.2.2.6. Đánh giá chiều dày (T) TCN Pleistocen (qp)	104
4.2.2.7. Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM TCN Pleistocen (qp).....	105
4.3. Kiểm định phương pháp đánh giá mức độ tổn dễ bị thương do xâm nhập mặn các TCN ven biển vùng Ninh Thuận - Bình Thuận	107
4.3.1. <i>Xây dựng mô hình dòng chảy và mô hình dịch chuyển mặn nhạt nước dưới đất</i>	<i>107</i>
4.3.2. <i>Chỉnh lý mô hình nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận.....</i>	<i>112</i>

4.3.3. Xây dựng mô hình dịch chuyển ranh mặn SEAWAT nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận.....	113
4.3.4. Kết quả dự báo mực nước, sự dịch chuyển biên mặn nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận với các kịch bản biến đổi khí hậu	114
4.3.4.1. Kết quả dự báo mực nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận với các kịch bản BĐKH.....	115
4.3.4.2. Kết quả dự báo dịch chuyển biên mặn dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận với các kịch bản BĐKH.....	117
4.4. Đề xuất giải pháp giảm thiểu xâm nhập mặn các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ vùng ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận.....	123
4.4.1. Nguyên tắc chung của các giải pháp khai thác, sử dụng hiệu quả tài nguyên nước dưới đất nhằm giảm thiểu quá trình xâm nhập mặn	123
4.4.2. Thiết kế, lựa chọn giải pháp hạn chế xâm nhập mặn cho khu vực ven biển tỉnh Ninh Thuận	123
4.4.2.1. Thiết kế công trình bồn thấm bổ sung nhân tạo nước dưới đất	123
4.4.2.2. Thiết kế công trình điển hình tường chắn (đập ngầm).....	127
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	132
KẾT LUẬN	132
KIẾN NGHỊ	134
DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ.....	136
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	137
PHỤ LỤC.....	142

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Nghĩa đầy đủ
BĐKH	Biến đổi khí hậu
BTNMT	Bộ Tài nguyên và Môi trường
CRI	Chỉ số rủi ro khí hậu dài hạn
ĐB	Đồng bằng
ĐC	Địa chất
ĐCTV	Địa chất thủy văn
ĐVL	Địa vật lý
DEM	Mô hình số độ cao
ĐKTN	Điều kiện tự nhiên
GTK	Cục địa chất Phần Lan
KHCN	Khoa học công nghệ
KTH	Viện Công nghệ Hoàng gia Thụy Điển
KTXH	Kinh tế - xã hội
KTSD	Khai thác sử dụng
KTTV	Khí tượng thủy văn
LCN	Lớp cách nước
LVS	Lưu vực sông
MN	Mặt nhật
M _{dn}	Modul dòng ngầm
NBD	Nước biển dâng
NCS	Nghiên cứu sinh
NCKH	Nghiên cứu khoa học
NDĐ	Nước dưới đất
PTBV	Phát triển bền vững
QCXDVN	Quy chuẩn xây dựng Việt Nam
STT	Số thứ tự
TCN qh	Tầng chứa nước Holocen
TCN qp	Tầng chứa nước Pleistocen
TDS	Tổng chất rắn hoà tan
TNN	Tài nguyên nước
TNTN	Tài nguyên thiên nhiên
Tp	Thành phố
XNM	Xâm nhập mặn

DANH MỤC HÌNH

Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu.....	3
Hình 2.1. Tương quan hệ số phân tán với quy mô nghiên cứu.....	34
Hình 2.2. Khung logic nghiên cứu	39
Hình 2.3. Sơ đồ các tuyến đo sâu và điểm lấy mẫu nước địa bàn tỉnh Ninh Thuận .	41
Hình 2.4. Kết quả giải đoán tài liệu địa vật lý trên tuyến đo số 1	41
Hình 2.5. Sơ đồ vị trí cụm giếng khai thác nước dưới đất khu vực nghiên cứu	42
Hình 2.6. Sơ đồ vị trí lấy mẫu	43
Hình 2.7. Giảm đồ Piper mô tả loại hình khoáng chất của các mẫu nước nghiên cứu ở Tp. Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận	45
Hình 2.8. Bản đồ phân bố không gian (meq/l) thể hiện các thành phần hóa học chủ yếu của các mẫu NĐĐ trong khu vực nghiên cứu	46
Hình 2.9. Giảm đồ Stiff thể hiện các thành phần hóa học chủ yếu của các mẫu nước mặt trong khu vực nghiên cứu theo phân bố không gian (meq/l)	46
Hình 2.10. Bản đồ phân bố không gian thành phần đồng vị bền $\delta^{18}O$ (‰) nước mặt, NĐĐ	47
Hình 2.11. Sơ đồ vị trí thí nghiệm đổ nước	48
Hình 2.12. Sơ đồ vị trí và kết quả thí nghiệm thấm rỉ đáy sông	49
Hình 2.13. Chuyên gia tham vấn xây dựng tiêu chí.....	50
Hình 3.1. Sơ đồ hành chính tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận	51
Hình 3.2. Biểu đồ tương quan lượng mưa và mực nước giếng khoan MN21	54
Hình 3.3. Biểu đồ tương quan lượng bốc hơi và mực nước giếng khoan MN21	55
Hình 3.4. Đồ thị diễn biến mực nước LVS Cái Phan Rang TB tháng tại trạm Tân Mỹ và mực NĐĐ tại giếng QTT3-C3.....	60
Hình 3.5. Đồ thị tương quan giữa mực nước LVS Cái Phan Rang TB tháng tại trạm Tân Mỹ và mực NĐĐ tại giếng QTT3-C3.....	60
Hình 3.6. Đồ thị diễn biến mực nước sông Lũy TB tháng và mực NĐĐ tại giếng QT1- qh.....	61
Hình 3.7. Đồ thị tương quan giữa mực nước sông Lũy TB tháng và mực NĐĐ tại giếng QT1-qh	61
Hình 3.8. Hoạt động nuôi trồng tôm thẻ chân trắng ở vùng nghiên cứu	66

Hình 4.1. Sơ đồ phân bố kiểu TCN (G) - TCN qh.....	91
Hình 4.3. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (L) - TCN qh.....	93
Hình 4.4. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (D) - TCN qh	94
Hình 4.5. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (I)- TCN qh.....	95
Hình 4.6. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (T)- TCN qh.....	96
Hình 4.7.....	98
Hình 4.8. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (G) - TCN qp	99
Hình 4.9. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (A) TCN qp.....	101
Hình 4.10. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (L) TCN qp	102
Hình 4.11. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (D) TCN qp.....	103
Hình 4.12. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (I)- TCN qp.....	104
Hình 4.13. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (T)- TCN qp.....	105
Hình 4.14.....	107
Hình 4.15. Lưới sai phân khu vực tỉnh Ninh Thuận	108
Hình 4.16. Lưới sai phân khu vực tỉnh Bình Thuận	108
Hình 4.17. Phân vùng hệ số thấm lớp 1- TCN qh Ninh Thuận	109
Hình 4.18. Phân vùng hệ số thấm lớp 2- TCN qp Ninh Thuận	109
Hình 4.19. Phân vùng hệ số thấm lớp 1- TCN qh Bình Thuận.....	109
Hình 4.20. Phân vùng hệ số thấm lớp 2- TCN qp Bình Thuận.....	109
Hình 4.21. Phân vùng hệ số nhả nước trọng lực lớp 1- tầng chứa nước qh tỉnh Ninh Thuận.....	109
Hình 4.22. Phân vùng hệ số nhả nước đàn hồi lớp 2- tầng chứa nước qp tỉnh Ninh Thuận.....	109
Hình 4.23. Phân vùng hệ số nhả trọng lực nước lớp 1- tầng chứa nước qh tỉnh Bình Thuận.....	110
Hình 4.24. Phân vùng hệ số nhả nước đàn hồi lớp 2- tầng chứa nước qp tỉnh Bình Thuận.....	110
Hình 4.25. Vị trí các lỗ khoan khai thác NĐĐ tỉnh Ninh Thuận	111
Hình 4.26. Vị trí công trình quan trắc NĐĐ tỉnh Ninh Thuận.....	111
Hình 4.27. Vị trí các lỗ khoan khai thác NĐĐ tỉnh Bình Thuận	111
Hình 4.28. Vị trí công trình quan trắc NĐĐ tỉnh Bình Thuận	111

Hình 4.29. Sơ đồ hóa điều kiện biên khu vực tỉnh Ninh Thuận	112
Hình 4.30. Sơ đồ hóa điều kiện biên khu vực tỉnh Bình Thuận.....	112
Hình 4.31. Phân vùng lượng bổ cập cho nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận (mm/ngày)	112
Hình 4.32. Phân vùng lượng bổ cập cho nước dưới đất tỉnh Bình Thuận (mm/ngày)	112
Hình 4.33. Kết quả chỉnh lý mô hình (a - Tương quan mực nước tính toán ổn định trên mô hình và mực nước quan trắc thực tế tại thời điểm 06/2013, b - tương quan mực nước tính toán không ổn định và mực nước quan trắc tại lỗ khoan NT-10A)	113
Hình 4.34. Sơ đồ Phân bố mặn nhạt TCN qh Ninh Thuận năm 2020	114
Hình 4.35. Sơ đồ Phân bố mặn nhạt TCN qp Ninh Thuận năm 2020	114
Hình 4.36. Sơ đồ phân bố mặn nhạt TCN qh Bình Thuận năm 2020.....	114
Hình 4.37. Sơ đồ phân bố mặn nhạt TCN qp Bình Thuận năm 2020.....	114
Hình 4.38. Mực nước TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	115
Hình 4.39. Mực nước TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	115
Hình 4.40. Mực nước TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	116
Hình 4.41. Mực nước TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	116
Hình 4.42. Mực nước TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	116
Hình 4.43. Mực nước TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	117
Hình 4.44. Mực nước TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	117
Hình 4.45. Mực nước TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 100 ứng với kịch bản RCP8.5	117
Hình 4.46. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	118

Hình 4.47. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	118
Hình 4.48. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	118
Hình 4.49. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	119
Hình 4.50. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	119
Hình 4.51. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5	119
Hình 4.52. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	120
Hình 4.53. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5	120
Hình 4.54. Vị trí dự kiến thiết kế và xây dựng bồn thấm tại Suối Chanh, An Hải, TP Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận.....	124
Hình 4.55. Mô phỏng kích thước bồn thấm	125
Hình 4.56. Vị trí các giếng khoan dự kiến trên mô hình.....	126
Hình 4.57. Tương quan mực nước giữa 2 trường hợp của giếng G1.....	126
Hình 4.58. Tương quan mực nước giữa 2 trường hợp của giếng G2.....	127
Hình 4.59. Tương quan mực nước giữa 2 trường hợp của giếng G3.....	127
Hình 4.60. Mực nước dự báo phía trước đập ngầm trong 2 trường hợp: a) đường màu xanh thể hiện mực nước dâng lên sau khi xây dựng đập b) đường màu đỏ thể hiện mực nước trước khi xây dựng đập	128
Hình 4.61. Mực nước dự báo phía trước và phía sau đập ngầm sau khi xây dựng đập a) đường màu xanh thể hiện mực nước dâng lên phía trước đập b) đường màu đỏ thể hiện mực nước phía sau đập.....	129
Hình 4.62. Vị trí đập ngầm tại Hồ Bình, huyện Ninh Hải, tỉnh Ninh Thuận.....	129

DANH MỤC BẢNG

<i>Bảng 1.</i> Số liệu do nghiên cứu sinh trực tiếp tham gia thực	5
<i>Bảng 2.1.</i> Ước tính giá trị phân tán dọc theo quy mô nhiên cứu	34
<i>Bảng 2.2.</i> Thang điểm đánh giá theo kiểu tầng chứa nước G	35
<i>Bảng 2.3.</i> Thang điểm đánh giá theo hệ số thấm tầng chứa nước A.....	35
<i>Bảng 2.4.</i> Thang điểm đánh giá theo cốt cao mực nước dưới đất L	36
<i>Bảng 2.5.</i> Thang điểm đánh giá khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu	36
<i>Bảng 2.6.</i> Thang điểm đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của XNM	36
<i>Bảng 2.7.</i> Thang điểm đánh giá theo chiều dày tầng chứa nước T.....	36
<i>Bảng 2.8.</i> Thang điểm đánh giá mức độ tổn thương do XNM theo điểm số GALDIT	36
<i>Bảng 2.9.</i> Kết quả phân tích mẫu nước (đơn vị: mg/l).....	42
<i>Bảng 3.1.</i> Lượng mưa trung bình tháng, từ năm 2015 đến 2019 (mm)	53
<i>Bảng 3.2.</i> Lượng bốc hơi trung bình tháng, từ năm 2015 đến 2019 (mm)	55
<i>Bảng 3.3.</i> Nhiệt độ trung bình tháng, từ năm 2015 đến 2019 (°C)	56
<i>Bảng 3.4.</i> Mực nước sông trung bình tháng và mực nước tại giếng quan trắc, LVS Cái Phan Rang.....	59
<i>Bảng 3.5.</i> Mực nước sông TB tháng và mực NĐĐ tại sông Lũy.....	60
<i>Bảng 3.6.</i> Danh mục các đập, hồ chứa thủy lợi tỉnh Ninh Thuận.....	69
<i>Bảng 3.7.</i> Danh mục các đập, hồ chứa thủy lợi tỉnh Bình Thuận	69
<i>Bảng 3.8.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng và lỗ khoan trong TCN Đệ tứ không phân chia (q).....	72
<i>Bảng 3.9.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Ninh Thuận.	74
<i>Bảng 3.10.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Bình Thuận.....	74
<i>Bảng 3.11.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Ninh Thuận.....	76

<i>Bảng 3.12.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng và lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Bình Thuận	77
<i>Bảng 3.13.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Ninh Thuận	79
<i>Bảng 3.14.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Bình Thuận.....	80
<i>Bảng 3.15.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Ninh Thuận.....	82
<i>Bảng 3.16.</i> Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng và lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Bình Thuận	83
<i>Bảng 3.17.</i> Kết quả tính tổng lượng tích chứa nước dưới đất	84
<i>Bảng 3.18.</i> Tổng lượng bổ cập cho các tầng chứa nước	85
<i>Bảng 3.19.</i> Tài nguyên dự báo các tầng chứa nước.....	85
<i>Bảng 3.20.</i> Trữ lượng có thể khai thác của các tầng chứa nước	86
<i>Bảng 4.1.</i> Kết quả so sánh các cặp nhân tố GALDIT với XNM các TCN ven biển	88
<i>Bảng 4.2.</i> Ma trận so sánh cặp cho các nhân tố GALDIT	88
<i>Bảng 4.3.</i> Bảng xác định trong số của các nhân tố GALDIT	89
<i>Bảng 4.4.</i> Các giá trị chỉ số ngẫu nhiên cho các vấn đề (Thomas Saaty, 1980)	89
<i>Bảng 4.5.</i> Ma trận tính trọng số và chỉ số nhất quán trọng số các nhân tố GALDIT	89
<i>Bảng 4.6.</i> Thang điểm đánh giá theo phương pháp GALDIT cho vùng Ninh Thuận, Bình Thuận.....	90
<i>Bảng 4.9.</i> Kết quả phân vùng nguy cơ tổn thương với tham số D - TCN qh	94
<i>Bảng 4.10.</i> Kết quả phân vùng nguy cơ tổn thương với tham số I - TCN qh.....	95
<i>Bảng 4.11.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số T - TCN qh.....	96
<i>Bảng 4.12.</i> Danh mục vùng tổn thương do xâm nhập mặn - TCN qh.....	97
<i>Bảng 4.13.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số G - TCN qp	99
<i>Bảng 4.14.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với nhân tố A - TCN qp.....	101
<i>Bảng 4.15.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số L - TCN qp.....	102
<i>Bảng 4.16.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số D - TCN qp	103
<i>Bảng 4.17.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số I - TCN qp.....	104
<i>Bảng 4.18.</i> Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số T - TCN qp.....	105

<i>Bảng 4.19.</i> Đánh giá tổn thương do xâm nhập mặn - TCN qđ	106
<i>Bảng 4.20.</i> Tổng hợp diện tích mặn dự báo theo các kịch bản tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận.....	122

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Xâm nhập mặn (XNM) của các tầng chứa nước (TCN) ven biển đặc biệt trong bối cảnh Biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD) đang là thách thức đối với các nhà khoa học trong những năm gần đây. Nước dưới đất ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận là yếu tố quan trọng trong việc cung cấp nước phục vụ sản xuất và sinh hoạt của người dân nơi đây. Những năm gần đây hạn hán kéo dài đã làm ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn nước ngầm khu vực, trong đó có nước dưới đất tại các TCN ven biển. Các nghiên cứu về phân bố ranh giới mặn nhạt của nước dưới đất không phải là vấn đề mang tính mới, tuy nhiên sự phân bố của “nêm mặn nhạt” trong nước dưới đất khi có sự thay đổi về nguồn cung cấp, miễn thoát do BĐKH và NBD lại là một vấn đề đặc biệt mới. Nội dung nêu trên chưa thực sự được quan tâm và nghiên cứu đúng mức tại Việt Nam dẫn đến nhiều giếng khoan khai thác nước dưới đất hoạt động được một thời gian bị xâm nhập mặn. Nếu là rõ được đường phân chia “nêm mặn nhạt” thì vấn đề khai thác bền vững tránh XNM đến các TCN ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận hoàn toàn có thể kiểm soát và giảm thiểu.

Trong 5 năm trở lại đây, nhiều nước phát triển trên thế giới như: Mỹ, Australia, Anh, Bỉ, ... đã tiến hành tập trung nghiên cứu và đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn đến các TCN ven biển trong bối cảnh BĐKH và NBD. Đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn của các TCN ven biển là cơ sở định hướng quá trình khai thác bền vững, giảm thiểu quá trình suy giảm trữ lượng và chất lượng đến các tầng chứa nước trong quá trình khai thác. Tiếp cận theo hướng nghiên cứu này là rất cần thiết và mới đối với đất nước có bờ biển dài như ở Việt Nam. Hơn thế nữa, Việt Nam được đánh giá là một trong 5 quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề của BĐKH và NBD trên thế giới. Nghiên cứu đánh giá mức độ tổn thương do XNM đến các tầng chứa nước ven biển sẽ góp phần hoàn thiện hướng nghiên cứu mới mẻ này, đồng thời góp phần đưa ra các phương hướng, định hướng khai thác, sử dụng, quản lý, bảo vệ tài nguyên nước dưới đất trong các TCN ven biển tại Việt Nam.

Ninh Thuận, Bình Thuận là 2 tỉnh ven biển thuộc Nam Trung Bộ. Đây là vùng có khí hậu khắc nghiệt, lượng mưa trung bình hằng năm thuộc loại thấp nhất cả nước, vấn đề hạn hán và XNM thường xuyên diễn ra hằng năm. Nước dưới đất ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận là nguồn tài nguyên vô cùng quý giá, đang bị suy giảm

về trữ lượng và chất lượng (xâm nhập mặn) do quá trình khai thác không hợp lý. Để giải quyết được bài toán về khai thác và sử dụng bền vững nước dưới đất tại các TCN ven biển, cần phải nghiên cứu, đánh giá tổng hợp các yếu tố làm tổn thương do xâm nhập mặn đối với các TCN, tính toán các tác động tiềm ẩn theo các kịch bản BĐKH và NBD. Do đó, đề tài luận án tiến sỹ “*Nghiên cứu đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn trong các tầng chứa nước ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận*” đã được lựa chọn để nghiên cứu.

2. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu

2.1. Mục tiêu nghiên cứu

Xác lập cơ sở khoa học và thực tiễn về nghiên cứu, đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn trong các tầng chứa nước ven biển trên cơ sở phân tích các yếu tố địa lý tự nhiên, kinh tế - xã hội, môi trường, BĐKH và NBD tại vùng Ninh Thuận, Bình Thuận.

2.2. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Tổng quan nghiên cứu, xây dựng cơ sở lý luận về phân tích, đánh giá và dự tính ảnh hưởng của các yếu tố đối với tổn thương do xâm nhập mặn đối với các tầng chứa nước ven biển.

- Nghiên cứu đặc điểm tài nguyên NDD vùng Ninh Thuận, Bình Thuận.

- Nghiên cứu hiện trạng và đặc điểm nhiễm mặn tài nguyên NDD vùng Ninh Thuận, Bình Thuận.

- Phân tích các yếu tố địa lý tự nhiên, KTXH, môi trường, BĐKH và NBD ảnh hưởng đến tài nguyên NDD.

- Đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn đối với các TCN ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận;

- Sử dụng mô hình nước dưới đất kết hợp mô hình đánh giá quá trình dịch chuyển mặn nhạt để mô phỏng biến động tổn thương do xâm nhập mặn đối với các TCN ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận theo kịch bản BĐKH, NBD.

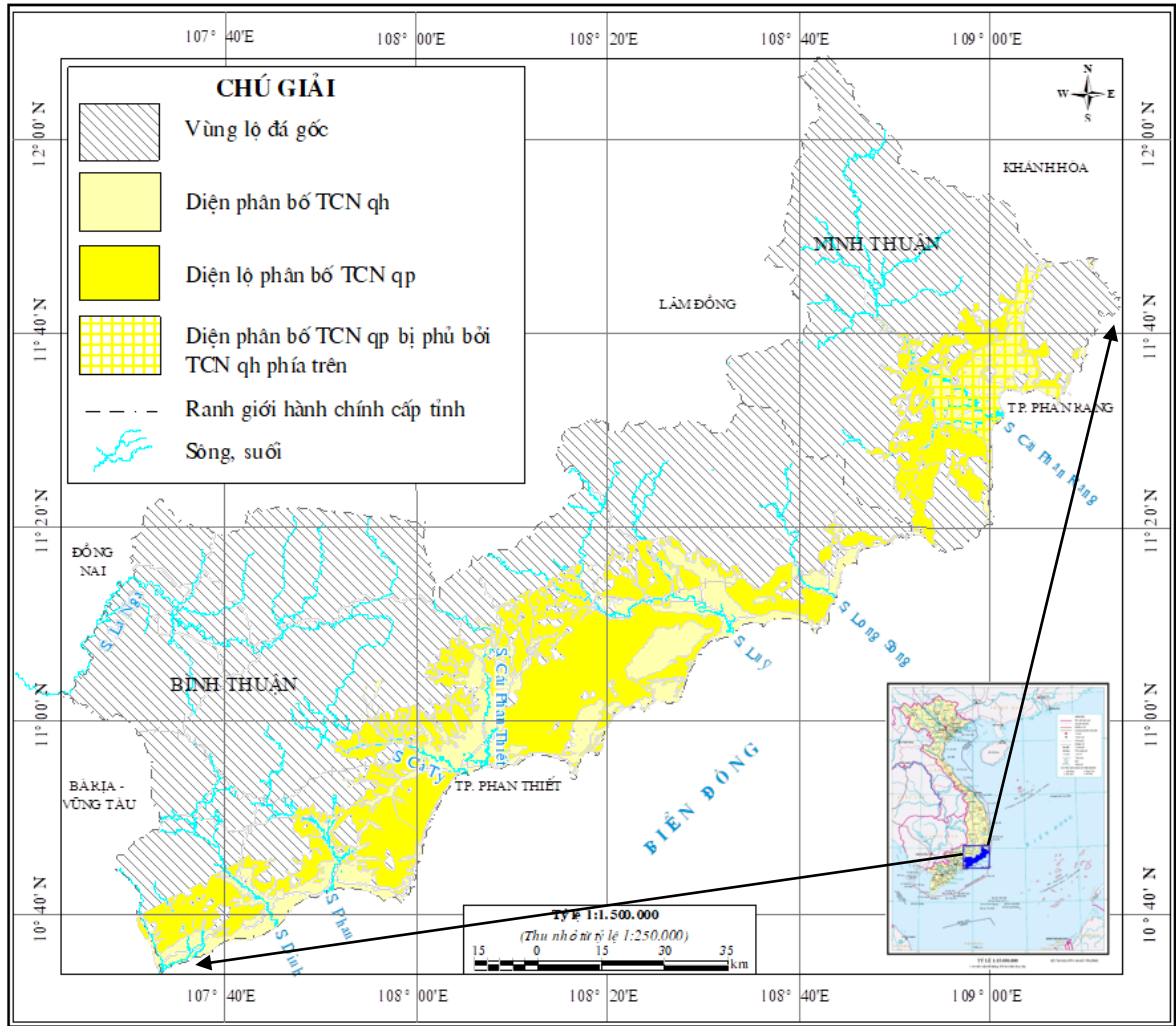
- Đề xuất các giải pháp hạn chế XNM đối với các TCN ven biển phù hợp với bối cảnh BĐKH, NBD hiện nay.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- **Đối tượng nghiên cứu:** Nước dưới đất trong hai TCN Holocen và Pleistocen

- **Phạm vi nghiên cứu:** Khu vực được lựa chọn nghiên cứu bao gồm diện tích phân bố trầm tích Đệ tứ trên địa bàn 2 tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận thuộc vùng

Duyên hải Nam Trung Bộ với tổng diện tích tự nhiên khoảng 3.354,6 km².



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

4.1. Ý nghĩa khoa học

Luận án đã bổ sung các luận chứng khoa học đối với vấn đề tổn thương do XNM tại các TCN ven biển trong bối cảnh BĐKH và NBD. Cách tiếp cận phương pháp đánh giá và trọng số của các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ tổn thương cũng có thể góp phần vào việc áp dụng cho các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ dọc bờ biển Việt Nam.

4.2. Ý nghĩa thực tiễn

Tạo lập cơ sở khoa học cho các nhà quản lý, các nhà hoạch định chiến lược và xây dựng chính sách có một cái nhìn thực tế về tầm quan trọng của tài nguyên nước ngầm ven biển. Trên cơ sở đó đưa ra các chính sách, biện pháp quy hoạch, quản lý, khai thác và sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên nước dưới đất ven biển trong bối

cảnh BĐKH và NBD.

5. Các luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Tài nguyên nước dưới đất trong các TCN trầm tích Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận là nguồn tài nguyên rất quan trọng và có tiềm năng hạn chế.

Luận điểm 2: Các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận rất dễ bị tổn thương do XNM và chịu tác động rõ rệt bởi các yếu tố BĐKH và NBD.

6. Điểm mới của luận án

- Sử dụng tổ hợp các phương pháp, lựa chọn phương pháp đánh giá phù hợp áp dụng để đánh giá mức độ tổn thương do XNM cho các tầng chứa nước đặc biệt đối với vùng khô hạn nhất Việt Nam.

- Chứng minh được sự biến động tổn thương do XNM vẫn tiếp diễn trong vùng nghiên cứu do tác động của BĐKH và NBD.

7. Cơ sở tài liệu, số liệu nghiên cứu của luận án

7.1. Tài liệu tham khảo, cập nhật có nội dung liên quan đến luận án

- Các báo cáo tìm kiếm, thăm dò nước dưới đất, lập bản đồ địa chất, ĐCTV từ năm 1983 đến nay gồm có: 02 báo cáo lập bản đồ ĐCTV - địa chất công trình, 04 báo cáo lập bản đồ ĐCTV, 08 báo cáo tìm kiếm nước dưới đất, 02 báo cáo địa chất đô thị, 01 chuyên khảo về nước dưới đất, 02 báo cáo quy hoạch tài nguyên nước.

- Kịch bản BĐKH và NBD phiên bản cập nhật năm 2020 do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố.

- Chuỗi số liệu khí tượng, số liệu thủy văn, số liệu hải văn, tài liệu đo độ mặn tại khu vực Ninh Thuận, Bình Thuận từ năm 2004 tới 2018.

- Niên giám thống kê tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận từ năm 2015-2019.

7.2. Các đề tài nghiên cứu, công trình khoa học nghiên cứu sinh tham gia thực hiện có liên quan đến luận án

- Tác giả là thành viên chính của đề tài KH-CN cấp quốc gia mã số BĐKH.16/16-20: “Nghiên cứu các giải pháp khoa học, công nghệ hạn chế xâm nhập mặn đối với các tầng chứa nước ven biển miền Trung trong bối cảnh biến đổi khí hậu; ứng dụng thí điểm cho công trình cụ thể trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận” do TS. Tạ Thị Thoảng là Chủ nhiệm.

7.3. Tài liệu, số liệu do luận án bổ sung, tính toán trực tiếp

Luận án tiến hành trực tiếp các công việc thí nghiệm hiện trường, quan trắc, phân tích, đánh giá, để có được các kết quả tin cậy sử dụng cho việc đánh giá tổn thương do XNM đến các TCN ven biển và đề xuất xây dựng bản đồ vị trí giếng khai thác nước dưới đất hợp lý. Từ đó đề ra được các giải pháp khai thác và sử dụng bền vững nước dưới đất ven biển.

Bảng 1. Số liệu do nghiên cứu sinh trực tiếp tham gia thực

STT	Các nội dung thực hiện	Đơn vị tính	Khối lượng
1	Điều tra, khảo sát bổ sung	km ²	504
2	Lấy và phân tích mẫu nước	Mẫu	242
3	Thí nghiệm đổ nước hố đào	Hố đào	150
4	Thí nghiệm thấm Seepage	Vị trí	150
5	Đo địa vật lý	Tuyến/ điểm đo	16/429

8. Cấu trúc luận án

Luận án được trình bày trong 135 trang, trừ phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, nội dung chính của luận án gồm 4 chương:

Chương 1. Tổng quan về nghiên cứu tổn thương do XNM trên thế giới và Việt Nam

Chương 2. Phương pháp, dữ liệu nghiên cứu

Chương 3. Tài nguyên và trữ lượng nước dưới đất vùng ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận

Chương 4. Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM và đề xuất giải pháp giảm thiểu XNM của các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ vùng ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU TỒN THƯƠNG DO XÂM NHẬP MẶN TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM

1.1. Nghiên cứu tồn thương do xâm nhập mặn trên thế giới

1.1.1. Tổng quan các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương của các tầng chứa nước

Hiện nay có rất nhiều phương pháp để đánh giá tính dễ bị tổn thương của nước dưới đất, như phương pháp DRASTIC, SINTACS, CVI, AVI, GALDIT, EPIK, GOD, COP, PI... Dưới đây là một số phương pháp thường được sử dụng phổ biến như sau:

1.1.1.1. Phương pháp DRASTIC

Phương pháp DRASTIC do Aller và các cộng sự thuộc Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ đề xuất vào năm 1987. Phương pháp này đánh giá tính dễ bị tổn thương của các TCN đầu tiên tính từ mặt đất. Phương pháp DRASTIC có tên được ghép từ 7 chữ cái đầu tiên của 7 nhân tố được dùng để đánh giá nguy cơ tổn thương [1], cụ thể:

- + D: chiều sâu tới TCN, tính từ mặt đất đến mái;
- + R: lượng bổ cập chính hàng năm cho NĐĐ;
- + A: thành phần đất đá của TCN;
- + S: thành phần đất đá của lớp phủ;
- + T: độ dốc địa hình mặt đất;
- + I: ảnh hưởng của đới thông khí;
- + C: tính thấm của TCN.

Ưu điểm: Phương pháp này được sử dụng phổ biến vì thường sử dụng trực tiếp các số liệu, tài liệu từ kết quả điều tra, đánh giá có sẵn hoặc từ các giai đoạn trước. Các sản phẩm dễ xem và dễ áp dụng.

Nhược điểm: phương pháp này không nghiên cứu tới các TCN nằm dưới sâu và sự ảnh hưởng của các hệ số đưa ra chưa có cơ sở khoa học chắc chắn. Bên cạnh đó, nếu tập trung đánh giá cho tính tổn thương cho xâm nhập mặn, thì các yếu tố liên quan đến xâm nhập mặn chưa được đề cập đến nên khả năng áp dụng vào đánh giá về vấn đề đó cũng hạn chế.

1.1.1.2. Phương pháp SINTACS

Phương pháp SINTACS do Civita thuộc Nhóm Nghiên cứu Quốc gia về Bảo vệ môi trường Thảm họa ĐCTV của Hội đồng Nghiên cứu Quốc gia Ý phát triển vào những

năm 1990, 1993 và được Civita và De Maio hiệu chỉnh vào năm 1997. Đây là phương pháp được phát triển lên từ phương pháp DRASTIC [1] của Hoa Kỳ. SINTACS đánh giá tính dễ bị tổn thương [2, 3, 4] trên cơ sở các yếu tố:

- + S - Water table depth: Độ sâu mực nước ngầm;
- + I - Effective infiltration: Độ thấm hiệu quả;
- + N - Unsaturated zone: Ảnh hưởng của vùng chưa bão hòa (đới thông khí);
- + T - Soil media: Môi trường đất đá lớp phủ;
- + A - Aquifer media: Đặc điểm TCN;
- + C - Hydraulic conductivity zone: Hệ số thấm;
- + S - Topographic slope: Độ dốc địa hình.

Ưu điểm: Phương pháp SINTACS là một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến để đánh giá tính dễ bị tổn thương do ô nhiễm nước ngầm.

Nhược điểm: phương pháp này chưa nghiên cứu tới các TCN khe nứt cũng như yếu tố XNM của các TCN ven biển. Cũng như phương pháp DRASTIC, các yếu tố liên quan đến xâm nhập mặn chưa được đề cập đến nên khả năng áp dụng vào đánh giá về vấn đề đó cũng hạn chế.

1.1.1.3. Phương pháp CVI

Phương pháp (CVI) được Gornitz và Kanciruk đề xuất vào 1989 và triển khai, sau đó được hiệu chỉnh bởi Thieler & Hammar-Klose năm 1999. Chỉ số dễ bị tổn thương đới đường bờ biển (CVI), dựa trên 6 tham số [5, 6], bao gồm:

- + Geomorphology: Địa mạo;
- + Coastal slope (%): Độ dốc bờ biển;
- + Relative sea level change (mm/yr): Sự thay đổi mực nước biển tương đối;
- + Shoreline erosion/accretion (m/yr): Tốc độ xói lở/ bồi tụ đường bờ;
- + Mean Tide range(m): Biên độ triều trung bình;
- + Mean Wave Height (m): Độ cao sóng trung bình.

Ưu điểm: Phương pháp CVI là một trong những phương pháp đơn giản để đánh giá tính dễ bị tổn thương đới đường bờ biển và được Cục Địa chất Mỹ đưa vào sử dụng để đánh giá tính dễ bị tổn thương đới đường bờ biển trên toàn bộ nước Mỹ.

Nhược điểm: Đây là phương pháp dùng để đánh giá tính dễ bị tổn thương đới đường bờ biển dựa trên 3 yếu tố đặc điểm địa chất và 3 yếu tố vật lý. Do đó, phương pháp CVI không đi vào xem xét đánh giá tính dễ bị tổn thương nước dưới đất do XNM.

1.1.1.4. Phương pháp GALDIT

Phương pháp GALDIT do Lobo-Ferreira và Chachadi đề xuất vào năm 2001 và được hiệu chỉnh vào năm 2005. GALDIT là tên gọi được ghép từ 6 chữ cái đầu tiên của 6 tham số được dùng để đánh giá tính dễ bị tổn thương NĐĐ do XNM [7], bao gồm:

- + G: Loại TCN;
- + A: Hệ số thấm của TCN;
- + L: Cốt cao mực nước dưới đất;
- + D: Khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu;
- + I: Hiện trạng ảnh hưởng của XNM;
- + T: Chiều dày TCN.

Ưu điểm: đây là phương pháp được sử dụng ở nhiều nước châu Âu, phương pháp này đã xét tới tính dễ bị tổn thương các TCN ven biển bởi yếu tố XNM thông qua hai trọng số là khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu (D) và hiện trạng ảnh hưởng của XNM (I).

Nhược điểm: đối với trọng số khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu (D) có thể thấy khoảng cách tính từ đường bờ biển đến vị trí phân bố TCN quyết định thời gian dịch chuyển của nước biển vào tầng chứa nước gây ra XNM. Khoảng cách càng xa thì thời gian dịch chuyển của nước biển vào TCN càng lâu càng làm giảm mức độ tổn thương của XNM. Tuy nhiên, trên thực tế thì các TCN ven biển (đặc biệt và các TCN lỗ hổng) thường đã bị XNM dù ít hay nhiều và đã hình thành ranh giới mặn nhạt nằm phía bên trong TCN so với đường bờ biển. Do đó, khi tính toán trọng số này cần xét đến và có điều chỉnh phù hợp bởi phần tử mặn đầu tiên gây tổn thương đến tầng chứa nước từ ranh giới mặn nhạt chứ không phải từ đường bờ biển (vì ranh giới mặn nhạt của TCN nằm gần điểm nghiên cứu hơn so với đường bờ biển).

1.1.1.5. Phương pháp EPIK

Phương pháp EPIK do Doerfliger and Zwahlen thuộc Trung tâm ĐCTV, trường đại học Neuchatel - Thụy sĩ đề xuất vào năm 1997. Phương pháp này đánh giá tính dễ bị tổn thương các TCN Karst [8]. Các thông số đưa vào đánh giá bao gồm:

- + E - Hệ số EPIKARST;
- + P - Hệ số lớp phủ;

- + I - Điều kiện thấm;
- + K- Điều kiện phát triển hệ thống karst.

Ưu điểm: Đây là phương pháp đã tính đến các điều kiện ảnh hưởng đến tính dễ bị tổn thương của TCN karst.

Nhược điểm: cần phải nghiên cứu chi tiết đặc điểm karst vùng nghiên cứu mà vấn đề này thường là rất phức tạp. Nó đòi hỏi tổ hợp các phương pháp nghiên cứu phức tạp như khảo sát hiện trường, địa vật lý, đồng vị và đặc biệt là phân tích ảnh máy bay có độ phân giải cao mới có thể phát hiện các hồ sụt nhỏ EPIKarst được định nghĩa là các khu vực trên cùng vùng lộ thiên đá karst hóa, trong đó tính thấm của khe nứt và karst hóa là đáng kể cao hơn và nhiều hơn, mặt khác chúng phân bố không đồng đều trong toàn vùng phân bố karst. Độ dày của nó dao động từ một vài decimet đến hàng chục mét...

1.1.1.6. Phương pháp COP

Phương pháp COP do Vias và các cộng sự thuộc Đại học Malaga, Tây Ban Nha đề xuất vào năm 2002. Phương pháp này được áp dụng cho các TCN karst [9]. Các thông số đưa vào đánh giá là:

- C: Nồng độ của dòng thấm
- O: Các lớp phủ
- P: Cường độ mưa

Ưu điểm: Đây là phương pháp đánh giá nhanh khả năng tổn thương của các tầng chứa nước Karst, các thông số của phương pháp ít nên dễ áp dụng và thực hiện.

Nhược điểm: Đối tượng nghiên cứu của phương pháp chỉ là các tầng chứa nước Karst nên không áp dụng được cho các tầng chứa nước khác.

1.1.1.7. Phương pháp PI

Phương pháp PI do Goldscheider và cộng sự đề xuất vào năm 2000. Phương pháp này được xây dựng dựa trên cơ sở của phương pháp GLA thể hiện sự tích hợp của lớp phủ bảo vệ (P) và yếu tố thấm xuống (I). Yếu tố thấm này cũng được đánh giá giống như phương pháp EPIK được áp dụng cho các tầng chứa nước karst [10].

Phương pháp PI được phát triển từ phương pháp GLA tích hợp các yếu tố bao gồm yếu tố bảo vệ (P) và yếu tố xâm nhập (I) nhưng có sự thay đổi. Phương pháp PI đã được thử nghiệm thành công trong một số mạng lưới nước ngầm trên khắp châu

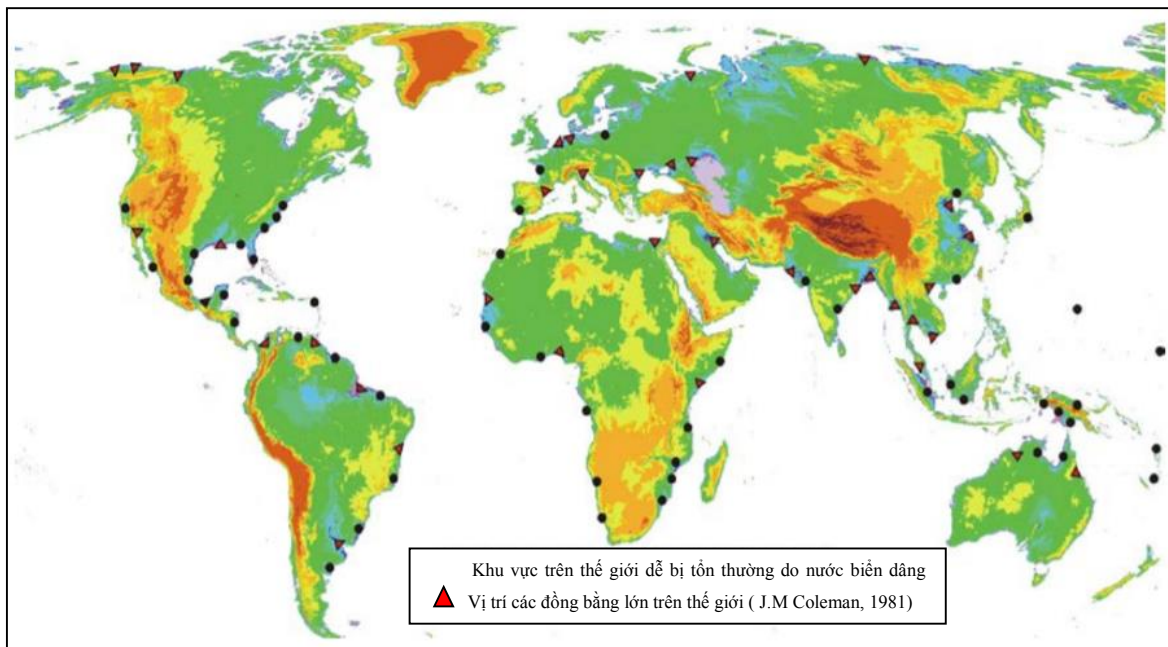
Âu. Trong phương pháp PI cả hai yếu tố bảo vệ và xâm nhập được trình bày một cách riêng biệt như bản đồ chuyên đề và sau đó kết hợp thành bản nguy cơ tổn thương.

Ưu điểm: Đây là phương pháp đơn giản, thể hiện tính hợp lý và dễ áp dụng cho tất cả các loại tầng chứa nước.

Nhược điểm: Các nhân tố của phương pháp như đường thấm của đá nứt nẻ và đá karst thì việc xác định là rất khó khăn và tốn kém.

1.1.2. Nghiên cứu xâm nhập mặn

Xâm nhập mặn nước dưới đất đến nay không còn là vấn đề mới trong các công bố khoa học ở cả trong và ngoài nước. Tuy nhiên, đây chưa phải vấn đề hết tính thời sự do quá trình này vẫn xảy ra và gây ảnh hưởng ngày một nghiêm trọng, gây thiệt không nhỏ trong vấn đề cấp nước phục vụ sinh hoạt, sản xuất của người dân địa phương. Việt Nam là quốc gia có đường bờ biển dài với 3.260 km, chạy dọc theo chiều dài đất nước từ bắc đến nam, do đó nguy cơ xâm nhập mặn với nước dưới đất có thể xảy ra trên phạm vi lãnh thổ, đặc biệt tại nơi ven biển, địa hình thấp... sẽ càng nghiêm trọng hơn. Quá trình XNM nước dưới đất có thể diễn ra trực tiếp hoặc nước mặn xâm nhập vào mạng lưới sông suối, kênh rạch... sau đó nước mặn sẽ di chuyển vào các tầng chứa nước.

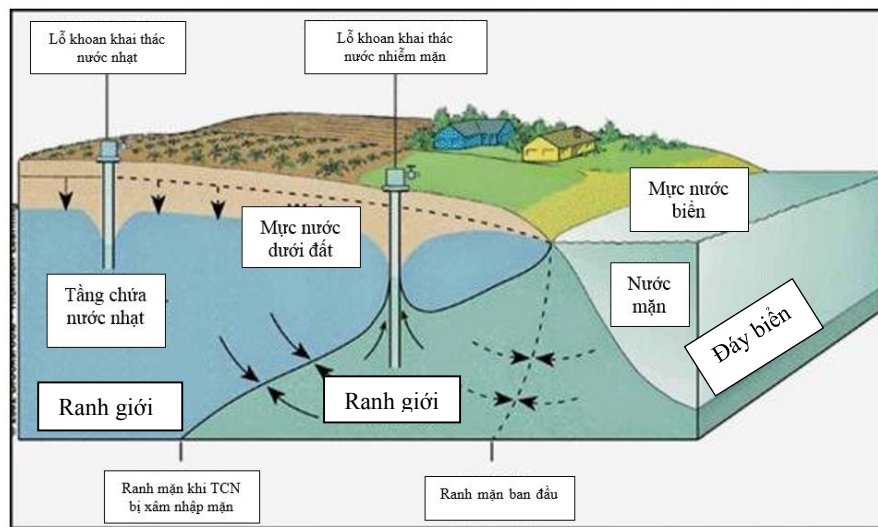


Hình 1.1. Bản đồ phân bố các khu vực trên thế giới dễ bị tổn thương do nước biển dâng [11]

Năm 2010, Viện Công nghệ Hoàng gia Thụy Điển (KTH) công bố kết quả Báo cáo Đề tài “Xâm nhập mặn và lĩnh vực nông nghiệp” đã chỉ ra những vùng có nguy

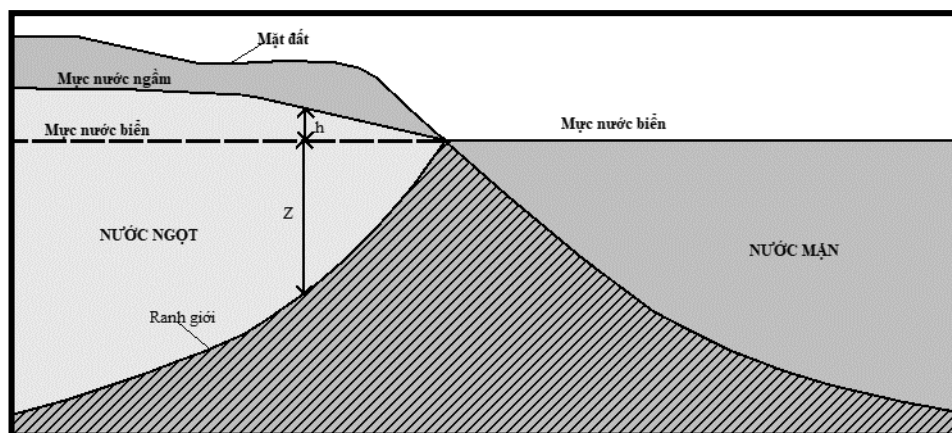
cao nhất bị xâm nhập mặn trên thế giới. Hầu hết các châu lục trên thế giới đều có vùng có nguy cơ bị đe dọa bởi xâm nhập mặn, trong đó, Việt Nam có 2 vùng là Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long [11].

Quá trình XNM nước dưới đất không còn là một khái niệm xa lạ với mọi người trong giai đoạn hiện nay, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH đang diễn ra theo hướng tiêu cực. Quá trình này xảy ra khi nước mặn đi trực tiếp hoặc gián tiếp vào các tầng chứa nước. Ranh giới mặn sẽ càng ngày càng di chuyển sâu về phía đất liền làm nước trong tầng chứa nước sẽ mặn dần lên. Sơ đồ minh họa hướng di chuyển của nước dưới đất gây ra hiện tượng xâm nhập mặn như sau:



Hình 1.2. Cơ chế xâm nhập mặn nước dưới đất

Xâm nhập của nước biển vào các TCN ven biển đã được nghiên cứu phổ biến trong hơn một thế kỷ qua ([12], [13], [14], [15], [16], [17]). Các nghiên cứu tập trung theo 2 nhóm chính, đó là: nhóm các nhà nghiên cứu đánh giá theo phương pháp giải tích và nhóm các tác giả nghiên cứu đánh giá theo phương pháp mô hình số.



Hình 1.3. Ranh giới mặn nhạt trong các tầng chứa không áp mặn vùng ven biển [12, 13]

*** Nhóm tác giả nghiên cứu, đánh giá theo phương pháp giải tích:**

Kể từ khi tác phẩm nổi tiếng của Badon-Ghyben, 1888 [13] và Herzberg, 1901 [12] trình bày về quá trình XNM do nước biển, các phương pháp tích phân khác đã cung cấp các ước tính về hình dạng của một ranh giới tĩnh trong một TCN dưới đất ven biển, với dòng chảy ở khắp mọi nơi vuông góc với bờ biển. Phương pháp tích phân Strack cho hình dạng parabol để giả định bề mặt ranh giới giữa nước biển và nước nhạt trong TCN có áp bề dày vô tận. Strack (1995) [18] đã sử dụng giả định Dupuit-Forchheimer để xác định được một lời giải cho sự xâm nhập nước biển ở một miền hai chiều nằm ngang.

Nghiên cứu của R.J. George (1992) [19] đã xác định điều kiện nhiễm mặn NĐĐ của 7 lưu vực lớn từ năm 1912 đến 1992 trong điều kiện tự nhiên cũng như đã bị phá hủy. Lưu lượng cung cấp và thoát ở điều kiện tự nhiên và điều kiện tưới tiêu trong nông nghiệp được xác định bằng cân bằng nước, cân bằng lượng Clorua và các phương pháp tỷ lưu lượng. Dựa trên kết quả thực hiện tác giả đề xuất tăng cường thoát nước cần phải trở thành một phần của hệ thống quản lý lưu vực nhằm kiểm tra và làm giảm đất bị mặn hóa.

Kết quả nghiên cứu quá trình phân tán thấm và vận chuyển khối của nước nhạt ven biển với nước biển cho thấy vùng phân tán thường mỏng so với toàn bộ chiều dày của các thấu kính nước nhạt, mặt khác chúng hình thành và vận chuyển theo nhiều quá trình phức tạp. Sự phân tán của nước mặn gia tăng tuyến tính với việc tăng vận tốc dòng chảy, quyết định bởi hệ số thấm, độ lỗ hổng và độ chênh thủy lực [20]. Sự dao động và tạo áp lực của thủy triều cũng gây nên quá trình pha lẫn của chúng và dấu hiệu nổi bật của triều dễ nhận biết hơn qua hệ số thấm cao hay thấp [21].

Mức NĐĐ ở các TCN ven biển thường nằm cao hơn mực nước biển là kết quả của quá trình cung cấp thấm thẳng đứng do nước mưa vào TCN và quá trình thấm ngang thoát ra biển. Các quá trình hoạt động của đại dương, trong đó có thủy triều và sóng biển có ảnh hưởng rất lớn đến NĐĐ, đặc biệt là các TCN không áp. I.L. Turner, B.P. Coates và R.I. Acworth (1996) [22] công bố kết quả quan trắc mực nước ba tháng liền trong TCN hẹp ven biển ở New South Wales, Australia cho thấy mực NĐĐ trung bình nằm cao hơn mực nước biển trung bình là 1,2m, nhưng vào mùa mưa và mùa xuân thủy triều và sóng bão dâng cao lên tới 2,0m. Các tính toán sử dụng chuỗi Fourier và phân tích tương quan chéo cho thấy rõ vai trò của sóng bão làm dâng mực

NĐĐ trong khoảng thời gian 2 đến 3 ngày. Kết quả mô hình cũng cho thấy NĐĐ thoát ra biển giảm xuống bằng 0,5 lần vào thời kỳ triều lên và sóng bão. Phương pháp mô hình đặc biệt hữu ích trong việc đánh giá tiềm năng khai thác của các TCN ven biển vì nó giải quyết được sự biến đổi về mực nước, lưu lượng thoát hoặc cung cấp cho TCN trong những khoảng thời gian rất ngắn, vài giờ tới một vài ngày.

P.J. Stuyfzand (1998) [23] đã nghiên cứu quan hệ giữa: a) Đặc điểm thủy địa hóa và vận động của NĐĐ; b) Xác định tốc độ ngấm tự nhiên của nước trên mặt xuống NĐĐ, các khu tập trung bổ sung nhân tạo NĐĐ, các đặc tính dòng chảy, mức độ phá hủy và tuổi của NĐĐ; và c) Nghiên cứu môi trường, đánh giá nồng độ nền tự nhiên, Dựa vào kết quả nghiên cứu thủy địa hóa trong đụn cát ven biển, diện phân bố rộng từ 3km đến 7km, chiều dài dọc theo bờ biển 50km. Tác giả đã phân tích Cl^- , $\delta^{18}O$ và HCO_3^- phân chia ra 5 loại hình thủy địa hóa khu vực theo thời gian như sau: 1) Nước biển nguồn gốc từ Pleistocen khoảng 2 triệu năm trước đây; 2) Nước xâm nhập thời kỳ biển tiến Holocen khoảng 8000 đến 300 năm trước đây; 3) Nước biển Bắc hiện đại đang xâm nhập vào NĐĐ; 4) Nước ngọt đụn cát bắt đầu hình thành khoảng 5000 năm trước đây khi xuất hiện các đụn cát ven bờ. Các vấn đề nghiên cứu trong công trình này rất quan trọng và bổ ích cho việc xác định nguồn nước ngọt ven biển, quản lý chống ô nhiễm NĐĐ, thiết kế hệ thống quan trắc động thái NĐĐ.

*** Nhóm tác giả nghiên cứu, đánh giá theo phương pháp mô hình số**

Việc khai phá thảm thực vật để trồng trọt ở vùng bảo vệ đất Bắc Stirling với diện tích khoảng 100.000 ha thuộc phần Bắc của vườn Quốc gia Stirling, phía Tây Australia vào những năm 60 và đầu 70 đã làm cho NĐĐ bị nhiễm mặn mạnh và mực nước dâng cao tới 12m, độ sâu mực NĐĐ dưới 2m. J. Gomboso và nnk (1997) [24] sử dụng phương pháp mô hình trong đó tiến hành chạy mô hình ổn định và không ổn định để chính xác hóa các thông số, sau đó kết hợp với các phương án mô hình nhiễm mặn khác nhau: 1) Mô hình trong điều kiện tự nhiên; 2) Mô hình có các hoạt động nông nghiệp; 3) Mô hình khi có các hoạt động nông - lâm nghiệp. Kết quả nghiên cứu cho thấy tổn thương XNM theo trình tự các phương án này giảm dần, lợi ích kinh tế tăng lên.

Theo S.K. Isuka và S.B. Gingerich (1998) [25], ranh giới mặn nhạt xác định theo công thức Ghyben-Herzberg khác nhiều so với mặt phân cách thực tế. Các tác giả trên đề xuất công thức xác định ranh giới mặn nhạt dựa vào số liệu phân bố áp

lực nước theo phương thẳng đứng. Kết quả được xác định theo tài liệu đo mực áp lực nước tại các lỗ khoan so sánh với kết quả mô hình số hai chiều theo mặt cắt thực hiện bằng phần mềm SUTRA. Nghiên cứu chỉ ra một số lưu ý khi tính toán áp lực nước theo phương thẳng đứng trong quá trình thực hiện nhằm xác định ranh giới mặn nhạt và ảnh hưởng của tính thấm không đồng nhất của đất đá TCN.

Vùng nghiên cứu mà D.S. Oki và nnk (1998) [26] tiến hành thực hiện là TCN ven biển phía Nam đảo Oahu, Hawaii, Mỹ. Các tác giả đã sử dụng phần mềm SUTRA để xác định lượng nước chảy vào và thoát đi cũng như sự pha trộn nước nhạt và mặn trong từng đơn vị chứa nước trong vùng nghiên cứu.

Quá trình nhiễm mặn được R.B. Salama, C.L. Otto (1999) [27] xây dựng mô hình hóa học do chính tác giả phát triển gồm có: quá trình phong hóa và tích tụ trầm tích. Các mô hình này phù hợp với quá trình phong hóa địa chất và tích tụ trầm tích hình thành các lớp phủ trong lưu vực. Có 5 quá trình biến đổi đất ở các điều kiện khí hậu khô và nửa khô liên quan đến quá trình ngập úng mà NĐĐ là yếu tố chính trong vận chuyển, sự tích tụ và thoát muối. Các tác giả nêu một số trường hợp ở Australia, Canada, Mỹ và Sudan.

Bên cạnh việc dùng các mô hình toán, dự báo thông dụng như SUTRA, SEAWAT, hay MT3D để giải quyết các bài toán mô hình hóa XNM phù hợp với các điều kiện áp dụng khác. Dhar, Anirban, and Bithin Datt, 2009 [28] đã dùng mô hình FEMWATER để mô phỏng và điều chỉnh XNM vùng Andhra Pradesh, Ấn Độ. Diện tích nghiên cứu khoảng 355km² bên vịnh Bengal, trầm tích bờ rời ở đây được chia ra 3 lớp, kết hợp với kết quả quan trắc mực nước, phân tích thành phần hóa học (Clo) và lưu lượng khai thác, trong điều kiện nhu cầu sử dụng nước tăng, tác giả đã xây dựng mô hình dự báo với 4 kịch bản về các phương án tăng lưu lượng khai thác và vị trí khai thác, theo đó là 4 kịch bản XNM tương ứng. Trong các kịch bản kể trên đều là các bài toán tối ưu cho các vị trí tăng lưu lượng khai thác có phân tích đến ảnh hưởng đến điều kiện tự nhiên và xã hội. Dựa vào kết quả này các nhà quản lý lựa chọn phương án điều chỉnh phù hợp cho phát triển bền vững kinh tế xã hội ở khu vực này.

Ngoài ra, Gossel, Wolfgang, Ahmed Sefelnasr và Peter Wycisk (2010) [29] đã sử dụng phương pháp mô hình để nghiên cứu sự XNM do nước biển cổ chứa trong các tầng trầm tích ở vùng Nubian. Các tác giả đã sử dụng phần mềm FEFLOW để

xây dựng mô hình dòng chảy kết hợp dịch chuyển vật chất trong khoảng thời gian 140.000 năm. Trong mô hình dịch chuyển vật chất tác giả đề cập đến quá trình phân tán, khuếch tán, đồng thời cũng đề cập đến sự khác biệt về nồng độ giữa nước mặn và nước ngọt.

Trên thế giới, ngày càng có nhiều công trình khoa học được thực hiện trên nhiều khu vực ven biển nhằm nghiên cứu nguồn gốc hình thành NĐĐ, xác định diện thay đổi mực nước, xác định nguồn gốc và đánh giá mức độ nhiễm mặn NĐĐ, xác định mối quan hệ tuổi của NĐĐ và khảo sát về mặt thời gian của quá trình biến đổi trữ lượng và nguồn gốc của chúng.

Nhìn chung, các nghiên cứu trên thế giới đã dùng nhiều phương pháp, kỹ thuật chính xác hóa sự phân bố, nguồn gốc và phân tích mức độ nhiễm mặn NĐĐ và đặc biệt nghiên cứu rất kỹ về sự hình thành cũng như sự biến đổi của lười mặn nhạt dưới tác động của điều kiện tự nhiên và phát triển kinh tế xã hội để từ đó có biện pháp quản lý nâng cao hiệu quả sử dụng và khai thác bền vững nguồn NĐĐ quý hiếm này.

1.1.3. Nghiên cứu tổn thương do XNM trong bối cảnh BĐKH và NBD đến nước dưới đất trên thế giới

Khái niệm về mức độ tổn thương của TCN đã được Lobo Ferreira và Cabral (1991) đưa ra và sau này được chính Ferreira (2005) [8] định nghĩa một cách ngắn gọn như sau: “*Mức độ tổn thương của TCN là tính nhạy cảm về sự thay đổi chất lượng nước do hoạt động phát triển kinh tế xã hội hoặc BĐKH và NBD hoặc cả hai ở các vùng ven biển mà điều này được đánh giá bởi đặc trưng của bản thân TCN*”.

Xâm nhập của nước biển vào các TCN ven biển đã được nghiên cứu rộng rãi trong hơn một thế kỷ qua (Werner và Gallagher 2006; Voss và Souza 1987; Huyakorn và nkk 1987; Pinder và Cooper 1970; Herzberg 1901; Ghyben 1888). Tuy nhiên, việc nghiên cứu XNM do tác BĐKH và NBD các TCN ven biển gần đây mới được nghiên cứu sâu rộng tiêu biểu như những nghiên cứu sau:

Năm 2012, Adrian D. Werner, James D. Ward, Leanne K. Morgan, Craig T. Simmons, Neville I. Robinson và Michael D. Teubner [30] đã kế thừa với nghiên cứu trước đây để đưa ra các chỉ số tổn thương đối với nước biển xâm nhập do BĐKH (Salt Water Intrusion Indexes - SWI). Việc tính toán áp dụng trong trường hợp dòng chảy ổn định và có bề mặt ranh giới rõ ràng giữa nước ngọt và nước mặn. Bề mặt

ranh giới thể hiện vị trí nêm mặn và thể tích nước biển, được sử dụng trong việc định lượng chỉ số SWI trong tất cả các TCN. Mức độ thay đổi của nêm nước mặn hoặc thể tích nước biển được sử dụng để xác định chỉ số sự tổn thương của tầng chứa nước với các trường hợp khác nhau, bao gồm:

- (1) Mực nước biển dâng;
- (2) Thay đổi lượng bổ cập;
- (3) Sự thay đổi lượng thoát ra biển.

TCN ven biển được lựa chọn để áp dụng tính toán các chỉ số bị tổn thương xâm nhập mặn SWI. Một số kết luận về chỉ số tổn thương xâm nhập mặn SWI phát sinh từ việc phân tích tính toán bao gồm:

(1) Các tác động nước biển dâng lớn hơn trong các TCN với biên áp lực không đổi hơn là biên dòng chảy nội địa không đổi, nhưng ngược lại đối với tác động của sự thay đổi lượng bổ cập;

(2) Mực nước biển dâng không gây tổn thương trong tầng chứa có áp với lưu lượng thoát không đổi;

(3) Chỉ số tổn thương xâm nhập mặn SWI thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố khách quan, và do đó các thành phần gây tổn thương cần được xác định để phân biệt bị tổn thương từ các mối đe dọa như mực nước biển dâng, BĐKH và những thay đổi trong lượng thoát ngầm ra biển.

Các tác giả cho rằng cách tiếp cận này là một cải tiến hơn đối với việc mô tả chỉ số tổn thương xâm nhập mặn SWI, bởi vì phương pháp này có cơ sở lý thuyết và tính toán rất đơn giản, mặc dù các khái niệm tầng nước ngầm ven biển là rất lý tưởng hóa.

Năm 2015, Dự án "*Đánh giá tổn thương quy mô quốc gia do nước biển xâm nhập*" của Leanne K. Morgan và Adrian D. Werner [31] được thực hiện trên các vùng ven biển nước Úc đã được hoàn thành bởi Hội khoa học địa chất Úc (GA) và Trung tâm đào tạo và nghiên cứu nước ngầm (NCGRT) . Nhiệm vụ của dự án này là xác định các nguồn nước ngầm ven biển Úc hiện nay dễ bị xâm nhập mặn, và có khả năng chịu rủi ro trong tương lai như do bởi các quá khai thác, NBD hoặc sự thay đổi lượng bổ cập - lưu lượng thoát kết hợp với sự thay đổi khí hậu. Các phương pháp phân tích toán học được ứng dụng tính toán cho 28 khu vực nghiên cứu (CSAS). Dự án đã đạt được những mục tiêu sau:

(1) Cung cấp một giải pháp đánh giá thực trạng và kiến thức về chỉ số SWI trong nước Úc;

(2) Cung cấp các khái niệm và đánh giá của một loạt các yếu tố góp phần vào chỉ số SWI của các tầng chứa nước dọc bờ biển Úc, bao gồm cả những ảnh hưởng của việc khai thác quá mức, nước biển dâng và sự thay đổi lượng bổ cập - lượng thoát liên quan đến BĐKH;

(3) Cung cấp một đánh giá tổng hợp về tính dễ bị tổn thương của các TCN ven biển ở Úc.

Bên cạnh đánh giá bằng phương pháp giải tích, để đánh giá tác động của BĐKH và NBD đến tầng chứa nước ven biển nhiều tác giả sử dụng mô hình số. Các mô hình được thực hiện chủ yếu để tính toán sự XNM của nước biển hiện nay là SUTRA, MT3DMS, SEAWAT. Những tác giả đầu tiên sử dụng mô hình số phải kể đến như Oude Essink 1999 [32]; Sherif và Singh 1999 [33]; Bobba 2002 [34]. Những mô hình số đầu tiên này dữ liệu báo cáo khá hạn chế, chỉ dựa trên một vài điểm khảo sát nhất định nên chưa đưa ra được một kết luận tổng quát về bản chất của sự tác động. Ví dụ, khi sử dụng mô hình SUTRA tính toán, Sherif và Singh (1999) [33] đã nhận thấy rằng khi mực nước biển ở Địa Trung Hải tăng thêm 500 mm thì sẽ khiến cho tầng nước nhạt ở châu thổ sông Nile bị nhiễm mặn 9 km, tuy nhiên, cũng mực nước dâng như vậy ở vịnh Bengal sẽ chỉ khiến cho tầng nước nhạt bị nhiễm mặn 0.4 km - đây là một sự chênh lệch rất lớn.

Rozell và Wong (2010) [35] đã nghiên cứu tác động của BĐKH trên đảo Shelter, bang New York (Mỹ), một hòn đảo cát nhỏ, sử dụng mô hình dòng chảy NDD với khối lượng riêng thay đổi (SEAWAT). Kết quả dự đoán sự thay đổi về lượng mưa và mực nước biển dâng trong thế kỷ tới từ các báo cáo liên chính phủ về BĐKH năm 2007 được sử dụng để tạo ra hai kịch bản khí hậu trong tương lai. Trong kịch bản thuận lợi nhất để lưu giữ nước nhạt trong tầng chứa nước, đó là một sự gia tăng lượng mưa 15% và 0,18 m nước biển dâng cao, kết quả là một chuyển động 23m hướng ra biển của ranh giới nước nhạt / nước mặn, mực nước ngầm nhạt tăng 0,27m, và tăng 3% về thể tích thấu kính nước nhạt. Trong kịch bản được cho là ít nhất là thuận lợi cho nguồn nước ngầm lưu giữ, bao gồm một lượng mưa giảm 2% và nước biển dâng cao 0,61m, kết quả là một chuyển động vào nội địa 16m của ranh giới nước nhạt / nước mặn, mực nước trong tầng chứa nước 0,59m tăng, và tăng 1% về thể tích

thấu kính. Việc tăng thể nước ngầm trong điều kiện khí hậu thay đổi không thuận lợi đã được giải thích do bởi một lớp đất sét dưới hòn đảo đó hạn chế độ sâu tối đa của các TCN và cho phép sự gia tăng khối lượng thấu kính nước nhạt khi mực nước ngầm tăng lên.

P. Pauw, P.G.B. de Louw và G.H.P. Oude (2012) [36] đã thực hiện đề tài: “Quá trình mặn hóa NDD ở khu vực biển Wadden của Hà Lan: định lượng tác động của BĐKH, mực NBD và các tác động của con người”. Đề tài đã phân tích cơ bản về lưu lượng nước ngầm và vận chuyển chất hòa tan để có hiểu biết ngắn gọn về các quy trình quản lý dẫn đến mặn hóa các nguồn nước ngầm nhạt. Tác giả đã định lượng xâm nhập mặn và mặn hóa của hệ thống dòng chảy nước ngầm trong hai nghiên cứu điển hình đại diện ở khu vực biển Wadden, bằng cách sử dụng lưu lượng nước ngầm phụ thuộc vào khối lượng riêng thông qua phần mềm MOCDENS3D. Kết quả chỉ ra rằng mực nước biển dâng và các quá trình nội sinh sẽ gây ra quá trình mặn hóa nghiêm trọng trong tương lai, đặc biệt là ở các khu vực vùng trũng, thấp sát biển. Ngoài ra, đề tài còn chứng minh rằng sụt lún mặt đất sẽ do khai thác muối [36].

Năm 2019, Dự án “Lập mô hình nước ngầm do mực nước biển dâng ở ven biển New Hampshire” của nhóm tác giả Knott, JF; Jacobs, JM; Daniel, JS và Kirshen nghiên cứu về các vùng ven biển có địa hình thấp dễ bị tổn thương do mực nước biển dâng (SLR) gây ra bởi biến đổi khí hậu và băng giá. Nước ngầm ven biển sẽ dâng lên theo mực nước biển, ảnh hưởng đến chất lượng nước, tính toàn vẹn cấu trúc của cơ sở hạ tầng và hệ sinh thái tự nhiên. Sự gia tăng nước ngầm do SLR gây ra đã được nghiên cứu ở các khu vực ven biển có độ lan truyền vào tầng chứa nước cao. Trong nghiên cứu khu vực này, sự gia tăng nước ngầm do SLR gây ra được khảo sát ở một khu vực ven biển có đặc điểm là các trầm tích nông không có kết bên trên nền đá nứt nẻ, điển hình của ĐB bị băng [37].

Một số công trình nghiên cứu trên thế giới cũng đã chỉ ra rằng tác động của BĐKH tới TN NDD được đánh giá là nghiêm trọng, cụ thể gồm các vấn đề sau:

- BĐKH sẽ làm thay đổi lượng mưa. Sự thay đổi của lượng mưa sẽ làm thay đổi tổng lượng bổ cập và tác động đến số lượng TN NDD.

- Khi nhiệt độ thay đổi sẽ gây ra hạn hán, dẫn đến nhu cầu sử dụng nước tăng cao, làm gia tăng mức độ khai thác NDD. Hậu quả là số lượng, chất lượng và mực NDD sẽ suy giảm.

- NBD dẫn đến nước mặn từ biển dịch chuyển vào sâu trong đất liền làm giảm lượng nước ngọt, gây khan hiếm nguồn nước ở những khu vực duyên hải. NBD sẽ gây ngập phần diện phân bố của các TCN ở vùng ven biển và vùng cửa sông, gây nhiễm mặn toàn bộ hay một phần các TCN .

Như vậy, đánh giá mức độ tổn thương do XNM trong bối cảnh BĐKH và NBD đã được các nước phát triển nghiên cứu và áp dụng khá rộng rãi. Kết quả nghiên cứu này góp phần vào định hướng khai thác bền vững và đưa ra các giải pháp phù hợp nhằm giảm thiểu XNM của các TCN ven biển.

1.2. Nghiên cứu tổn thương do xâm nhập mặn Việt Nam

1.2.1. Nghiên cứu xâm nhập mặn

Các nghiên cứu trong nước về XNM và tác động trong thời gian gần đây đang được nghiên cứu theo chiều rộng và chiều sâu của vấn đề. Do quá trình XNM diễn ra ngày càng một phức tạp và vấn đề xâm nhập mặn được Chính phủ quan tâm đặc biệt nên các nghiên cứu ngày càng có nhiều kết quả có ý nghĩa thực tiễn cao.

Năm 1985, Đỗ Trọng Sự và Nguyễn Kim Ngọc, đã dựa trên các kết quả điều tra cơ bản về địa chất, địa chất thủy văn, thủy địa hóa, đã xác định được ranh giới mặn-nhạt của tầng chứa nước Pleistocen vùng đồng bằng Bắc Bộ chạy từ Thanh Oai qua Vạn Điểm, xuống gần Hưng Yên và vòng lên Mỹ Hào - Quế Võ, ranh giới có dạng chữ “M” [38].

Đặng Đình Phúc, năm 1997 đã ứng dụng mô hình dịch chuyển vật chất để dự báo XNM nước dưới đất, áp dụng cho vùng Cẩm Giàng; trên cơ sở phân tích quá trình phân tán thủy động lực, xác định được chuyển động theo phương ngang là chủ yếu, hệ số khuếch tán phân tử là rất nhỏ. Tác giả đã xác định mực nước hạ thấp và đường dòng, tốc độ tại các điểm nút trên đường dòng ứng với các thời điểm khác nhau, sau đó tính toán thời gian dịch chuyển biên mặn cho các nút điểm khác nhau.

Nguyễn Văn Hoàng, năm 2000, đã áp dụng mối tương quan giữa lưu lượng nước dưới đất thoát ra biển và chiều sâu XNM của nước biển vào tầng chứa nước để xác định trữ lượng động tự nhiên của tầng chứa nước Pleistocen (hay chính xác hơn là lưu lượng thoát nước từ tầng Pleistocen vùng đồng bằng Bắc bộ ra biển) [39].

Phạm Quý Nhân, Đỗ Trọng Sự, năm 2003 đã xây dựng mô hình dòng chảy và mô hình dịch chuyển các chất hòa tan trong nước dưới đất khu vực Nghĩa Hưng - Hải Hậu, Nam Định để dự báo khả năng XNM nước dưới đất do khai thác gây ra. Năm

2006, Phạm Quý Nhân đã áp dụng phương pháp địa vật lý, ĐCTV kết hợp điều tra, khảo sát, nghiên cứu xác định ranh giới mặn-nhạt và tính toán sự dịch chuyển của ranh giới này tại khu vực Phố Nối, Hưng Yên. Năm 2000, trong luận án tiến sĩ địa chất của mình, Phạm Quý Nhân đã nghiên cứu XNM đồng bằng sông Hồng bằng mô hình dịch chuyển MT3D [40]. Ngoài ra, trong các công trình nghiên cứu khác [41] tác giả cũng đã nghiên cứu áp dụng các phương pháp xác định thông số di chuyển vật chất cũng như áp dụng phương pháp mô hình số có tính đến sự thay đổi tỷ trọng của chất lỏng trong quá trình xâm nhập mặn [42].

Nguyễn Văn Lâm, năm 2006 trên cơ sở hiện trạng ranh giới mặn-nhạt vùng Hải Triều, Tiên Lữ, Hưng Yên, kết hợp với điều kiện ĐCTV của vùng và lưu lượng khai thác yêu cầu, tác giả đã tính toán và xác định thời gian phân tử mặn đầu tiên xâm nhập vào lỗ khoan khai thác bằng phương pháp giải tích [43]. Năm 2011, trong dự án “*Điều tra, đánh giá khoanh định vùng cấm, vùng hạn chế và vùng cho phép khai thác sử dụng nước trên địa bàn thành phố Hà Nội*”; trên cơ sở khảo sát thực địa, phân tích tài liệu địa vật lý và kết quả khoan ĐCTV cho thấy ranh giới mặn-nhạt của TCN (qp) biến đổi khá phức tạp và Nguyễn Văn Lâm đã đưa ra những nhận định sâu sắc về nguồn gốc hình thành và dịch chuyển biên mặn trong khu vực [44].

Đề tài luận án tiến sĩ của Hoàng Văn Hoan, năm 2014 về *Nghiên cứu xâm nhập mặn nước dưới đất trầm tích Đệ tứ vùng Nam Định*, từ kết quả nghiên cứu của mình, tác giả đã đánh giá, xác định vai trò và khả năng ảnh hưởng của việc chênh lệch mực áp lực giữa vùng nước mặn – nhạt và các quá trình khếch tán và phân dị trọng lực, xác định cơ chế XNM thấu kính nước nhạt vùng nghiên cứu là xâm nhập ngang xảy ra trong cùng tầng chứa nước và theo phương thẳng đứng từ lớp thấm nước yếu nguồn gốc biển phân bố bên trên thấu kính nước nhạt [45].

Năm 2019, đề tài “*Nghiên cứu diễn biến xâm nhập mặn vùng ven biển tỉnh Quảng Nam, đề xuất và giải pháp*” do Viện Địa lý - Viện Hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam thực hiện nhằm đề xuất quản lý về tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Quảng Nam [46].

Năm 2019, Hoàng Văn Hoan thực hiện đề tài “*Nghiên cứu về các yếu tố quyết định đến quá trình xâm nhập mặn nước dưới đất tại Đồng bằng sông Cửu Long*” nhằm đánh giá, quyết định các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn gồm các yếu tố tự nhiên, nhân tạo và kinh tế xã hội, chạy mô hình cho vùng Bán đảo Cà Mau để kiểm

định lại các yếu tố [47].

Ngoài một số công trình nêu trên còn có rất nhiều các tác giả khác như: Đặng Hữu Ôn, Đoàn Văn Cảnh, Ngô Ngọc Cát, Nguyễn Trường Giang, Ngô Ngọc Cát, Hồ Vương Bình, Cao Duy Giang, Nguyễn Thạc Cường và các nhà khoa học khác đã và đang có rất nhiều đề tài, dự án nghiên cứu xác định và dự báo XNM các tầng chứa nước nhạt trong các vùng ven biển Bắc Trung Bộ, Trung Trung Bộ, Đồng bằng ven biển Quang Nam, Quảng Ngãi, Ninh Thuận, Bình Thuận...

1.2.2. Nghiên cứu tổn thương do XNM trong bối cảnh BĐKH và NBD đến nước dưới đất

Ở Việt Nam, vấn đề đánh giá mức tổn thương các TCN cũng đã được đề cập đến từ cuối những năm 80 của thế kỷ trước. Nguyễn Kim Cương (1988) đã đề cập đến vấn đề này trong bài báo Bảo vệ tài nguyên NDD được đăng trong tạp chí Địa chất, mãi đến năm 1995, Phạm Quý Nhân và nkk đã sử dụng phương pháp DRASTIC đánh giá mức độ tự bảo vệ của các TCN đồng bằng Bắc Bộ. Tuy nhiên, việc xem xét đặc tính thủy lực của các TCN chưa được đề cập đến trong công trình này. Tiếp theo đó trong đề tài: “*Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong quản lý NDD ở Việt Nam*”, 2006 Phạm Quý Nhân và nkk [48] đã sử dụng GIS để bổ sung cho phần đánh giá này một cách chính xác và chi tiết hơn, Vũ Ngọc Trân, 2002 đã ứng dụng phương pháp DRASTIC để xây dựng bản đồ mức độ nhạy cảm ô nhiễm cho các vùng Tây Nguyên. Tuy nhiên việc ứng dụng phương pháp này cho các TCN nứt nẻ vẫn còn nhiều bàn cãi. Đến những năm gần đây Vũ Thị Minh Nguyệt (2006) đã xác định mức độ tự bảo vệ TCN cho TCN karst vùng Hà Giang. Phương pháp của tác giả đưa ra dựa trên cơ sở của phương pháp EPIK, Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, các thông số đưa vào tính toán còn nhiều hạn chế. Gần đây nhất, Phạm Quý Nhân và nkk. 2013, 2019 [49] đã đề xuất ứng dụng các phương pháp để tính toán cho các TCN đặc trưng ở Việt Nam.

Một số công trình nghiên cứu đã áp dụng các phương pháp đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM đã được nghiên cứu và áp dụng trên thế giới để áp dụng đánh giá cho một vùng ven biển Việt Nam. Phạm Quý Nhân và nkk [50] lần đầu tiên áp dụng đã đưa ra kết quả đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM tới các TCN ven biển. Đây sẽ là tiền đề cho các nghiên cứu đánh giá mức độ tổn thương do XNM cho các TCN ven biển sau này.

Bùi Trần Vượng 2015, đã dựa trên các kịch bản BĐKH và NBD đánh giá các

tác động đến TNNĐĐ vùng Đồng bằng sông Cửu Long đặc biệt là vấn đề XNM [51].

Đề tài nghiên cứu “*Hiện trạng và khả năng dễ bị tổn thương do nhiễm mặn trong bối cảnh biến đổi khí hậu ở thành phố Đà Nẵng*” của Nguyễn Ngọc Trúc [52]. Tác giả đã sử dụng phương pháp của IPCC-UNESCO IHE, để làm rõ khả năng dễ bị tổn thương do nhiễm mặn đến cấp độ phường, xã trên địa bàn thành phố Đà Nẵng. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng dễ bị tổn thương do nhiễm mặn ở Đà Nẵng cao nhất thuộc về hai xã Hòa Quý và Hòa Xuân; 11 phường, xã được xếp vào nhóm có tính dễ bị tổn thương cao; 21 phường, xã có tính dễ bị tổn thương trung bình; 22 phường, xã được xếp vào nhóm tổn thương thấp.

Trong dự án “*Phát triển và thực hiện các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu khu vực ven biển Việt Nam*” của trung tâm Cảnh báo và dự báo tài nguyên nước kết hợp với Cục địa chất Phần Lan (GTK). Các tác giả đã sử dụng các phương pháp AVI và GALDIT để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM của nước biển do BĐKH và NBD đối với các TCN ven biển Hậu Lộc, Thanh Hóa. Kết quả đã chỉ ra nguy cơ XNM cho các TCN [53].

Tiểu kết chương 1:

Đã có nhiều công trình nghiên cứu XNM, và đặc biệt là đánh giá mức độ tổn thương do XNM cho các TCN ven biển, các giải pháp giảm thiểu tác động do XNM gây ra trên thế giới và trong nước. Mặc dù vậy, lựa chọn cách tiếp cận phù hợp và xác định trọng số các yếu tố ảnh hưởng đến XNM còn chưa được xem xét khi đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM cho các TCN ven biển ở Việt Nam. Bên cạnh đó, sự tác động của BĐKH và NBD và phát triển KTXH có những thay đổi khó lường đã và đang gây ra những thay đổi về tiềm năng và trữ lượng NĐĐ do sự biến động về sự phân bố ranh giới mặn nhạt của các TCN. Các giải pháp giảm thiểu tác động do XNM trên cơ sở kết quả đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM cho các TCN ven biển và điều kiện ĐCTV vùng nghiên cứu cũng chưa được xem xét.

Trên cơ sở nghiên cứu các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương các TCN cũng như các nghiên cứu về tổn thương do XNM trong bối cảnh BĐKH và NBD đến nước dưới đất, từ đó đề xuất phương pháp phù hợp để đánh giá tính dễ bị tổn thương các TCN trầm tích Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận như sau:

- Nhóm các phương pháp: DRASTIC và SINTACS, căn cứ vào ưu nhược điểm của từng phương pháp thì đây là các phương pháp được sử dụng phổ biến để đánh

giá tính dễ bị tổn thương do ô nhiễm nước ngầm sử dụng trong bất kỳ loại TCN nào (TCN lỗ hổng, khe nứt, karst). Tuy nhiên, các phương pháp này không nghiên cứu các TCN khe nứt cũng như vấn đề tổn thương của các TCN ven biển liên quan đến yếu tố XNM nên không thể áp dụng các phương pháp này vào đánh giá tính tổn thương do xâm nhập mặn các tầng chứa nước ven biển miền Trung.

- Nhóm các phương pháp: EPIK, PI và COP, căn cứ vào ưu nhược điểm của từng phương pháp thì đây cũng là nhóm phương pháp được sử dụng phổ biến để đánh giá tính dễ bị tổn thương cho các tầng chứa nước karst. Các phương pháp này không phù hợp để đánh giá tính dễ bị tổn thương của các TCN ven biển do yếu tố XNM.

- Đối với phương pháp CVI: Đây là phương pháp dùng để đánh giá tính dễ bị tổn thương đới đường bờ biển dựa trên 3 yếu tố đặc điểm địa chất và 3 yếu tố vật lý. Do đó, phương pháp CVI không đi vào xem xét đánh giá tính dễ bị tổn thương nước dưới đất do XNM.

- Đánh giá xâm nhập mặn các tầng chứa nước theo các phương pháp giải tích rất tin cậy và có tính định lượng cao, tuy nhiên các phương pháp như vậy chỉ có thể áp dụng cho vùng có mức độ nghiên cứu chi tiết, các thông số nghiên cứu đầy đủ.

Như vậy, trong các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương các TCN đã trình bày ở trên thì phương pháp phù hợp nhất để đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM các TCN Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận là phương pháp GALDIT với các trọng số liên quan nhiều nhất đến yếu tố xâm nhập mặn của nước biển vào các TCN ven biển. Vì vậy, phương pháp GALDIT sẽ được tác giả lựa chọn sử dụng để đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM của các TCN Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận trong luận án này.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP, DỮ LIỆU NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng

2.1.1. Phương pháp tổng hợp và phân tích số liệu

Trên cơ sở các tài liệu hiện có tiến hành xử lý, phân tích số liệu để có được phương pháp luận, kế thừa để tiếp tục phát triển, xác định được những công việc hoạt động, nghiên cứu của luận án.

Tổng hợp các thông tin, dữ liệu đã điều tra, nghiên cứu từ trước tới nay tại khu vực thực hiện và ưu tiên sử dụng các kết quả mới nhất.

2.1.2. Phương pháp thống kê

Đây là một công cụ hữu hiệu để nhận định các quy luật tự nhiên hình thành chế độ khí hậu chu trình thủy văn, quy luật mưa, nước mặt, NĐĐ. Các phương pháp trong địa chất thủy văn cũng thể hiện rất rõ kết quả thống kê hình thành các quy luật. Phương pháp thống kê có độ chính xác cao phản ánh quy luật cho một điểm.

2.1.3. Phương pháp điều tra, khảo sát thực địa

Công tác điều tra, khảo sát thực địa bổ sung nhằm cập nhật được hiện trạng phân bố chiều dày TCN, chất lượng nước (đánh giá nguồn gốc NĐĐ, nguồn bổ cập NĐĐ, quan hệ giữa nước mưa, nước mặt, và NĐĐ), xác định định hệ số thấm đới thông khí, xác định tính thấm ở đáy sông và khả năng tương tác giữa nước mặt và nước dưới đất, và hiện trạng phân bố ranh giới mặn nhạt của TCN vùng nghiên cứu.

Tác giả đã trực tiếp tham gia điều tra, khảo sát thực địa cùng với các thành viên của đề tài KH-CN cấp quốc gia mã số BĐKH.16/16-20 với các nội dung sau:

- Điều tra hiện trạng khai thác và các nguồn nguy cơ gây ô nhiễm nước dưới đất.
- Đo địa vật lý;
- Đồ nước thí nghiệm hố đào;
- Thí nghiệm Seepage;
- Lấy và phân tích mẫu nước.

Các phương pháp và kỹ thuật nêu trên được thực hiện đều tuân thủ theo các hướng dẫn kỹ thuật do Bộ Tài nguyên và Môi trường và ban hành.

2.1.4. Phương pháp xác định tài nguyên dự báo

Công tác xác định tài nguyên dự báo NĐĐ nhằm mục đích: đánh giá tiềm năng nước dưới đất các TCN trầm tích Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận. Kết quả của công tác này là cơ sở khoa học quan trọng để chứng minh cho luận điểm số 1 của luận án.

Tài nguyên dự báo NĐĐ của một lãnh thổ nghiên cứu (một vùng thăm dò, một

cấu trúc địa chất ĐCTV, một lưu vực sông,...) được cấu thành từ hai nguồn chính là nguồn tài nguyên tích chứa (gồm phần tĩnh trọng lực, tĩnh đàn hồi) và nguồn bổ cập.

Tài nguyên dự báo NĐĐ thể hiện bằng khối lượng (m^3 , km^3) nước tích trữ trong đất đá, hoặc là bằng tổng lượng nước có thể nhận được bằng các công trình khai thác quy ước trong khoảng thời gian dự báo xác định ($km^3/năm$, $m^3/ngày$ có thể được xác định bằng biểu thức sau:

$$Q_{tn} = \frac{V_t}{t} + Q_{bc} \quad (2.1)$$

Ở đây:

Q_{tn} - tài nguyên nước dưới đất dự báo (m^3/ng);

V_t - khối lượng nước tích chứa trong các TCN (m^3);

Q_{bc} - tổng lượng bổ cập từ nhiều nguồn khác nhau (ngấm do nước mưa, nước mặt, bổ cập từ dòng ngầm từ nơi khác đến) (m^3/ng);

t - thời gian tính toán khai thác dự báo (ngày).

* Tổng lượng nước tích chứa trong các TCN

Trên các diện tích phân bố, hệ số thấm (K), hệ số nhả nước (μ), chiều dày TCN (h),... đều không đồng nhất, cho nên xác định các thông số này theo thông số trung bình theo từng vùng để tính toán.

Tổng lượng nước tĩnh tích chứa trong các TCN được xác định theo công thức:

$$V_t = \sum_{i=1}^n \mu_i \times h_i \times F_i; \quad (2.2)$$

Trong đó:

i - ký hiệu vùng chia ra để tính toán;

μ_i - hệ số nhả nước trọng lực (hệ số chứa);

h_i - chiều dày trung bình TCN trong vùng;

F_i - diện tích TCN trong vùng.

* Tổng lượng bổ cập

Lượng bổ cập (trữ lượng động) NĐĐ được tính theo nhiều phương pháp trong đó xác định mô đun dòng ngầm M_{dn} được tính từ kết quả quan trắc thủy văn các tháng mùa kiệt trong vùng nghiên cứu như sau:

$$Q_{bc} = M_{dn} \cdot F \cdot 86,4 \quad (2.3)$$

M_{dn} - là mô đun dòng ngầm ($l/s.km^2$) chảy qua phần diện tích tầng chứa F (km^2). Lưu lượng dòng ngầm đối với đá nứt nẻ được xác định theo theo số liệu trung bình đo thủy văn 3 tháng mùa kiệt, với tần suất 95%.

Đối với đất đá bờ rời (chủ yếu cho vùng đồng bằng ven biển) M_{dn} có thể được tính theo phương pháp Bindeman. Phương pháp này dựa vào tài liệu quan trắc ở các

TCN không áp nhận được sự bổ cập trực tiếp từ nước mưa, như sau:

$$W = \mu \frac{\Sigma(\Delta H + \Delta Z)}{t} \quad (\text{m/ng}) \quad (2.4)$$

$$M_{\text{dn}} = 0,0317 \cdot y \quad (\text{l/skm}^2) \quad (2.5)$$

$$y = 1000 \cdot \mu \cdot \Sigma (\Delta H + \Delta Z) \quad (\text{mm}) \quad (2.6)$$

Trong đó:

W- đại lượng cung cấp (m/ng);

ΔH - đại lượng dâng cao mực nước trong thời gian t (m);

ΔZ - đại lượng ngoại suy theo tốc độ hạ thấp mực nước của thời kỳ trước kề liền (m);

t- thời gian quan trắc (ngày);

M_{dn} - mô đun dòng chảy NĐĐ (l/s.km²);

y- chiều dày lớp dòng ngầm (mm);

μ - hệ số nhả nước trọng lực của đất đá.

2.1.5 Phương pháp tính trữ lượng có thể khai thác

Xác định trữ lượng có thể khai thác nhằm mục đích xác định được trữ lượng có thể khai thác hay trữ lượng khai thác an toàn của các TCN trong vùng nghiên cứu, từ đó giúp định hướng cho công tác quản lý và sử dụng tài nguyên NĐĐ một cách hiệu quả và bền vững.

Trữ lượng có thể khai thác hay trữ lượng khai thác an toàn (Safe Yield hoặc Sustainable Groundwater Resource) là lượng nước có thể nhận được từ TCN ổn định trong thời gian dài mà không gây tác động xấu đến môi trường, nghĩa là không gây sụt lún đất, không gây XNM hoặc không gây ô nhiễm nguồn nước dẫn đến không sử dụng được.

Qua tham khảo kết quả báo cáo dự án “Biên hội - Thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỉ lệ 1:200.000 cho các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận”, cũng như kết quả nghiên cứu của thẻ tài KHCN cấp nhà nước “Nghiên cứu đề xuất các tiêu chí và phân vùng khai thác bền vững, bảo vệ tài nguyên nước dưới đất vùng đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng Nam Bộ” mã số KC.08.06/11-15 do PGS.TS. Đoàn Văn Cảnh làm chủ nhiệm (đã được nghiệm thu năm 2015), tác giả xác định trữ lượng khai thác an toàn được lấy bằng 30% tổng lượng tích chứa và lượng bổ cập, tức là 30% tổng tài nguyên dự báo nước dưới đất của vùng nghiên cứu.

2.1.6. Phương pháp mô hình

Mục đích của việc xây dựng mô hình số nước dưới đất cho vùng nghiên cứu

nhằm kiểm định lại mức độ tin cậy của phương pháp đánh giá mức độ tổn thương do XNM đã tiến hành ở trên để từ đó đề xuất các giải pháp nhằm thiểu tác động của XNM nước dưới đất vùng nghiên cứu.

Có 02 mô hình được tiến hành xây dựng cho vùng nghiên cứu đó là mô hình dòng chảy và mô hình dịch chuyển mặn nhạt nước dưới đất nhằm đánh giá mức độ tin cậy của kết quả đánh giá mức độ tổn thương vùng nghiên cứu và đề xuất giải pháp giảm thiểu XNM nước dưới đất.

2.1.6.1. Mô hình dòng chảy nước dưới đất

Phần mềm được sử dụng xây dựng mô hình dòng chảy NĐĐ phần mềm GMS version 10 chạy trên hệ điều hành WINDOWS do công ty phần mềm AquaVEO, Mỹ phát triển trên cơ sở phần mềm mã nguồn mở MODFLOW do Cục địa chất Hoa Kỳ phát triển (Harbaugh and McDonald, 1983).

Như đã biết, toàn bộ sự biến thiên cao độ mực nước NĐĐ trong môi trường lỗ rỗng được mô tả bằng một phương trình tổng quát đạo hàm riêng duy nhất sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2.7)$$

Ở đây:

K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} là các hệ số thấm theo phương x , y và z là chiều thẳng đứng;
 h là cốt cao mực nước tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t ;

W là mô đun dòng chảy ngầm, hay là các giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của NĐĐ tính tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t ;

S_s là hệ số nhả nước của môi trường lỗ rỗng;

$S_s = S_s(x, y, z)$, $K_{xx} = K_{xx}(x, y, z)$, $K_{yy} = K_{yy}(x, y, z)$, $K_{zz} = K_{zz}(x, y, z)$:
 các hàm phụ thuộc vào vị trí không gian x, y, z .

Phương trình (2.7) mô tả động thái mực nước trong điều kiện môi trường bất đồng nhất và bất đẳng hướng. Phương trình này cùng với cấu trúc ĐCTV, các điều kiện ban đầu và điều kiện biên của các TCN tạo thành một mô hình toán học về dòng chảy NĐĐ.

Để giải phương trình trên phải tìm hàm số $h(x, y, z, t)$, thoả mãn phương trình (2.7) và thoả mãn các điều kiện biên. Sự biến động của giá trị h theo thời gian sẽ xác định bản chất của dòng chảy, từ đó có thể tính được trữ lượng động của TCN cũng như tính toán các hướng của dòng chảy.

Trên thực tế, có 2 phương pháp giải được áp dụng là phương pháp giải tích và

phương pháp gần đúng (phương pháp số). Đối với phương pháp giải tích có ưu điểm là lời giải đơn giản, nhanh, chính xác. Nhưng nhược điểm là chỉ có thể giải được trong các điều kiện biên giới đơn giản và giới hạn, các TCN được coi là đồng nhất, đẳng hướng. Trong khi đó, giải bằng phương pháp số cho phép áp dụng trong điều kiện biên giới phức tạp, với cấu trúc các TCN đa dạng, bất đồng nhất và bất đẳng hướng. Nhưng nhược điểm của nó lại là chậm hơn, phức tạp hơn và kết quả chỉ gần đúng. Một trong các phương pháp giải gần đúng ở đây được áp dụng cho bài toán này trong MODFLOW là phương pháp sai phân hữu hạn. Phương pháp này sẽ rời rạc hóa môi trường TCN thành các ô lưới tính toán và các giá trị tính toán được gán cho trung tâm của ô lưới này.

Điều kiện biên mô hình số dòng chảy Visual MODFLOW

Có 3 loại điều kiện biên chính được sử dụng như sau:

- Điều kiện biên loại I là điều kiện biên mực nước được xác định trước (còn gọi là điều kiện biên Dirichlet). Đó là ô lưới mà mực nước được xác định trước và giá trị này không đổi trong suốt bước thời gian tính toán.

- Điều kiện biên loại II là điều kiện biên dòng chảy được xác định trước (còn gọi là điều kiện biên Neumann). Đó là các ô lưới mà lưu lượng dòng chảy qua biên được xác định trước trong suốt bước thời gian tính toán. Trường hợp biên không dòng chảy (no - flow boundary) là một trường hợp đặc biệt của loại này.

- Điều kiện biên loại III là điều kiện biên lưu lượng trên biên phụ thuộc vào mực nước (còn gọi là điều kiện biên Cauchy hoặc biên hỗn hợp).

2.1.6.2. Mô hình dịch chuyển ranh giới mặn nhạt nước dưới đất

Để dự báo xâm nhập mặn, một trong các phương pháp giải gần đúng được áp dụng rộng rãi là phương pháp sai phân hữu hạn được mô phỏng trên phần mềm SEAWAT (Guo and Langevin, 2002) cho phép mô phỏng dòng ngầm và vận chuyển vật chất hòa tan có mật độ thay đổi trong không gian 3 chiều có tính đến sự thay đổi mật độ chất lỏng trong môi trường lỗ rỗng.

Phương trình vi phân mô tả các quá trình dịch chuyển của dòng thấm với mật độ thay đổi như sau:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left[\rho K_{fx} \left(\frac{\partial h_f}{\partial x} + \frac{\rho - \rho_f}{\rho_f} \frac{\partial Z}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\rho K_{fy} \left(\frac{\partial h_f}{\partial y} + \frac{\rho - \rho_f}{\rho_f} \frac{\partial Z}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\rho K_{fz} \left(\frac{\partial h_f}{\partial z} + \frac{\rho - \rho_f}{\rho_f} \frac{\partial Z}{\partial z} \right) \right] \\ & = \rho S_f \frac{\partial h_f}{\partial t} + \theta \frac{\partial \rho}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} - \rho_s q_s \end{aligned}$$

Trong đó:

h_f là độ cao mực áp lực của nước nhạt.

K_{fx}, K_{fy}, K_{fz} là hệ số thấm theo phương ba trục x, y, z. (2.8)

ρ là mật độ của nước tự nhiên trong TCN.

ρ_f là mật độ của nước nhạt.

S_f là hệ số nhả nước tương đương với cột áp lực của nước nhạt

C là nồng độ chất hòa tan.

θ là độ lỗ rỗng hữu hiệu.

t là thời gian.

ρ_s là mật độ của nước từ nguồn vào hoặc đi ra.

q_s là thể tích lưu lượng dòng từ nguồn cấp đi vào hoặc đi ra trên một đơn vị thể tích của TCN.

Phần mềm SEAWAT được xây dựng trên sự kết hợp của 2 phần mềm chính đó là MODFLOW và MT3DMS [54] (module phần mềm MODFLOW dự báo dịch chuyển ranh giới mặn nhạt nhưng chưa xác định sự thay đổi của mật độ dòng thấm) đồng thời bổ sung thêm modul kết nối giữa chúng. Modul kết nối này có nhiệm vụ tính toán sự biến đổi của mật độ và cập nhật kết quả vào 2 chương trình chính. Đồng thời nó còn có nhiệm vụ làm chính xác hóa các kết quả đầu ra của 2 chương trình chính. Vòng lặp này được lặp đến khi nào các kết quả là bằng nhau thì SEAWAT sẽ tiếp tục tính đối với bước thời gian tiếp theo.

Cách giải đối với phương trình (2.8) tương tự cách giải đối với MODFLOW, tuy nhiên có bổ sung thêm các biên giới về nồng độ của muối trong nước dưới đất.

Với sự di chuyển của nước dưới đất sẽ kéo theo sự phân bố lại nồng độ các chất hòa tan và sự phân bố lại này sẽ là thay đổi miền mật độ từ đó tác động lên dòng ngầm. Do đó vấn đề dòng ngầm và vận chuyển vật chất hòa tan trong tầng chứa nước là hai quá trình gắn với nhau, chính vì thế hai công thức phải được giải cùng với nhau. Công thức tổng quát về vận chuyển vật chất hòa tan được viết như sau:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \nabla \times (D \times \nabla C) - \nabla \times (\vec{v} C) - \frac{q_s}{\theta} C_s + \sum_{k=1}^N R_k \quad (2.9)$$

Trong đó:

D là hệ số phân tán thủy động lực, với $D = D_m + D^*$, mà D^* là hệ số khuếch tán phân tử và D_m là hệ số phân tán cơ học liên quan tới vận tốc tuyến tính chất lỏng \vec{v}

với $D_m = (\alpha_L, \alpha_T) \times \vec{v}$ (Bear, 1979) với α_L và α_T là phân tán chiều dọc và ngang.

C_s là nồng độ chất hòa tan của nước được đưa vào từ nguồn.

R_k ($k=1, \dots, N$) là tỉ lệ của sản phẩm hòa tan hay phân rã trong phản ứng k của N phản ứng khác nhau, đối với nghiên cứu nồng độ nước mặn thì được chọn bằng không.

Công thức chuyển đổi giữa mật độ và nồng độ: Trong điều kiện đẳng nhiệt, mật độ nước chủ yếu chịu ảnh hưởng của nồng độ và áp suất nước lỗ rỗng. Phương trình thực nghiệm giữa mật độ nước mặn và nồng độ có thể được viết như sau:

$$\rho = \rho_f + \frac{\partial \rho}{\partial C} \times C \quad (2.10)$$

Trong đó $\frac{\partial \rho}{\partial C}$ xấp xỉ 0,7143 được xác định bằng thực nghiệm là độ dốc của quan hệ tuyến tính giữa mật độ và nồng độ muối. Công thức (2.10) thiết lập mối quan hệ giữa công thức nồng độ (2.9) và công thức dòng chảy (2.8).

Trong thực tế, không cần thiết phải viết phương trình dạng (2.8) cho tất cả các ô lưới khi mà những ô lưới nào đó có thể thiết lập các điều kiện biên trên đó. Có 3 loại điều kiện biên chính như sau:

1. Điều kiện biên loại I (Dirichlet) là điều kiện biên mà áp lực và nồng độ không đổi trên đó được xác định trước và không đổi.

2. Điều kiện biên loại II (Neuman) là điều kiện biên lưu lượng và nồng độ được xác định trước. Trong trường hợp không có dòng chảy thì lưu lượng và nồng độ được xác định bằng không.

3. Điều kiện biên loại III (Cauchy) là điều kiện lưu lượng và nồng độ trên biên phụ thuộc vào sự thay đổi của áp lực.

Kết quả giải mô hình số nước dưới đất và dịch chuyển biên mặn cần phải được đánh giá cả về chất lượng lẫn định lượng. Cho đến hiện nay vẫn chưa có một tiêu chuẩn cụ thể nào được đưa ra [55]. Việc so sánh sai số mực nước giữa mô hình và quan trắc là yếu tố quan trọng, tuy nhiên không phải lúc nào cũng có thể thực hiện được. Mục đích cuối cùng của bài toán chính lý là cực tiểu hóa giá trị sai số. Có 3 loại sai số để đánh giá sự sai khác mực nước giữa quan trắc và mô hình là:

Sai số trung bình (ME) là sai số trung bình giữa mực nước quan trắc (h_{obs}) và mực nước tính toán trên mô hình (h_{cal}):

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_{cal_i} - h_{obs_i}) \quad (2.11)$$

Trong đó: n là số điểm chỉnh lý;

Kết quả này ít có giá trị tham khảo và không được sử dụng rộng rãi để đánh giá sai số bởi vì đôi khi giá trị sai khác mang dấu âm và dương sẽ loại trừ nhau và cuối cùng vẫn có thể đạt trị số ME cực tiểu.

Sai số tuyệt đối trung bình (MAE) là giá trị trung bình tuyệt đối giữa hiệu số mực nước quan trắc và mực nước mô hình:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |h_{cal_i} - h_{obs_i}| \quad (2.12)$$

Sai số trung bình quân phương (RMS) hay là độ lệch chuẩn được tính theo công thức:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_{cal_i} - h_{obs_i})^2} \quad (2.13)$$

Sai số MAE và RMS là chỉ tiêu tốt để đánh giá chất lượng của mô hình.

a). Các số liệu đầu vào và thông số tính toán của mô hình dịch chuyển chất hòa tan có tính đến khối lượng riêng SEAWAT

** Lưới sai phân áp dụng cho mô hình dịch chuyển*

Lưới sai phân sử dụng cho mô hình dịch chuyển vật chất hòa tan nói chung có thể không hoàn toàn tương đồng với lưới sai phân sử dụng trong mô hình dòng ngầm. Do vật chất hòa tan di chuyển thông thường chậm hơn rất nhiều so với vận tốc nước dịch chuyển (bằng 1/10 hoặc 1/100) nên việc làm dày lưới sai phân để mô phỏng nhiều hơn các vị trí biến đổi của hàm lượng chất hòa tan là cần thiết.

Tuy nhiên, khi làm dày bước lưới sai phân thì cần phải chú ý do các lời giải số học cho các công thức dịch chuyển vật chất hòa tan có thể gây ra các sai số số học [56, 57, 58].

Khi thiết kế lưới thì cũng cần phải chú ý tỷ số giữa chiều dài và chiều rộng của ô lưới tính toán. Tỷ số này tuy không nhất thiết phải bằng 1 nhưng nên được giữ sấp xỉ bằng 1 nếu không sự bất ổn định số học trong quá trình tính toán có thể xuất hiện. Điều này đặc biệt là đối với tỷ số lớn hơn 5 [56, 49].

Kích thước lưới sai phân sử dụng cho mô hình dịch chuyển vật chất hòa tan còn có nhiều hạn chế hơn so với mô hình dòng ngầm do lời giải số học phức tạp và khó hơn [56]. Để đánh giá sai số số học gây ra bởi kích thước ô lưới đó thì số Peclet cục bộ (Pe) [56] được sử dụng. Số Peclet còn đặc trưng cho mức độ chiếm ưu thế của

phân tán thủy động lực trong hệ thống. Huyakorn và Pinder (1983) [57] và Segol (1994) [59] đề nghị rằng giá trị Peclet này nên ≤ 2 , và Anderson và Woessner (2015) [60] đề nghị < 4 . Tuy nhiên, kết quả tính toán đôi khi được chấp nhận được với Pe lên đến 10 [57].

$$P_e = \frac{vL}{D} \quad (2.14)$$

Trong đó:

v là vận tốc tuyến tính trung bình [LT^{-1}]

L là chiều dài, thông thường sẽ lấy chiều dài của ô lưới tính toán [L]

D là hệ số phân tán thấm [L^2T^{-1}]

Đối với hệ thống dòng 1 chiều, hệ số D được tính toán $D_L = \alpha_L \times v$, trong đó α_L là hệ số phân tán dọc trục. Do đó số Peclet có thể được viết lại:

$$P_e = \frac{L}{\alpha_L} \quad (2.15)$$

* *Các dữ liệu về điều kiện Địa chất thủy văn khu vực nghiên cứu:*

- Các bản đồ phân bố các tầng chứa nước.
- Các tài liệu cột địa tầng lỗ khoan, thí nghiệm thấm trong các lỗ khoan khảo sát trong các giai đoạn trước đây.
- Các tài liệu khai thác, sử dụng nước dưới đất.
- Các tài liệu về hàm lượng muối (TDS) trong nước các lỗ khoan khảo sát.
- Các tài liệu về quan trắc mực nước sông, nước biển trong khu vực nghiên cứu.
- Các tài liệu về hàm lượng muối trong nước sông, nước biển trong khu vực nghiên cứu.

* *Hàm lượng ban đầu*

SEAWAT cho phép thể hiện các dạng mô hình dịch chuyển chất hòa tan từ các nguồn trong phạm vi mô hình dòng chảy và không mô phỏng sự dịch chuyển chất bản từ các ô đã được thiết lập là không hoạt động (inactive). Hàm lượng ban đầu được gán cho từng ô lưới tính toán. Đây là các giá trị khởi đầu cho việc tính toán dịch chuyển trong mô hình. Giá trị này còn được sử dụng để tính toán khối lượng chất tan trong các ô này. Các giá trị hàm lượng ban đầu là cần thiết để nhận được kết quả cho phương trình tổng quát và là bước khởi đầu cho các quá trình tính toán tiếp theo.

* *Điều kiện biên*

Điều kiện biên trong SEAWAT cho phép thiết lập và thay đổi các điều kiện

biên dịch chuyển, có những loại điều kiện biên của SEAWAT như sau:

- Hàm lượng không đổi: Với dạng đầu vào của điều kiện biên dịch chuyển, hàm lượng được xác định dọc theo đường biên và sẽ không biến đổi trong suốt quá trình mô phỏng. Đường biên hàm lượng không đổi đóng vai trò như một hàm lượng chất bản cung cấp khối lượng chất hòa tan cho phạm vi hoạt động, hoặc như một vùng thoát thu chất bản ra khỏi phạm vi hoạt động của mô hình.

- Hàm lượng từ nguồn cung cấp thấm: Giá trị hàm lượng từ nguồn cung cấp thấm trong nước mưa hoặc nước mặt cung cấp vào tầng chứa nước.

- Hàm lượng do bốc hơi: Hàm lượng chất hòa tan do quá trình bốc hơi gây ra.

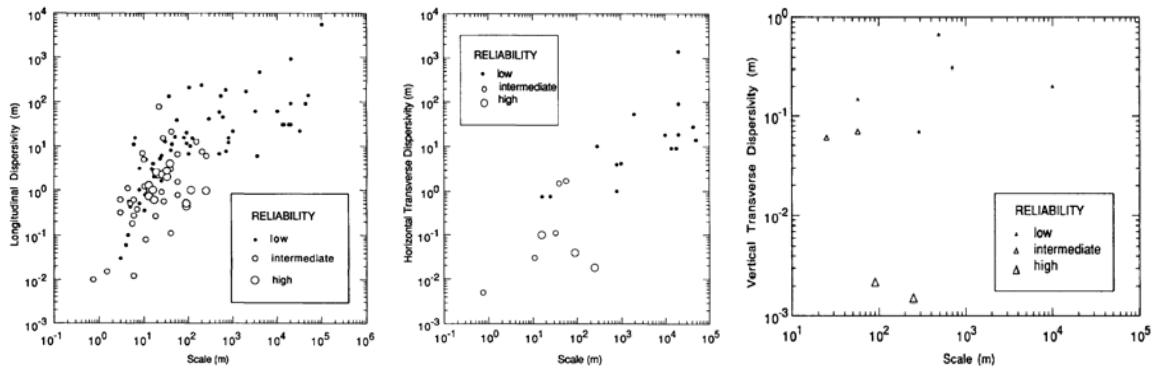
- Nguồn điểm: Hàm lượng của điều kiện biên nguồn điểm được ấn định cho các đường biên dòng chảy hiện có như điều kiện biên áp lực không đổi và biên sông.

** Hệ số phân tán thấm*

Độ phân tán theo chiều dọc phụ thuộc vào đặc tính của mỗi loại thành phần thạch học (có liên quan tới đường đi ngoằn ngoèo giữa các lỗ hổng với nhau) có xu hướng dịch chuyển lượng chất bản dọc theo đường vận động của dải nước di chuyển. SEAWAT cũng yêu cầu cả hệ số phân tán thấm theo chiều ngang (độ rộng của dải nước di chuyển) và hệ số phân tán thấm theo chiều thẳng đứng (độ dày của dải nước di chuyển) được ấn định là các tỷ lệ của hệ số phân tán thấm theo chiều dọc. Cũng cần nhập các giá trị hệ số khuếch tán phân tử vào tùy chọn thực đơn này. SEAWAT sẽ tính toán hệ số phân tán thủy động học như sản phẩm của hệ số phân tán thấm và vận tốc (hệ số phân tán thấm cơ học) cộng với hệ số khuếch tán phân tử.

Nhiều nghiên cứu nhằm xác định hệ số phân tán thấm này [61, 62, 63, 64, 65]. Gelhar & nnk. (1992) [62] đã trình bày trong đó có cả các đo đạc trên thực địa với quy mô toàn cầu và đã đưa ra mức độ tin cậy của hệ số này. Hệ số phân tán thấm là một thông số phụ thuộc vào quy mô nghiên cứu. Căn cứ vào một số giá trị tin cậy như trong Hình 2.1. Hệ số phân tán dọc trục (longitudinal dispersivities) nhỏ hơn vào khoảng 1/10 khoảng cách mà các thí nghiệm thấm được thực hiện. Đối với hệ số phân tán chiều ngang và chiều đứng thì có giá trị vào khoảng 1/100 hoặc 1/1,000 đến 1/10,000 so với khoảng cách các thí nghiệm thấm được thực hiện. Bảng 2.1 tổng hợp các tương quan tương đối có thể được sử dụng để xác định hệ số phân tán dựa vào các phân tích thực hiện bởi Gelhar & nnk. (1992). Trong các hệ thống TCN có địa tầng nằm ngang tương đối bình ỗ thì dòng ngầm chủ yếu vận động theo phương song

song với mặt lớp, khi đó hệ số phân tán dọc và ngang có thể tương đương với hệ số phân tán hữu hiệu [66].



Hình 2.1. Tương quan hệ số phân tán với quy mô nghiên cứu

Bảng 2.1. Ước tính giá trị phân tán dọc theo quy mô nghiên cứu

Quy mô nghiên cứu	Quy mô hệ thống = L	Giá trị ước tính α_L (m)
Cấp phòng thí nghiệm (nhỏ nhất)	1 - 10m	$(0.1L)^2$
Cấp thực địa (Trung bình)	10 - 100m	0.1L
Cấp vùng (lớn nhất)	>100m	L1/2

b) Số liệu đầu ra của mô hình.

Kết quả mô hình số dịch chuyển vật chất hòa tan trong NĐĐ chỉ ra hàm lượng vật chất ở các ô tính toán khác nhau trên các thời điểm khác nhau. Kết quả được thể hiện trên file số liệu dưới dạng bảng và trên bản đồ đường đẳng hàm lượng. Kết quả mô hình cũng chỉ ra cân bằng hàm lượng và các đồ thị biến đổi hàm lượng theo thời gian tại các điểm quan trắc.

2.1.7. Phương pháp đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ ven biển

Đánh giá mức độ tổn thương do XNM các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ ven biển nhằm mục đích xác định hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM các TCN. Kết quả của công tác này chính là là cơ sở khoa học để chứng minh cho luận điểm số 2 của luận án.

Căn cứ theo ưu, nhược điểm của từng phương pháp, so sánh với đặc điểm ĐCTV và dữ liệu hiện có tại vùng nghiên cứu, tác giả lựa chọn đánh giá mức độ tổn thương do XNM đến các TCN khu vực theo hướng dẫn của GALDIT.

Phương pháp GALDIT [8] được cấu tạo từ những chữ cái đầu tiên của nhóm các nhân tố có liên quan đến kiểm soát quá trình xâm nhập mặn được giả định bởi

Lobo-Ferreira (2005), với các thành phần:

- + G - (Groundwater Occurrence or Aquifer Type): Kiểu TCN;
- + A - (Aquifer Hydraulic Conductivity): Hệ số thấm của TCN;
- + L - (Height of Groundwater Level above Sea Level): Cốt cao mực NDD;
- + D - (Distance from the Shore): Khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí

nghiên cứu, trong trường hợp ranh giới mặn nhạt của các TCN được xác định rõ ràng thì D chính là khoảng cách từ ranh giới mặn nhạt đó tới điểm nghiên cứu.

+ I - (Impact of existing status of Sea Water Intrusion): Hiện trạng ảnh hưởng của XNM;

- + T - (Thickness of Aquifer): Chiều dày TCN;

Chỉ số tổng hợp GALDIT là tổng số điểm của các chỉ số thành phần tính được bằng cách nhân các giá trị của đánh giá mức độ quan trọng với trọng số của các chỉ số tương ứng. Giá trị của đánh giá mức độ quan trọng của biến nào càng cao tương ứng với mức độ dễ tổn thương của TCN với XNM của nước biển cao hơn.

Công thức tính chỉ số tổng hợp GALDIT:

$$GALDIT_{Index} = \frac{(W_1 \times G) + (W_2 \times A) + (W_3 \times L) + (W_4 \times D) + (W_5 \times I) + (W_6 \times T)}{\sum_{i=1}^6 W_i} \quad (2.16)$$

Trong đó:

W_1, W_2, \dots, W_6 : Lần lượt là trọng số của các nhân tố

G, A, L, D, I, T: Lần lượt là điểm số tương ứng cho từng nhân tố

Bảng 2.2. Thang điểm đánh giá theo kiểu tầng chứa nước G

Kiểu tầng chứa nước G	Điểm số
Cách nước	2,5
TCN thấm xuyên	5
TCN không áp	7,5
TCN có áp	10

Bảng 2.3. Thang điểm đánh giá theo hệ số thấm tầng chứa nước A

Hệ số thấm tầng chứa nước A	Điểm số
<5	2,5
5 - 10	5
10 - 40	7,5
> 40	10

Bảng 2.4. Thang điểm đánh giá theo cốt cao mực nước dưới đất L

Cốt cao mực nước dưới đất	Điểm số
> 2	2,5
1,5 - 2	5
1 - 1,5	7,5
< 1	10

Bảng 2.5. Thang điểm đánh giá khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu

Khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí phân bố tầng chứa nước D (m)	Điểm số
> 1000	2,5
750 - 1000	5
500 - 750	7,5
< 500	10

Bảng 2.6. Thang điểm đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của XNM

Tỷ số Cl/HCO_3^-	Điểm số
< 1	2,5
1 - 1,5	5
1,5 - 2	7,5
> 2	10

Bảng 2.7. Thang điểm đánh giá theo chiều dày tầng chứa nước T

Chiều dày tầng chứa nước T	Điểm số
< 5	2,5
5 - 7,5	5
7,5 - 10	7,5
> 10	10

Bảng 2.8. Thang điểm đánh giá mức độ tổn thương do XNM theo điểm số GALDIT

Điểm số GALDIT	Mức độ tổn thương
0 - 2,5	Vùng nguy cơ tổn thương thấp
2,5 - 5	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình
5 - 7,5	Vùng nguy cơ tổn thương cao
7,5 - 10	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao

2.1.8. Phương pháp chuyên gia và phương pháp phân tích thứ bậc (Analytical Hierichcal Process - AHP)

Phương pháp chuyên gia và phương pháp phân tích thứ bậc nhằm mục đích lấy

ý kiến chuyên gia có nhiều năm kinh nghiệm công tác hoạt động trong ngành tài nguyên nước, thông qua các phiếu điều tra để đánh giá mức độ quan trọng của từng yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn phục vụ việc đánh giá mức độ tổn dễ bị thương do XNM nước dưới đất theo phương pháp GALDIT.

Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM nước dưới đất theo phương pháp GALDIT được hiểu là xem xét đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến XNM có tính đến mức độ quan trọng của từng yếu tố đó. Tích hợp các yếu tố với các trọng số có mức độ quan trọng khác nhau sẽ cho phép xác định được mức độ tổn thương khác nhau của TCN (xem công thức 2.16). Mức độ quan trọng của từng yếu tố cần phải được xem xét cho từng vùng khác nhau dựa vào nhận định của các chuyên gia có trong lĩnh vực tài nguyên nước dưới đất.

Cũng như chỉ số, các trọng số được đưa ra sau khi đã được thảo luận, xem xét và cân nhắc bởi các chuyên gia, học giả, nhà nghiên cứu, ... chúng phải được xem như những hằng số không đổi trong điều kiện bình thường. Tuy nhiên trọng số của các thông số được lựa chọn thường có ý nghĩa chủ quan

Các trọng số W_1, W_2, \dots, W_6 được đánh giá theo mức độ ảnh hưởng của từng nhân tố đối với XNM và được xác định phù hợp với điều kiện ĐCTV của từng vùng. Để tính toán các trọng số và giá trị điểm đánh giá tương ứng cho từng nhân tố của GALDIT sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc (Analytical Hierichcal Process - AHP).

Bước 1: Xây dựng ma trận so sánh các nhân tố

Ma trận so sánh chỉ tiêu được xác lập dựa trên việc so sánh giữa các cặp nhân tố với nhau và tổng hợp lại thành một ma trận gồm n dòng và n cột (n là số chỉ tiêu). Phần tử a_{ij} thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu hàng i so với chỉ tiêu cột j .

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu i so với j được tính theo tỷ lệ k (k từ 1 đến 9), ngược lại của chỉ tiêu j so với i là $1/k$. Như vậy $a_{ij} > 0$, $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{ii} = 1$.

Đề tài đã xây dựng ma trận so sánh cho các nhân tố GALDIT dựa trên kết quả tham vấn ý kiến chuyên gia về việc so sánh cặp giữa các nhân tố, kết quả tổng hợp ý kiến về so sánh cặp giữa các nhân tố

Bước 2: Tính toán ma trận chuẩn

Ma trận so sánh cặp chuẩn, Anorm, được xây dựng bằng cách chia mỗi giá trị của ma trận so sánh cho tổng của từng cột tương ứng theo công thức (2.17). Từ ma trận chuẩn, trọng số của mỗi nhân tố sẽ được xác định theo công thức (2.18)

$$b_{jk} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^m a_{ij}} \quad (2.10); \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^m b_{jk}}{m} \quad (2.18)$$

Trong đó:

a_{ij} phần tử của ma trận so sánh A; b_{jk} phần tử của ma trận chuẩn Anorm

w_i là trọng số của nhân tố i^{th} parameter; m là số lượng thông số

Bước 3: Kiểm tra tính nhất quán

Để đánh giá tính hợp lý của các giá trị mức độ quan trọng của các chỉ tiêu, có thể sử dụng tỷ số nhất quán của dữ liệu (Consistency Ratio - CR). Tỷ số này so sánh mức độ nhất quán với tính khách quan (ngẫu nhiên) của dữ liệu:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CI: Chỉ số nhất quán (Consistency Index)

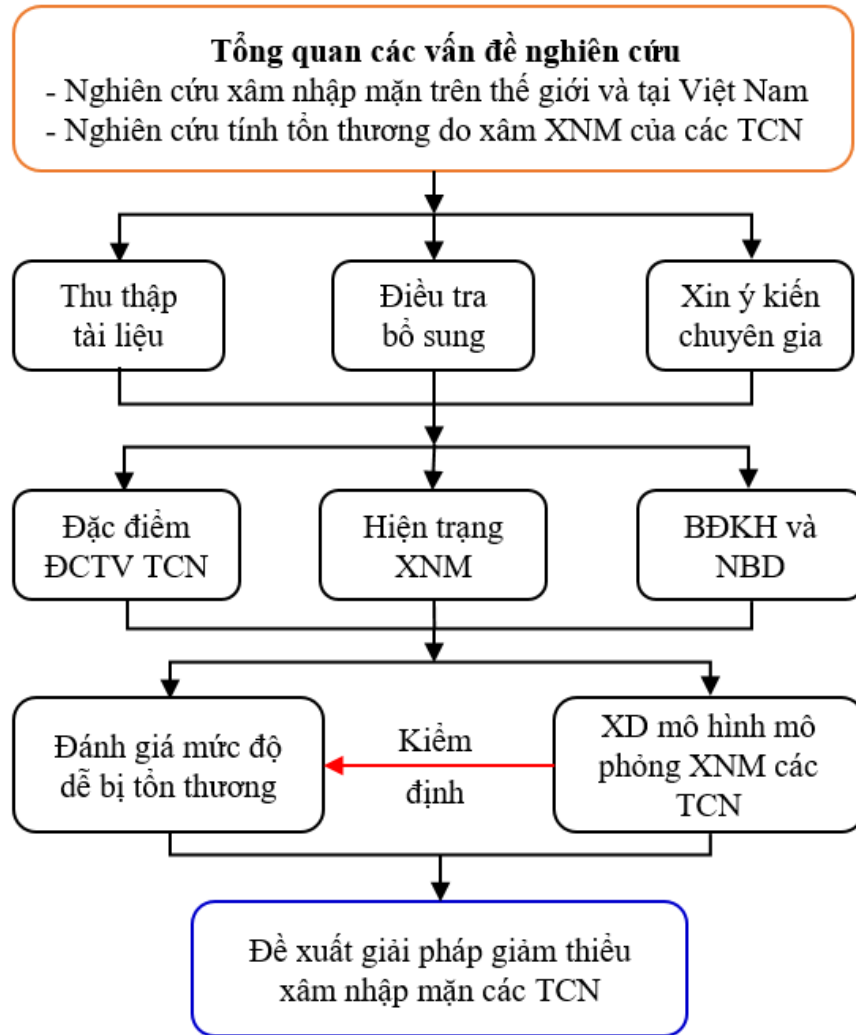
RI: Chỉ số ngẫu nhiên (Random Index)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n: số chỉ tiêu

Nếu giá trị tỷ số nhất quán $CR < 0.1$ là chấp nhận được, nếu lớn hơn đòi hỏi người ra quyết định thu giảm sự không đồng nhất bằng cách điều chỉnh giá trị mức độ quan trọng giữa các cặp chỉ tiêu.

2.2. Khung logic nghiên cứu



Hình 2.2. Khung logic nghiên cứu

2.3. Dữ liệu nghiên cứu

Kết quả dữ liệu thu thập nghiên cứu trước đây và điều tra, thí nghiệm bổ sung trong khu vực chi tiết:

2.3.1. Tài liệu thu thập

Công tác thu thập được tiến hành tại các cơ quan đơn vị thực hiện các công trình, đề án, dự án, đề tài về tài nguyên NĐĐ (bản đồ ĐC; bản đồ ĐCTV; báo cáo tìm kiếm NĐĐ; báo cáo Điều tra địa chất đô thị; các báo cáo khai thác nước tập trung, điều tra, đánh giá NĐĐ, các báo cáo đề tài NCKH...) trong khu vực tại các đơn vị như: Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, miền Trung, miền Nam; Tổng Cục Địa chất Khoáng sản; Viện khoa học địa chất khoáng sản; Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam; các đề tài, dự án độc lập; Cục Quản lý tài nguyên nước.

Tóm lại, các công trình nghiên cứu về địa chất, ĐCTV khu vực Bắc Trung bộ,

Nam Trung bộ đã được thực hiện từ trước đến nay. Các tài liệu tổng hợp và thí nghiệm về địa chất, ĐCTV, khí tượng, thủy văn... trong các công trình này rất phong phú và có độ tin cậy cao. Tuy nhiên, các số liệu cập nhật về hiện trạng khai thác, ranh giới phân bố mặn nhạt NĐĐ cũng như các số liệu chuyên sâu phục vụ cho nghiên cứu của đề tài vẫn cần được điều tra, khảo sát và thí nghiệm bổ sung.

2.3.2. Kết quả điều tra, khảo sát, thí nghiệm bổ sung

2.3.2.1. Kết quả xác định phân bố các tầng chứa nước và ranh giới mặn nhạt.

Tổng số tuyến đo là 16 tuyến

- Ở mức chiều sâu $Z = -25\text{m}$, ranh giới mặn nhạt nằm cách bờ biển gần nhất nằm trên các tuyến T13; T14; T15 khoảng từ 1.5km - 2km. Cách bờ biển xa nhất nằm trên các tuyến T1; T9; T10; T11; T12; T13 khoảng từ 8km - 13km.

- Ở mức chiều sâu $Z = -40\text{m}$, ranh giới mặn nhạt cách bờ biển gần nhất nằm trên các tuyến T13; T15 khoảng 1,5km - 2km. Cách bờ biển xa nhất trên tuyến T10 khoảng 14km.

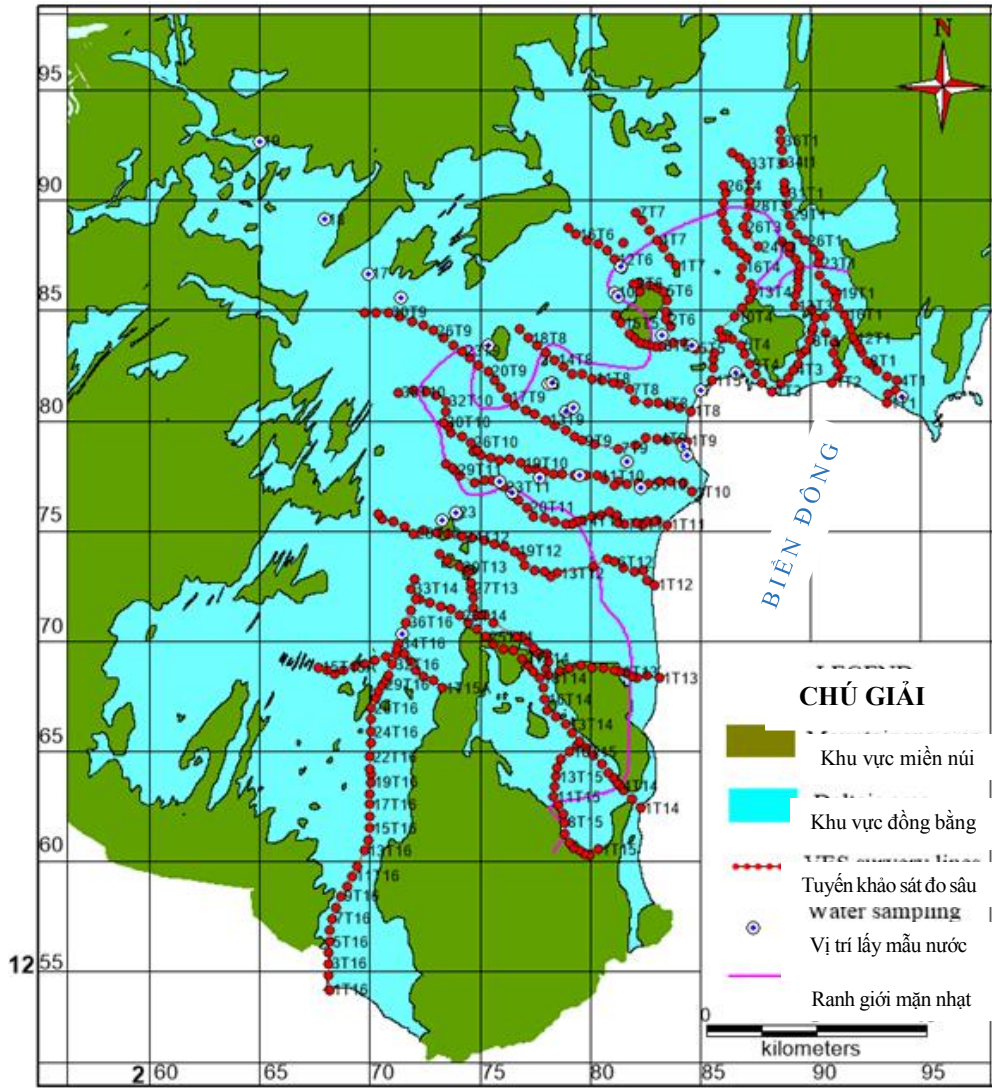
- Kết quả xác định ranh giới mặn nhạt kết hợp tài liệu địa vật lý và địa chất: tài liệu lỗ khoan ĐCTV, mặt cắt địa vật lý- địa chất sẽ được thành lập cho từng tuyến đo, kết quả phân tích mặt cắt cho thấy trong vùng đồng bằng ven biển miền trung mặt cắt địa chất gồm 4 lớp với đặc điểm như sau:

+ Lớp 1 đất trồng trọt, đất san lấp và dăm sạn, sét cát, cát hạt mịn, lớp có chiều dày từ 8m ÷ 18m .Ở trên cao, những nơi có độ ẩm thấp lớp có điện trở suất thường cao. Ở những nơi thấp độ ẩm lớn lớp thường có điện trở suất thường thấp.

+ Lớp 2 có chiều dày lớp dao động từ 22m - 45m, phía giáp biển có chiều dày lớn hơn phần trên là lớp sét cát, sét pha, cát hạt từ mịn đến trung nằm xen kẽ. Ở những nơi có sét nhiều và nhiễm mặn điện trở suất thường thấp.

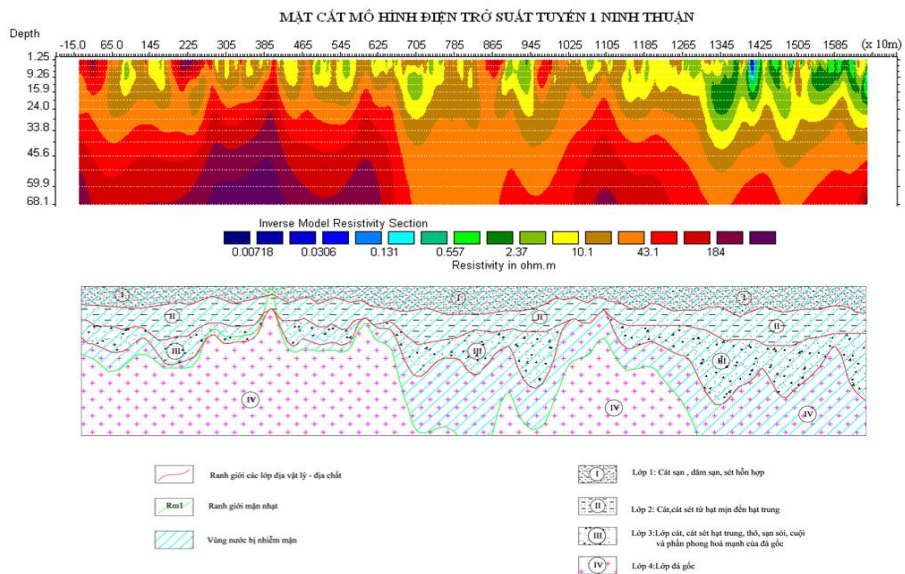
+ Lớp 3 là lớp cát hạt trung đến thô, thường có lẫn sạn cuội và các sản phẩm phong hóa mạnh từ đá gốc.

+ Lớp 4 là lớp đá gốc phần trên thường bị phong hóa nứt nẻ từ yếu đến mạnh tùy thuộc vào từng vùng khác nhau, tùy thuộc vào đá gốc khác nhau thì mức độ phong hóa cũng khác nhau. Phần dưới là đá gốc nguyên khối rắn chắc.



Nguồn: [67]

Hình 2.3. Sơ đồ các tuyến đo sâu và điểm lấy mẫu nước địa bàn tỉnh Ninh Thuận



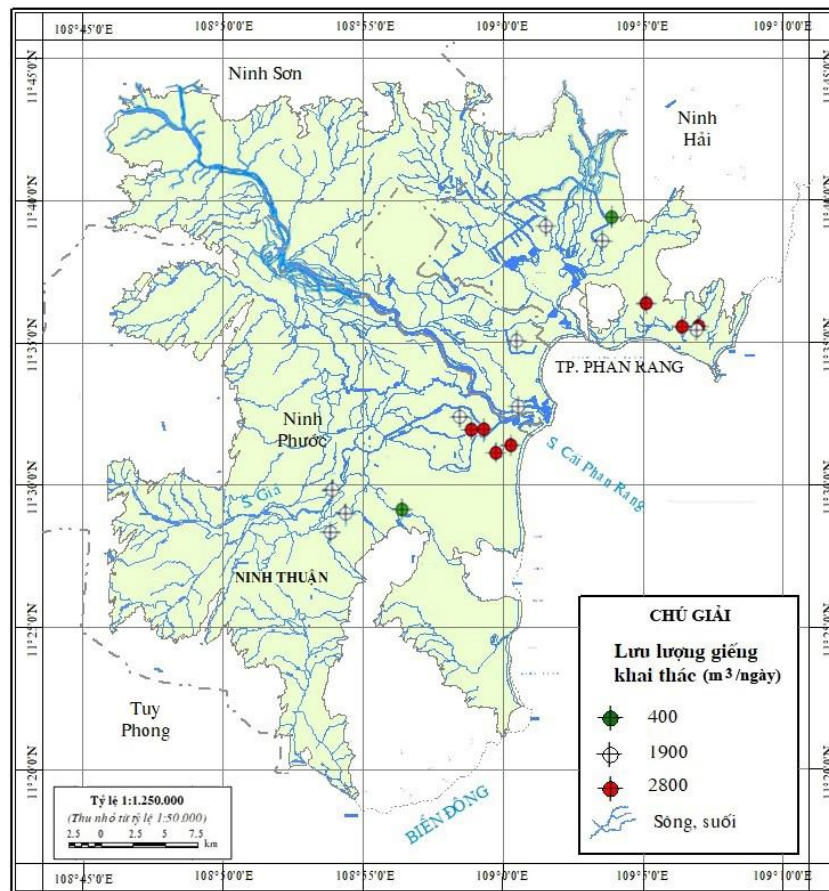
Nguồn: [67]

Hình 2.4. Kết quả giải đoán tài liệu địa vật lý trên tuyến đo số 1

2.3.2.2. Kết quả lấy và phân tích mẫu

Mẫu nước mặt, nước mưa, NĐĐ được lấy trong quá trình khảo sát, để mang về phân tích trong phòng thí nghiệm. Các mẫu nước mặt, NĐĐ được lấy dọc sông Dinh, mẫu nước mưa được lấy tại Trạm Khí tượng thủy văn Phan Rang - Tháp Chàm. Các mẫu được tổng hợp trong hình 2.6.

Các mẫu được đựng trong các chai có thể tích từ 500-1500ml, mẫu được lấy đầy, đảm bảo đúng quy trình lấy mẫu đồng vị bền. Các mẫu được phân tích các thông số như TDS, $\delta^{18}\text{O}$ ‰, $\delta^2\text{H}$ ‰, ... và các thông số hóa học. Kết quả phân tích mẫu nước được trình bày trong bảng 2.9.



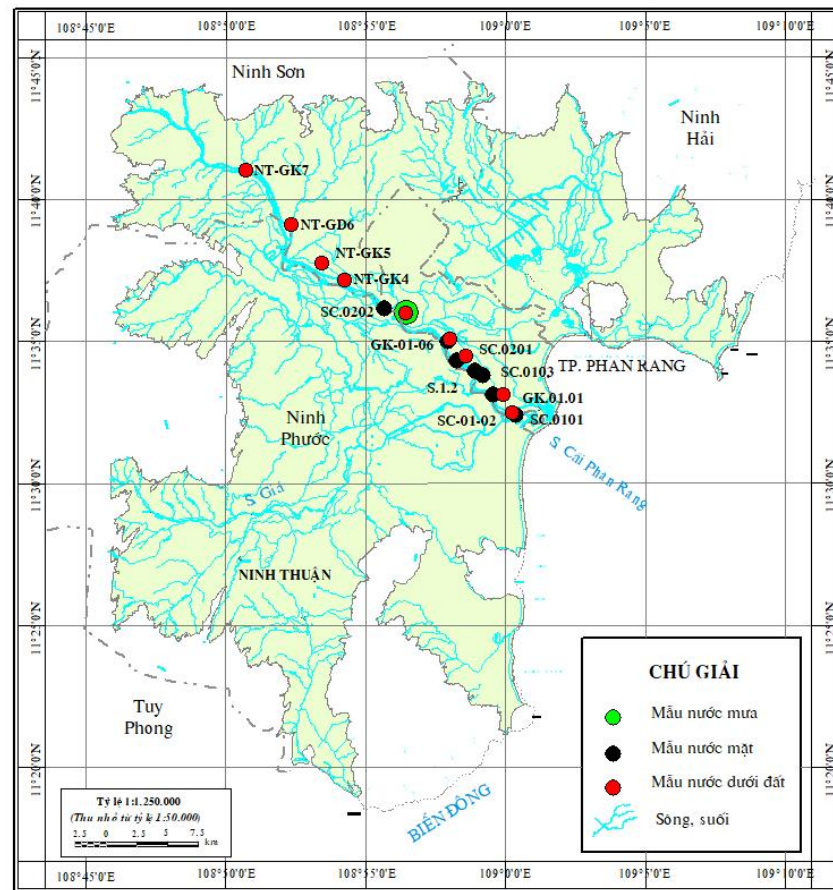
Hình 2.5. Sơ đồ vị trí cụm giếng khai thác nước dưới đất khu vực nghiên cứu

Bảng 2.9. Kết quả phân tích mẫu nước (đơn vị: mg/l)

STT	Kí hiệu mẫu	Ca ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	TDS	$\delta^{18}\text{O}$ ‰	$\delta^2\text{H}$ ‰
1	G.15.12	42,00	279,11	2,83	12,12	459,26	6,50	446,5	685	-7,77	-54,32
2	GK.01.01	108,50	378,27	12,90	58,80	798,72	13,36	104,9	1288	-7,06	-52,31
3	GK-01-02	71,40	160,48	18,87	27,24	382,46	12,94	407,5	575	-7,41	-54,65
4	GK-01-06	56,20	142,92	9,50	22,92	345,91	11,89	390,4	513	-7,35	-54,41
5	NT-GD3	68,00	109,16	23,05	23,52	301,06	11,81	449,0	495	-7,52	-54,04
6	NT-GD6	93,80	146,74	5,98	34,92	489,98	16,08	253,8	738	-6,74	-53,29
7	NT-GK4	39,00	46,07	7,87	16,92	171,42	8,72	336,7	245	-7,10	-52,90

STT	Kí hiệu mẫu	Ca ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	TDS	δ ¹⁸ O ‰	δ ² H ‰
8	NT-GK5	41,50	632,70	0,26	33,00	915,46	19,06	778,4	1520	-6,71	-51,49
9	NT-GK7	16,60	89,95	1,18	39,96	274,33	14,06	395,3	408	-7,82	-59,42
10	S.1.2	11,11	17,41	1,90	1,13	53,2704	21,67	56,1	61,8	-9,08	-68,02
11	SC.0101	42,00	1034,00	36,64	117,12	2183,64	19,58	75,6	2870	-7,06	-51,72
12	SC.0103	5,80	11,51	2,17	3,72	38,9112	10,02	48,8	45,7	-7,16	-53,52
13	SC.0201	5,60	9,28	2,44	2,88	40,3248	12,31	61,0	47,5	-6,97	-52,55
14	SC.0202	6,00	11,03	2,11	4,08	36,4188	9,83	63,4	43,1	-6,84	-50,75
15	SC-01-02	4,40	12,98	2,26	3,84	44,3052	18,24	48,8	51,9	-7,09	-53,45
16	SC-01-06	7,00	18,72	2,55	4,44	56,8416	6,86	68,3	66,9	-6,85	-51,41
17	M.1.1	5,60	3,48	0,45	0,84	6,1	9,29	29,3		-6,81	-48,34
18	M.15.10	1,20	0,50	0,14	1,08	0,8	5,20	22,0		-5,27	-40,13
19	M.15.11	3,20	1197,00	0,29	1,56	2,3	12,49	34,2		-8,15	-58,58
20	M.15.12	2,80	0,95	0,15	1,08	2,3	13,75	19,5		-10,46	-82,23
21	M.15.9	4,00	0,73	0,31	2,52	1,5	14,81	36,6		-5,03	-33,52
22	M.31.3	16,00	14,05	2,05	0,60	28,4	12,02	26,8		-1,78	-14,91

Nguồn: [67]



Nguồn: [67]

Hình 2.6. Sơ đồ vị trí lấy mẫu

Từ kết quả phân tích hóa học của các mẫu nước mặt, nước mưa, NĐĐ, giản đồ Piper được xây dựng để đánh giá thành phần hóa học trong các mẫu nước. Thông

thường có thể phân loại các mẫu trên giản đồ Piper làm 6 loại. Đó là: (1) loại Ca-HCO₃, (2) loại Na-Cl, (3) loại Ca-Mg-Cl, (4) loại Ca-Na-HCO₃, (5) loại Ca-Cl, (6) loại Na-HCO₃. Vùng thực hiện nghiên cứu có 2 loại chính:

Nhóm 1: Chiếm 43,75%, đây là các mẫu nước chịu tác động từ nguồn gốc biển. Đặc tính hóa học của nước chủ yếu là Clorua - Natri. Có 7 mẫu nước, trong đó có 3 mẫu là mẫu nước mặt (SC.0101, SC-01-02, S.1.2) và 4 mẫu NĐĐ (GK.01.01, NT-GD6, G.15.12, NT-GK5).

Nhóm 2: loại Ca-Na-HCO₃ các mẫu nước chủ yếu tập trung ở nhóm này, chiếm 50%. Đây là nhóm nước có nguồn gốc hòa trộn. Bao gồm 4 mẫu NĐĐ (GK-01-02, GK-01-06, NT-GD3, NT-GK7) và 3 mẫu nước mặt (SC.01.03, SC.02.01, SC.02.02). Các mẫu nước này có thành phần các axit yếu vượt trội hơn, các kim loại kiềm vượt trội hơn kim loại kiềm thổ.

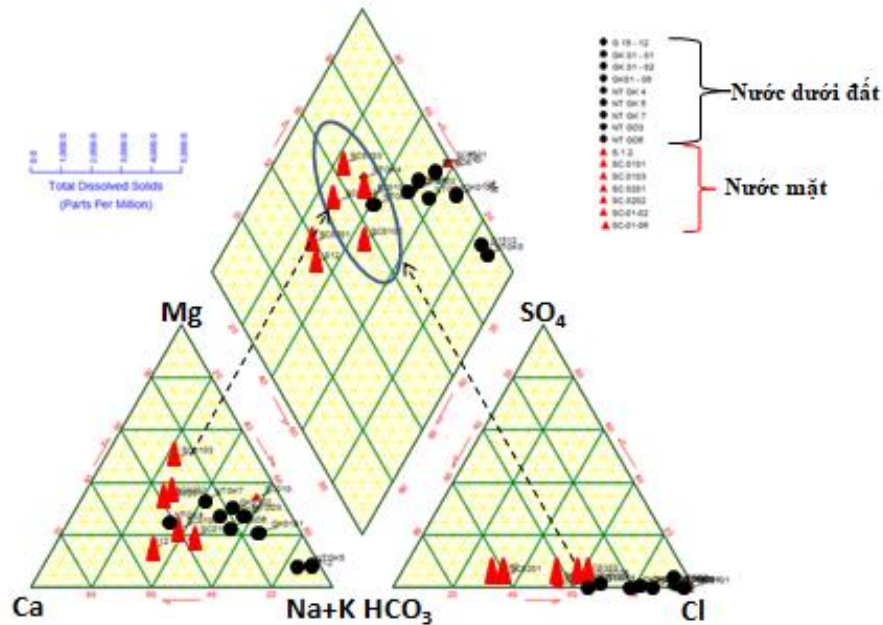
Mẫu nước NĐĐ (NT-GK4) thuộc nhóm Ca-HCO₃ chiếm 6,25%, đây là mẫu nước nhạt ở TCN nông.

Đa số các mẫu nước đều có nguồn gốc hòa trộn, còn một số mẫu có nguồn gốc biển là do nước biển hiện tại xâm nhập và nước biển cổ. Trong nhóm nước số 1, có 2 mẫu SC.0101 và GK.01.01 có cùng loại nước với nhau và có bố trí trong không gian gần nhau, có thể chúng có mối quan hệ với nhau. Trong nhóm nước thứ 2 cũng có những mẫu nước mặt và NĐĐ có vị trí gần nhau: SC.0103, SC0201, GK-01-02 và GK-01-06, tại khu vực này nước mặt và NĐĐ có quan hệ với nhau.

Dựa vào giản đồ Stiff có thể thấy: các ion chiếm ưu thế trong hầu hết các mẫu nước là Na⁺ và Cl⁻. Kết quả này có sự khác biệt so với khi biểu diễn trên giản đồ Piper. Có thể lí giải sự khác biệt này là do nước có sự pha trộn giữa loại nước nhạt và nước có nguồn gốc biển, nên khi biểu diễn phân bố thành phần hóa học trong các loại giản đồ khác nhau sẽ có sự sai khác. Do đó cần kết hợp nhiều phương pháp với nhau để tối thiểu hóa những sai khác này.

Nhìn trên giản đồ Stiff (hình 2.8): các mẫu NĐĐ có thành phần tương đối không đồng đều, còn các mẫu nước mặt thì ngược lại, trừ mẫu nước SC.0101 ở khu vực gần cửa biển nhất nên có hàm lượng Na và Cl cao vượt trội. Phân bố thành phần các mẫu NĐĐ có kí hiệu GK-01-06, NT-GD3, GK-01-02 có sự tương đồng so với các mẫu nước mặt ở gần vị trí, chứng tỏ tại đây có sự trao đổi giữa nước mặt và NĐĐ. Theo kết quả thăm seepage khu vực này có lưu lượng bổ cập từ nước sông cho NĐĐ ở mức cao và

trung bình. Khu vực gần cửa biển cũng có sự bổ cập của nước mặt cho NĐĐ do đó hàm lượng Na và Cl của mẫu GK-01-01 cũng lớn hơn so với các mẫu nước ở tại vị trí sâu vào đất liền. Ngoài ra, mẫu nước NT-GK4 và SC.0202 cũng có sự tương đồng, chứng tỏ thí nghiệm thấm rỉ seepage có độ chính xác cao.



Hình 2.7. Giản đồ Piper mô tả loại hình khoáng chất của các mẫu nước nghiên cứu ở Tp. Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận

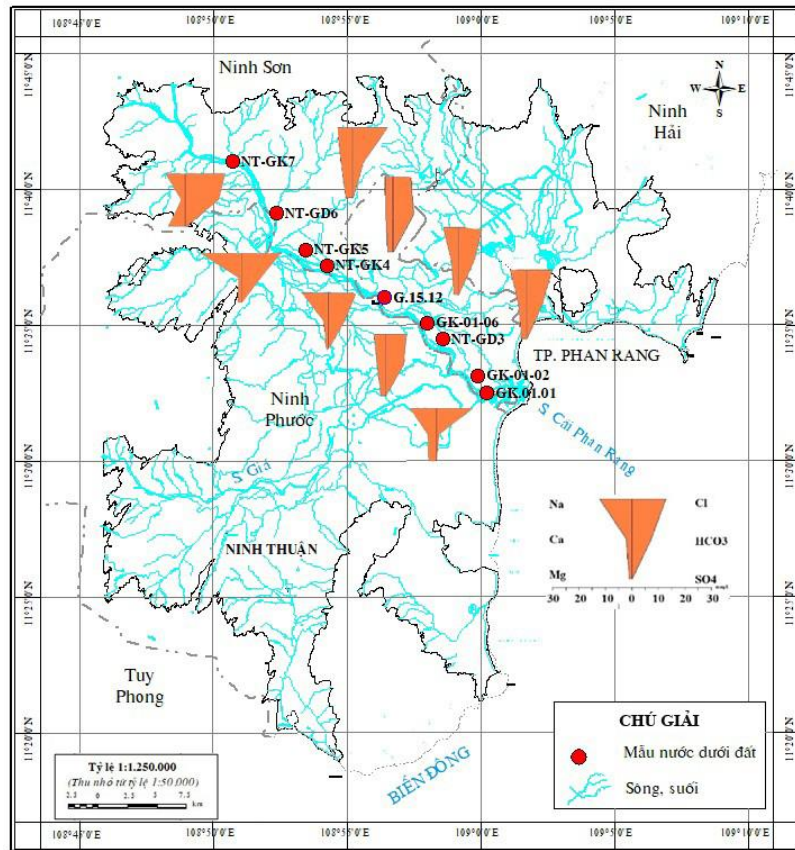
2.3.2.3. Kết quả lấy và phân tích mẫu đồng vị bền

Kết quả phân tích đồng vị được thể hiện trong bảng 2.10.

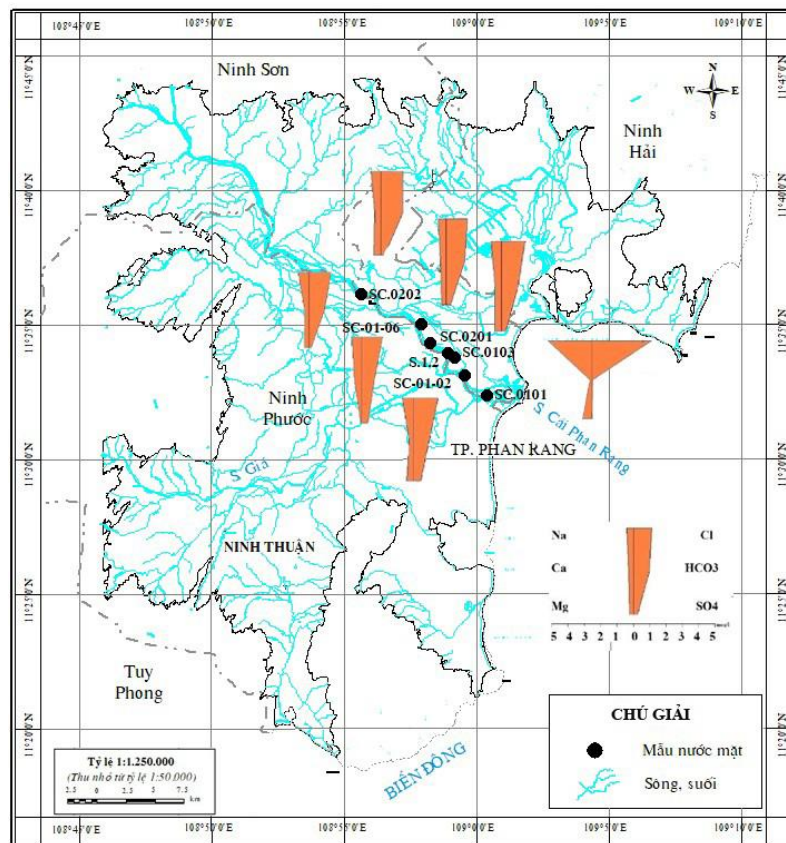
Bảng 2.10. Khoảng dao động thành phần đồng vị bền trong các mẫu nước

Loại mẫu	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) dao động trong khoảng	$\delta^2\text{H}$ (‰) dao động trong khoảng
Nước mưa	từ -1,78 đến -10,46	từ -14,91 đến -82,23
Nước mặt	từ -6,84 đến -9,08	từ -50,75 đến -68,02
NĐĐ	từ -6,71 đến -7,82	từ -51,49 đến -59,42

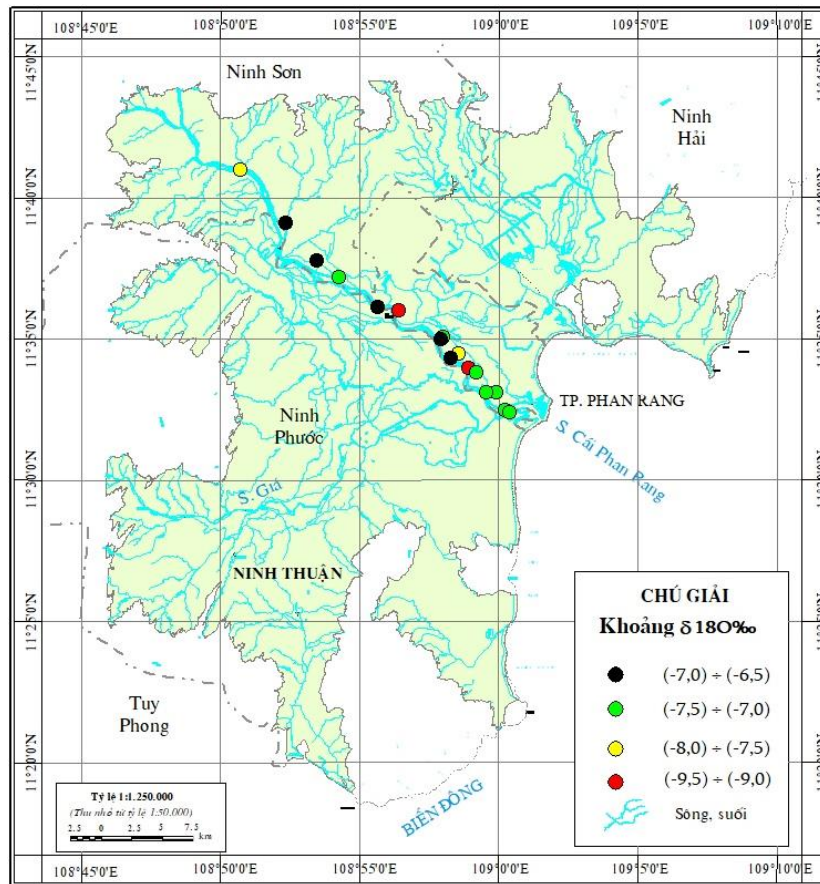
Nguồn: [67]



Hình 2.8. Bản đồ phân bố không gian (meq/l) thể hiện các thành phần hóa học chủ yếu của các mẫu NĐĐ trong khu vực nghiên cứu



Hình 2.9. Giản đồ Stiff thể hiện các thành phần hóa học chủ yếu của các mẫu nước mặt trong khu vực nghiên cứu theo phân bố không gian (meq/l)



Hình 2.10. Bản đồ phân bố không gian thành phần đồng vị bền $\delta^{18}\text{O}$ (‰) nước mặt, NĐĐ

2.3.2.4. Kết quả đo nước thí nghiệm

Thí nghiệm đo nước hố đào có mục đích xác định hệ số thấm tầng thông khí khu vực đồng bằng tỉnh Ninh Thuận để xác định bổ cập nước mặt cho NĐĐ. Với 75 điểm khảo sát tương ứng với 150 lần thí nghiệm đo nước trong hố đào, kết quả tính độ thấm của đất nằm trong khoảng từ 0,125 m/ngày đến 16,900 m/ngày, trung bình là 4,719 m/ngày (Kết quả đo nước thí nghiệm chi tiết xem Phụ lục số 2).

Theo kết quả tính toán độ thấm K (m/ngày) thống kê được hệ số thấm trung bình của các loại đất trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận như sau:

Đất thịt: $K = 1,99$ (m/ngày)

Đất thịt pha cát: $K = 2,35$ (m/ngày)

Đất sét và sét pha cát: $K = 2,35$ (m/ngày)

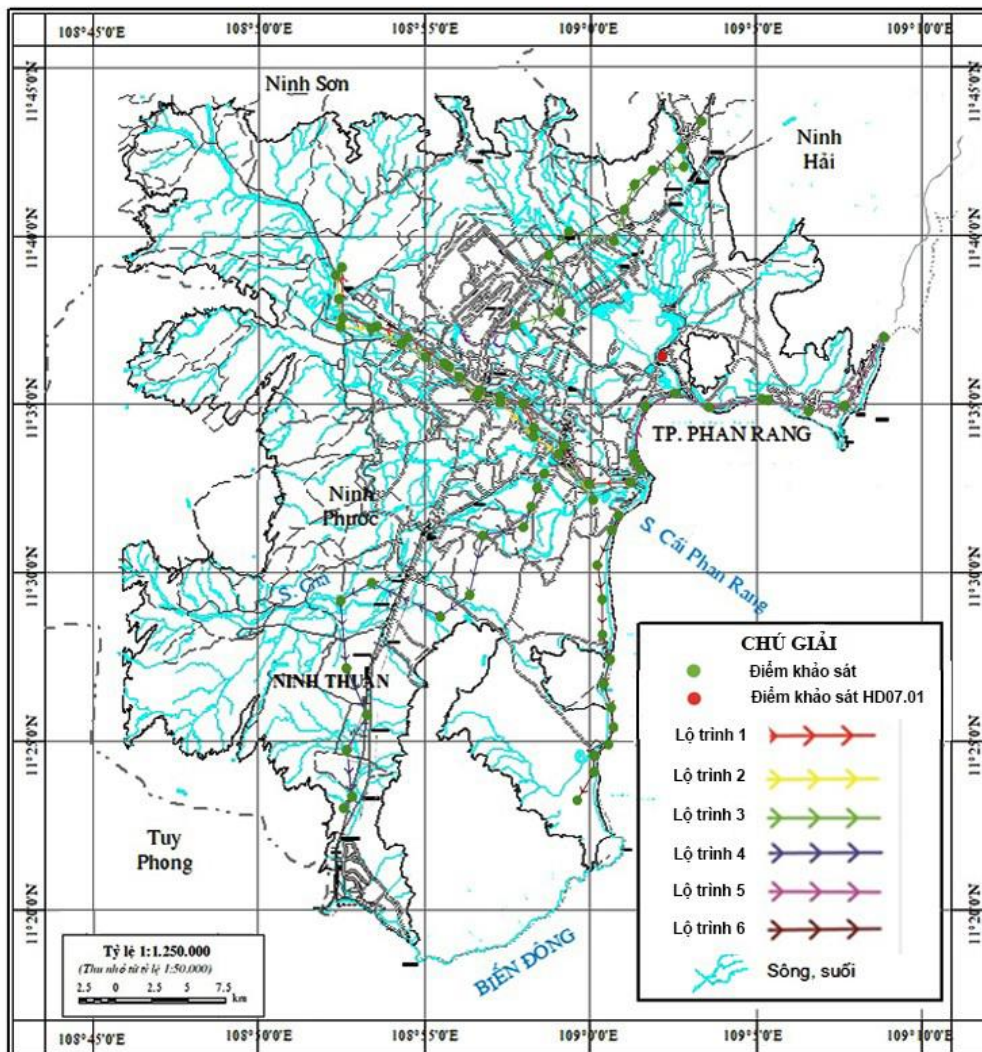
Đất pha cát: $K = 3,64$ (m/ngày)

Cát có trầm tích san hô: 8,34 (m/ngày)

Cát hạt mịn, cát hạt vừa: 8,85 (m/ngày)

Từ độ thấm trung bình của từng loại đất và theo lộ trình nhìn chung độ thấm của loại đất cát ven biển và phân rìa sông Dinh giáp với biển có hệ số thấm cao nhất,

hệ số thấm thay đổi tăng dần từ phía Nam tới Bắc dọc bờ biển Ninh Thuận. Hệ số K dao động từ 5,86 đến 11,54 (m/ngày) với vùng rìa biển từ phía Nam tới cửa sông Dinh và từ cửa sông Dinh trở về phía Bắc hệ số K dao động từ 8,67 đến 16,9 (m/ngày). Trong đất liền trải dài theo quốc lộ 1A sự biến động của hệ số thấm không có thay đổi nhiều dọc đường trong khoảng 2,0 đến 2,4 (m/ngày). Phần dọc bờ trái sông Dinh biến động nhiều về hệ số thấm K vùng gần cửa sông và ven biển, ổn định hơn khi vào sâu trong đất liền. Còn phần dọc bờ phải sông Dinh khá ổn định với giá trị hệ số K vào khoảng 1,6 - 2,5 về phía Tây. phần rìa phía Đông có thay đổi khá nhiều so với bên bờ Trái đặc biệt vùng ven biển.



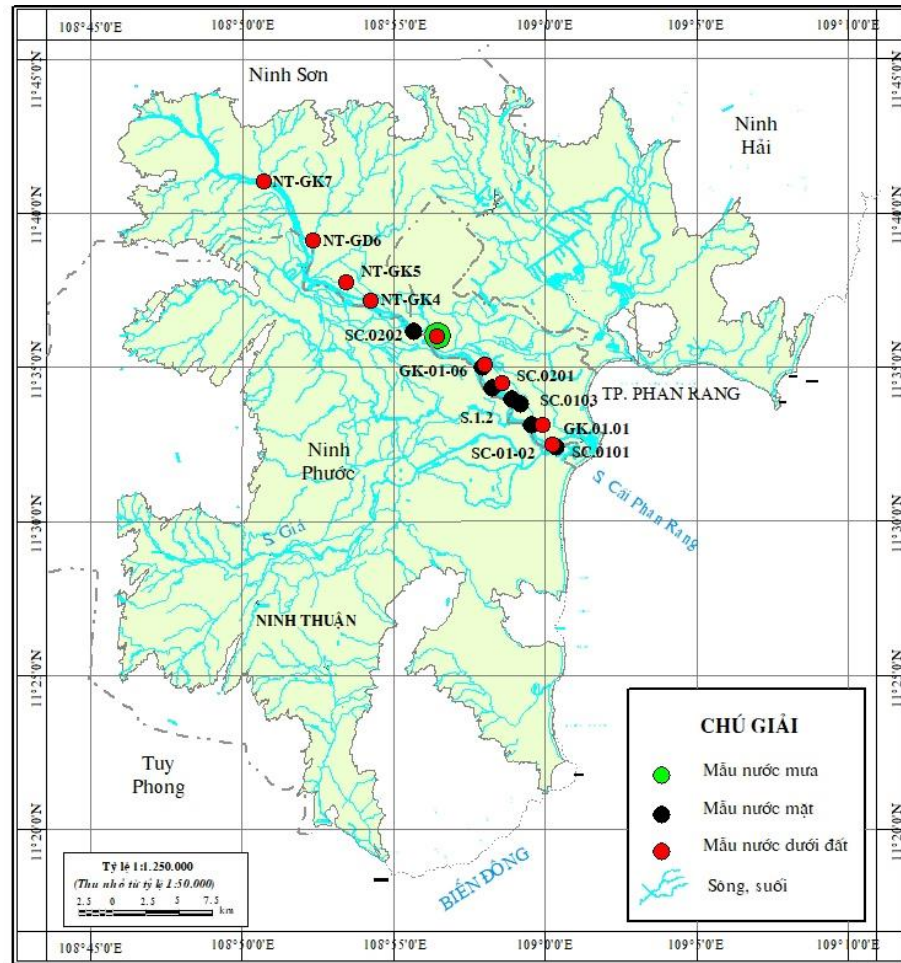
Nguồn: [67]

Hình 2.11. Sơ đồ vị trí thí nghiệm đồ nước

2.3.2.5. Kết quả thí nghiệm Seepage

Theo kết quả của thí nghiệm thấm rỉ đáy sông, nước mặt và nước dưới đất có sự tương tác với nhau tại tất cả các điểm thí nghiệm trong vùng nghiêm cứu. Các điểm có lưu lượng thấm rỉ mang dấu (+) là tại đó nước trong túi thí nghiệm thấm

xuống đáy sông, tức là nước sông có bổ cập cho nước dưới đất, còn các điểm có lưu lượng mang dấu (-) là do túi nước được cấp thêm, tức là nước dưới đất bổ sung cho nước sông. Hình 2.11 cho thấy, giá trị lưu lượng thấm ri biến đổi theo hướng Tây Bắc - Đông Nam của khu vực đồng bằng Ninh Thuận. Ở phía Tây Bắc của đồng bằng có dấu hiệu NĐĐ bổ sung cho nước mặt, giá trị lưu lượng bổ sung giảm dần về phía trung tâm của đồng bằng. Tại vùng trung tâm của vùng nghiên cứu, lưu lượng bổ cập cho NĐĐ đạt giá trị lớn nhất với gần 100ml/ngày.m² và giảm dần về phía Đông Nam (Kết quả chi tiết thí nghiệm thấm ri đáy sông xem Phụ lục 3).

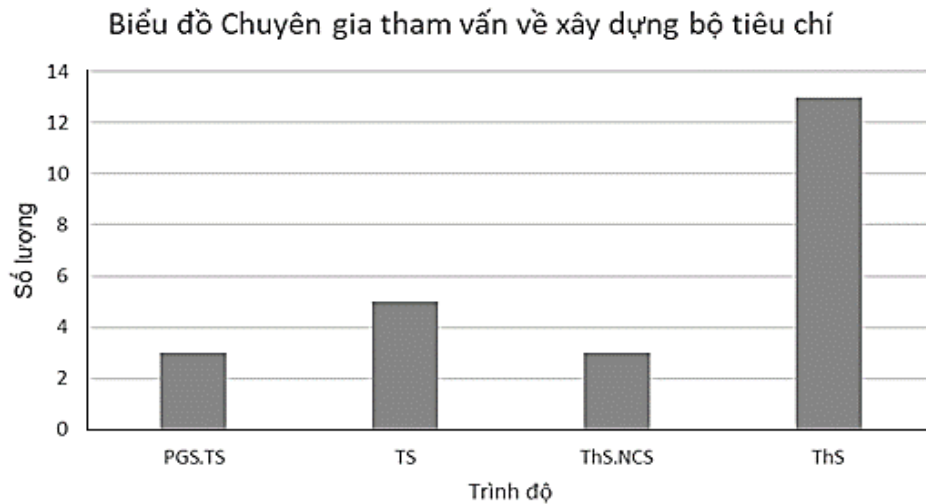


Nguồn: [67]

Hình 2.12. Sơ đồ vị trí và kết quả thí nghiệm thấm ri đáy sông

2.3.2.6. Kết quả lấy ý kiến chuyên gia

Tổng số phiếu phát ra là 23 phiếu, số phiếu thu về 23 phiếu. Tất cả các chuyên gia được tham vấn đều có trình độ Thạc sỹ trở lên, đang công tác hoạt động trong ngành tài nguyên nước (Kết quả điều tra đầy đủ được trình bày trong Phụ lục 4).



Nguồn: [67]

Hình 2.13. Chuyên gia tham vấn xây dựng tiêu chí

Tiểu kết chương 2:

Để đánh giá biến động về tiềm năng và trữ lượng nước dưới đất dưới tác động BĐKH và NBD, của phát triển KTXH, các phương pháp nghiên cứu truyền thống đã được tiến hành như thu thập, phân tích, tổng hợp tài liệu; điều tra khảo sát bổ sung như điều tra hiện trạng khai thác NĐĐ, điều tra bằng phương pháp địa vật lý, lấy mẫu và phân tích thành phần hoá học... để xác định sự biến động của ranh giới mặn nhạt và chính xác hoá địa tầng các lớp thạch học trên toàn bộ vùng nghiên cứu. Từ kết quả số liệu thu thập và điều tra bổ sung, các phương pháp xác định tài nguyên dự báo và trữ lượng có thể khai thác NĐĐ vùng nghiên cứu đã được sử dụng để đánh giá biến động về tiềm năng và trữ lượng NĐĐ dưới tác động BĐKH và NBD, của phát triển KTXH. Bên cạnh đó, hệ phương pháp được áp dụng để đánh giá tính tổn thương do XNM nước dưới đất cho phù hợp với vùng nghiên cứu cũng đã được áp dụng đó là phương pháp đánh giá tính tổn thương do XNM nước dưới đất của GALDIT được xem xét và điều chỉnh trọng số các yếu tố ảnh hưởng cho phù hợp với vùng nghiên cứu trên cơ sở áp dụng phương pháp chuyên gia và phương pháp phân tích thứ bậc AHP.

Để kiểm định hệ phương pháp và mức độ tin cậy của các kết quả áp dụng các phương pháp trên, tác giả sẽ xây mô hình dòng chảy NĐĐ bằng phần mềm GMS version 10 và dự báo xâm nhập mặn theo các kịch bản BĐKH tác giả sẽ sử dụng phần mềm SEAWAT.

Các dữ liệu mới nhất được thu thập về điều kiện địa lý, kinh tế, xã hội cũng như các kết quả điều tra bổ sung về sự phân bố trên không gian các TCN và cách nước cũng như biến động về ranh giới mặn nhạt của các TCN cũng đã được thể hiện.

CHƯƠNG 3. ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN, KINH TẾ - XÃ HỘI VÀ TÀI NGUYÊN NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG VEN BIỂN NINH THUẬN, BÌNH THUẬN

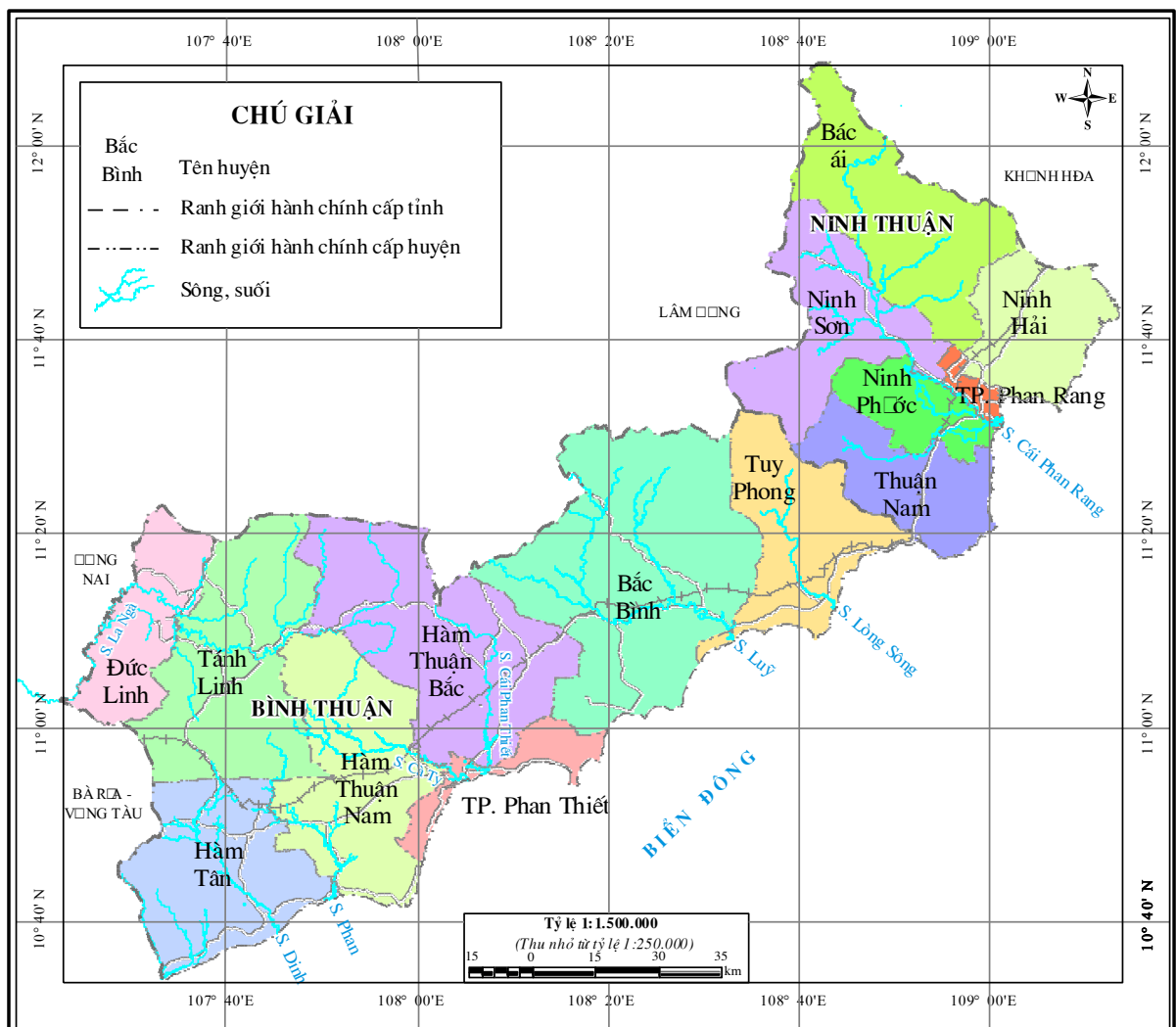
3.1. Một số đặc điểm địa lý tự nhiên

3.1.1. Vị trí địa lý

Vùng nghiên cứu gồm 2 tỉnh là Ninh Thuận và Bình Thuận thuộc vùng Duyên hải Nam Trung Bộ với tổng diện tích tự nhiên là 11.168,14km². Vùng nghiên cứu có phía Đông giáp Biển Đông, phía Bắc giáp tỉnh Khánh Hòa, phía Tây giáp tỉnh Lâm Đồng, phía Nam, Tây Nam giáp tỉnh Đồng Nai, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu.

Vùng nghiên cứu được giới hạn bởi tọa độ địa lý như sau:

- Từ 10°34'56'' đến 12°08'32" Vĩ độ Bắc
- Từ 107°23'20'' đến 109°33'59" Kinh độ Đông



Hình 3.1. Sơ đồ hành chính tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

Khu vực nghiên cứu là các đồng bằng trước núi, chịu ảnh hưởng chế độ thủy văn của các sông lớn trong vùng như sông Cái Phan Rang, Lũy, Lòng Sông, Cái Phan

Thiết, La Ngà, Dinh... và chế độ hải văn vùng Duyên hải Nam Trung Bộ của biển Đông. Cùng với đó vùng nằm trong kiểu khí hậu nhiệt đới gió mùa. Do vậy, vị trí địa lý tác động đến quá trình hình thành, biến động và XNM vào NĐĐ.

Vùng nghiên cứu là đồng bằng trước núi, nước dưới đất chủ yếu được thành tạo và cung cấp từ phía Tây, Tây Bắc của khu vực, hướng dòng chảy từ Tây sang Đông và từ Bắc xuống Nam ra biển Đông. Vì vậy, điều kiện địa lý tự nhiên ảnh hưởng đến sự hình thành và phân bố NĐĐ trong khu vực nghiên cứu.

3.1.2. Địa hình

Vùng Ninh Thuận và Bình Thuận có đặc điểm là địa hình được bao bọc bởi ba mặt là núi và một mặt là biển. Phía Tây, phía Bắc và Đông Bắc là vùng núi. chuyển tiếp thấp dần từ Bắc và Tây Bắc xuống Đông Nam từ núi cao xuống đồng bằng, cồn cát ven biển, địa hình có thể chia làm 4 dạng chủ yếu sau:

- Địa hình núi cao và trung bình

Địa hình vùng núi cao là các dãy núi cao và trung bình chiếm 51,95% diện tích tự nhiên, phân bố ở phía Tây Bắc tiếp giáp với tỉnh Lâm Đồng tạo thành các dãy núi cao, các đỉnh có độ cao tuyệt đối có nơi đạt trên 1.000 m. Cao nhất là đỉnh Hòn Chan (1.978 m), kế tiếp là đỉnh núi Gia Rích (1.923 m) huyện Bác Ái. Đặc điểm chung của dạng địa hình này thường dốc, bề mặt bị phân cắt mãnh liệt, thường lộ đá gốc, đường phân thủy hẹp, đi lại khó khăn.

Địa hình núi trung bình phân bố ở phía Tây và Tây Nam tiếp giáp với các tỉnh Đồng Nai, Bà Rịa - Vũng Tàu địa hình bằng phẳng hơn.

Tạo nên dạng địa hình núi cao và trung bình là các thành tạo xâm nhập, phun trào có tuổi Creta và trầm tích lục nguyên biến chất yếu tuổi Jura.

- Địa hình đồi núi thấp

Địa hình núi thấp chiếm 23,03% diện tích tự nhiên, đặc trưng là địa hình chuyển tiếp từ địa hình núi cao và đồi núi thấp trung bình xuống địa hình đồng bằng ven biển, bề mặt địa hình tương đối thoải, ít bị phân cắt, độ cao tuyệt đối từ 50 m đến 400 m. Đặc điểm các đồi gò là đỉnh tròn, sườn thoải, núi thấp xen kẽ với thung lũng sông suối nhỏ và nghiêng dần ra biển.

Tạo nên dạng địa hình này thường các đá xâm nhập granit, các trầm tích lục nguyên hệ tầng La Ngà phía trên bị phủ bởi các sản phẩm phong hóa của chúng hoặc một lớp mỏng trầm tích bờ rời có nguồn gốc sông biển hỗn hợp, bề dày các thành tạo bờ rời không quá 10 m.

- Địa hình đồng bằng

Vùng đồng bằng ven biển chiếm 15,92% diện tích tự nhiên, chúng phân bố ở những đồng bằng chạy dọc theo hai bên bờ các sông lớn như đồng bằng Phan Rang, các đồng bằng hẹp Ninh Sơn, Quán Thẻ, sông Lòng Sông, sông Lũy, sông Cà Ty và sông La Ngà. Bề mặt địa hình khá bằng phẳng, ít bị phân cắt, bề dày lớp trầm tích bờ rời không quá 25 m.

- Địa hình cồn cát ven biển

Loại địa hình này phân bố dọc theo bờ biển từ huyện Ninh Hải (Ninh Thuận) đến Hải Thắng (Bình Thuận) chiếm 9,1 % diện tích tự nhiên. Đặc điểm dạng địa hình này gồm các cồn cát, đụn cát gồ gề, lượn sóng nhấp nhô tạo nên các đê cát ngăn cách giữa biển với đồng bằng, bề rộng của địa hình cồn cát có nơi đạt 50 km. Chúng được tạo thành bởi các thành tạo cát, cát pha có nguồn gốc biển hoặc gió, bề dày thành tạo này có nơi đạt 150 m. Điều kiện giao thông trên địa hình này hết sức khó khăn do địa hình lượn sóng nhấp nhô, nhiều nơi bề mặt di động liên tục bởi hiện tượng cát bay.

Đặc điểm địa hình là một nhân tố quan trọng quyết định đến lượng bổ cập từ nguồn nước mưa, nước mặt cho NĐĐ. Tại những nơi địa hình cao, độ dốc lớn, khả năng thoát của dòng chảy mặt là lớn dẫn đến quá trình ngấm qua các lớp đất đá giảm, dẫn đến lượng bổ cập cho NĐĐ giảm. Đối với khu vực địa hình thấp, độ dốc nhỏ thì ngược lại. Lượng bổ cập cho NĐĐ phần nào quyết định đến quá trình XNM đến nước dưới đất. Tại những khu vực NĐĐ được bổ cập nhiều quá trình XNM đến nước dưới đất chậm, nhưng nơi nước dưới đất được bổ cập ít thì quá trình xâm nhập mặn.

3.1.3. Khí hậu

3.1.3.1. Mưa

Tổng lượng mưa trung bình năm khu vực tỉnh Ninh Thuận - Bình Thuận tăng dần từ Bắc vào Nam, từ 907,4 mm (trạm Phan Rang) đến 1771,2mm (trạm La Gi). Riêng khu vực phía Tây của tỉnh Bình Thuận là nơi có lượng mưa năm cao nhất đạt từ 2.000 - 2.500mm.

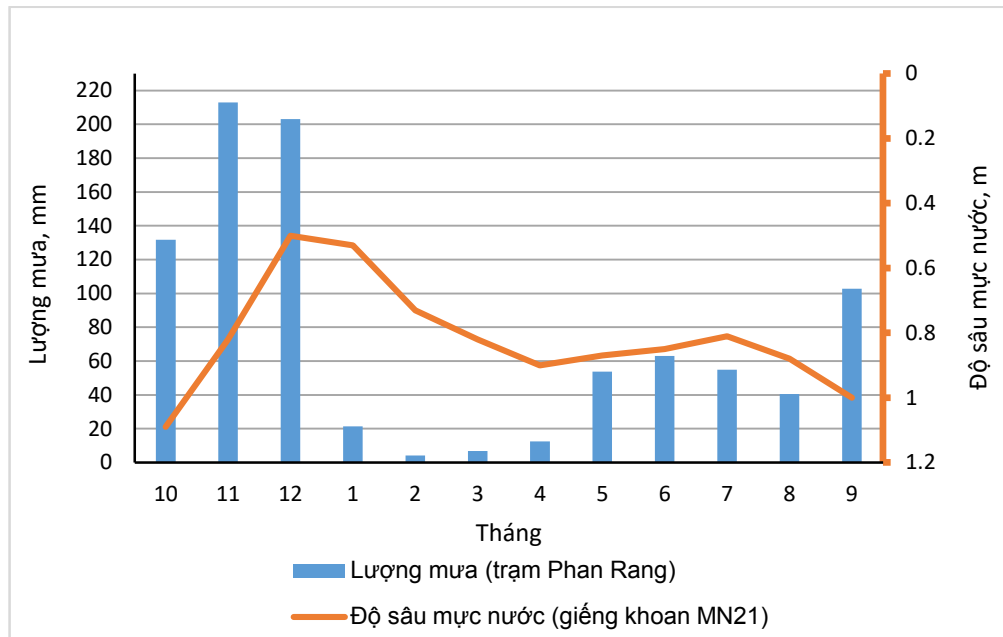
Bảng 3.1. Lượng mưa trung bình tháng, từ năm 2015 đến 2019 (mm)

Trạm	Tháng												Tổng
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Phan Rang	21,28	4,16	6,72	12,44	53,82	63,06	54,9	40,4	102,86	131,76	212,92	203,12	907,4
Phan Thiết	10,28	0,32	0,2	6,98	91,92	122,74	176,94	144,3	156,04	173,7	83,28	46,66	1013,4

Trạm	Tháng												Tổng
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
La Gi	8,38	0,16	1,64	11,54	127,54	330,82	356,36	276,4	276,56	236,46	104,06	41,3	1771,2

Nguồn: Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia

Để đánh giá sự ảnh hưởng của lượng mưa đến lượng bổ cập cho NĐĐ trong vùng nghiên cứu, tác giả đã đánh giá sự tương quan giữa sự biến đổi mực nước trong tầng chứa nước tại một số giếng quan trắc.



Hình 3.2. Biểu đồ tương quan lượng mưa và mực nước giếng khoan MN21

Trên biểu đồ cho thấy lượng mưa và mực nước dưới đất dao động tương đối đồng pha với nhau, tức là khi lượng mưa có xu hướng hơi tăng dần thì mực NĐĐ có xu hướng tăng theo và ngược lại. Như vậy, chế độ mưa có ảnh hưởng trực tiếp đến sự bổ cập cho nước dưới đất. Khả năng cung cấp của nước mưa cho nước dưới đất tùy thuộc vào cường độ mưa và lượng mưa, ngoài ra còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như thảm thực vật bề mặt, đặc điểm địa hình,...

3.1.3.2. Bốc hơi

Tổng lượng bốc hơi trong vùng nghiên cứu lớn, thể hiện rõ là vùng khô hạn. Theo số liệu từ quan trắc từ năm 2015 đến 2019, cho thấy hàng năm lượng bốc hơi thay đổi từ 1369 mm (trạm La Gi) đến 1795 mm (trạm Phan Rang). Lượng bốc hơi không đều trong tháng, thấp nhất vào mùa mưa từ 88 mm (trạm La Gi) đến 166 mm (trạm Phan Rang), cao nhất vào các tháng mùa khô từ 149 mm (trạm La Gi) đến 170 mm (trạm Phan Rang). Đặc biệt, tổng lượng bốc hơi hàng năm ở Phan Rang và Phan

Thiết luôn luôn lớn hơn tổng lượng mưa.

Bảng 3.2. Lượng bốc hơi trung bình tháng, từ năm 2015 đến 2019 (mm)

Trạm	Tháng												Tổng
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Phan Rang	170	164	165	158	158	160	161	166	125	114	107	147	1795
Phan Thiết	136	126	136	126	124	116	107	105	99	101	101	118	1395
La Gi	132	134	149	146	125	93	94	93	88	94	104	117	1369

Nguồn: Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia

Để đánh giá ảnh hưởng của lượng bốc hơi trong vùng đến nước dưới đất tác giả thành lập biểu đồ tương quan giữa mực NĐĐ trung bình tháng và lượng bốc hơi trung bình tháng tại khu vực nghiên cứu.



Hình 3.3. Biểu đồ tương quan lượng bốc hơi và mực nước giếng khoan MN21

Trên biểu đồ tại hình 3.3 cho thấy mực nước dưới đất và lượng bốc hơi có sự dao động tương đối lệch pha nhau tức là khi lượng bốc hơi có xu hướng tăng dần thì mực NĐĐ có xu hướng giảm dần và ngược lại. Qua đây, có thể thấy rằng yếu tố bốc hơi trong vùng nghiên cứu có quan hệ chặt chẽ với nước dưới đất.

3.1.3.3. Nhiệt độ

Khu vực có nền nhiệt độ cao quanh năm. Hầu hết các nơi đều có nhiệt độ trung bình năm dao động từ 27,1- 27,4°C.

Nhiệt độ trung bình thấp nhất thường xảy ra vào tháng 2 (25,1 - 25,7°C), sau đó tăng dần và thường đạt cực đại vào tháng 5, 6 (29,2°C) ở tỉnh Ninh Thuận và tháng 4, 5 (28,4 - 29,4°C) ở tỉnh Bình Thuận sau đó lại giảm dần đến tháng 2 năm sau.

Nhiệt độ cao cộng với số giờ nắng lớn, làm gia tăng quá trình bốc hơi nước (tháng 4 ÷ 9) ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cung cấp thấm đến nước dưới đất.

Bảng 3.3. Nhiệt độ trung bình tháng, từ năm 2015 đến 2019 (°C)

Trạm	Tháng												TB
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Phan Rang	25,3	25,1	26,4	27,9	29,2	29,2	28,7	28,8	28,0	27,4	26,6	25,7	27,4
Phan Thiết	25,9	25,7	27,0	28,6	29,4	28,4	27,7	27,7	27,6	27,7	27,3	26,4	27,4
La Gi	25,6	25,5	26,8	28,4	29,0	27,9	27,3	27,3	27,3	27,2	27,0	26,0	27,1

Nguồn: Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia

3.1.4. Thủy văn

Trong vùng Ninh Thuận - Bình Thuận có 8 sông chính, hầu hết các sông chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam rồi đổ ra biển với mật độ trung bình 15km bờ biển có một cửa sông.

Đặc điểm của sông suối khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận là ngắn và dốc, không có sông lớn chỉ có sông trung bình và sông nhỏ. Mật độ mạng lưới sông trung bình 0,4 km/km², thấp hơn mật độ lưới sông trung bình cả nước (0,5- 1,0 km/km²). Một số vùng như sông Dinh mật độ lưới sông chỉ đạt 0,2 km/km². Mật độ lưới sông lớn tập trung ở khu vực phía Tây Bắc và Tây Nam của tỉnh Bình Thuận nơi có lượng mưa dồi dào, địa hình cao. Khu vực đồng bằng ven biển là các sông suối nhỏ, mật độ sông suối thưa và độ dốc nhỏ.

a) Sông Cái Phan Rang

Sông Cái Phan Rang còn gọi là sông Cái, sông Kinh Dinh hay sông Dinh nếu tính cả phụ lưu các sông nhánh là các sông Mê Lam, sông Sắt, sông Ông, sông Chá, sông Lu và sông Quao thì hệ thống sông Cái Phan Rang có tổng chiều dài 246km, diện tích lưu vực khoảng 3.000km².

Chế độ dòng chảy của sông Cái phân phối theo hai mùa rõ rệt. Lưu lượng mùa kiệt chỉ đạt 3,35 m³/s. Vào cuối mùa khô, sông Cái nhiều nơi trơ lòng, trơ đáy và nhiều đoạn, đặc biệt là ở hạ lưu, nước không chảy. Ngoài ra, sông Cái còn bị chi phối mạnh mẽ bởi chế độ xả nước của Nhà máy thủy điện Đa Nhim.

Về mùa khô lúc triều lên, ranh giới nhiễm mặn nước sông trung bình các năm

sâu vào đất liền khoảng 4,5 km. Tại phường Đông Hải (gần cửa sông) nước sông về mùa khô có hàm lượng Clo là 9,3588 g/l, tổng độ khoáng hóa 18,4 g/l; còn về mùa mưa hàm lượng clo giảm xuống còn 1,1238 g/l, tổng độ khoáng hóa 2,4 g/l.

b) Sông Lòng Sông

Sông chảy theo hướng chính là Tây Bắc - Đông Nam, khi đến điểm giao với đường sắt sông đổi theo hướng chảy là từ Tây sang Đông rồi đổ ra Biển Đông ở thị trấn Liên Hương.

Về mùa khô lưu lượng sông giảm mạnh, chỉ còn khoảng 0,02 m³/s, nên khi triều lên nước mặn đã xâm nhập về phía thượng lưu > 2 km, độ khoáng hóa của nước đạt tới 10,0 - 19,0 g/l. Để ngăn mặn người ta đã xây dựng đập chắn Tuy Tịnh, vì vậy ranh giới mặn lớn nhất là ngang chân đập.

Trên thượng nguồn sông Lòng Sông đã xây dựng 2 hồ chứa nước là Hồ Phan Dũng (xã Phan Dũng) với dung tích 13,67 triệu m³ và hồ Lòng Sông (xã Phú Lạc) có dung tích 36,9 triệu m³ phục vụ cấp nước tưới và sinh hoạt cho huyện Tuy Phong.

c) Sông Lũy

Là một con sông lớn thứ 2 nằm trọn trong vùng nghiên cứu, đầu nguồn còn gọi là sông Ta Mai, bắt nguồn từ dãy núi cao ở rìa cao nguyên Di Linh (Lâm Đồng). Sông chảy theo hướng Bắc - Nam, khi đến gần Quốc lộ I, sông chuyển theo hướng Tây - Đông sau chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam rồi đổ ra biển tại cửa Phan Rí.

Lượng dòng chảy trung bình năm là 428 m³/s, vào mùa khô lưu lượng trung bình của sông giảm nhiều chỉ còn khoảng 1,5 m³/s. Kết quả phân tích hàm lượng Clo và tổng độ khoáng hóa vào mùa khô của sông Lũy tại Phan Rí Thành (cách cửa sông 4,5 km) lần lượt là 0,85 g/l và 1,89 g/l.

Trên thượng nguồn Sông Lũy thuộc huyện Di Linh (Lâm Đồng) đã xây hồ chứa nước thủy điện Đại Ninh, với dung tích 319,8 triệu m³.

d) Sông Cái Phan Thiết

Đoạn thượng nguồn còn gọi là Sông Quao bắt nguồn từ vùng núi cao phía Tây, thuộc cao nguyên Bảo Lộc - Di Linh (Lâm Đồng). Đoạn thượng nguồn chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam sau khi qua khỏi hồ Sông Quao sông chuyển hướng Bắc - Nam đổ ra biển ở cửa Phú Hải - Phan Thiết.

Vào mùa khô kiệt lưu lượng nước sông chỉ đạt 0,025 m³/s, đã tạo điều kiện cho nước thủy triều xâm nhập sâu vào sông. Tuy nhiên, nước mặn đã bị ngăn lại bởi

đập đất (cách cửa sông khoảng 7,6 km). Nếu năm có lũ muộn thì ranh giới nhiễm mặn thường vào tháng 11 chỉ cách cửa sông khoảng 5 km. Vào mùa mưa khoảng cách ranh giới nhiễm mặn mặn nước sông chỉ còn khoảng 3 đến 4 km, khi mưa lũ lớn, ranh giới này được đẩy ra sát cửa sông.

Trên thượng nguồn (sông Quao), tại xã Hàm Trí, huyện Hàm Thuận Bắc đã xây hồ chứa nước Sông Quao với dung tích 73 triệu m³.

đ) Sông Phan

Là con sông lớn trung bình, chảy theo hướng Bắc – Nam (từ thượng nguồn đến xã Sông Phan), sau đó chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam (từ xã Sông Phan đến thị trấn Thuận Nam) rồi lại chảy theo hướng Bắc – Nam đổ ra biển ở cửa Tân Hải, thị xã La Gi.

Khoảng cách xâm nhập mặn theo sông khoảng 3 km vào các tháng 6 đến tháng 10, 4km vào tháng VI. Từ tháng 6 đến tháng 5 năm sau, lưu lượng dòng chảy giảm mạnh, chỉ đạt gần 1,0 m³/s, lúc này nước mặn thủy triều xâm nhập sâu nhất và cách cửa sông khoảng 5 km.

Hiện tại, trên Sông Phan tại xã Sông Phan, huyện Hàm Tân đã xây dựng hồ chứa nước Sông Phan, với dung tích 2,17 triệu m³.

g) Sông Cà Ty

Là con sông vừa cửa vùng Ninh Thuận - Bình Thuận chảy theo hướng Bắc – Nam (từ thượng nguồn đến xã Hàm Cần), sau đó chuyển hướng theo Tây Bắc - Đông Nam (từ xã Hàm Cần đến cửa biển) đổ ra biển ở cửa Thương Chánh - Phan Thiết.

Vào mùa khô lưu lượng dòng chảy giảm đáng kể, trong thời gian này nước thủy triều dễ dàng xâm nhập và gây nhiễm mặn nước sông. Ranh giới nhiễm mặn những năm khô kiệt khi chưa có đập Phú Hội sâu vào thượng lưu >10 km và hiện nay người ta đã xây dựng đập ngăn mặn Phú Hội.

i) Sông Dinh

Là con sông vừa trong tỉnh chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, qua huyện Hàm Tân rồi đổ ra cửa biển tại thị xã La Gi.

Vào cuối mùa khô (tháng 4, 5) lưu lượng nước sông chỉ còn khoảng 1,2 m³/s, khi nước triều dâng, ranh giới mặn vào sông sâu nhất và bị ngăn lại bởi đập Đá Dựng (cách cửa sông 5,3 km).

Hiện tại, trên lưu vực sông Dinh, thuộc xã Tân Phúc và thị trấn Tân Nghĩa đã

xây dựng hồ chứa nước Sông Dinh 3 với dung tích 50 triệu m³, cấp nước cho sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt cho huyện Hàm Tân và thị xã La Gi.

k) Sông La Ngà

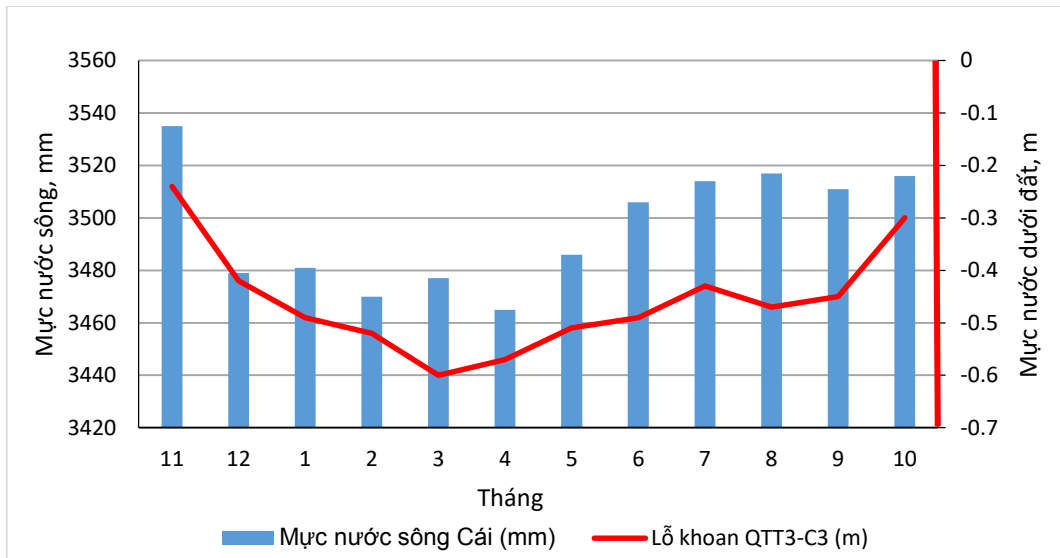
Là một phụ lưu của sông Đồng Nai sông chảy theo hướng Bắc - Nam hơi lệch Đông, sau đó chảy theo hướng Đông Bắc - Tây Nam qua hồ La Ngà, đến Tà Pao sông lại uốn khúc chảy theo hướng Đông Nam - Tây Bắc, đến biên giới Bình Thuận - Đồng Nai sông đổi hướng theo Đông Bắc - Tây Nam, men theo ranh giới giữa hai tỉnh. Đến ngã ba suối Gia Huỳnh - huyện Đức Linh sông chảy ra khỏi tỉnh và nhập lưu với sông Đồng Nai.

Lưu lượng trung bình lớn nhất của sông là 369,8 m³/s (tháng 8) và trung bình nhỏ nhất là 18,7 m³/s (tháng 3). Nước sông thuộc loại nước nhạt có tổng độ khoáng hóa $M < 0,1$ g/l.

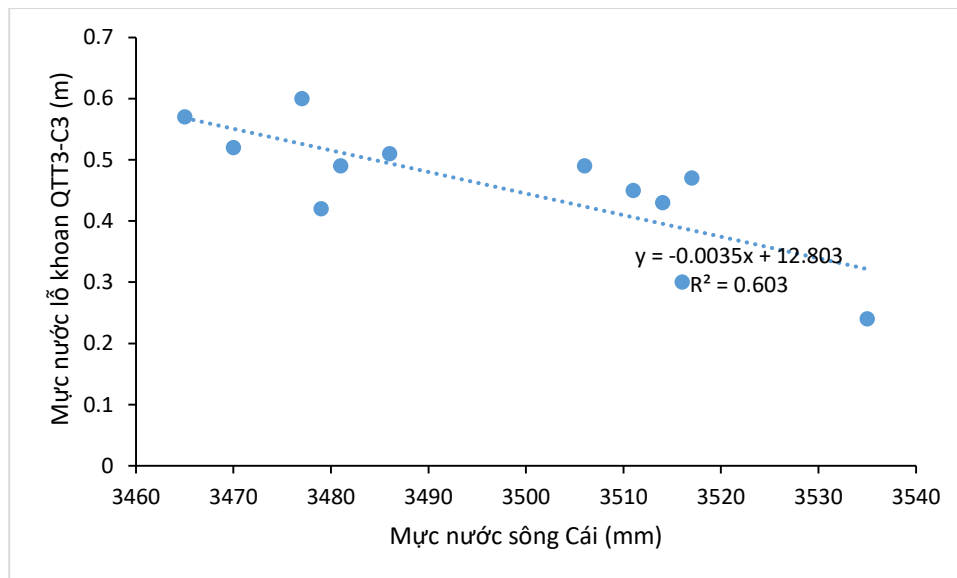
Đánh giá quan hệ giữa độ sâu MN dưới đất tại 06 giếng thuộc các lưu vực sông Cái Phan Rang, sông Lũy, sông Cái Phan Thiết với mực nước sông trung bình nhiều năm trên sông Cái Phan Rang (trạm thủy văn Tân Mỹ), sông Lũy (trạm thủy văn sông Lũy), sông Cái Phan Thiết (trạm thủy văn Phan Thiết) cho thấy.

*Bảng 3.4. Mực nước sông trung bình tháng và mực nước tại giếng quan trắc, LVS
Cái Phan Rang*

Ký hiệu	Xã	Huyện	Tỉnh	Năm 2015		Năm 2016											
				Tháng													
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
I	Mực nước sông (mm)																
Tân Mỹ	Mân Mỹ	Ninh Sơn	Ninh Thuận	3535	3479	3481	3470	3477	3465	3486	3506	3514	3517	3511	3516		
II	Độ sâu mực NDD (m)																
QTT3-C3	Phước Thuận	Ninh Phước	Ninh Thuận	0,24	0,42	0,49	0,52	0,60	0,57	0,51	0,49	0,43	0,47	0,45	0,30		



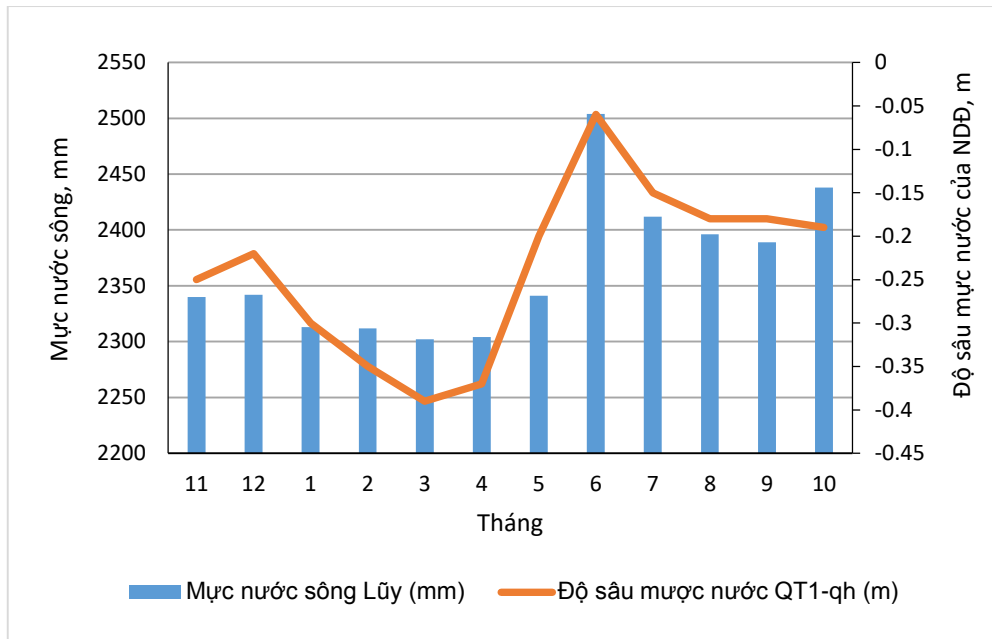
Hình 3.4. Đồ thị diễn biến mực nước LVS Cái Phan Rang TB tháng tại trạm Tân Mỹ và mực NĐĐ tại giếng QTT3-C3



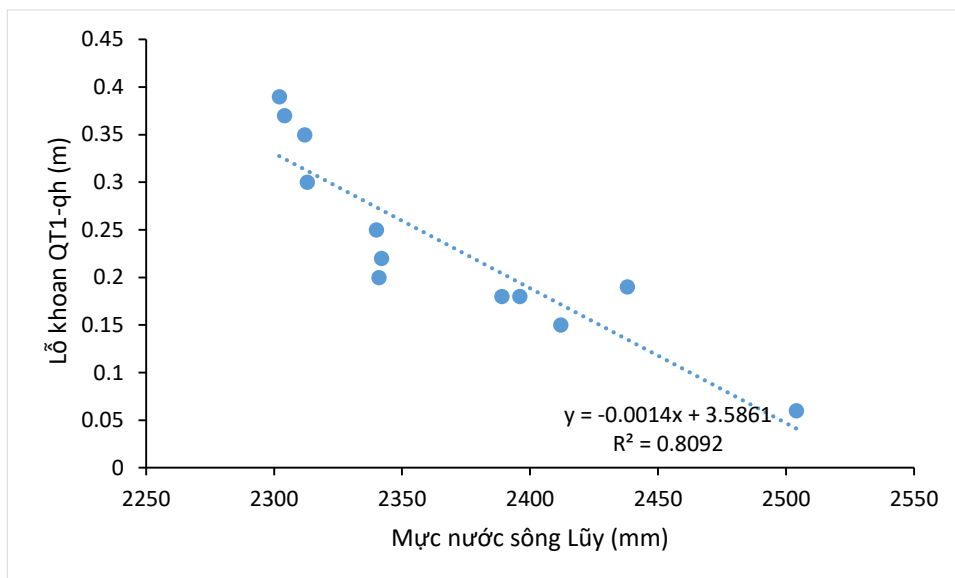
Hình 3.5. Đồ thị tương quan giữa mực nước LVS Cái Phan Rang TB tháng tại trạm Tân Mỹ và mực NĐĐ tại giếng QTT3-C3

Bảng 3.5. Mực nước sông TB tháng và mực NĐĐ tại sông Lũy

Ký hiệu	Xã	Huyện	Tỉnh	Năm		Năm 2015											
				Tháng													
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
I	Mức nước sông (mm)																
Sông Lũy	Sông Lũy	Sông Lũy	Bình Thuận	2340	2342	2313	2312	2302	2304	2341	2504	2412	2396	2389	2438		
II	Độ sâu mực NĐĐ (m)																
QT1-qh	Hòa Thắng	Bắc Bình	Bình Thuận	0,25	0,22	0,30	0,35	0,39	0,37	0,20	0,06	0,15	0,18	0,18	0,19		



Hình 3.6. Đồ thị diễn biến mực nước sông Lũy TB tháng và mực NĐĐ tại giếng QT1-qh



Hình 3.7. Đồ thị tương quan giữa mực nước sông Lũy TB tháng và mực NĐĐ tại giếng QT1-qh

Qua số liệu trên, cho thấy khi mực nước sông dâng cao thì mực NĐĐ cũng tăng theo và ngược lại tức là nước sông với NĐĐ có quan hệ thủy lực với nhau. Khi mực nước sông cao hơn mực nước ngầm thì nước sông sẽ bổ cập cho nước dưới đất thông qua quá trình thấm lòng sông hoặc qua các cửa sổ ĐCTV. Ngược lại khi mực nước sông thấp hơn mực nước dưới đất thì nước ngầm lại cung cấp trở lại nước sông. Qua đây, có thể kết luận đới ven sông, nước sông có ảnh hưởng đến lượng bổ cập NĐĐ.

Kết quả của thí nghiệm thấm rỉ đáy sông, nước mặt và nước dưới đất có sự tương

tác với nhau tại tất cả các điểm thí nghiệm trong khu vực nghiên cứu. Các điểm có lưu lượng thấm rỉ mang dấu (+) là tại đó nước trong túi thí nghiệm thấm xuống đáy sông, tức là nước sông có bổ cập cho nước dưới đất, còn các điểm lưu lượng mang dấu (-) là do túi nước được cấp thêm, tức là nước dưới đất bổ sung cho nước sông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị lưu lượng thấm rỉ biến đổi theo hướng Tây Bắc - Đông Nam của khu vực đồng bằng Ninh Thuận. Ở phía Tây Bắc của đồng bằng có dấu hiệu NĐĐ bổ sung cho nước mặt, giá trị lưu lượng bổ sung giảm dần về phía trung tâm của đồng bằng. Tại vùng trung tâm của khu vực nghiên cứu, lưu lượng bổ cập cho nước dưới đất đạt giá trị lớn nhất với gần 100ml/ngày.m² và giảm dần về phía Đông Nam.

3.1.5. Hải văn

- *Chế độ triều:* Chế độ triều khu vực bờ biển phía Bắc là chế độ nhật triều không đều, tức là trong một tháng 18 đến 22 ngày là nhật triều, các ngày còn lại là bán nhật triều. Khu vực bờ biển trung tâm vùng nghiên cứu, chế độ triều phức tạp nhất, ở đây là chế độ triều hỗn hợp, tức là trong một tháng có từ 10 đến 15 là bán nhật triều. Khu vực phía Nam là chế độ bán nhật triều đều, tức là trong một tháng có trên 28 ngày là chế độ bán nhật triều. Từ bờ biển phía Bắc vào Nam thì số ngày nhật triều giảm dần và số ngày bán nhật triều tăng dần.

Trong năm thời kỳ triều cường lớn nhất xảy ra vào tháng 1, 7, 8 và 12; nhỏ nhất xảy ra vào tháng 3 và tháng 9. Biên độ triều lớn nhất vùng bờ biển phía Bắc là 1,87m; vùng bờ biển trung tâm là 2,05 m; vùng bờ biển phía Nam là 2,41 m. Biên độ triều có xu hướng tăng dần từ Bắc vào Nam.

Theo số liệu quan trắc của trạm khí tượng hải văn Phú Quý từ tháng 10 năm 2021 đến tháng 9 năm 2022 thì đặc điểm nước biển vùng biển Ninh Thuận – Bình Thuận như sau: Mực nước biển dao động từ 26,29cm đến 257,17cm, trung bình là 175,93cm; nhiệt độ nước biển dao động từ 22,38°C đến 32,68°C, trung bình là 27,13°C; độ muối dao động từ 14,12‰ đến 33,54‰, trung bình là 28,50‰.

3.1.6. Thổ nhưỡng

a). Tỉnh Ninh Thuận

Theo kết quả điều tra bổ sung, phân loại đất năm 2010 thì tỉnh có 9 nhóm với 75 loại đất trồng. Trong đó, nhóm đất xám vùng bán khô hạn chiếm diện tích lớn nhất, 232.015 ha, chiếm 69% diện tích toàn tỉnh. Tiếp theo là nhóm đất xám (8,5%), nhóm đất xói mòn trơ sỏi đá (5,1%), nhóm đất cát (3,1%), nhóm đất mới biến đổi (2,7%), nhóm đất phù sa (2,48%),...

b). Tỉnh Bình Thuận

Nhìn chung diện tích đất đai có độ phì tương đối khá, toàn tỉnh chỉ có 108,2 ngàn ha, chiếm khoảng 14% tổng diện tích tự nhiên (đất phù sa 87,4 ngàn ha; đất nâu thẫm trên sản phẩm bồi tụ đá bazan 10,1 ngàn ha; đất nâu đỏ trên đá bazan (Fk) 1,7 ngàn ha; đất nâu vàng trên đá bazan 3,9 ngàn ha; đất đỏ vàng biến đổi do trồng lúa 3,1 ngàn ha và đất thung lũng dốc tụ 2,0 ngàn ha) 86,7% diện tích còn lại là các loại đất nghèo dinh dưỡng.

Theo tài liệu nghiên cứu của Phân Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, tỉnh Bình Thuận gồm có 11 loại đất khác nhau, bao gồm: Nhóm đất cát biển (C) có diện tích 117.486 ha, chiếm 15,05% tổng diện tích đất; Nhóm đất mặn (M) có diện tích 852 ha, chiếm 0,115%; Nhóm đất phù sa (P) có diện tích 87.374 ha, chiếm 11,19%; Nhóm đất xám bạc màu (X, B) có diện tích 137.351 ha, chiếm 17,59%; Nhóm đất đỏ vàng (F) có diện tích 366.129 ha, chiếm 46,89%; Nhóm đất mùn vàng đỏ trên núi (H) có diện tích 10.325 ha, chiếm 1,32%; Nhóm đất thung lũng dốc tụ (D) có diện tích 5.102 ha, chiếm 0,65%; Nhóm đất xói mòn trơ sỏi đá (E) có diện tích 8.299 ha, chiếm 1,06%; Nhóm đất xám bạc màu bán khô hạn có diện tích 11.708 ha, chiếm 1,5% và đất khác (ao, hồ, sông suối) có diện tích 14.984 ha, chiếm 1,92%.

3.1.7. Thảm thực vật

Thảm thực vật ở Ninh Thuận khá nghèo nàn ở đồng bằng, nhưng phong phú ở vùng núi và trung du. Toàn tỉnh có 157,3 ha rừng với độ che phủ 46,8%. Diện tích rừng giàu khoảng 7.000 ha (chiếm 4,6%). Đối với tỉnh Bình Thuận, toàn tỉnh hiện có khoảng 351.000 ha rừng với độ che phủ 41%, trong đó khoảng 176.000 ha rừng sản xuất, hơn 143.000 ha rừng phòng hộ và hơn 32.000 ha rừng đặc dụng. Trồng rừng mới khoảng 3.800 ha trên đất chưa có rừng và khoanh nuôi tái sinh rừng 11.200 ha.

Thổ nhưỡng và thảm thực vật liên quan chặt chẽ với quá trình bổ cập từ nước mưa, nước mặt đến NĐĐ. Đất càng có tính chất thấm tốt thì khả năng nước mặt bổ được cho những tầng chứa nước nằm nông sẽ càng dễ dàng và nhiều hơn như đất phù sa, đất cát, nhóm đất này chủ yếu phân bố ở vùng đồng bằng ven biển góp phần làm tăng lượng bổ cập cho nước ngầm. Ngoài ra, những nhóm đất bạc màu, khả năng giữ nước kém chứa nhiều sét như đất đỏ vàng, đất xám phân bố nhiều ở vùng đồi núi không có tính thấm tốt nên nước mặt cung cấp cho nước dưới đất ít hơn từ đó ảnh hưởng đến quá trình bổ cập và gây ra XNM vào trong các TCN.

3.2. Một số đặc điểm kinh tế, xã hội

3.2.1. Dân cư

Dân số các tỉnh Ninh Thuận - Bình Thuận tính đến năm 2021 là 1.949.967 người, mật độ dân số trung bình đạt 174 người/km² là một trong những khu vực có nhiều thành phần dân tộc sinh sống. Toàn vùng có khoảng 34 dân tộc anh em; trong đó dân tộc Kinh là đông nhất, tiếp đến là các dân tộc Chăm, Ra Glai, Hoa, Cơ Ho, Tày, Chơ Ro, Nùng, Mường,.... Dân cư trong vùng nghiên cứu phân bố không đều, tập trung ở các thị xã, thị trấn dọc theo các trục quốc lộ, vùng núi cao thưa thớt.

Nhìn chung, các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận hiện đang có nguồn lao động trong thời kỳ vàng có thể đáp ứng nhu cầu nhân lực cho sự phát triển kinh tế của tỉnh. Tuy nhiên, sự phân bố nguồn lực thiếu hợp lý, tập trung vào các ngành có năng suất thấp cũng như chất lượng nguồn lực không cao sẽ là lực cản lớn đối với hai tỉnh khi muốn thay đổi cơ cấu kinh tế. Đáng chú ý là ở một số nơi khu vực miền núi cao, do điều kiện khô hạn nặng nề, nước tưới bấp bênh, đất xấu dần, một số nơi dân đã bỏ đi nơi khác làm ăn sinh sống.

3.2.2. Kinh tế

Ninh Thuận và Bình Thuận là hai tỉnh phía Nam vùng Duyên hải Nam Trung Bộ, có vị trí thuận lợi để phát triển kinh tế và đang trong quá trình công nghiệp hóa - hiện đại hóa. Đặc điểm kinh tế của khu vực nghiên cứu như sau:

3.2.2.1. Nông - Lâm nghiệp

a. Tỉnh Ninh Thuận

Diện tích lúa năm 2021 đạt 44,1 nghìn ha, tăng 16,1 nghìn ha so với năm trước; năng suất lúa ước tính đạt 62,4 tạ/ha, tăng 0,6 tạ/ha, điều kiện thời tiết thuận lợi và diện tích gieo trồng tăng nên sản lượng lúa ước tính đạt 275,48 nghìn tấn, tăng 74,5 nghìn tấn. Diện tích trồng cây lâu năm năm 2021 đạt 12,3 nghìn ha, giảm 2,1% so với năm 2020.

Chăn nuôi gia súc có sừng có xu hướng giảm do đồng cỏ tự nhiên ngày càng thu hẹp. Đàn trâu trong tỉnh chủ yếu dùng cho nhu cầu cồng tế của đồng bào Chăm. Đàn bò và đàn dê, cừu có xu hướng giảm do đồng cỏ tự nhiên giảm dần để phát triển các dự án năng lượng mặt trời, cộng thêm hàng năm tình hình khô hạn thường xảy ra.

Tính chung cả năm 2021, diện tích rừng trồng mới tập trung cả tỉnh ước tính đạt 298,6 ha, giảm 55,5% so với năm trước do không còn trồng theo Dự án bảo vệ và

phát triển lâm nghiệp. Số cây lâm nghiệp trồng phân tán đạt 201,6 nghìn cây, giảm 63,2%; sản lượng gỗ khai thác đạt 2 nghìn m³, tăng 85% do có một phần lớn diện tích gỗ rừng trồng được khai thác trắng từ Trường Đại học Nông Lâm TP HCM Phân hiệu Ninh Thuận; sản lượng củi khai thác đạt 17,7 nghìn ste, tăng 7,3%.

b. Tỉnh Bình Thuận

Diện tích trồng lúa năm năm 2021 đạt 200.604,1 ha, tăng 8,1% so với năm 2020. Cây lâu năm: Tổng diện tích gieo trồng đạt 111.295,1 ha, tăng 1,6% so với năm 2020.

Chăn nuôi: Đàn trâu, bò gia cầm phát triển ổn định; dịch bệnh trong chăn nuôi cơ bản được kiểm soát. Ước đàn trâu có 8.600 con, giảm 1,5% so với năm 2020. Đàn bò có 173.780 con, tăng 2% so với năm 2020. Đàn lợn có 321.500 con, tăng 5,8% so với năm 2020. Đàn gia cầm có 5.040 ngàn con, tăng 18,4% so với năm 2020 (trong đó đàn gà 3.651 ngàn con, tăng 28,1%).

Trong năm 2021, diện tích rừng trồng đạt 2.700 ha, tăng 6,8% so với năm 2020. Thực hiện giao khoán bảo vệ rừng đạt 137.650 ha.

3.2.2.2 Công nghiệp

a. Tỉnh Ninh Thuận

Chỉ số IIP toàn ngành công nghiệp năm 2021 ước tính tăng 24,64% so với năm 2020 (năm 2020 tăng 39,43%). Trong đó, ngành công nghiệp sản xuất và phân phối điện tiếp tục là điểm sáng của toàn ngành với mức tăng 43,11%; ngành chế biến, chế tạo tăng 1,53%, mức tăng thấp do ảnh hưởng dịch Covid-19 và không có năng lực mới tăng trong ngành; ngành cung cấp nước và xử lý rác thải, nước thải tăng 5,15%; ngành khai khoáng giảm 31,57%, chủ yếu ngành khai thác muối biển giảm 45,85% so cùng kỳ năm trước do giá cả và số lượng muối biển tiêu thụ rất thấp, muối tồn kho nhiều, chỉ số sản xuất ngành khai khoáng tác động làm giảm -2,29 điểm % vào chỉ số chung toàn ngành công nghiệp.

b. Tỉnh Bình Thuận

Chỉ số sản xuất toàn ngành công nghiệp (IIP) năm 2021 ước tăng 3,88% so với năm 2020. Trong đó ngành công nghiệp khai khoáng tăng 38,33%; ngành công nghiệp chế biến chế tạo tăng 3,58%; ngành sản xuất và phân phối điện, khí đốt, nước nóng, hơi nước và điều hòa không khí tăng 3,44%; ngành cung cấp nước, hoạt động quản lý và xử lý rác thải, nước thải giảm 2,62%.

3.2.2.4. Nuôi trồng thủy sản ven biển

Vùng nghiên cứu có diện tích mặt nước ven biển nhiều nên phù hợp để phát triển các hoạt động nuôi trồng thủy, hải sản. Đây là một lợi thế để thúc đẩy sự phát triển của kinh tế tỉnh.

Tỉnh Ninh Thuận: tổng sản lượng thủy sản năm 2021 ước đạt 133,8 nghìn tấn, tăng 4,1% so với năm 2020. Bao gồm cá đạt 121,3 nghìn tấn, tăng 6,4%; tôm đạt 6,3 nghìn tấn, giảm 11,4%; thủy sản khác đạt 6,2 nghìn tấn, giảm 17,4%. Đây là năm thứ hai liên tiếp tăng về sản lượng khai thác và giảm nuôi trồng.

Đối với tỉnh Bình Thuận: sản lượng nuôi trồng năm 2021 ước đạt 12.191,5 tấn, tăng 1,1% so với năm 2020 (trong đó cá các loại ước đạt 4.938 tấn, tăng 3%). Sản lượng khai thác ước đạt 225.211,5 tấn, tăng 1,8% so với năm 2020 (trong đó khai thác biển ước đạt 224.872,2 tấn, tăng 1,8%). Sản xuất giống thủy sản năm 2021 ước đạt 26 tỷ con, tăng 3,1% so với năm 2020 (chủ yếu là tôm giống).

Hoạt động nuôi tôm trên cát là nhiệm vụ NĐĐ diễn ra tại rất nhiều nơi. Ngoài ra việc phủ vải địa kỹ thuật để nuôi tôm trên cát đã làm giảm nguồn cung cấp của nước mưa cho NĐĐ trong khu vực, do khu vực là các tầng chứa nước lộ, lớp phủ bề mặt là cát nên khi mưa xuống nước mưa thấm trực tiếp qua lớp cát xuống tầng chứa nước, bổ sung cho NĐĐ.



Hình 3.8. Hoạt động nuôi trồng tôm thẻ chân trắng ở vùng nghiên cứu

3.3. Hiện trạng khai thác và sử dụng nước trong khu vực nghiên cứu

3.3.1. Hiện trạng khai thác sử dụng nước dưới đất

Vùng Ninh Thuận – Bình Thuận với đặc trưng là một mặt giáp biển, ba mặt giáp núi, mạng lưới sông suối ngắn và dốc, tiềm năng nước mặt hạn chế chính vì vậy nước dưới đất là nguồn cung cấp chủ yếu cho mọi hoạt động KTXH trong vùng.

Quá trình khai thác NĐĐ làm hạ thấp mực nước ngầm, thay đổi ranh giới nhiễm mặn trong TCN. Nếu quá trình này diễn ra theo hướng tiêu cực, biên mặn sẽ

lan dần đến khu vực khai thác là nước trong giếng khai thác bị nhiễm mặn và không thể sử dụng. Theo kết quả thống kê và thu thập tài liệu thì hiện trạng khai thác nước trong vùng cụ thể như sau:

a. Tại Ninh Thuận

- Tại cụm lỗ khoan: NT-01 (An Hải, Ninh Hải); NT-03 (Phường Mỹ Đông, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm); NT-04 (Nhơn Hải, Ninh Hải); NT-17 (Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm); NT-19 (Tân Hải, Ninh Hải); NT-20 (Bắc Hải, Thuận Bắc); NT-21 (Công Hải, Thuận Bắc); PN1, PN2, PN3, PN4, PN5 và PN6 (khu công nghiệp Phước Nam, Thuận Nam) khai thác với lưu lượng khoảng 1.900 m³/ng.

- Tại cụm lỗ khoan: LN01, LN02 (Nhơn Hải, Ninh Hải); LN03, LN04, LN05, LN06, LN07 (An Hải, Ninh Phước); LN08, LN09, LN10, LN11, LN12 (Phước Dinh, Ninh Phước); GKM1 (Mỹ Sơn, Ninh Sơn); GKPD1, GKPD2 (Phước Đại, Bác Ái) và GKPC1 (Phước Chính, Bác Ái) khai thác với lưu lượng đạt khoảng 2.800 m³/ng.

- Tại cụm lỗ khoan của tổ chức JICA (Nhật Bản): N-01 (Nhơn Hải, Ninh Hải), N-02 (Công Hải, Thuận Bắc), N-03 (Bắc Sơn, Thuận Bắc) và N-06 (Phước Hải, Ninh Phước) khai thác với lưu lượng đạt khoảng 400 m³/ng.

- Tại cụm lỗ khoan tại xã Công Hải (Thuận Bắc), Hòa Sơn, Lương Sơn, Ma Nổi (Ninh Sơn), Phước Kháng (Thuận Bắc), Phước Tân, Phước Thành, Phước Trung (Bác Ái) và Phước Vinh (Ninh Phước) khai thác với lưu lượng đạt khoảng 2.200 m³/ng.

Ngoài ra, trong vùng nghiên cứu hiện có khoảng gần 700 giếng đào đang khai thác nhỏ, đơn lẻ ở các hộ gia đình, trang trại. Tổng lưu lượng khai thác xác định được tại khoảng 180 giếng hút nước thí nghiệm là 7.820 m³/ng.

b. Tại Bình Thuận

Khai thác NĐĐ tại các khu vực đơn lẻ như Đại Hòa (Tuy Phong), thị trấn Sông Mao (Bắc Bình). Nhà máy nước Hòa Phú và một vài nơi khác bằng những trạm khai thác nhỏ với lưu lượng không quá 500 m³/ng. Đến nay toàn tỉnh có khoảng hơn 800 công trình được cấp phép khai thác NĐĐ với lưu lượng khoảng 20.000 m³/ng.

Ngoài các công trình nêu trên để phục vụ cấp nước đơn cho người dân trong tỉnh Trung tâm nước sinh hoạt đã tiến hành khoan khoảng 3.000 giếng khoan lỗ khoan quy mô nhỏ với lưu lượng khai thác khoảng 15 m³/ngày và một số công trình khai thác nước tập trung với quy mô nhỏ như: Hàm Đức, Hồng Sơn, Tiến Lợi, Hàm Tiến,

Mũi Né,... tổng lưu lượng khai thác đạt khoảng 45.000 m³/ng.

Với các số liệu thống kê về lượng NDD khai thác trong khu vực chúng ta thấy rằng lượng nước khai thác không lớn, tuy nhiên do quy trình thực hiện khoan giếng, chế độ khai thác nước không hợp lý đã đóng góp vào quá trình nhiễm mặn, nhiễm mặn NDD khu vực. Việc sử dụng nước của người dân là xuất phát từ nhu cầu và điều kiện thực tế, các giếng khoan được khoan không có tính đến bề dày của TCN, khoảng cách từ các giếng khoan đến vị trí biên mặn, nên một số nơi đã làm tăng sự khuếch tán của nước mặn từ biển và đâm phá vào nước dưới đất, dẫn đến giảm trữ lượng nước nhạt hoặc tăng độ khoáng hoá của nước dưới đất.

Trong khu vực hoạt động nuôi trồng thủy sản và khai thác khoáng sản ven biển đã tiến hành khoan giếng và sử dụng nước ngầm để phục vụ sản xuất. Khu vực ven biển là khu vực có bề dày tầng chức nước nhỏ, nhưng do nhu cầu đã tiến hành khai thác với lưu lượng lớn trong diện hẹp, dẫn đến quá trình hạ thấp mực nước tầng nhanh, đồng thời với quá trình này là quá trình XNM của nước biển vào TCN, làm nước dưới đất bị nhiễm mặn.

Như vậy, hoạt động khai thác nước dưới đất dẫn đến TCN bị nhiễm mặn trong vùng là do các giếng khai thác nước bố trí chưa hợp lý. Do đó cần đưa ra các giải pháp để giảm thiểu quá trình XNM đến nước dưới đất trong khu vực.

3.3.2. Các công thi thủy điện, hồ chứa

Thủy điện hoạt động được cần tích nước từ các dòng chảy của sông, sau đó lợi dụng thế năng của dòng nước để phát điện. Các hoạt động của những công trình thủy lợi, thủy điện phần nào ảnh hưởng cả hai mặt có lợi và cả có hại đến sự hình thành trữ lượng NDD. Điều này được thể hiện qua ranh giới giữa các con đập của các nhà máy thủy điện. Ở khu vực thượng lưu (trước đập), nước nhạt được tích chứa trong các hồ chứa nước lớn từ hồ chứa sẽ thấm qua đáy hồ bổ cập xuống cho nước dưới đất. Ở phần hạ lưu vào mùa khô khi lượng mưa ít, lượng dòng chảy mặt ít các thủy điện tích nước là lưu lượng dòng chảy mặt giảm, quá trình triều cường nước từ biển sẽ xâm nhập vào sâu trong đất liền. Qua hệ thống sông, nước mặt từ biển thấm qua lớp đất sông mang nước mặn vào tầng chứa nước gây ra quá trình nhiễm mặn TCN.

Trên địa bàn vùng nghiên cứu có nhiều nhà máy thủy điện phục vụ việc cấp điện và tích nước cho người dân trên địa bàn 2 tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận với quy mô nhỏ và vừa, có thể kể tới các nhà máy thủy điện như: nhà máy thủy điện Sông Pha (7,5MW), Sông Pha 1 (5,4MW), Sông Pha 2 (5,1MW), Sông Ông (8,1MW),

Hàm Thuận – Đa Mi (475MW), Đại Ninh (300MW), Bắc Bình (33MW), Đan Sách 1 (6MW), Đan Sách 2&3 (5,5MW).

Tỉnh Ninh Thuận hiện vận hành, khai thác 21 hồ chứa nước với tổng dung tích thiết kế là 194,5 triệu m³ (bảng 2.7). Đối với tỉnh Bình Thuận hiện có 48 hồ chứa thủy lợi các loại đang khai thác sử dụng với tổng dung tích thiết kế Wthiết kế là 341,9 triệu m³ (bảng 2.6). Tuy nhiên, vào mùa khô ở nhiều khu vực hạn hán, do nhiệt độ không khí cao quanh năm, lượng bốc hơi lớn nên tình trạng khô hạn và khan hiếm nước thường xuyên xuất hiện. Tại một số hồ chứa lượng nước còn lại rất ít chỉ đạt 30-50% dung tích thiết kế, thậm chí nhiều hồ khô cạn kiệt.

Bảng 3.6. Danh mục các đập, hồ chứa thủy lợi tỉnh Ninh Thuận

STT	Tên hồ	Địa điểm	Dung tích toàn bộ (tr.m ³)	STT	Tên hồ	Địa điểm	Dung tích toàn bộ (tr.m ³)
1	Sông Sắt	Bác Ái	69,33	12	Nước Ngọt	Ninh Hải	1,81
2	Sông Trâu	Thuận Bắc	31,53	13	Bàu Ngứ	Thuận Nam	1,6
3	Sông Biêu	Thuận Nam	23,78	14	CK7	Thuận Nam	1,43
4	Lanh Ra	Ninh Phước	13,88	15	Ông Kinh	Ninh Hải	0,83
5	Tân Giang	Thuận Nam	13,39	16	Phước Nhơn	Bác Ái	0,78
6	Trà Co	Bác Ái	10,1	17	Suối Lớn	Thuận Nam	1,1
7	Cho Mo	Ninh Sơn	8,8	18	Tà Ranh	Ninh Phước	1,22
8	Bà Râu	Thuận Bắc	4,67	19	Bàu Zôn	Ninh Phước	1,69
9	Thành Sơn	Ninh Hải	3,05	20	Ma Trai	Thuận Bắc	0,48
10	Phước Trung	Bác Ái	2,35	21	Ba Chi	Thuận Bắc	0,4
11	Núi Một	Thuận Nam	2,25				

Nguồn [68]

Bảng 3.7. Danh mục các đập, hồ chứa thủy lợi tỉnh Bình Thuận

STT	Tên hồ	Địa điểm	Dung tích toàn bộ (tr.m ³)	STT	Tên hồ	Địa điểm	Dung tích toàn bộ (tr.m ³)
1	Sông Quao	Hàm Thuận Bắc	80	25	Bo Bo	Bắc Bình	0,51
2	Sông Dinh 3	Hàm Tân	58,13	26	Tân Hà	Hàm Tân	0,5
3	Lòng Sông	Tuy Phong	37,16	27	Lâm Trường Sông Dinh	Tánh Linh	0,17
4	Sông Móng	Hàm Thuận Nam	37,16	28	Sông Mao	Bắc Bình	0,36
5	Cà Giây	Bắc Bình	36,92	29	Hồ Thiêm	Hàm Thuận Bắc	0,29
6	Biển Lạc	Tánh Linh	17,71	30	Suối Trâm	Hàm Thuận Bắc	0,29
7	Phan Dũng	Tuy Phong	13,67	31	Bông Dâu	Hàm Thuận Bắc	0,27

STT	Tên hồ	Địa điểm	Dung tích toàn bộ (tr.m ³)	STT	Tên hồ	Địa điểm	Dung tích toàn bộ (tr.m ³)
8	Suối Đá	Hàm Thuận Bắc	9,13	32	Suối Dẻ	Bắc Bình	0,25
9	Đá Bạc	Tuy Phong	8,94	33	Cà Giang - Hồng Sơn	Hàm Thuận Bắc	0,22
10	Núi Đất	La Gi	8,47	34	Bà Niên	Hàm Thuận Bắc	0,15
11	Ba Bàu	Hàm Thuận Nam	6,94	35	Hồ Đạo	Hàm Thuận Bắc	0,15
12	Đaguyri	Hàm Thuận Bắc	4,94	36	Cây Bông	Hàm Thuận Bắc	0,12
13	Đu Đủ	Hàm Thuận Nam	3,62	37	Hồ Dòng	Hàm Thuận Bắc	0,12
14	Trà Tân	Đức Linh	3,6	38	Đatrian	Hàm Thuận Bắc	0,1
15	Sông Phan	Hàm Thuận Nam	2,17	39	Bà Ký	Hàm Thuận Nam	0,1
16	Sông Khán	Hàm Thuận Bắc	1,99	40	Hồ Lúa	Hàm Thuận Bắc	0,1
17	Saloun	Hàm Thuận Bắc	1,15	41	Suối Thị	Hàm Thuận Nam	0,08
18	Cắm Hang	Hàm Thuận Bắc	1,18	42	Ông Xã	Hàm Thuận Nam	0,08
19	Tân Lập	Hàm Thuận Nam	1,07	43	Hồ Sau	Hàm Thuận Bắc	0,08
20	Hộc Tám	Hàm Thuận Bắc	0,83	44	Giếng Cỏ	Hàm Thuận Bắc	0,08
21	Cà Giang	Hàm Thuận Bắc	0,73	45	Hồ Trước	Hàm Thuận Bắc	0,08
22	Găng Làng	Hàm Thuận Bắc	0,72	46	Hồ Sẻ	Hàm Thuận Bắc	0,08
23	Năm Heo	Bắc Bình	0,7	47	Đá Mang	Hàm Thuận Bắc	0,07
24	Tà Mon	Hàm Thuận Nam	0,66	48	Chùm Gang	Hàm Thuận Bắc	0,06

Nguồn [68]

3.4. Đặc điểm địa chất thủy văn

Đặc điểm tài nguyên NDD vùng nghiên cứu được đánh giá trên cơ sở tổng hợp các nguồn tài liệu đã thu thập được, tài liệu đo vẽ lập bản đồ ĐCTV và nhiều dạng tài liệu khác (đo vẽ ĐCTV, ĐVL, khoan ĐCTV, thí nghiệm hút nước được tiến hành trong giai đoạn từ năm 2008 - 2014 [69], phân tích mẫu nước, quan trắc động thái NDD,...) đã thực hiện từ trước đến nay.

Theo nguyên tắc “Dạng tồn tại của nước dưới đất”, trong vùng nghiên cứu tồn tại 03 tầng chứa nước lỗ hổng, 04 tầng chứa nước khe nứt và các thành tạo địa chất rất nghèo nước, cụ thể như sau:

Các tầng chứa nước lỗ hổng

- TCN lỗ hổng các trầm tích Đệ tứ không phân chia (q)
- TCN lỗ hổng các trầm tích Holocen (qh)
- TCN lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp)

Các tầng chứa nước khe nứt

- TCN khe nứt trầm tích Pliocen trên (n_2)
- TCN khe nứt phun trào bazan Pliocen - Pleistocen ($\beta n-q_1$)
- TCN khe nứt Creta trên (k_2)
- TCN khe nứt trầm tích Jura giữa (j_2)

Các thành tạo địa chất rất nghèo nước hoặc không chứa nước.

Trong phạm vi nghiên cứu của luận án chỉ tập trung nghiên cứu về các TCN lỗ hổng do vậy trong phần này tác giả chỉ tập trung mô tả đặc điểm ĐCTV của các tầng chứa nước lỗ hổng.

3.4.1. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Đệ tứ không phân chia (q).

Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Đệ tứ không phân chia (q), được tạo thành bởi các thành tạo sừn tích (dQ), sừn tích - lũ tích (dpQ), tàn tích - sừn tích (edQ), bồi tích - sừn tích (adQ) và sông - lũ - sừn tích (apdQ).

Tầng chứa nước (q) phân bố trên các sừn, chân núi, các trũng giữa núi và dòng chảy tạm thời, ở ven rìa các đồng bằng trước núi, thành những mảng không liên tục. Chiều dày TCN thay đổi từ 0,5 đến 7,0 m, có nơi đến 17,0 m (LK1016 - Hàm Tân - Bình Thuận), giá trị thường gặp 3 - 5m. Chiều sâu phân bố mái TCN từ 0 đến 17,5 m, đáy tầng thay đổi từ 1,0 đến 25,0 m. Tổng diện tích phân bố ở Ninh Thuận khoảng 198 km² và Bình Thuận khoảng 215 km². Thành phần tầng chứa nước này, bao gồm: cát, cát bột sét, dăm, cuội sạn, các tầng và mảnh vụn đá gốc, lẫn sạn sỏi, cát đa khoáng, kết cấu rời rạc.

Mực nước tĩnh khu vực Ninh Thuận thay đổi từ 0,17 m (giếng GN36) đến 8,9 m (LKPN5), trung bình 3,57 m; khu vực Bình Thuận dao động từ 2,83 m (giếng GH46) đến 5,98 m (LK1016), trung bình 4,35 m.

Khả năng thấm của đất đá trong tầng chứa nước này khá đa dạng, thay đổi từ trên xuống dưới, phụ thuộc vào thành phần hạt. Hệ số thấm các giếng biến đổi từ 0,37 m/ngày (GN77) đến 2,48 m/ngày (GN36), trung bình là 1,43 m/ngày. Hệ số thấm theo tài liệu hút nước thí nghiệm ở lỗ khoan dao động từ 0,14 m/ngày (LK911) đến 1,35 m/ngày (NM13). Như vậy, TCN (q) thuộc mức độ nghèo nước.

Tổng khoáng hóa của nước trong tầng dao động từ 0,04 đến 1,47 g/l, trung bình 0,36 g/l, thuộc loại nước siêu nhạt đến nhạt. Loại hình hóa học của nước chủ yếu là bicarbonat natri, bicarbonat natri - calci, bicarbonat calci - natri.

Nguồn bổ cập cho tầng chứa nước này là nước mưa, nước mặt và từ các TCN nằm trên; miền thoát là mạng thủy văn trong vùng. Theo tài liệu khảo sát giếng, về

mùa mưa mực nước thường dâng cao, song về mùa khô mực nước hạ xuống đáng kể, sạt đáy giếng hoặc bị cạn kiệt.

Bảng 3.8. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng và lỗ khoan trong TCN Đệ tứ không phân chia (q)

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Hệ số thấm (m/ng)	Ghi chú
		X (m)	Y (m)							
I	Tỉnh Ninh Thuận									
1	GN2	1269699	266326	5,2	0,52	0,14	1,24	0,96	0,75	Giếng
2	GN7	1269006	260796	4,54	0,72	0,1	1,08	0,73	1,19	Giếng
3	GN36	1306835	287654	3,28	0,17	0,22	1,03	0,29	2,48	Giếng
4	GN63	1307314	254652	3,1	1,14	0,05	1,24	0,57	0,63	Giếng
5	GN74	1308274	287792	4,72	3,04	0,16	0,95	0,22	0,77	Giếng
6	GN75	1314835	280089	5,85	1,92	0,55	2,57	0,39	1,77	Giếng
8	GN77	1311057	271206	9,61	1,31	0,1	4,63	0,24	0,37	Giếng
9	GN78	1308188	268989	11,6	8,68	0,12	2,25	0,23	0,9	Giếng
11	GN80	1310148	262343	7,2	2,9	0,13	2,51	0,76	0,79	Giếng
12	GN82	1313846	262879	7,5	1,9	0,13	3,2	0,12	0,55	Giếng
13	GN92	1296050	260764	8,32	6,57	0,11	1,18	0,33	1,39	Giếng
14	GN95	1300233	259689	7,3	5,41	0,11	1,03	0,8	1,39	Giếng
15	GN97	1300908	258387	10,72	7,63	0,11	1,05	0,57	1,79	Giếng
16	NM13	1295962	287272	20	2,73	0,9	3,88	1,47	1,35	LK
17	PN5	1270056	269395	12	8,9	0,5	1,42	0,62	1,1	LK
	Lớn nhất				8,9	0,9		1,47	2,48	
	Nhỏ nhất				0,17	0,05		0,12	0,37	
	Trung bình				3,57	0,23		0,55	1,15	
II	Tỉnh Bình Thuận									
1	GH19	1226927	815750	7,5	4,6	0,09	2,26	0,18	0,51	Giếng
2	GH20	1215534	777278	6,5	4,1	0,17	1,89	0,14	1,27	Giếng
3	GH45	1244356	812417	7,5	4,25	0,22	1,04	0,04	2,8	Giếng
4	GH46	1245070	813234	7,5	2,83	0,32	2,5	0,11	1,2	Giếng
5	LK911	1220993	788534	18	3,3	0,03	5,98	0,11	0,14	LK
6	LK1016	1200198	813158	28,8	5,98	0,85	6,26	0,32	0,4	LK
	Lớn nhất				5,98	0,85		0,18	2,8	
	Nhỏ nhất				2,83	0,03		0,04	0,14	
	Trung bình				4,18	0,28		0,15	1,1	

Nguồn: [69]

3.4.2. Tầng chứa nước lỗ hồng các trầm tích Holocen (qh)

Tầng chứa nước lỗ hồng các trầm tích Holocen được tạo thành bởi các trầm

tích biển (mQ_2^2 , mQ_2^{2-3} , mQ_2^3), trầm tích biển - đầm lầy (mbQ_2^2 , mbQ_2^{2-3} , mbQ_2^3), trầm tích gió (vQ_2^2 , vQ_2^{2-3} , vQ_2^3), trầm tích sông - biển (amQ_2^3 , amQ_2^{2-3} , amQ_2^2 và amQ_2^{1-2}), trầm tích sông (aQ_2^{2-3} , aQ_2^3 và aQ_2^{1-2}), trầm tích sông - biển (amQ_2^3) và trầm tích hồ - đầm lầy (lbQ_2^{2-3}).

Qua kết quả điều tra bổ sung như đo địa vật lý, lấy và phân tích thành phần hoá học, điều tra hiện trạng khai thác có thể xác định hiện trạng phân bố chiều dày và ranh giới mặn nhạt của TCN như sau: Trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận TCN lỗ hồng các trầm tích Holocen (qh) phân bố rộng rãi ở đồng bằng Phan Rang, dọc thung lũng sông Cái, khu vực Công Hải xuống An Nhơn, Phước Hậu - Phước Hải, Phương Hải,... Tổng diện tích lộ khoảng 305,89 km² (diện tích phần nước nhạt là 142,19 km², nước mặn là 163,70 km²). Trên địa bàn tỉnh Bình Thuận TCN (qh) phân bố ở các đồng bằng Vĩnh Hảo, Tuy Phong, Bắc Bình, Hàm Thuận Bắc, dọc theo thung lũng sông Phan, sông Dinh, sông Lòng Sông, sông La Ngà, vùng trũng Đức Linh - Tánh Linh, khu vực Bàu Sen, Hàm Tân, Thuận Quý, Tân Thành,... Tổng diện tích khoảng 953,47 km² (diện tích nước nhạt là 427,27 km², nước mặn là 526,20 km²), (xem Phụ lục 5.1, 5.2 và 6).

So với kết quả trước đây của Báo cáo "Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc" đối với tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận, tổng diện tích phân bố TCN qh giảm 112,84 km² (diện tích nước nhạt giảm 555,94km², nước mặn tăng 443,10 km²).

Thành phần đa dạng và hỗn tạp, gồm cuội, sỏi đa khoáng, cát thạch anh, cát pha, cát lẫn bột sét, cát sét pha, bột, sét, cát chứa sạn, chứa vỏ sò, mảnh san hô màu xám đen, xám vàng, kết cấu rời rạc. Chiều dày tầng chứa nước Holocen thay đổi từ 0,1 – 2,0 m đến 20,0 – 47,6 m, trung bình khoảng 14,19 m.

Tầng chứa nước (qh) được chia ra hai khu vực có mức độ chứa nước khác nhau là khu vực nghèo nước và khu vực tương đối giàu nước.

3.4.2.1 Khu vực nghèo nước

a. Đối với tỉnh Ninh Thuận

Khu vực nghèo nước phân bố chủ yếu ở trung tâm, Tây Nam, Đông Bắc của đồng bằng Phan Rang và dọc theo QL27 từ Phan Rang - Tháp Chàm đến Mỹ Sơn (Ninh Sơn). Thành phần đất đá chủ yếu là cát sét, bột - sét, sét pha, cát pha, mùn thực vật. Nước trong tầng thuộc loại không áp, có độ sâu mực nước dao động từ 0,2 m (NT-18) đến 6,24 m (GN91), giá trị thường gặp từ 1,0 đến 2,0 m.

Kết quả hút nước thí nghiệm của 35 giếng cho thấy lưu lượng thay đổi từ 0,05 l/s (GN27) đến 0,91 l/s (GN14), trung bình là 0,3 l/s; hệ số thấm của đất đá trong tầng chứa nước dao động từ 0,17 m/ng (GN24) đến 5,15 m/ng (GN108), thường gặp 1,0 đến 2,0 m/ng. Lưu lượng các lỗ khoan thay đổi từ 0,20 l/s (LK608) đến 0,55 l/s (NM21), trung bình là 0,36 l/s. Điện trở suất của đất đá dao động từ 5,69 đến 18 Ω m, ở diện tích nước bị nhiễm mặn thường nhỏ hơn 10 Ω m.

Bảng 3.9. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Ninh Thuận.

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mực nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)
		X (m)	Y (m)					
1	LK608	1279167	275341	25	0,46	0,2	9,08	1,21
2	NT-18	1286916	281477	10	0,2	0,21	7,15	8,1
3	LK607	1280002	282000	26,3	5,5	0,34	9,01	3,39
4	N782	1305001	302031	12	2,6	0,5	6,20	1,36
5	NM21	1277242	275891	28	0,92	0,55	7,8	1,77
	Lớn nhất				5,5	0,55	9,08	8,1
	Nhỏ nhất				0,2	0,2	7,15	1,21
	Trung bình				1,94	0,36	8,26	3,17

Nguồn: [69]

b. Đối với tỉnh Bình Thuận

TCN (qh) phân bố thung lũng sông La Ngà, khu vực Tân Thành, Tân Thắng, Đa Kai, khu vực gần cửa sông Phan, sông Cà Ty, sông Cái, sông Lũy... Thành phần đất đá chủ yếu là cát sét, bột - sét, sét pha, cát pha, đôi nơi chứa mùn thực vật.

Nước trong tầng thuộc loại không áp, độ sâu mực nước dao động từ 0,05m (LK916) đến 11,55 m (LK702), giá trị thường gặp từ 1,5 đến 2,5 m.

Kết quả hút nước thí nghiệm của 29 giếng cho thấy lưu lượng các giếng thay đổi từ 0,06 l/s (GB13) đến 0,91 l/s (GB39), trung bình 0,45 l/s; hệ số thấm từ 0,72 m/ng (GB22) đến 4,53 m/ng (GB30), thường gặp 2,0 đến 3,0 m/ng. Lưu lượng các lỗ khoan thay đổi từ 0,054 l/s (LK702) đến 0,99 l/s (GBT9), giá trị thường gặp từ 0,2 đến 0,4 l/s; hệ số thấm từ 0,02 m/ng (BBM9) đến 4,76 m/ng (LK918), thường gặp từ nhỏ hơn 1,0 m/ng. Điện trở suất của TCN dao động từ 29,1 đến 72,9 Ω m.

Bảng 3.10. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong

TCN Holocen (qh) khu vực Bình Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Hệ số thấm (m/ng)	
		X (m)	Y (m)							
1	BBM9	1244453	887288	25	1,80	0,07	10,20	1,50	0,02	
2	BBM11	1243882	884235	20	2,87	0,50	6,00	0,28	0,63	
3	LK702	1243418	893579	42	11,50	0,05	5,94	1,54	0,05	
4	LK901	1239871	771157	18	2,03	0,27	1,42	0,05	2,64	
5	LK903A	1242004	775665	26	0,44	0,68	8,10	0,21	0,81	
6	LK905	1242342	781083	18	3,20	0,58	1,73	0,10	4,24	
7	LK910	1241269	785176	30	1,51	0,20	11,18	0,21	0,30	
8	LK916	1238220	790994	17	0,05	0,21	5,78	0,18	0,62	
9	LK918	1232934	785152	18	0,78	0,30	5,39	0,07	4,76	
10	LK1005	1185224	805677	21	2,28	0,35	4,99	0,11	0,46	
11	LK1007	1187212	813660	16	0,12	0,17	6,38	0,10	0,54	
12	LK1010	1188617	815089	25	0,42	0,66	11,98	1,99	0,45	
13	LK1013	1186822	823342	15	0,60	0,11	3,23	0,08	0,68	
14	LK1015	1196837	813069	15	4,54	0,07	2,48	1,78	0,76	
15	BT9	1227166	877056	40	1,52	0,99	5,11	0,14	0,64	
16	GD4	1201900	832911	10	3,15	0,58	0,29	0,16	0,35	
17	BT8	1191668	827300	25	5,07	0,26	5,88	0,25	4,40	
18	BT11	1192474	827382	23	4,77	0,32	5,89	0,09	1,29	
		Lớn nhất				11,55	0,99	25,80	1,99	4,76
		Nhỏ nhất				0,05	0,05	0,29	0,05	0,02
		Trung bình				2,64	0,33	6,61	0,84	1,34

Nguồn: [69]

3.4.2.2 Khu vực tương đối giàu nước

a. Đối với tỉnh Ninh Thuận

Diện tích khu vực tương đối giàu nước phân bố đan xen với khu vực nghèo nước. Nước trong tầng thuộc loại không áp, có độ sâu mực nước thay đổi từ 0,14 m (NT-21) đến 5,5 m (PR19), giá trị thường gặp từ 1,5 đến 3,0 m.

Lưu lượng các giếng và lỗ khoan thay đổi từ 1,0 l/s (GN35, GN59) đến 4,16 l/s (LN-07), giá trị thường gặp từ 1,5 đến 2,0 l/s; hệ số thấm thường > 1,0 m/ng.

Nhìn chung nước trong tầng Holocen chủ yếu là nước siêu nhạt đến mặn. Tổng độ khoáng hóa thay đổi từ 0,27 (GN107) đến 18,88 g/l (NT-19), giá trị thường gặp từ 0,3 - 0,9 g/l. Loại hình hóa học nước rất đa dạng, chủ yếu là bicarbonat- clorua natri-

calci, bicarbonat- clorua natri, bicarbonat- clorua calci- natri,...

Bảng 3.11. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Ninh Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Ghi chú
		X (m)	Y (m)						
1	GN23	1283279	273952	5,51	2,07	1,43	1,04	2,33	Giếng
2	GN35	1304873	292337	5,83	2,52	1,00	0,88	0,41	Giếng
3	GN69	1302775	290540	3,83	0,82	1,00	1,07	0,29	Giếng
4	N759	1305338	293176	5,00	3,20	1,00	1,35	1,42	Giếng
5	NT23	1279608	284292	4,80	1,20	1,00	1,50	2,02	Giếng
6	N460	1289397	284316	1,90	1,20	1,33	4,64	1,48	Giếng
7	NT-10	1276841	281437	5,35	3,76	2,58	0,41	0,30	Giếng
8	NT-01	1277243	279124	35,68	1,40	1,13	3,40	0,34	LK
9	PR10	1280800	275490	35,00	3,00	1,20	5,50	0,65	LK
10	NT-19	1289166	284683	12,20	0,25	1,33	4,64	18,88	LK
11	NT-03	1277895	282878	16,57	1,30	1,75	1,75	2,49	LK
12	LK816	1286713	280720	25,10	1,90	1,93	3,62	2,79	LK
13	PR19	1285250	277400	25,00	5,50	2,08	10,10	1,20	LK
14	LK606	1277290	280935	65,50	1,06	2,26	19,35	18,32	LK
15	LN-04	1276934	281288	17,80	4,00	2,70	2,77	0,33	LK
16	NT-21	1305348	292781	20,00	0,14	2,75	6,42	0,66	LK
17	LN-03	1277309	278662	17,00	4,00	3,33	1,05	0,35	LK
18	LN-05	1275354	282206	15,00	3,50	3,63	2,40	0,95	LK
19	LN-06	1274882	281164	16,50	3,80	4,02	0,90	0,38	LK
20	LN-07	1273697	280959	15,00	3,30	4,16	1,50	1,02	LK
		Lớn nhất			5,50	4,16		18,88	
		Nhỏ nhất			0,14	1,00		0,29	
		Trung bình			2,40	2,08		2,83	

Nguồn: [69]

b. Đối với tỉnh Bình Thuận

Diện tích tương đối giàu nước phân bố ở các đồng bằng Tuy Phong, Bắc Bình, Hàm Thuận Bắc, dọc theo các thung lũng sông Lòng Sông, sông Cái, sông Mao, không liên tục dọc theo bờ biển từ Tuy Phong đến Hàm Tân... Thành phần đất đá chủ yếu là cát, sạn lẫn cuội, cát pha, sét pha.

Nước trong tầng thuộc loại không áp, độ sâu mực nước dao động từ 0,0 m (GB37) đến 6,17 m (G15), giá trị thường gặp từ 2,0 đến 3,0 m.

Lưu lượng các giếng dao động từ 1,0 l/s (GB24) đến 4,44 l/s (GB1), giá trị

thường gặp từ 1,0 đến 1,5 l/s; hệ số thấm dao động trong khoảng khá lớn từ 3,13 m/ng (GB29) đến 46,93 m/ng (GB1), thường gặp 5,0 đến 8,0 m/ng. Lưu lượng các lỗ khoan từ 1,1 l/s (BT7) đến 2,0 l/s (G14), thường gặp từ 1,0 đến 1,5 l/s; hệ số thấm dao động từ 0,77 m/ng (G14) đến 11,63 m/ng (LK917), thường gặp từ 1,5 - 2,0 m/ng.

Bảng 3.12. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng và lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Holocen (qh) khu vực Bình Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Ghi chú
		X (m)	Y (m)						
1	GB01	1239329	890142	3,12	0,93	4,44	1,32	0,25	Giếng
2	GB11	1241281	885836	8	4,1	2,04	1,79	0,61	Giếng
3	GB24	1239381	888399	5	3,05	1	1,16	1,11	Giếng
4	GB25	1240770	886778	3,9	2,3	1,04	1,31	0,65	Giếng
5	GB26	1241339	884981	5	2,2	1,14	2,51	0,64	Giếng
6	GB27	1240410	882410	5,2	0,4	1,19	3,56	0,82	Giếng
7	GB28	1243591	883944	8,5	3,2	1,16	2,67	0,82	Giếng
8	GB29	1243772	884197	6,5	1,8	1,02	2,64	0,36	Giếng
9	GB37	1247298	882765	4,3	0	1,11	2,61	0,11	Giếng
10	GB49	1254750	913250	4,4	1	3,33	1,23	0,36	Giếng
	Lớn nhất				4,1	4,44	3,56	1,11	
	Nhỏ nhất				0	1	1,16	0,11	
	Trung bình				1,9	1,75	2,08	0,57	
1	LK917	1234407	786587	22,4	1,45	1,37	5	0,046	LK
2	BT4	1225202	875225	55	0,88	1,2	3,43	0,14	LK
3	BT5	1225681	875762	40	1,28	1,13	3,11	0,14	LK
4	BT7	1226189	876266	37	1,53	1,1	4,04	0,15	LK
5	BT2	1240856	875380	40	5,37	1,12	5,89	0,165	LK
6	G14	1217486	865528	35	3,73	2	9,33	0,065	LK
7	G15	1240459	888184	12	6,17	1,39	0,74	0,045	LK
	Lớn nhất				6,17	2	9,33	0,165	
	Nhỏ nhất				0,88	1,1	0,74	0,045	
	Trung bình				2,92	1,33	4,51	0,11	

Nguồn: [69]

Nhìn chung nước trong tầng Holocen là nước siêu nhạt đến mặn, có tổng độ khoáng hóa thay đổi từ 0,045 g/l (G15) đến 18,8 g/l (LKNT-19), giá trị thường gặp từ 0,5 - 0,9 g/l. Các trầm tích thuộc khu vực này, thường phân bố ven biển, các cửa

sông suối nên có tổng độ khoáng hóa cao do nhiễm mặn từ nước biển, trong số 88 công trình thí nghiệm thì có tới 22 công trình nước bị nhiễm mặn (độ khoáng hóa $M = 1,6 - 18,88$ g/l). Loại hình hóa học của nước chủ yếu bicarbonat clorua calci - natri. Ở vùng cửa sông, ven biển NĐĐ thường bị nước biển xâm nhập gây nhiễm mặn, tổng độ khoáng hóa tăng lên trên 1,0 g/l và nước chuyển sang loại hình clorua bicarbonat, clorua natri - calci.

Động thái của nước trong tầng này thay đổi theo mùa, có sự liên hệ chặt chẽ với nước mưa và nước mặt. Nguồn bổ cập cho tầng này chủ yếu là nước mưa và nước mặt. Miền thoát theo mạng sông suối, các điểm lộ nước, ngầm xuống cung cấp cho các TCN nằm dưới và thoát ra biển.

Tầng chứa nước (qh) có ý nghĩa rất quan trọng trong cung cấp nước đối với vùng khô hạn như các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận.

3.4.3. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp)

Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp) được tạo thành bởi các trầm tích sông (aQ_1^{1-2} , $aQ_1^{3.2}$), sông - hồ (alQ_1^{2-3} , $alQ_1^{3.2}$), sông - biển (amQ_1^{2-3} , $amQ_1^{3.2}$), biển (mQ_1^{2-3} , $mQ_1^{3.2}$, mQ_1^3 , $mQ_1^{2.1}$), biển - tương bar cát ($m^bQ_1^{2-3}$, $m^bQ_1^{3.2}$), gió (vQ_1^3), sừn tích - lữ tích (dpQ_1^{1-2}) và sông - lữ ($apQ_1^{2.2}$).

Trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận chúng phân bố chủ yếu khu vực sân bay Thành Sơn, xã Tân Hải và phía Nam của đồng bằng Phan Rang, xã Phước Hòa (Bác Ái) đến Quảng Sơn (Ninh Sơn). Tổng diện tích của tầng chứa nước khoảng 689,16 km² (diện tích phần nước nhạt là 59,26 km², nước mặn là 629,90 km²). TCN (qp) phân bố rộng rãi ở tỉnh Bình Thuận, chủ yếu ở đồng bằng địa hình thấp từ Tuy Phong đến Hàm Tân, dọc QL.1A, khu vực Hàm Hiệp, Hàm Phú, Hàm Liêm, dọc theo một số sông La Ngà, sông Cà Tôt, sông Ca Tô,... Tổng diện tích lộ khoảng 1.703,12 km² (diện tích phần nước nhạt là 1.411,22 km², nước mặn là 291,90 km²), (xem Phụ lục 5.1, 5.2 và 6).

So với kết quả trước đây của Báo cáo "Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc" đối với tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận, tổng diện tích phân bố TCN qp tăng 667,97km² (diện tích nước nhạt giảm 127,13km², nước mặn tăng 795,10 km²).

Thành phần thạch học của TCN đa dạng và hỗn tạp, gồm cát thạch anh, cát lẫn bột sét, cát lẫn sét, bột, sét, phần dưới là cuội, sạn, màu xám đen, xám vàng, nâu đỏ, trạng thái rời rạc.

Chiều dày trầm tích thay đổi theo vùng: khu vực tỉnh Ninh Thuận chiều dày thay từ 0,13 m đến 42,9 m, thường gặp từ 3 đến 7 m. Đối với tỉnh Bình Thuận ở vùng Hàm Tân - Phan Thiết thường gặp từ 10 - 55 m, vùng Bắc Bình: 8 - 48 m, vùng Tuy Phong: 5 - 95 m, vùng Đức Linh: 5 - 15 m. Chiều sâu mái TCN từ 0 đến 12,3 m (Ninh Thuận) và từ 0 đến 6,5 m (Bình Thuận); độ sâu đáy từ 0,7 đến 21,0 m (Ninh Thuận) và từ 4,3 m đến 130 m (tầng cát đỏ Bình Thuận).

Tầng chứa nước (qp) được chia ra hai khu vực có mức độ chứa nước khác nhau là khu vực nghèo nước và khu vực tương đối giàu nước.

3.4.3.1 Khu vực nghèo nước

a. Đối với tỉnh Ninh Thuận

Khu vực này chiếm một diện tích đáng kể ở đồng bằng Phan Rang, khu vực Nhơn Sơn (Ninh Sơn), Tân Hải (Ninh Hải). Thành phần đất chủ yếu là hạt mịn sét pha, cát pha màu nâu đỏ. Nước trong tầng thuộc loại nước ngầm, có độ sâu mực nước từ 0,0 m (NM16) đến 5,45 m (GN103, giá trị thường gặp từ 1,0 đến 1,5 m.

Lưu lượng các giếng và lỗ khoan dao động từ 0,06 l/s (GN70) đến 0,83 l/s (GN8), trung bình là 0,23 l/s; hệ số thấm từ 0,13 m/ng (GN32) đến 4,33 m/ng (GN4). Điện trở thay đổi từ 10,1 đến 179 Ω m, giá trị trung bình khoảng 72 Ω m.

Bảng 3.13. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Ninh Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	
		X (m)	Y (m)						
1	NM16	1290841	273777	25	0	0,16	5,25	1,28	
2	NM12	1279607	280374	120	2,35	0,95	21,49	4,96	
3	NM20	1281319	271678	25,2	0,58	0,42	8,04	6,02	
4	NM27	1284728	273424	19	3,5	0,1	6,19	-	
5	NT-22	1292308	288858	8,5	0,22	0,22	5,53	0,44	
6	LK803A	1265937	269582	21	1,72	0,32	8,24	22,88	
7	NT-20	1288249	288312	9,5	0,4	0,43	4,64	0,88	
8	NT-04	1282674	294385	26,28	1,7	0,46	10,8	0,97	
9	LK815A	1274193	272629	16,2	0,7	0,56	4,91	0,9	
10	LN-12	1268289	277281	35,2	0,82	0,8	7,36	0,73	
		<i>Lớn nhất</i>				3,5	0,95	21,49	22,88
		<i>Nhỏ nhất</i>				0	0,1	4,64	0,44

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)
		X (m)	Y (m)					
<i>Trung bình</i>					1,2	0,44	8,25	4,34

Nguồn: [69]

b. Đối với tỉnh Bình Thuận

Khu vực này phân bố ở khu vực Vĩnh Hảo, Liên Hương, Hồng Thái, sân bay Phan Thiết, Tân Thắng, Hàm Tân... Thành phần đất đá chủ yếu là cát thạch anh lẫn cuội sỏi, sạn, cát sét pha.

Nước trong tầng thuộc loại nước ngầm, độ sâu mực nước thay đổi từ 0,2 m (LK56/16A) đến 104,0 m (LK41/15), giá trị thường gặp từ 1,5 đến 3,0 m. Khu vực có mực nước sâu chủ yếu thuộc trầm tích biển tương bar cát (mbQ_1^{2-3pt}) có màu đỏ đặc trưng của hệ tầng Phan Thiết, độ sâu mực nước từ 46,3 m (LK75/30) đến 104,0 m (LK41/15).

Kết quả bơm nước thí nghiệm 15 giếng cho thấy lưu lượng các giếng từ 0,07 l/s (GB16) đến 0,91 l/s (GB32), trung bình là 0,31 l/s; hệ số thấm từ 0,84 m/ng (GB31) đến 4,0 m/ng (GB32), thường gặp 1,0 đến 2,0 m/ng. Lưu lượng các lỗ khoan từ 0,04 l/s (BBM8) đến 0,9 l/s (LK8), giá trị trung bình là 0,32 l/s; hệ số thấm từ 0,01 m/ng (LK713) đến 3,18 m/ng (LK23), giá trị thường gặp <0,5 m/ng.

Bảng 3.14. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực nghèo nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Bình Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Hệ số thấm (m/ng)
		X (m)	Y (m)						
1	BBM8	1255670	874571	25,00	2,50	0,04	7,23	-	0,02
2	LK713	1244669	893129	40,00	0,83	0,28	8,65	2,05	0,01
3	LK921	1236674	797509	22,50	1,76	0,32	4,08	0,33	0,98
4	LK922	1239076	792528	25,70	1,26	0,08	8,75	0,75	0,07
5	LK923	1232452	791175	30,30	3,95	0,06	2,93	0,14	0,11
6	LK1a	1245099	882880	40,00	1,50	0,06	6,20	1,34	0,06
7	LK8	1242727	875556	14,00	3,18	0,90	0,59	0,10	0,15
8	LK15	1242727	875556	50,00	7,50	0,15	18,7	1,09	0,07
9	LK23	1242309	865409	23,00	3,30	0,75	3,36	1,12	3,18
10	LK1001	1179559	795980	34,00	16,32	0,09	4,00	0,06	0,07

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Hệ số thấm (m/ng)	
		X (m)	Y (m)							
11	LK1002	1178182	789321	22,00	2,00	0,15	5,00	0,24	0,28	
12	LK1016	1199726	812740	28,80	5,98	0,85	6,26	0,32	0,43	
13	LK1017	1196844	822500	85,20	31,00	0,14	11,6	0,06	0,02	
14	LK1018	1200725	823779	61,00	28,00	0,17	10,2	0,07	0,03	
15	LK1020	1201534	820712	21,60	2,31	0,59	6,07	0,65	0,44	
16	LK1021	1205799	824123	12,00	3,00	0,18	1,50	0,57	1,09	
17	LK606	1229343	849414	23,20	1,28	0,60	4,50	0,27	2,06	
18	LK611	1247037	859062	40,20	6,80	0,10	1,09	0,56	0,21	
19	PT23p	1211706	844581	26,00	7,12	0,26	6,61	0,24	0,43	
20	GD8	1228688	879064	10,90	2,37	0,43	0,09	0,02	1,69	
21	GD9	1222367	845939	16,00	2,00	0,35	6,82	1,97	0,56	
22	BT10	1194629	827462	23,00	2,75	0,12	8,66	0,26	2,41	
23	LK19/15	1236744	228734	90,00	56,00	0,20	16,0	0,32	0,87	
24	LK31/37	1233435	216512	117,00	90,40	0,10	5,91	0,37	0,15	
25	LK41/15	1234258	204987	127,00	104,00	0,12	11,0	0,56	0,56	
26	LK56/16A	1221440	195026	31,50	0,20	0,79	10,3	0,34	0,55	
27	LK75/30	1198499	827919	113,00	46,30	0,70	33,3	0,06	-	
	<i>Lớn nhất</i>					<i>104,00</i>	<i>0,90</i>	<i>33,3</i>	<i>2,05</i>	<i>3,18</i>
	<i>Nhỏ nhất</i>					<i>0,20</i>	<i>0,04</i>	<i>0,09</i>	<i>0,02</i>	<i>0,01</i>
	<i>Trung bình</i>					<i>4,89</i>	<i>0,32</i>	<i>8,00</i>	<i>0,52</i>	<i>0,63</i>

Nguồn: [69]

3.4.3.2 Khu vực tương đối giàu nước

a. Đối với tỉnh Ninh Thuận

TCN (qp) phân bố hạn chế ở phía Nam Phước Hữu, phía Bắc xã Phước Nam (Thuận Nam) và ở Phước Vinh (Ninh Phước), xấp xỉ khoảng 20 km². Ngoài ra, còn một vài điểm đơn lẻ ở Tây Bắc xã Thành Hải và Bắc xã An Hải. Chiều sâu thế nằm từ 0,53 (GN29) đến 60m (LN-10) và có xu hướng sâu dần về phía Đông.

Nước trong tầng thuộc loại nước ngầm, độ sâu mực nước thay đổi từ 0,53 m (GN29) đến 17,1 m (LN-10), giá trị thường gặp từ 1,0 đến 3,0 m.

Lưu lượng tại các giếng và lỗ khoan từ 1,0 l/s (PN15) đến 3,84 l/s (PN259), trung bình là 2,3 l/s; hệ số thấm của đất đá trong tầng chứa nước từ 0,26 m/ng đến 2,78 m/ng; trung bình 1,27 m/ng.

Bảng 3.15. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Ninh Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Hệ số thấm (m/ng)	
		X (m)	Y (m)							
1	PN15	1274090	272430	6,5	5,6	1	0,64	0,64	1,36	
2	PN58	1270963	271417	8,2	3	1,1	0,25	0,52	2,5	
3	GN53	1296482	279531	2,7	1,23	1,11	1,07	0,31	1,78	
4	PN245	1273875	271055	4,2	2,84	1,3	0,96	0,64	1,1	
5	PN239	1273261	269814	3,6	1,3	1,65	1,8	0,74	0,65	
6	GN28	1283496	268304	4,72	2,05	1,67	1,02	0,82	2,32	
7	N-080	1254326	271798	6,15	2,4	2,52	0,87	0,31	2,78	
8	GN29	1284999	267623	3,6	0,53	2,86	1,2	0,86	1,79	
9	N-093	1256452	271119	5,1	2,07	3,6	0,33	0,55	0,69	
10	PN278	1270211	269421	8,9	7	3,7	0,3	0,62	0,26	
11	PN259	1273200	270436	3,7	1,33	3,84	0,31	0,36	0,81	
12	LN-01	1282916	294516	30	10	2,08	15,49	0,9	1,93	
13	PR19	1285250	277400	25	5,5	2,08	10,1	1,2	0,97	
14	LK606	1277290	280935	64	1,06	2,26	8,9	17,72	0,57	
15	N028	1283422	292699	14,4	3,4	2,61	0,52	1,61	0,78	
16	LN-10	1262877	281904	60	17,1	2,75	2,7	0,34	1,22	
17	LN-11	1262559	282197	20	2,7	3,13	2,05	1,43	0,98	
		<i>Lớn nhất</i>				<i>17,1</i>	<i>3,84</i>		<i>17,72</i>	<i>0,26</i>
		<i>Nhỏ nhất</i>				<i>0,53</i>	<i>1</i>		<i>0,14</i>	<i>2,78</i>
		<i>Trung bình</i>				<i>4,12</i>	<i>2,25</i>		<i>1,47</i>	<i>1,27</i>

Nguồn: [69]

b. Đối với tỉnh Bình Thuận

Nước trong tầng thuộc loại nước ngầm, có độ sâu mực nước dao động trong khoảng khá rộng từ 0,4 m (LK1019) đến 66,96 m (LK49/56), giá trị thường gặp từ 3,0 đến 6,0 m. Khu vực có mực nước sâu chủ yếu thuộc trầm tích biển tương bar cát có màu đỏ đặc trưng của hệ tầng Phan Thiết, độ sâu mực nước thay đổi từ 10,8 m (LK78/41) đến 66,96 m (LK49/56).

Lưu lượng giếng dao động từ 1,0 l/s (GH33) đến 2,56 l/s (GB14), giá trị thường gặp từ 1,5 đến 2,3 l/s; hệ số thấm từ 0,84 m/ng (GB28) đến 9,6 m/ng (GH33), giá trị thường gặp 4,0 đến 5,0 m/ng. Lưu lượng các lỗ khoan từ 1,0 l/s (BBM3) đến 3,5 l/s (LK70/25), thường gặp từ 1,0 đến 1,5 l/s; hệ số thấm từ 0,16 m/ng (LK615) đến 7,18 m/ng (LK915), thường gặp từ 1,5 - 2,0 m/ng. Điện trở suất của đất đá thay đổi từ 17,1 đến 263 Ω m.

Bảng 3.16. Kết quả hút nước thí nghiệm tại các giếng và lỗ khoan khu vực tương đối giàu nước trong TCN Pleistocen (qp) khu vực Bình Thuận

STT	Số hiệu	Tọa độ		Chiều sâu (m)	Mức nước tĩnh (m)	Lưu lượng (l/s)	Trị số hạ thấp (m)	Tổng khoáng hóa (g/l)	Hệ số thấm (m/ng)
		X (m)	Y (m)						
1	GB14	1255861	913927	4,9	2	2,56	1,72	0,16	4,43
2	GB20	1255866	875540	6,62	2,07	1,69	2,31	0,68	1,33
3	GB47	1255405	913701	4,5	1,1	2,33	1,97	0,33	4,27
4	GB51	1254615	914372	7,1	4,1	1,14	1,95	1,69	1,66
5	GB53	1255602	913230	5,4	3,2	2,19	1,43	0,56	4,37
6	GB54	1255835	913420	4,4	1,7	2,11	1,89	0,16	4,8
7	GH28	1247473	781489	5,34	3,15	1,43	1,22	0,05	0,84
8	GH33	1246962	788619	7,8	2,93	1	1,04	0,071	9,6
	Lớn nhất				4,1	2,56	2,31	1,69	9,6
	Nhỏ nhất				1,1	1	1,04	0,05	0,84
	Trung bình				2,53	1,81	1,69	0,46	3,91
1	BBM3	1254156	913212	25	1	1	4,7	0,62	1,47
2	LK1019	1201335	821461	32,6	0,4	1,4	9,6	0,044	0,49
3	LK912	1223338	785719	25	1,14	2,02	6,81	0,06	2,58
4	LK914	1240833	792899	19,4	0,78	1,52	2	0,095	7,18
5	LK9	1243516	881548	44	1,8	2,69	5,72	2,16	2,55
6	LK605	1208803	837217	31,7	6,05	1,47	2,02	0,2	4,62
7	LK613	1237594	868014	94,8	41,5	1,25	3,74	0,312	0,97
8	LK615	1226311	871987	70,8	4,9	1,5	14,8	0,325	0,16
9	LK616	1221967	849864	48	2,09	1,09	8,82	0,464	0,78
10	LK620	1207617	810152	73,2	35,9	1,77	1,1	0,195	3,93
11	LK701	1239831	891406	48,2	3,4	2,04	12,42	0,528	0,77
12	LK2/18	1240322	248694	60	3,21	2,32	14,98	0,05	2,67
13	LK31/52	1227263	220471	120	4,1	2,51	15,91	0,08	2,63
14	LK49/56	1221122	203617	125	67	2	1,27	0,34	1,79
15	LK51/59	1221040	201272	80,2	21,6	2,15	3,18	0,17	3,23
16	LK53/54	1219747	199704	104,5	42,3	1,32	2,46	0,229	1,23
17	LK70/25	1204070	172099	72	14,3	3,5	4,7	0,063	0,76
19	LK74/35	1200290	826632	95	14,4	2,8	14	0,053	2,77
20	LK78/41	1196234	825672	43	10,8	3	11,2	0,055	1,56
21	BT3	1229363	868387	72	5,37	1,11	18,3	0,14	1,74
22	BT6	1227961	869021	70	9,47	1,16	16,3	0,58	2,06
	Lớn nhất				67	3,5	18,3	2,16	7,18
	Nhỏ nhất				0,4	1	1,1	0,044	0,16
	Trung bình				13,9	1,89	8,29	0,32	2,36

Nguồn: [69]

Nhìn chung nước trong tầng Pleistocen chủ yếu là là nước siêu nhạt đến nhạt, đôi nơi là nước mặn và rất mặn (độ khoáng hóa M=1,69 - 22,88 g/l). Tổng độ khoáng hóa thay đổi từ 0,02 (GN104) đến 22,88 g/l (LK803A), giá trị thường gặp từ 0,3 - 1,0 g/l. Loại hình hóa học nước trong tầng này rất đa dạng, chủ yếu là nước hỗn hợp,

nước clorua, clorua - bicacbonat, bicacbonat - clorua, clorur - bicarbonat natri - calci,...

Động thái của nước trong tầng này thay đổi theo mùa, có sự liên hệ chặt chẽ với nước mưa và nước mặt. Nguồn bổ cập cho tầng này chủ yếu là nước mưa và nước mặt ở phần lộ và nước từ tầng Holocen ngấm xuống. Tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Pleistocen có diện tích phân bố khá rộng, chiều dày khá lớn, có mức độ chứa nước từ nghèo đến tương đối giàu. Đây là tầng chứa nước có ý nghĩa rất quan trọng đối với cung cấp nước ăn uống, sinh hoạt và phát triển kinh tế của tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận.

3.4.3. Tính toán tài nguyên dự báo nước dưới đất

Kết quả tính toán lượng tài nguyên dự báo nước dưới đất các TCN trầm tích Đệ tứ (qh và qp) ven biển tỉnh Ninh Thuận - Bình Thuận như sau:

a). Lượng tích chứa

Các thông số đưa vào tính toán và kết quả tính toán lượng tích chứa theo công thức (2.2) được thể hiện trong bảng 3.17 sau:

Bảng 3.17. Kết quả tính tổng lượng tích chứa nước dưới đất

Tỉnh	Tầng chứa nước	Diện tích phân bố, $\times 10^6 \text{m}^2$		Chiều dày TCN, m <u>Từ - đến</u> Trung bình	Hệ số nhả nước <u>Từ - đến</u> Trung bình	Tổng lượng tích chứa V_t (10^6m^3)		
		Mặn	Nhạt			Nhạt	Mặn	Cộng
Ninh Thuận	qh	142,19	163,70	$\frac{0,10-47,64}{6,83}$	$\frac{0,11-0,12}{0,118}$	114	131	245
	qp	59,26	629,90	$\frac{0,13-42,9}{8,40}$	$\frac{0,110-0,130}{0,118}$	58	622	680
Bình Thuận	qh	427,27	526,20	$\frac{1,0-40,0}{21,56}$	$\frac{0,110-0,130}{0,116}$	1.067	1.314	2.381
	qp	1.411,22	291,90	$\frac{5,0-95,0}{32,09}$	$\frac{0,100-0,120}{0,107}$	4.851	1.003	5.855
Cộng	qh	569,46	689,90			1.181	1.445	2.626
	qp	1.470,47	921,80			4.910	1.625	6.535
Tổng cộng (qh+qp)		2.039,93	1.611,70			6.091	3.070	9.161

Tổng lượng lượng tích chứa là: $9.616 \times 10^6 \text{ m}^3$ (phần nước nhạt $6.091 \times 10^6 \text{ m}^3$, phần nước mặn $3.070 \times 10^6 \text{ m}^3$).

b). Lượng bổ cập nước dưới đất

Lượng bổ cập (trừ lượng động) theo vùng và theo tầng chứa nước tỉnh Ninh Thuận - Bình Thuận được tính theo công thức (2.3) và được thể hiện trong các bảng 3.18 như sau.

Bảng 3.18. Tổng lượng bổ cập cho các tầng chứa nước

Tỉnh	Tầng chứa nước	Diện tích phân bố, km ²		Mô đun dòng ngầm, l/s.km ² <u>Từ - đến</u> Trung bình	Tổng lượng bổ cập Q _{bc} (m ³ /ngày)		
		Mặn	Nhạt		Nhạt	Mặn	Cộng
Ninh Thuận	qh	142,19	163,70	$\frac{1,7-3,1}{2,575}$	31.634	36.420	68.054
	qp	59,26	629,90	$\frac{2,7-4,9}{3,725}$	19.071	202.727	221.798
Bình Thuận	qh	427,27	526,20	$\frac{0,06-3,07}{1,237}$	45.653	56.223	101.876
	qp	1.411,22	291,90	$\frac{0,09-3,73}{1,473}$	179.584	37.146	216.730
Cộng	qh	569,46	689,90		77.287	92.643	169.930
	qp	1.470,47	921,80		198.655	239.873	438.527
Tổng cộng (qh+qp)		2.039,93	1.611,70		275.941	332.516	608.457

Tổng lượng bổ cập (trừ lượng động) là: 608.457 m³/ngày (phần nước nhạt 275.941 m³/ngày, phần nước mặn 332.516 m³/ngày).

c). Tài nguyên dự báo nước dưới đất

Tài nguyên dự báo NDD theo vùng và theo tầng chứa nước tỉnh Ninh Thuận – Bình Thuận được xác định theo công thức (2.1) và thể hiện trong các bảng 3.19.

Bảng 3.19. Tài nguyên dự báo các tầng chứa nước

Tỉnh	Tầng chứa nước	Tổng lượng tích chứa V _t (10 ⁶ m ³)		Tổng lượng bổ cập Q _{bc} (m ³ /ngày)		Tài nguyên Q _m (m ³ /ngày)		
		Nhạt	Mặn	Nhạt	Mặn	Nhạt	Mặn	Cộng
Ninh Thuận	qh	114	131	31.634	36.420	43.037	49.548	92.584
	qp	58	622	19.071	202.727	24.919	264.898	289.817
Bình Thuận	qh	1.067	1.314	45.653	56.223	152.349	187.625	339.973
	qp	4.851	1.003	179.584	37.146	664.725	137.494	802.219
Cộng	qh	1.181	1.445	77.287	92.643	195.385	237.172	432.558
	qp	4.910	1.625	198.655	239.873	689.644	402.392	1.092.036
Tổng cộng (qh+qp)		6.091	3.070	275.941	332.516	885.030	639.564	1.524.594

So sánh với kết quả tính toán trước đây của Báo cáo "Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc" [70] đối với tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận, tài nguyên dự báo nước dưới đất thay đổi như sau:

- Tổng lượng tích chứa tăng 1.310 x 10⁶ m³ (đối với phần nước nhạt giảm 1.616

$\times 10^6 \text{ m}^3$, phần nước mặn tăng $2.925 \times 10^6 \text{ m}^3$).

- Tổng lượng bổ cập cho NĐĐ tăng $234.563 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (đối với phần nước nhạt giảm $38.501 \text{ m}^3/\text{ngày}$, phần nước mặn tăng $273.064 \text{ m}^3/\text{ngày}$).

- Tổng tài nguyên dự báo nước dưới đất tăng $303.893 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (đối với phần nước nhạt giảm $200.093 \text{ m}^3/\text{ngày}$, phần nước mặn tăng $503.986 \text{ m}^3/\text{ngày}$).

3.4.4. Tính toán trữ lượng có thể khai thác

Trữ lượng có thể khai thác nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận được lấy bằng 30% tài nguyên dự báo NĐĐ và được thể hiện trong các bảng 3.20.

Bảng 3.20. Trữ lượng có thể khai thác của các tầng chứa nước

Tỉnh	Tầng chứa nước	Diện tích phân bố (km ²)		Tài nguyên Qtn (m ³ /ng)		Trữ lượng có thể khai thác (m ³ /ng)		
		Nhạt	Mặn	Nhạt	Mặn	Nhạt	Mặn	Cộng
Ninh Thuận	qh	142,19	163,70	43.037	49.548	12.911	14.864	27.775
	qp	59,26	629,90	24.919	264.898	7.476	79.469	86.945
Bình Thuận	qh	427,27	526,20	152.349	187.625	45.705	56.287	101.992
	qp	1.411,22	291,90	664.725	137.494	199.418	41.248	240.666
Cộng	qh	569,46	689,90	195.385	237.172	58.616	71.152	129.767
	qp	1.470,47	921,80	689.644	402.392	206.893	120.718	327.611
Tổng cộng (qh+qp)		2.039,93	1.611,70	885.030	639.564	265.509	191.869	457.378

So với kết quả tính toán trước đây của Báo cáo "Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc" [70] đối với tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận, trữ lượng nước nhạt có thể khai thác cho toàn vùng giảm $60.028 \text{ m}^3/\text{ngày}$.

Tiềm năng dự báo tài nguyên nước dưới đất nhạt các TCN trầm tích Đệ tứ (TCN Holocen qh và TCN Pleistocen qp) dải ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận là $885.030 \text{ m}^3/\text{ng}$; nước mặn là $639.564 \text{ m}^3/\text{ng}$. Trữ lượng nước nhạt có thể khai thác cho toàn vùng là $265.509 \text{ m}^3/\text{ng}$. Như vậy, có thể thấy tài nguyên NĐĐ trong các TCN ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận có trữ lượng hạn chế.

Tiểu kết chương 3:

Tóm lại, điều kiện tự nhiên của vùng khá phức tạp với vị trí có 1 mặt giáp biển Đông là nguồn nước gây ra quá trình XNM, vùng nghiên cứu là đồng bằng trước núi nên nước ngầm chủ yếu được hình thành và cung cấp từ phía Tây và Tây Nam của vùng. Địa hình có sự phân hóa theo hướng từ Tây sang Đông, phía Tây chủ yếu là núi cao, trung bình thấp dần sang địa hình đồng bằng và vùng cát ven

biển ảnh hưởng đến lượng bổ cập và hướng dòng chảy trong vùng. Từ điều kiện địa lý tự nhiên thì vùng nghiên cứu nằm trong kiểu khí hậu nhiệt đới gió mùa với đặc trưng là nơi có khí hậu khô và nóng nhất cả nước, đặc biệt đây là vùng có lượng bốc hơi cao hơn lượng mưa, vào những tháng mùa khô có những tháng không mưa đây là nguyên nhân chính làm cho tài nguyên NĐĐ trong các TCN ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận có trữ lượng hạn chế. Ngoài ra, sự phân bố lớp phủ thực vật kém đa dạng có ảnh hưởng lớn đến lượng bổ cập trong vùng. Các hoạt động khai thác nước ngầm trong vùng không lớn tuy nhiên do các giếng khai thác không được bố trí hợp lý nên một số nơi đã có những dấu hiệu nhiễm mặn, cạn kiệt.

Trong vùng tồn tại các tầng chứa nước lỗ hổng gồm: Trầm tích Đệ tứ không phân chia, TCN (qh), TCN (qp); các TCN khe nứt gồm: trầm tích Pliocen trên, bazan Miocen - Pleistocen (β_n-q_1), Creta trên (k_2), trầm tích Jura giữa (j_2). Các TCN lỗ hổng có độ sâu phân bố tầng chứa nước nông, bề dày mỏng và chất lượng nước đang bị xâm nhập mặn ngày càng nhiều. Phạm vi nghiên cứu của luận án trong TCN trầm tích tuổi Đệ tứ với chiều sâu không lớn, đất đá có độ lỗ hổng trung bình và mực nước nằm nông nên tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình XNM diễn ra.

Tiềm năng dự báo tài nguyên NĐĐ phần nước nhạt các TCN trầm tích Đệ tứ (TCN Holocen qh và TCN Pleistocen qp) dải ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận là $885.030\text{m}^3/\text{ng}$; nước mặn là $639.564\text{ m}^3/\text{ng}$. Trữ lượng nước nhạt có thể khai thác toàn là $265.509\text{ m}^3/\text{ng}$. So với kết quả tính toán trước đây của Báo cáo "Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc" đối với tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận: Tiềm năng dự báo tài nguyên nước dưới đất nước nhạt giảm $200.093\text{ m}^3/\text{ngày}$, trữ lượng nước nhạt có thể khai thác cho toàn vùng giảm $60.028\text{ m}^3/\text{ngày}$.

Như vậy, có thể thấy tài nguyên nước dưới đất trong các TCN ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận có trữ lượng hạn chế.

CHƯƠNG 4. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ DỄ BỊ TỔN THƯƠNG DO XÂM NHẬP MẶN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU XÂM NHẬP MẶN CỦA CÁC TẦNG CHỨA NƯỚC TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG VEN BIỂN TỈNH NINH THUẬN, BÌNH THUẬN

4.1. Kết quả xác định trọng số các nhân tố GALDIT cho khu vực ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận

Bước 1: Xây dựng ma trận so sánh các nhân tố

Ma trận so sánh cho các nhân tố GALDIT dựa trên kết quả tham vấn ý kiến chuyên gia về việc so sánh cặp giữa các nhân tố, kết quả tổng hợp ý kiến về so sánh cặp giữa các nhân tố được thể hiện trên bảng 4.1.

Bảng 4.1. Kết quả so sánh các cặp nhân tố GALDIT với XNM các TCN ven biển

Cặp so sánh	Kết quả so sánh	Mô tả
G và A	1/3	G ít quan trọng hơn A
G và L	1	G quan trọng như L
G và D	1/3	G ít quan trọng hơn A
G và I	1/5	G là ít quan trọng hơn I
G và T	1	G và T quan trọng như nhau
A và L	3	A quan trọng hơn L
A và D	5	A quan trọng hơn D
A và I	1	A quan trọng như I
A và T	5	A quan trọng hơn T
L và D	1/3	L ít quan trọng hơn D
L và I	1/3	L ít quan trọng hơn I
L và T	3	L quan trọng hơn T
D và I	1	G quan trọng như I
D và T	3	D quan trọng hơn T
I và T	5	I quan trọng hơn T

Bảng 4.2. Ma trận so sánh cặp cho các nhân tố GALDIT

Nhân tố	G	A	L	D	I	T
G	1,000	0,333	1,000	0,333	0,200	1,000
A	3,000	1,000	3,000	5,000	1,000	5,000
L	1,000	0,333	1,000	0,333	0,333	3,000
D	3,000	0,200	3,000	1,000	1,000	3,000
I	5,000	1,000	3,000	1,000	1,000	5,000
T	1,000	0,200	0,333	0,333	0,200	1,000
Tổng	14,000	3,067	11,333	8,000	3,733	18,000

Bước 2: Tính toán ma trận chuẩn

Kết quả xây dựng ma trận chuẩn và xác định trọng số của các nhân tố GALDIT cho các TCN ven biển miền Trung được mô tả trong bảng 4.3.

Bảng 4.3. Bảng xác định trọng số của các nhân tố GALDIT

Nhân tố	G	A	L	D	I	T	Trọng số
G	0,071	0,109	0,088	0,042	0,054	0,056	0,42
A	0,214	0,326	0,265	0,625	0,268	0,278	1,98
L	0,071	0,109	0,088	0,042	0,089	0,167	0,57
D	0,214	0,065	0,265	0,125	0,268	0,167	1,10
I	0,357	0,326	0,265	0,125	0,268	0,278	1,62
T	0,071	0,065	0,029	0,042	0,054	0,056	0,32

*Bước 3: Kiểm tra tính nhất quán**Bảng 4.4. Các giá trị chỉ số ngẫu nhiên cho các vấn đề (Thomas Saaty, 1980)*

<i>m</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

Tổng trọng số là tổng mỗi dòng của ma trận trọng số nhân trong đó ma trận trọng số nhân được thành lập bằng cách nhân phần tử của ma trận so sánh A với trọng số tại từng dòng tương ứng, kết quả tính toán tổng trọng số và chỉ số nhất quán được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 4.5. Ma trận tính trọng số và chỉ số nhất quán trọng số các nhân tố GALDIT

Nhân tố	G	A	L	D	I	T	Tổng trọng số (1)	Tổng trọng số (2)	T	CI
G	0,42	0,66	0,57	0,37	0,32	0,32	2,65	0,42	6,33	
A	1,26	1,98	1,70	5,52	1,62	1,58	13,65	1,98	6,91	
L	0,42	0,66	0,57	0,37	0,54	0,95	3,50	0,57	6,19	
D	1,26	0,40	1,70	1,10	1,62	0,95	7,02	1,10	6,36	
I	2,10	1,98	1,70	1,10	1,62	1,58	10,08	1,62	6,23	
T	0,42	0,40	0,19	0,37	0,32	0,32	2,01	0,32	6,35	
λ_{max}									6,39	0,08

Chỉ số với $CI=0.08 < 0.1$ như tính toán ở bảng trên thể hiện các giá trị trọng số của các nhân tố GALDIT cho khu vực Ninh Thuận, Bình Thuận là hợp lý.

Với các phân tích nêu trên, sau khi tính toán, điều chỉnh lại khoảng giá trị và điểm số của một số nhân tố GALDIT cho phù hợp với điều kiện ĐC, ĐCTV vùng nghiên cứu. Trọng số, điểm số tính toán chỉ số GALDIT áp dụng cho vùng nghiên cứu được chi tiết tại bảng 4.6.

Bảng 4.6. Thang điểm đánh giá theo phương pháp GALDIT cho vùng Ninh Thuận, Bình Thuận.

Nhân tố	Trọng số	Điểm số các nhân tố			
		2,5	5	7,5	10
Kiểu TCN	0,42		thấm xuyên	không áp	có áp
Hệ số thấm TCN (m/ngày)	1,98	<5	5 - 10	10 - 40	> 40
Cột cao mực nước dưới đất (m)	0,57	> 2	1,5 - 2	1 - 1,5	< 1
Khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí phân bố TCN (m)	1,10	> 1000	750 - 1000	500 - 750	< 500
Tỷ số Cl/HCO ₃ ⁻	1,62	< 1	1 - 1,5	1,5 - 2	> 2
Chiều dày TCN (m)	0,32	< 5	5 - 7,5	7,5 - 10	> 10

4.2. Đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn các tầng chứa nước ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

4.2.1. Đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn tầng chứa nước Holocen (qh) ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

4.2.1.1. Đánh giá kiểu tầng chứa nước

Theo đặc điểm ĐCTV khu vực nghiên cứu, trên cơ sở tổng hợp các tài liệu về mực nước, cột địa tầng giếng khoan, giếng đào thu thập tại vùng nghiên cứu cho thấy TCN (qh) ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận là TCN không áp. Chính vì vậy điểm đánh giá kiểu tầng chứa nước G bằng 7,5 điểm. Kết quả đánh giá kiểu tầng chứa nước được thể hiện chi tiết tại hình 4.1.

4.2.1.2. Đánh giá hệ số thấm (A) TCN Holocen (qh)

Theo kết quả tổng hợp, trong vùng hiện có 135 lỗ khoan, giếng đào có các thông số về hệ số thấm, trong đó tỉnh Ninh Thuận có 83 lỗ khoan, giếng đào, tỉnh Bình Thuận có 52 lỗ khoan, giếng đào.

Tầng chứa nước (qh) có thành phần thạch học đa dạng và hỗn hợp. Chiều dày TCN (qh) thay đổi từ 1 - 2 m đến 20 - 40 m, trung bình khoảng 10 m.

Từ hệ số thấm được tổng hợp cho thấy TCN này phân bố mức độ chứa nước tại các khu vực là rất khác nhau:

Khu vực có hệ số thấm tầng chứa nước bé tập trung tại tỉnh Ninh Thuận bao gồm vùng trung tâm, Tây Nam, Đông Bắc của đồng bằng Phan Rang và dọc theo QL27 từ Phan Rang - Tháp Chàm đến Mỹ Sơn (Ninh Sơn), tại tỉnh Bình Thuận khu vực này bao gồm: bổ xung lũng sông La Ngà, khu vực Tân Thành, Tân Thắng, Đa Kai, khu vực gần cửa sông Phan, sông Cà Ty, sông Cái, sông Lũy.

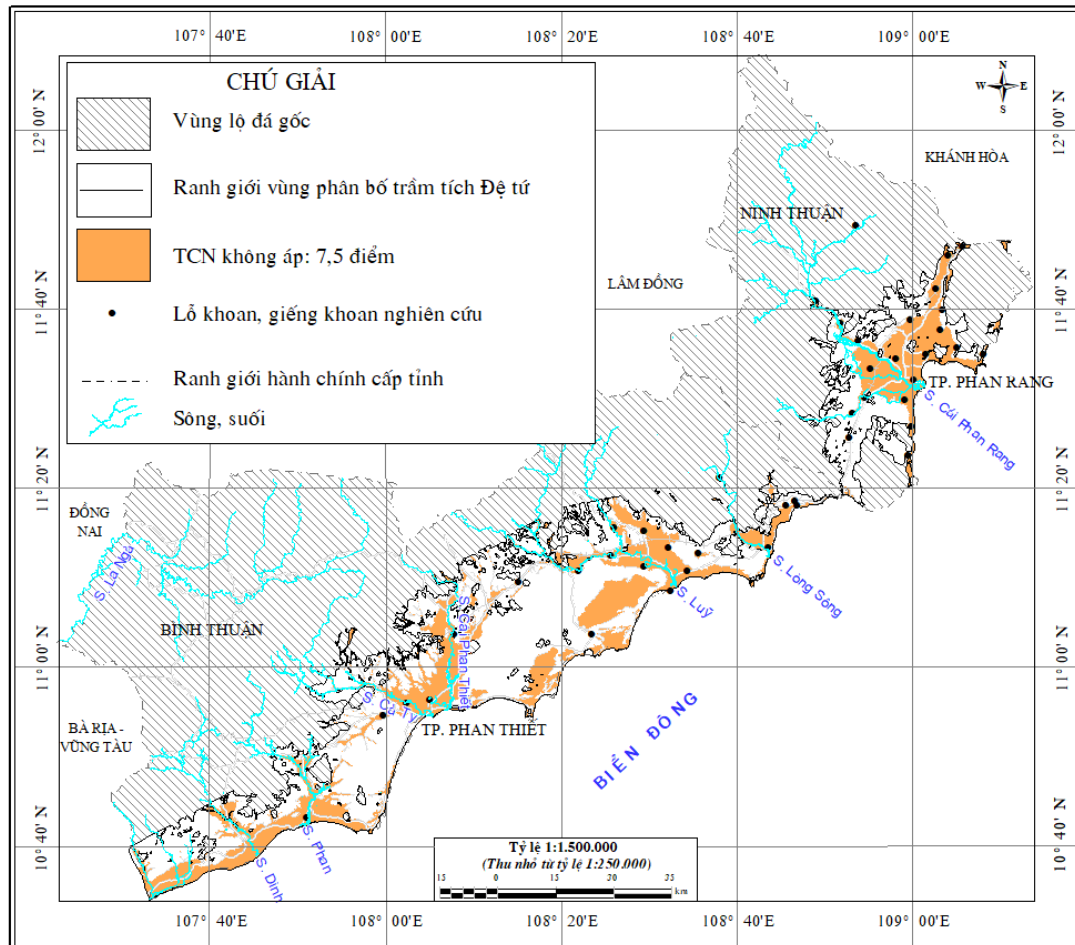
Khu vực có hệ số thấm lớn đối với tỉnh Ninh Thuận nằm xen kẽ với các khu vực có hệ số thấm nhỏ. Đối với tỉnh Bình Thuận khu vực này tập trung tại đồng bằng Tuy Phong, Bắc Bình, Hàm Thuận Bắc, dọc theo các thung lũng sông Lòng Sông, sông Cái, sông Mao, không liên tục dọc theo bờ biển từ Tuy Phong đến Hàm Tân.

Tác giả đã sử dụng phương pháp nội suy để vẽ bản đồ đẳng trị hệ số thấm. Theo tiêu chí đánh giá, phân vùng hệ số thấm của TCN khu vực nghiên cứu, nhân tố hệ số thấm A được phân làm 4 vùng như sau:

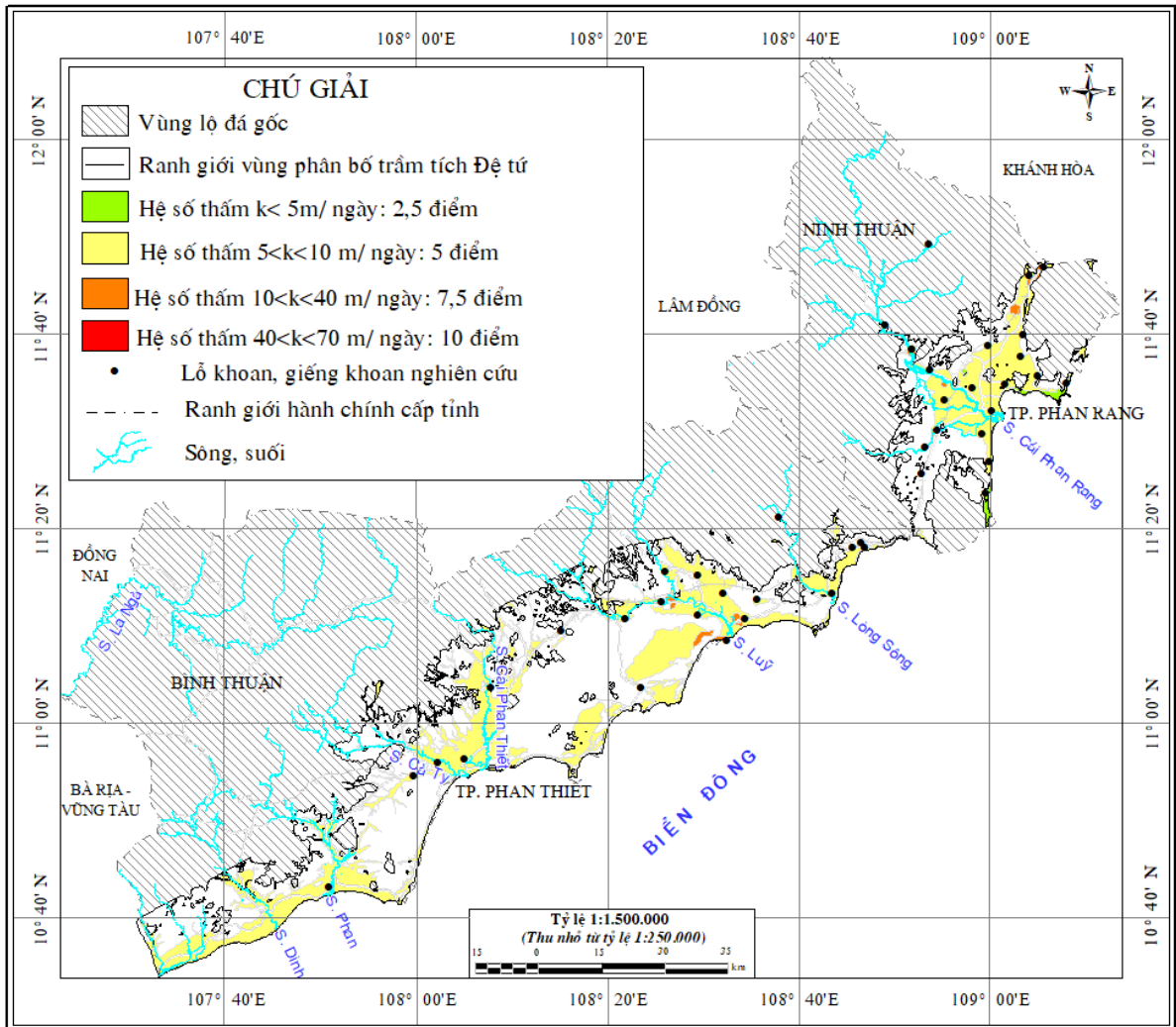
$K= 0,004 - 5\text{m/ngày}$: 2,5 điểm; $K= 5 - 10\text{m/ngày}$: 5 điểm; $K= 10-40\text{m/ngày}$: 7,5 điểm; $K= 40-70 \text{ m/ngày}$: 10 điểm.

Bảng 4.7. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với nhân tố A - TCN qh

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Hệ số thấm (m/ ngày)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	<5	15,3	1,215
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	5-10	1215	96,505
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	10-40	28	2,224
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	>40	0,7	0,056



Hình 4.1. Sơ đồ phân bố kiểu TCN (G) - TCN qh



Hình 4.2. Sơ đồ phân bố hệ số thấm (A) - TCN qh

4.2.1.3. Đánh giá cốt cao mực nước dưới đất (L) TCN Holocen (qh)

Chiều cao mực nước ngầm quyết định khả năng XNM của nước biển vào TCN. Chiều cao mực nước ngầm so với mực nước biển càng cao thì khả năng XNM của nước biển vào TCN càng khó, ngược lại chiều cao mực nước ngầm ở bên dưới mực nước biển thì khả năng xâm nhập mặn của nước biển vào tầng chứa nước là rất dễ.

Để đánh giá cốt cao mực nước dưới đất TCN Holocen khu vực nghiên cứu tác giả đã tổng hợp và phân tích số liệu từ 139 giếng khoan, giếng đào trong khu vực. Mật độ phân bố của các giếng khoan, giếng đào phân bố tương đối đồng đều, các số liệu được chọn lọc có độ chính xác cao. Tác giả đã nội suy các đường đẳng cốt cao mực nước phục vụ cho công tác phân vùng.

Trong khu vực nghiên cứu, nhân tố cốt cao mực nước dưới đất (L) được phân làm 3 vùng và có 3 thang điểm như sau:

Cốt cao mực nước > 2m: 2,5 điểm.

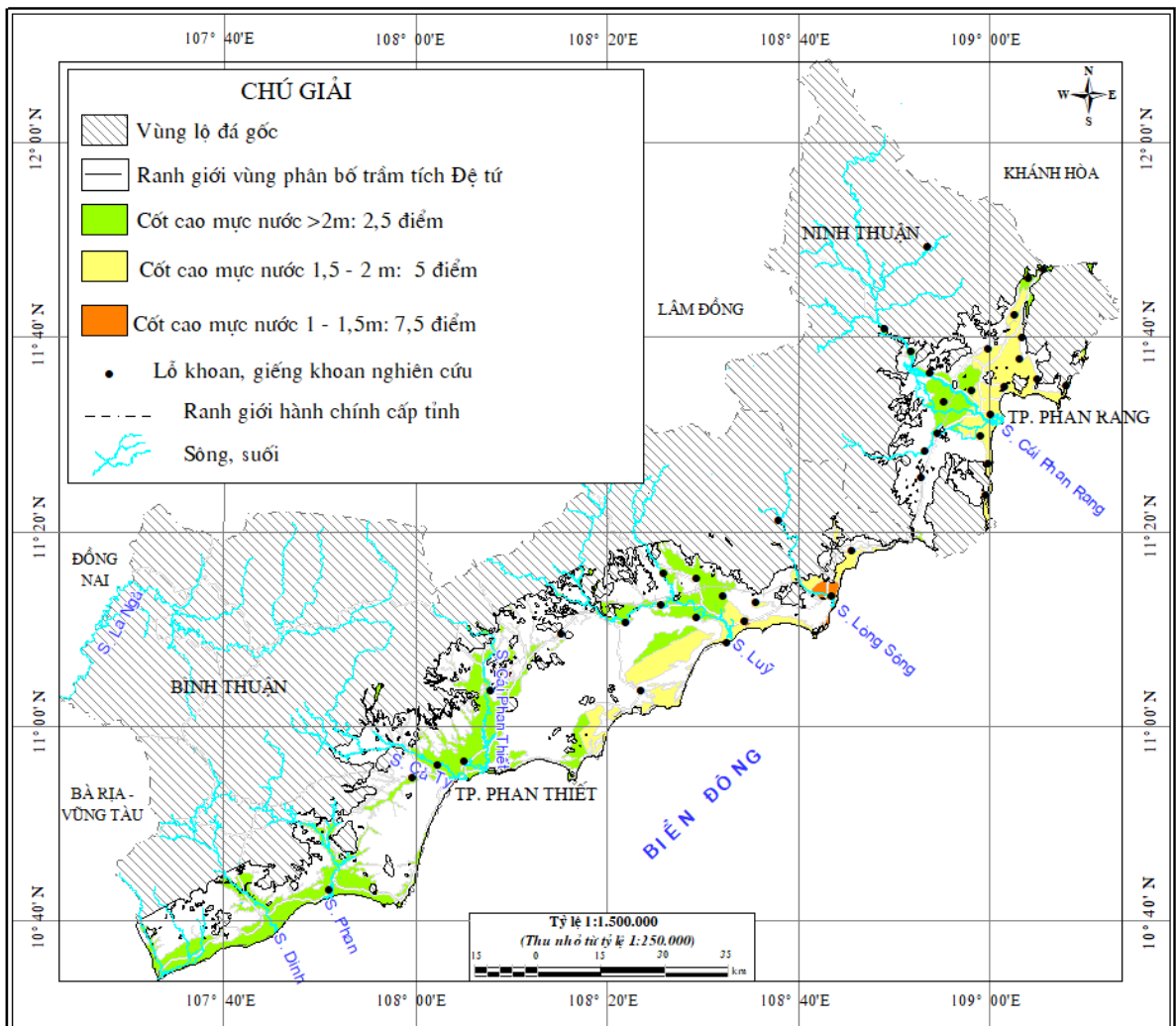
Cột cao mực nước = 1,5 - 2m: 5 điểm.

Cột cao mực nước = 1 - 1,5m: 7,5 điểm.

Kết quả đánh giá cột cao mực nước (L) tầng chứa nước Holocen thể hiện chi tiết tại bảng 4.8 và hình 4.3.

Bảng 4.8. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số L - TCN qh

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	847,4	67,319
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	390,8	31,046
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	20,58	1,635



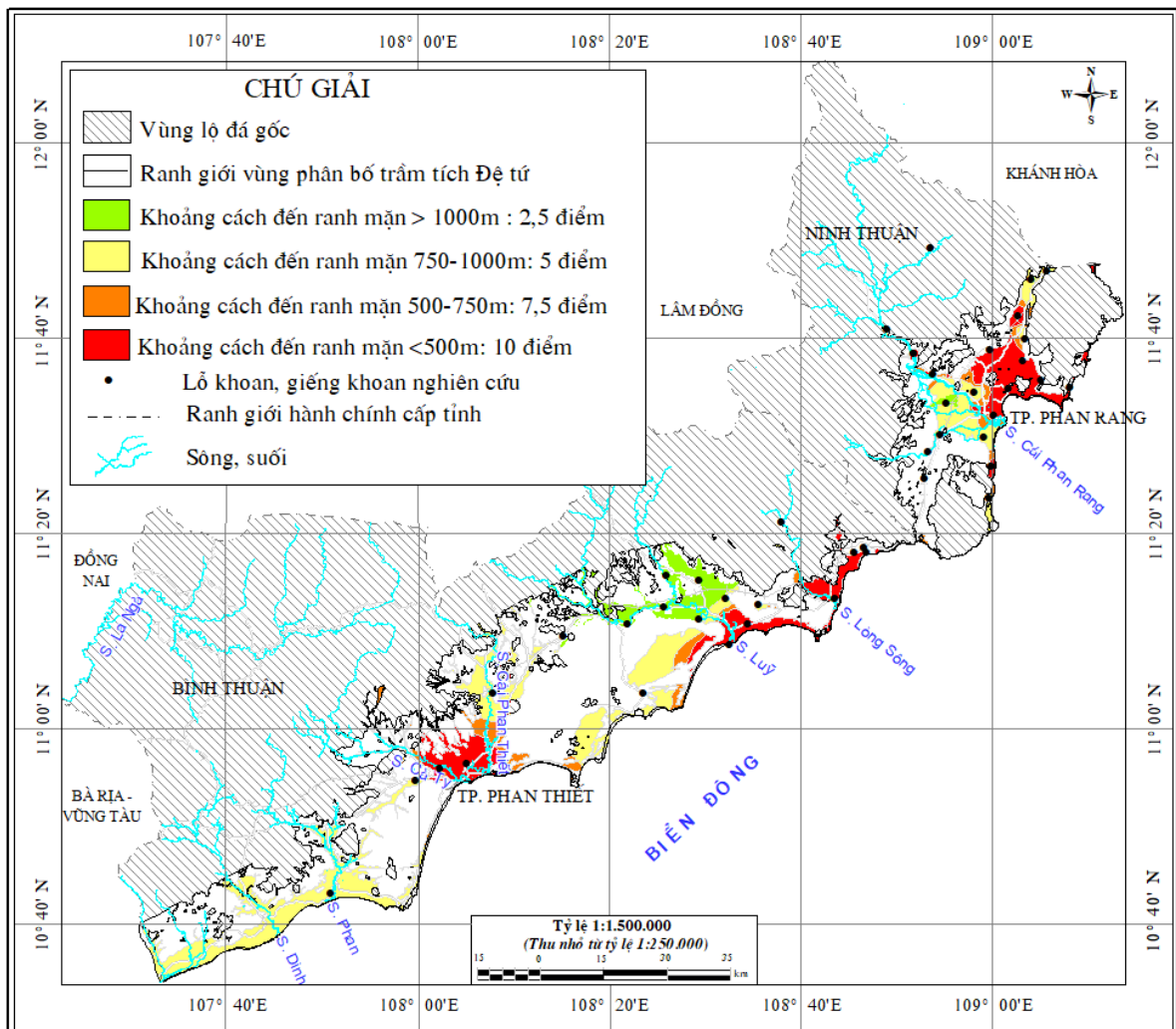
Hình 4.3. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (L) - TCN qh

4.2.1.4. Đánh giá khoảng cách (D) từ đường bờ biển đến vị trí phân bố TCN Holocen (qh)

Khoảng cách tính từ đường bờ biển đến vị trí phân bố tầng chứa nước quyết định thời gian dịch chuyển của nước biển vào tầng chứa nước gây ra xâm nhập mặn. Khoảng cách càng xa thì thời gian dịch chuyển của nước biển vào tầng chứa nước càng lâu càng làm giảm mức độ tổn thương của XNM. Do trong vùng nghiên cứu ranh giới mặn nhạt của TCN qh đã được xác định rõ ràng, nên D chính là khoảng cách từ ranh giới mặn nhạt đó tới điểm nghiên cứu. Như vậy, từ đường ranh giới mặn, nhạt lần lượt khoan các vùng cách đường này 500m, 750m, 1000m và tiến hành cho điểm. Kết quả chi tiết tại bảng 4.9 và hình 4.4.

Bảng 4.9. Kết quả phân vùng nguy cơ tổn thương với tham số D - TCN qh

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	134,2	10,662
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	637,6	50,656
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	146,9	11,671
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	340,0	27,012



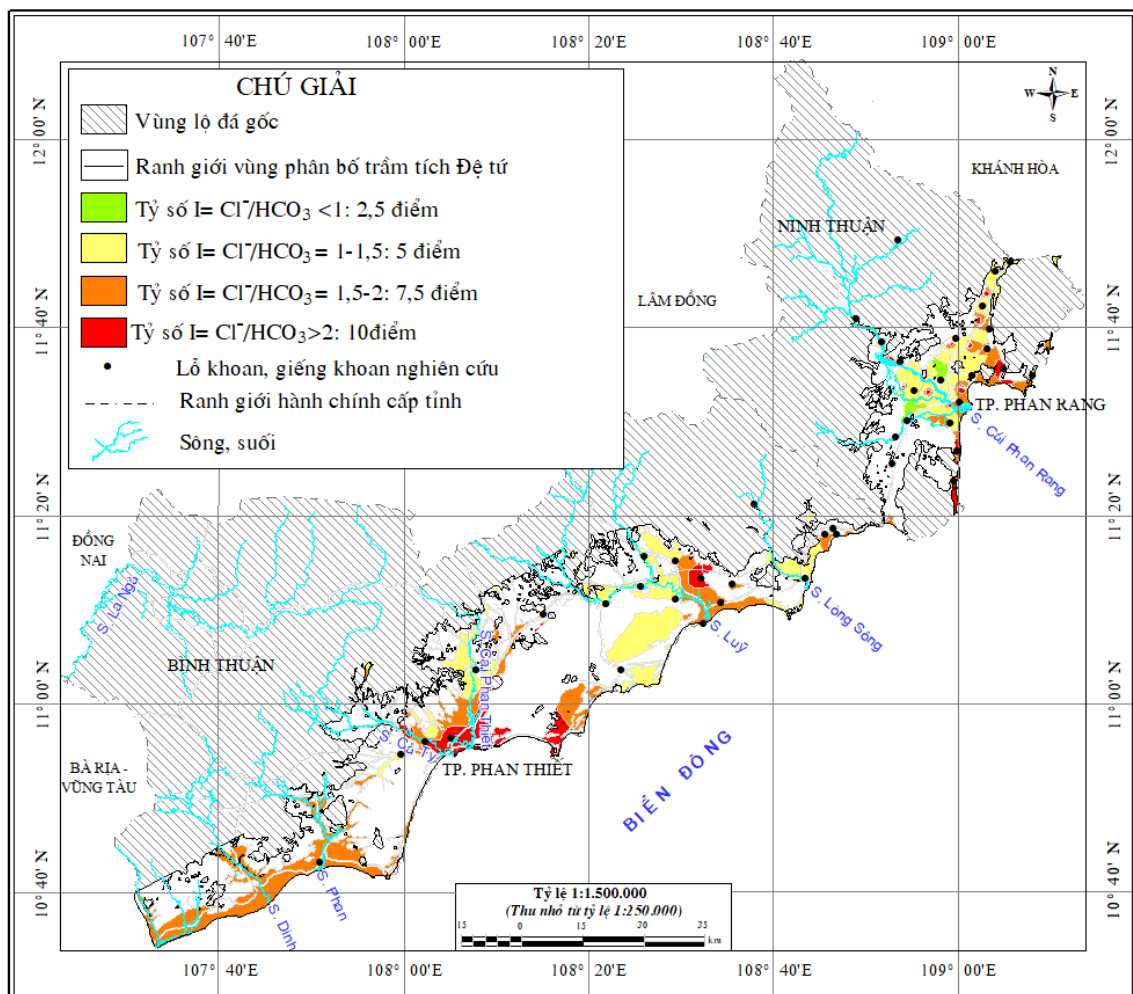
Hình 4.4. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (D) - TCN qh

4.2.1.5. Đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của XNM (I) TCN Holocen (qh)

Tham số hiện trạng ảnh hưởng của XNM được đánh giá thông qua tỷ lệ hàm lượng Cl^-/HCO_3^- . Tỷ lệ càng cao hàm lượng Clo càng cao cho thấy xu hướng XNM càng tăng. Tỷ lệ Cl^-/HCO_3^- được xác định thông qua kết quả phân tích thành phần hóa của các mẫu nước lấy trong 192 lỗ khoan điều tra đánh giá tài nguyên nước trong các giai đoạn điều tra khác nhau của vùng nghiên cứu, từ đó tính tỷ lệ hàm lượng Cl^-/HCO_3^- . Tác giả đã nội suy để vẽ các đường đẳng trị, sau đó khoanh vùng cho điểm tham số I theo thang điểm đánh giá tham số I (kết quả thể hiện chi tiết tại bảng 4.10 và hình 4.5).

Bảng 4.10. Kết quả phân vùng nguy cơ tổn thương với tham số I - TCN qh

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	17,43	1,385
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	534,5	42,467
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	564,7	44,866
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	142,0	11,282



Hình 4.5. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (I)- TCN qh

4.2.1.6. Đánh giá chiều dày (T) TCN Holocen (qh)

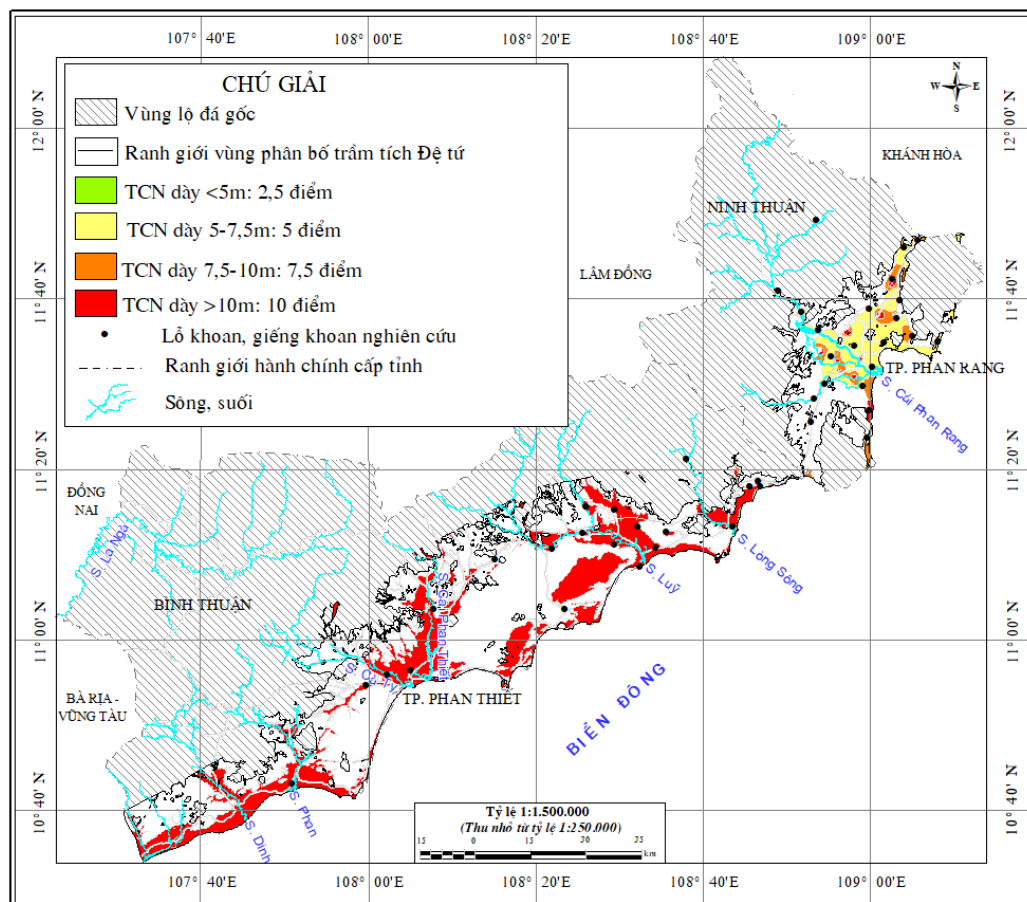
Chiều dày tầng chứa nước quyết định khả năng lưu giữ và thời gian dịch chuyển của nước biển vào TCN. Chiều dày TCN càng lớn thì thời gian lưu trữ và dịch chuyển của nước biển trong TCN càng dài, dẫn đến khả năng bị tổn thương do XNM của tầng chứa nước càng lớn.

Để đánh giá mức độ tổn thương của nhân tố T dựa vào tài liệu khoan của 94 lỗ khoan trong TCN thu thập được trong các báo cáo điều tra. Tác giả đã nội suy để vẽ các đường đẳng chiều dày, sau đó khoanh vùng và gán điểm theo thang điểm đánh giá cho nhân tố chiều dày TCN.

Trong vùng nghiên cứu nhân tố T được phân làm 4 vùng với 4 thang điểm chi tiết tại bảng 4.11 và hình 4.6.

Bảng 4.11. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số T - TCN qh

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	0,00027	0,000
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	219,2	17,415
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	75,71	6,015
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	963,8	76,570



Hình 4.6. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (T)- TCN qh

4.2.1.7. Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM TCN Holocen (qh)

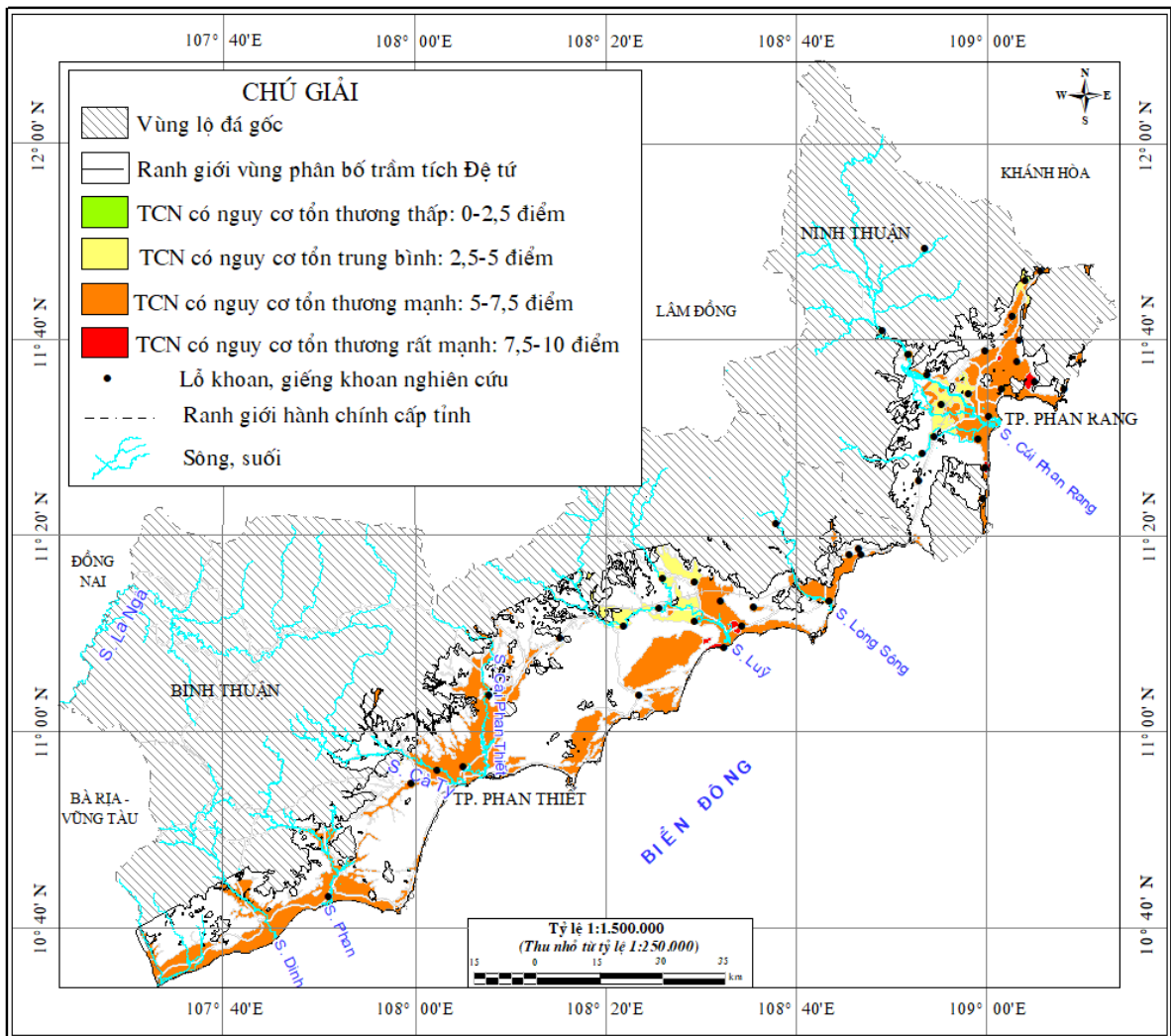
Bản đồ các nhân tố trong phương pháp GALDIT được thành lập bằng phần mềm GIS mỗi một nhân tố được cho điểm theo các thang điểm đánh giá của nó. Bản đồ tổng hợp GALDIT cuối cùng được tính toán và thành lập theo công thức (2.16). Từ điểm tổng hợp GALDIT đánh giá mức độ tổn thương do XNM cho TCN theo các mức: kém tổn thương, tổn thương, tổn thương trung bình, tổn thương mạnh.

Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn TCN qh theo phương pháp GALDIT được thể hiện trong Bản đồ đánh giá mức độ tổn thương do XNM tầng chứa nước Holocen vùng ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận và Danh mục vùng tổn thương do XNM tầng chứa nước qh (bảng 4.12): vùng tổn thương thấp chiếm diện tích rất nhỏ với 0,4687km² phân bố ở huyện Ninh Hải và thành phố Phan Rang - Tháp Chàm tỉnh Ninh Thuận; vùng tổn thương trung bình xâm nhập mặn với diện tích là 160,6km² phân bố ở các xã ven biển; vùng tổn thương cao chiếm phần lớn diện tích trong vùng với 1.083km² phân bố hầu khắp vùng nghiên cứu; vùng tổn thương rất cao chiếm diện tích 15,25km² phân bố ở huyện Ninh Hải, Ninh Phước tỉnh Ninh Thuận và huyện Tuy Phong, Bắc Bình tỉnh Bình Thuận.

Bảng 4.12. Danh mục vùng tổn thương do xâm nhập mặn - TCN qh

Tỉnh	Huyện	TCN	Diện tích km ²		Đánh giá mức độ tổn thương
Ninh Thuận	Tp. Phan Rang - Tháp Chàm Ninh Hải	qh	0,4687	0,4687	Nguy cơ tổn thương thấp
Ninh Thuận	Ninh Hải	qh	10,36	160,6	Nguy cơ tổn thương trung bình
	Ninh Sơn	qh	4,693		
	Tp. Phan Rang - Tháp Chàm	qh	15,6		
	Ninh Phước	qh	36,84		
Bình Thuận	Bắc Bình	qh	93,14		
Ninh Thuận	Ninh Hải	qh	118,7	1083,0	Nguy cơ tổn thương cao
	Tp. Phan Rang - Tháp Chàm	qh	37,09		
	Ninh Sơn	qh	8,894		
	Ninh Phước	qh	65,22		

Tỉnh	Huyện	TCN	Diện tích km ²	Đánh giá mức độ tổn thương	
Bình Thuận	Tuy Phong	qh	84,46		
	Bắc Bình	qh	204,4		
	Hàm Thuận Bắc	qh	180,9		
	Tp. Phan Thiết	qh	70,59		
	Hàm Tân	qh	175		
	Hàm Thuận Nam	qh	137,75		
Ninh Thuận	Ninh Hải	qh	5,841	15,25	Nguy cơ tổn thương rất cao
	Ninh Phước	qh	2,182		
Bình Thuận	Tuy Phong	qh	5,763		
	Bắc Bình	qh	1,464		



Hình 4.7. Bản đồ phân bố mức độ tổn thương do xâm nhập mặn - TCN qh

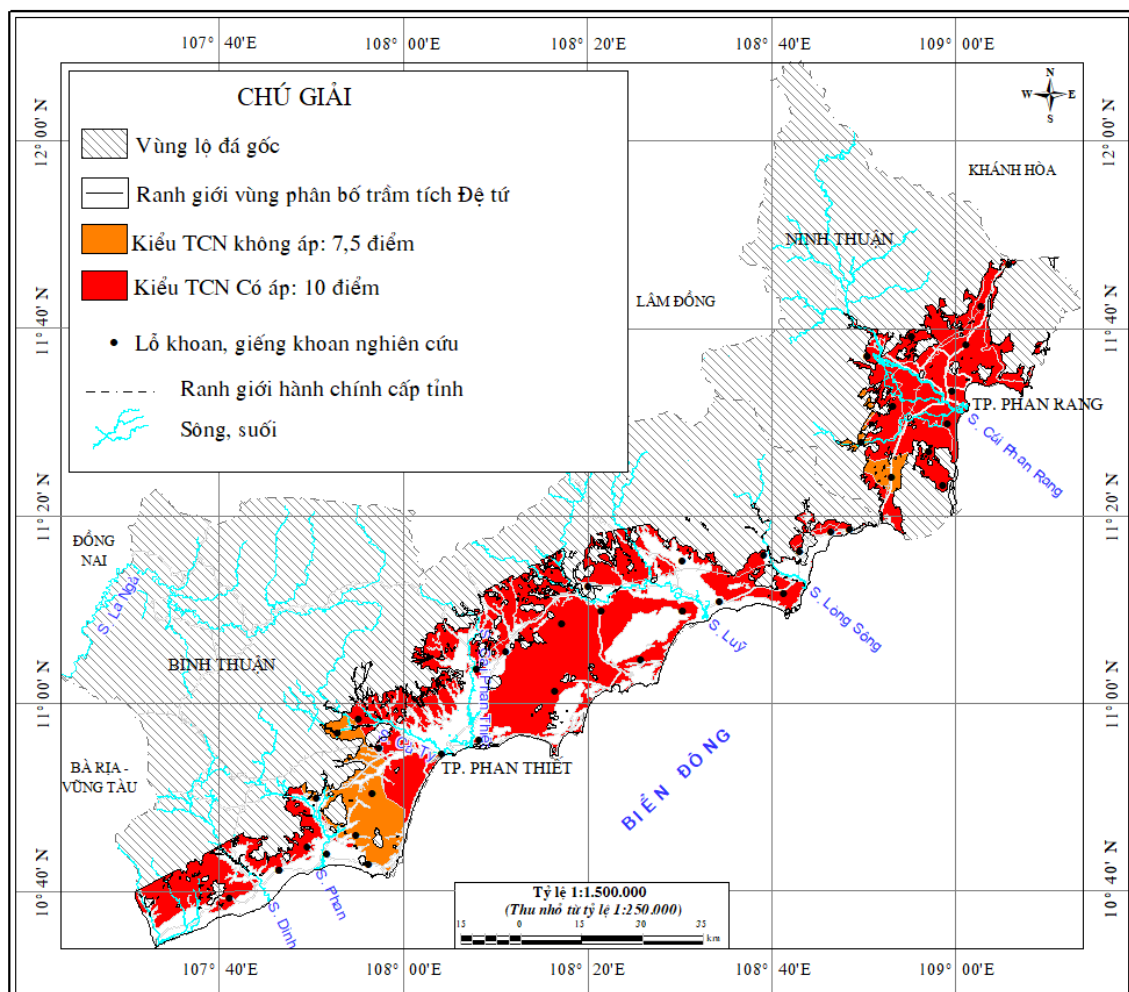
4.2.2. Đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen (qp) ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận.

4.2.2.1. Đánh giá kiểu tầng chứa nước

Đối với TCN có áp và không áp, biên độ dao động của mực áp lực và mực nước xảy ra mạnh mẽ hơn các kiểu TCN thấm xuyên và TCN bán áp, vì vậy nó dễ kéo theo khả năng XNM của nước biển khi mực áp lực và mực nước thay đổi. Theo đặc điểm ĐCTV khu vực nghiên cứu, trên cơ sở tổng hợp các tài liệu về mực nước, cột địa tầng giếng khoan, giếng đào thu thập tại vùng nghiên cứu cho thấy TCN (qp) ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận là TCN không áp hoặc có áp lực yếu. Chính vì vậy điểm đánh giá kiểu tầng chứa nước G bằng 10 và 7,5 điểm. Kết quả đánh giá kiểu tầng chứa nước được thể hiện chi tiết tại bảng 4.13 và hình 4.8.

Bảng 4.13. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số G - TCN qp

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương cao	262,9	10,990
2	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	2129,37	89,010



Hình 4.8. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (G) - TCN qp

4.2.2.2. Đánh giá hệ số thấm (A) TCN Pleistocen (qp)

Để đánh giá hệ số thấm trong khu vực nghiên cứu tác giả đã tiến hành thu thập, rà soát, phân tích các tài liệu lỗ khoan trong khu vực tại các đề tài, dự án, công trình nghiên cứu từ trước đến nay tại khu vực. Theo kết quả tổng hợp, trong vùng hiện có 112 lỗ khoan, giếng đào có các thông số về hệ số thấm, trong đó tỉnh Ninh Thuận có 46 lỗ khoan, giếng đào, tỉnh Bình Thuận có 66 lỗ khoan, giếng đào.

Tầng chứa nước (qp) có thành phần thạch học đa dạng và hỗn hợp. Chiều dày trầm tích thay đổi theo vùng: khu vực tỉnh Ninh Thuận thường gặp từ 3 đến 7 m. Đối với tỉnh Bình Thuận ở vùng Tuy Phong: 5 - 25 m; vùng Bắc Bình: 8 - 12 m; Phan Thiết - Hàm Tân: 10 - 30 m và vùng Đức Linh: 5 - 25 m. Chiều sâu đến mái TCN từ 0 đến 12,3 m (Ninh Thuận) và từ 0 đến 6,5 m (Bình Thuận); độ sâu đáy từ 0,7 đến 21,0 m (Ninh Thuận) và từ 4,3 m đến 130 m (tầng cát đỏ Bình Thuận).

Theo hệ số thấm được tổng hợp cho thấy TCN này có mức độ chứa nước tại các khu vực là rất khác nhau:

Khu vực có hệ số thấm tầng chứa nước nhỏ tập trung tại tỉnh Ninh Thuận bao gồm đồng bằng Phan Rang, khu vực Nhơn Sơn (Ninh Sơn), Tân Hải (Ninh Hải),... tại tỉnh Bình Thuận khu vực này bao gồm: Vĩnh Hảo, Liên Hương, Hồng Thái, sân bay Phan Thiết, Tân Thắng, Hàm Tân,...

Khu vực có hệ số thấm lớn đối với tỉnh Ninh Thuận phân bố hạn chế ở phía Nam Phước Hữu, phía Bắc xã Phước Nam (Thuận Nam) và ở Phước Vinh (Ninh Phước), khoảng xấp xỉ 20 km². Ngoài ra còn một vài điểm đơn lẻ ở Tây Bắc xã Thành Hải và Bắc xã An Hải. Đối với tỉnh Bình Thuận khu vực này nằm xen kẽ với các khu vực nghèo nước và phân bố rộng khắp.

Tác giả đã nội suy để vẽ bản đồ đẳng trị hệ số thấm. Theo tiêu chí đánh giá, phân vùng hệ số thấm của TCN khu vực nghiên cứu, nhân tố hệ số thấm A được phân làm 3 vùng như sau:

$K < 5\text{m/ngày}$: 2,5 điểm.

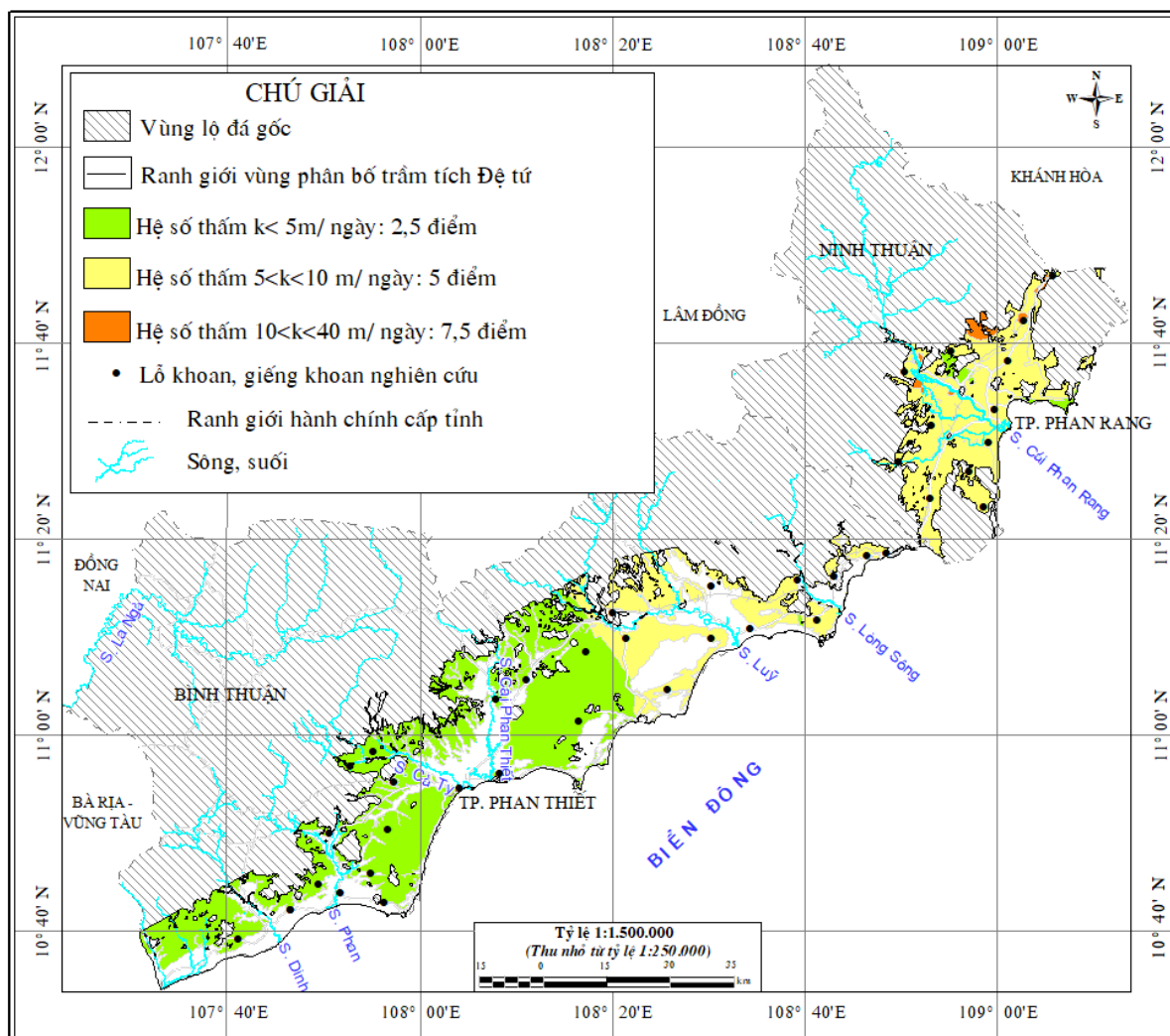
$K = 5 - 10\text{m/ngày}$: 5 điểm.

$K = 10-40\text{m/ngày}$: 7,5 điểm.

Kết quả đánh giá hệ số thấm tầng chứa nước (A) được thể hiện trong bảng 4.14 và hình 4.9.

Bảng 4.14. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với nhân tố A - TCN qp

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	1.291,03	53,967
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	1.068,94	44,683
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	32,30	1,350



Hình 4.9. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (A) TCN qp

4.2.2.3. Đánh giá cốt cao mực nước dưới đất (L) TCN Pleistocen (qp)

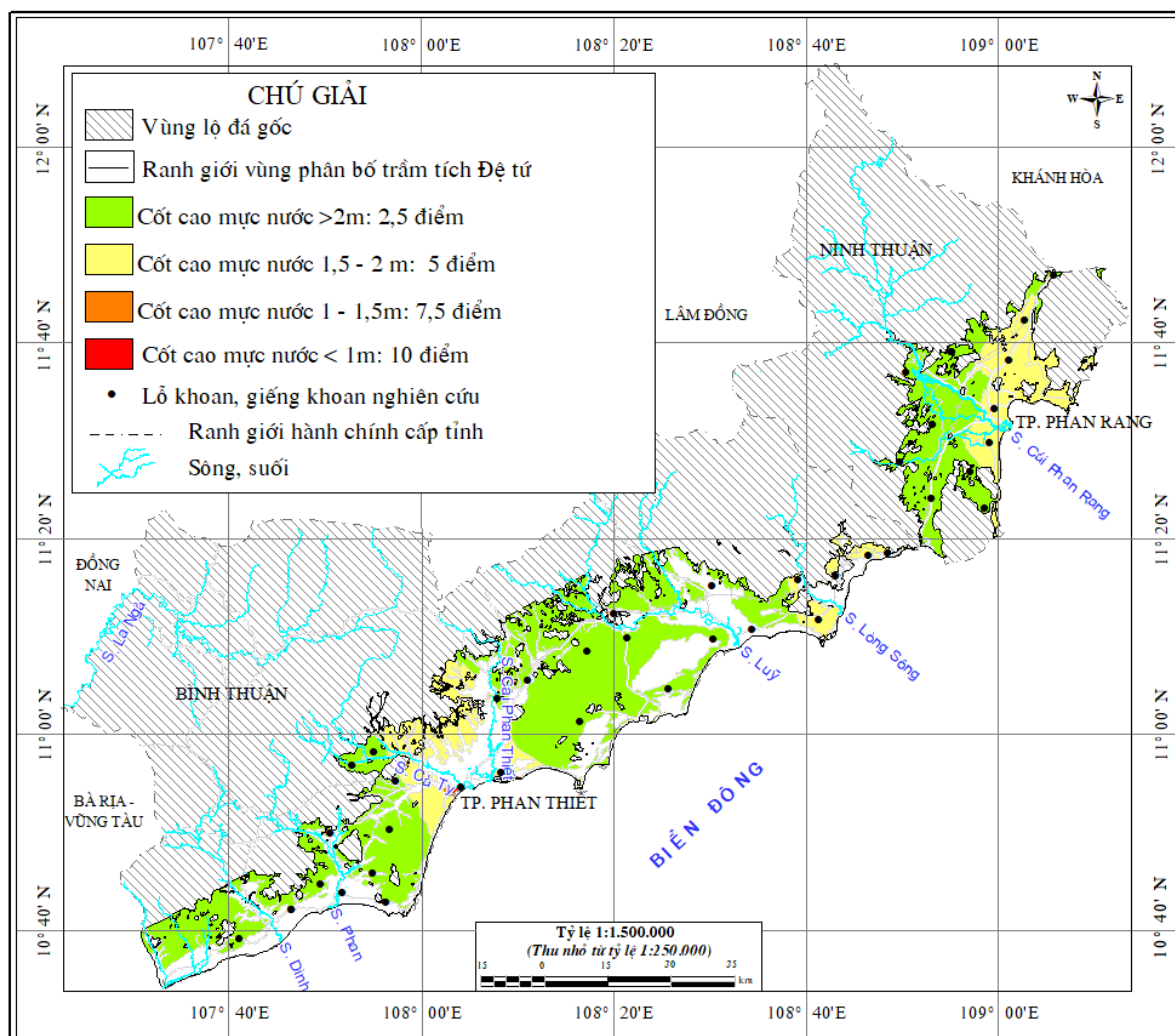
Tương tự như TCN Holocen, để đánh giá cốt cao mực nước dưới đất TCN Pleistocen khu vực nghiên cứu tác giả đã tổng hợp và phân tích số liệu từ 120 giếng khoan, giếng đào trong khu vực. Mật độ phân bố của các giếng khoan, giếng đào phân bố tương đối đồng đều, các số liệu được chọn lọc có độ chính xác cao. Tác giả đã nội suy các đường đẳng cốt cao mực nước phục vụ cho công tác phân vùng.

Trong khu vực nghiên cứu, nhân tố cốt cao mực nước dưới đất (L) được phân làm 4 vùng và có 4 thang điểm như sau: Cốt cao mực nước > 2 m: 2,5 điểm; Cốt cao

mực nước = 1,5 - 2m: 5 điểm; Cốt cao mực nước = 1 - 1,5m: 7,5 điểm; Cốt cao mực nước < 1 : 10 điểm (kết quả đánh giá chi tiết tại bảng 4.15 và hình 4.10).

Bảng 4.15. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số L - TCN qp

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	1.824,52	76,267
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	562,38	23,508
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	2,01	0,084
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	3,36	0,140



Hình 4.10. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (L) TCN qp

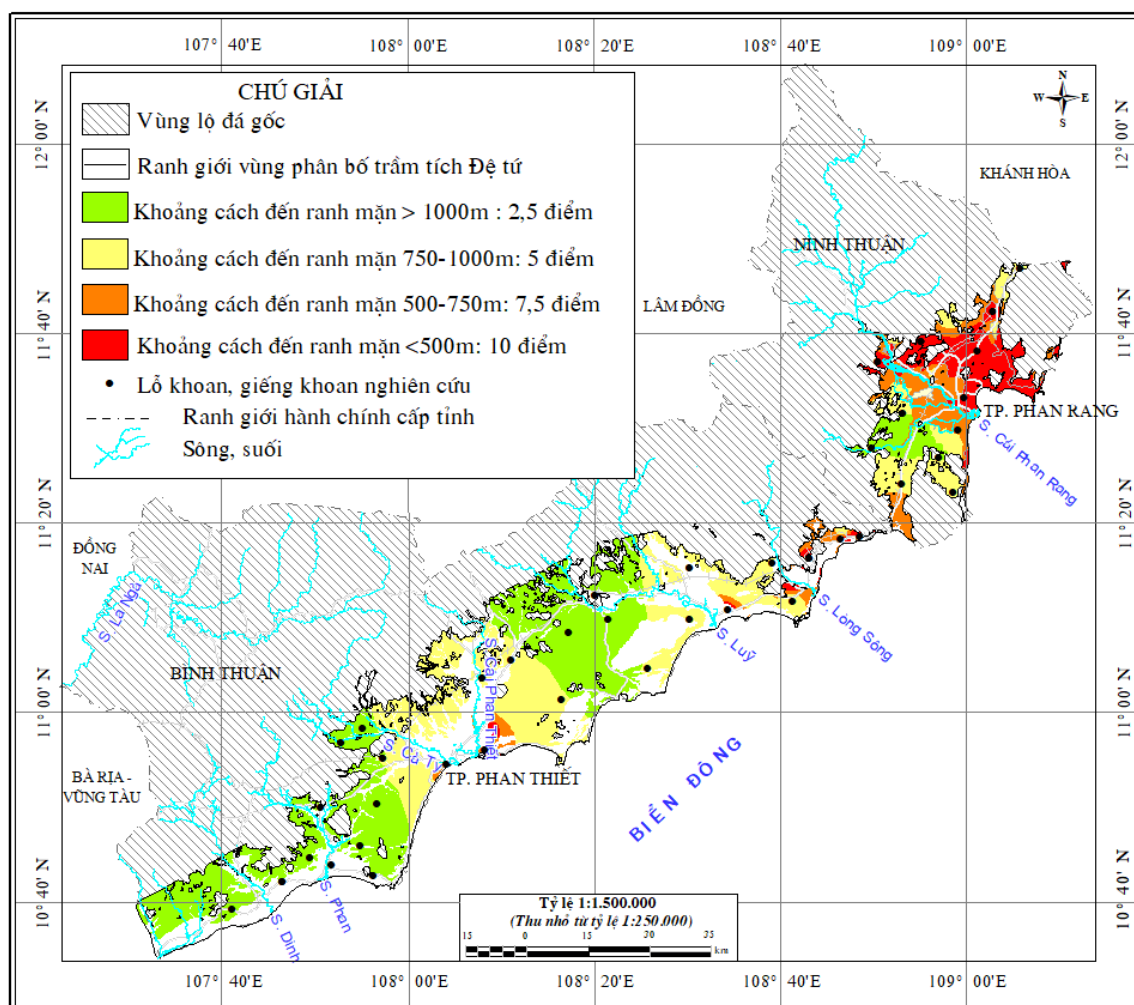
4.2.2.4. Đánh giá khoảng cách (D) từ đường bờ biển đến vị trí phân bố TCN Pleistocen (qp)

Tương tự như TCN Holocen, tham số này được là khoảng cách từ điểm nghiên cứu đến ranh giới mặn nhạt của TCN (qp).

Từ đường ranh giới mặn, nhạt lần lượt khoanh các vùng cách đường này 500m, 750m, 1000m và tiến hành cho điểm. Kết quả chi tiết tại bảng 4.16 và hình 4.11.

Bảng 4.16. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số D - TCN qp

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	1045,48	43,702
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	833,54	34,843
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	262,24	10,962
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	251,01	10,493



Hình 4.11. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (D) TCN qp

4.2.2.5. Đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của xâm nhập mặn (I) TCN Pleistocen (qp)

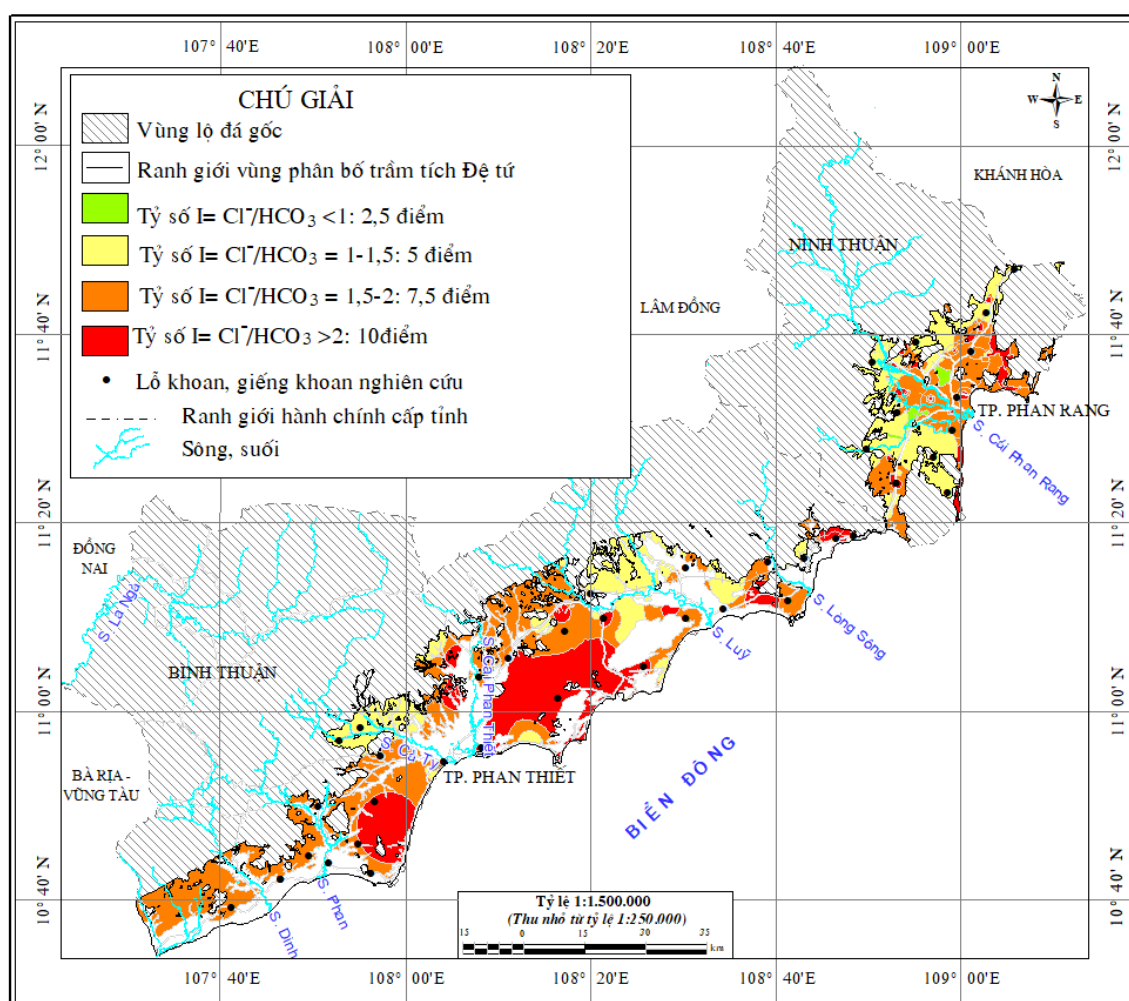
Tương tự như TCN Holocen, tỷ lệ Cl^-/HCO_3^- được xác định thông qua kết quả phân tích thành phần hóa của các mẫu nước lấy trong 187 lỗ khoan điều tra đánh giá TNN trong các giai đoạn điều tra khác nhau của vùng nghiên cứu, từ đó tính tỷ lệ hàm lượng Cl^-/HCO_3^- . Tác giả đã nội suy để vẽ các đường đẳng, sau đó khoanh vùng cho điểm tham số I theo thang điểm đánh giá tham số I.

Kết quả đánh giá hiện trạng ảnh hưởng của XNM cho vùng ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận: được phân thành 4 vùng lần lượt có điểm số 2,5 điểm, 5 điểm,

7,5 điểm và 10 điểm. Diện tích, diện phân bố của các vùng được thể hiện chi tiết tại bảng 4.17 và hình 4.12.

Bảng 4.17. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số I - TCN qp

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	18,90	0,790
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	631,26	26,387
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	1.180,23	49,335
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	561,88	23,487



Hình 4.12. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (I)- TCN qp

4.2.2.6. Đánh giá chiều dày (T) TCN Pleistocen (qp)

Tương tự như TCN Holocen, để đánh giá mức độ tổn thương của nhân tố T dựa vào tài liệu khoan của 85 lỗ khoan trong TCN thu thập được trong các báo cáo điều tra. Tác giả đã nội suy để vẽ các đường đẳng chiều dày, sau đó khoanh vùng và gán điểm theo thang điểm đánh giá cho nhân tố chiều dày TCN.

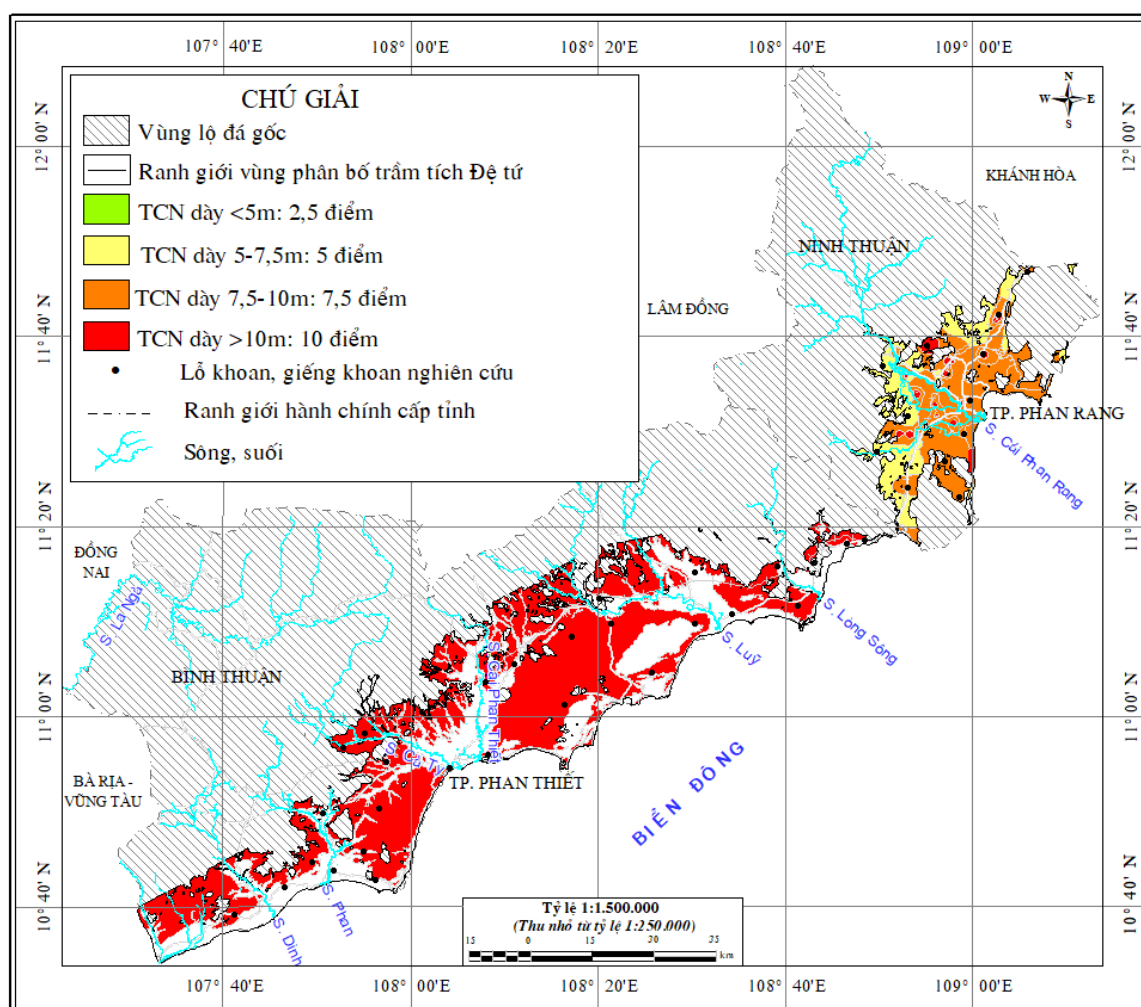
Trong vùng nghiên cứu nhân tố T được phân làm 4 vùng với 4 thang điểm như sau: Chiều dày TCN < 5m: 2,5 điểm; Chiều dày TCN = 5-7,5m: 5 điểm;

Chiều dày TCN = 7,5-10m: 7,5 điểm; Chiều dày TCN >10m: 10 điểm.

Diện tích, diện phân bố của các vùng được thể hiện chi tiết tại bảng 4.18 và hình 4.13.

Bảng 4.18. Kết quả đánh giá nguy cơ tổn thương với tham số T - TCN qp

STT	Vùng nguy cơ tổn thương	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
1	Vùng nguy cơ tổn thương thấp	0,00027	0,000
2	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình	222,14	9,286
3	Vùng nguy cơ tổn thương cao	438,75	18,340
4	Vùng nguy cơ tổn thương rất cao	1.731,38	72,374



Hình 4.13. Sơ đồ phân bố nguy cơ tổn thương với tham số (T)- TCN qp

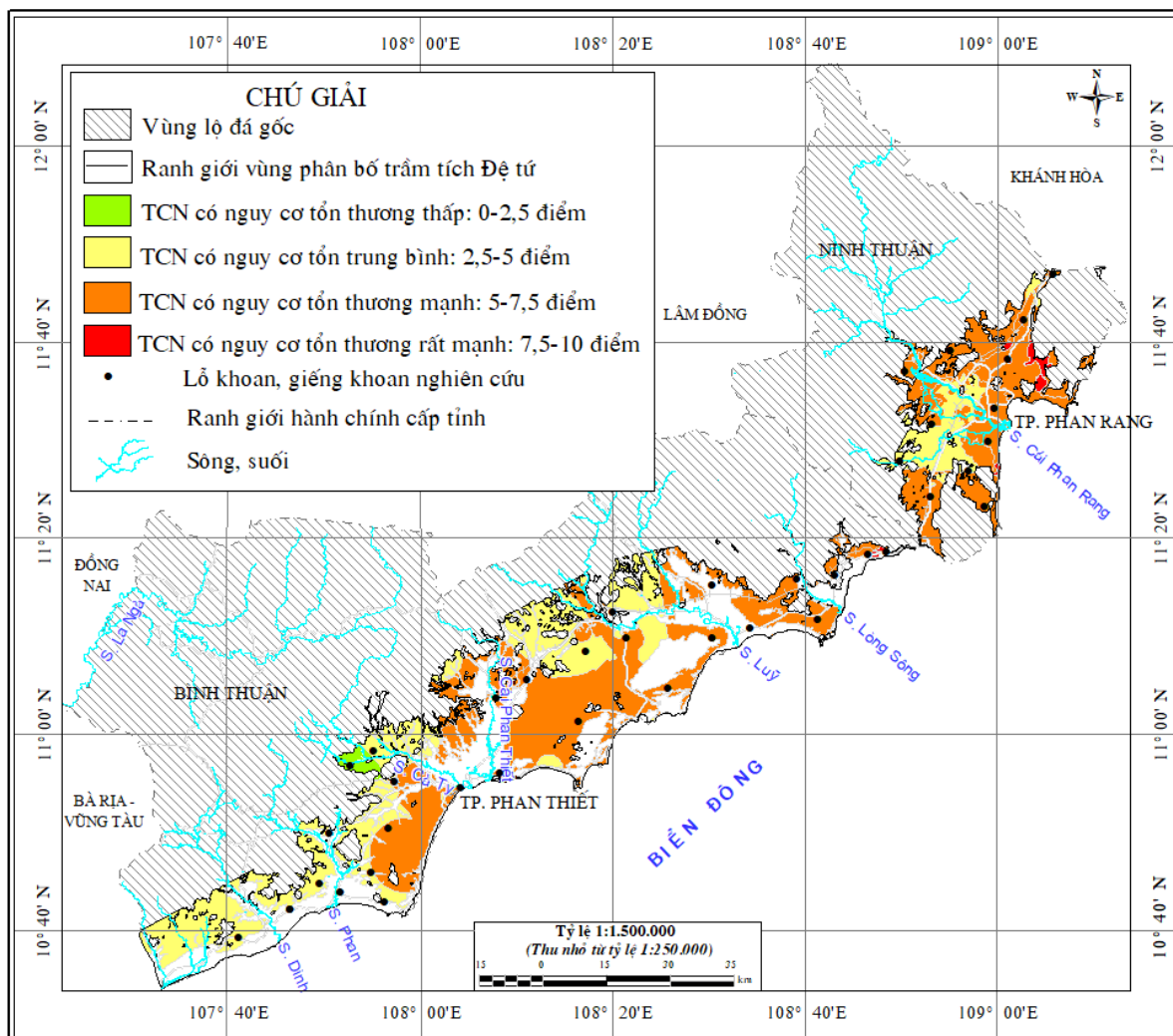
4.2.2.7. Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM TCN Pleistocen (qp)

Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn TCN qp theo phương pháp GALDIT được thể hiện trong Bản đồ đánh giá mức độ tổn thương do XNM tầng chứa nước Pleistocen vùng ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận (hình 4.14) và Danh mục vùng tổn thương do XNM tầng chứa nước qp (xem bảng

4.19): vùng tổn thương thấp chiếm diện tích 25,15km² phân bố ở huyện Hàm Thuận Nam tỉnh Bình Thuận; vùng tổn thương trung bình xâm nhập mặn với diện tích là 854,51km² phân bố ở các xã ven biển; vùng tổn thương cao chiếm phần lớn diện tích trong vùng với 1.487,19km² phân bố hầu khắp vùng nghiên cứu; vùng tổn thương rất cao chiếm diện tích nhỏ nhất với 25,42km² phân bố ở huyện Ninh Hải, Ninh Phước, Ninh Sơn tỉnh Ninh Thuận và huyện Tuy Phong tỉnh Bình Thuận.

Bảng 4.19. Đánh giá tổn thương do xâm nhập mặn - TCN qđ

Tỉnh	Huyện	TCN	Diện tích km ²		Đánh giá mức độ tổn thương
Bình Thuận	Hàm Thuận Nam	qđ	25,15	25,15	Tổn thương thấp
Ninh Thuận	Ninh Hải	qđ	9,78	854,51	Tổn thương trung bình
	Tp. Phan Rang – Tháp Chàm	qđ	16,57		
	Ninh Sơn	qđ	4,79		
	Ninh Phước	qđ	125,60		
Bình Thuận	Bắc Bình	qđ	181,40	1.487,19	Tổn thương cao
	Hàm Thuận Bắc	qđ	116,90		
	Hàm Thuận Nam	qđ	183,80		
	TX. Phan Thiết	qđ	9,87		
	Hàm Tân	qđ	205,80		
Ninh Thuận	Ninh Hải	qđ	162,29	1.487,19	Tổn thương cao
	Tp. Phan Rang – Tháp Chàm	qđ	50,60		
	Ninh Sơn	qđ	61,14		
	Ninh Phước	qđ	236,45		
Bình Thuận	Tuy Phong	qđ	113,20	25,42	Tổn thương rất cao
	Hàm Thuận Bắc	qđ	243,10		
	Hàm Thuận Nam	qđ	141,90		
	Tp. Phan Thiết	qđ	116,50		
	Bắc Bình	qđ	362,01		
Ninh Thuận	Ninh Hải	qđ	19,27	25,42	Tổn thương rất cao
	Ninh Sơn	qđ	0,40		
	Ninh Phước	qđ	2,26		
Bình Thuận	Tuy Phong	qđ	3,49		



Hình 4.14. Bản đồ phân bố mức độ tổn thương do xâm nhập mặn - TCN qp

4.3. Kiểm định phương pháp đánh giá mức độ tổn dễ bị thương do xâm nhập mặn các TCN ven biển vùng Ninh Thuận - Bình Thuận

4.3.1. Xây dựng mô hình dòng chảy và mô hình dịch chuyển mặn nhạt nước dưới đất

* Các dữ liệu đầu vào của mô hình nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

a. Các lớp mô hình

Vùng nghiên cứu được mô hình hóa theo lưới sai phân hữu hạn được chia thành ba lớp. Lớp 1 trên mô hình tương ứng với lớp chứa nước trong trầm tích Holoxen có thành phần chủ yếu là cuội, sạn, cát lẫn bột sét, sét cát pha, cát chứa sạn, vỏ sò, san hô. Lớp 2 trên mô hình ứng với lớp chứa nước trong trầm tích Pleistoxen có thành phần chủ yếu cát, sạn, cuội, cát pha, sét pha. Lớp 3 trên mô hình tương ứng với lớp đá gốc và được coi là cách nước.



Hình 4.15. Lưới sai phân khu vực tỉnh Ninh Thuận



Hình 4.16. Lưới sai phân khu vực tỉnh Bình Thuận

Khoảng cách giữa các bước lưới sai phân tỉnh Ninh Thuận là 500m x 500m, bao gồm 74 hàng, 93 cột; lưới sai phân đối với tỉnh Bình Thuận là 200m x 200m, bao gồm 219 hàng, 365 cột.

Phân tầng ĐCTV được thực hiện thông qua tài liệu mô tả địa tầng của các lỗ khoan. Tỉnh Ninh Thuận dựa vào tài liệu khoảng 1.152 lỗ khoan, tỉnh Bình Thuận dựa vào tài liệu khoảng 2.000 lỗ khoan, các bản đồ đẳng đáy các lớp thành lập và làm cơ sở đầu vào cho mô hình.

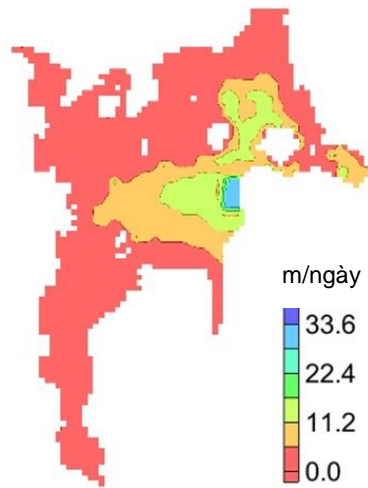
b. Dữ liệu về địa hình

Bề mặt địa hình được xây dựng dựa trên thông tin từ các tờ bản đồ địa hình tỉ lệ 1: 50.000 và được xử lý xây dựng thành bản đồ số độ cao DEM.

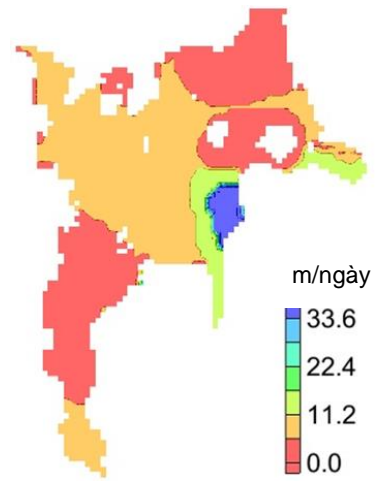
c. Dữ liệu về tính thấm

Để phân vùng hệ số thấm K (m/ng; m/s) của đất đá trong vùng nghiên cứu, tác giả dựa vào các kết quả nghiên cứu các thông số ĐCTV trong các báo cáo tìm kiếm, thăm dò, thăm dò khai thác, đo vẽ lập bản đồ,... liên quan đến vùng nghiên cứu. Hệ số thấm K : bao gồm hệ số thấm theo phương ngang K_x , K_y và phương thẳng đứng K_z . Trong đó, hệ số thấm K_x xác định theo tài liệu bơm hút nước thí nghiệm, hệ số thấm K_y lấy bằng K_x và hệ số thấm K_z lấy bằng $1/10$ hệ số thấm K_x . Đối với lớp cách nước $K_x = K_y = 10^{-8}$ m/s = 0.00086m/ng, $K_z = 1/10K_x$.

Trên cơ sở đó, phân vùng hệ số thấm của các lớp trong mô hình được nội suy dựa trên tài liệu của gần 200 lỗ khoan đã tiến hành bơm hút nước thí nghiệm. Kết quả phân vùng hệ số thấm cho các TCN khu vực nghiên cứu tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận được thể hiện tại các hình 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 sau:



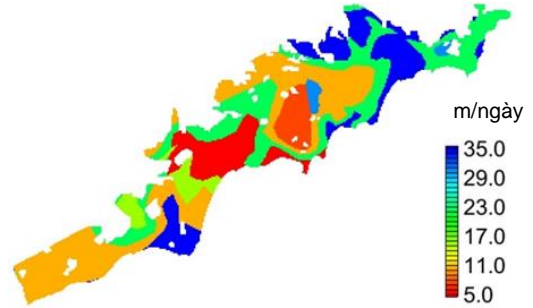
Hình 4.17. Phân vùng hệ số thấm lớp 1-TCN qh Ninh Thuận



Hình 4.18. Phân vùng hệ số thấm lớp 2-TCN qp Ninh Thuận

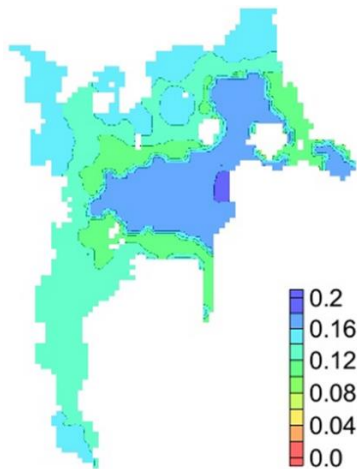


Hình 4.19. Phân vùng hệ số thấm lớp 1-TCN qh Bình Thuận

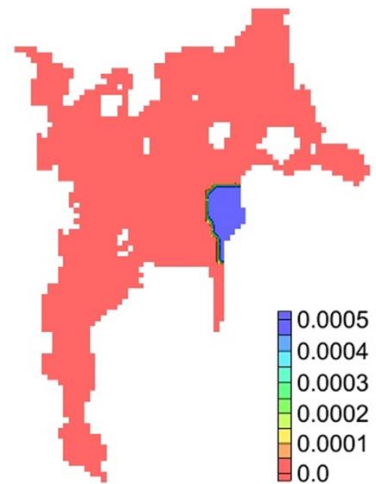


Hình 4.20. Phân vùng hệ số thấm lớp 2-TCN qp Bình Thuận

Phân vùng hệ số nhà nước trọng lực (S_y), hệ số nhà nước đàn hồi (S_s) của các lớp trong mô hình cũng được nội suy dựa trên tài liệu các lỗ khoan bơm hút thí nghiệm. Kết quả phân vùng hệ số nhà nước của khu vực Ninh Thuận, Bình Thuận được thể hiện chi tiết tại các hình 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 sau:



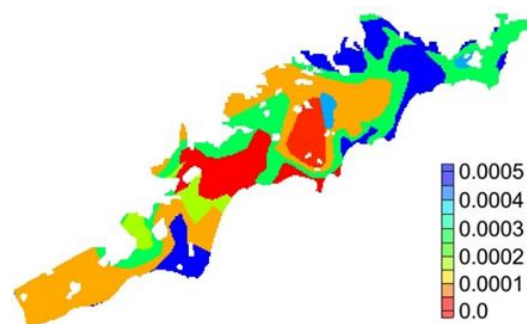
Hình 4.21. Phân vùng hệ số nhà nước trọng lực lớp 1- tầng chứa nước qh tỉnh Ninh Thuận



Hình 4.22. Phân vùng hệ số nhà nước đàn hồi lớp 2- tầng chứa nước qp tỉnh Ninh Thuận



Hình 4.23. Phân vùng hệ số nhả trọng lực nước lớp 1- tầng chứa nước qh tỉnh Bình Thuận



Hình 4.24. Phân vùng hệ số nhả nước đàn hồi lớp 2- tầng chứa nước qp tỉnh Bình Thuận

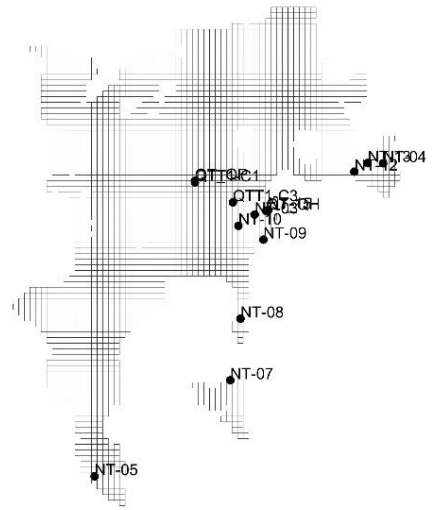
d. Dữ liệu hiện trạng khai thác

Hiện trạng khai thác nước dưới đất: Nước dưới đất được khai thác bằng các công trình giếng khoan, giếng đào chủ yếu trong TCN qh và tầng chứa nước Pleistocen. Theo thống kê tại khu vực nghiên cứu tỉnh Ninh Thuận có khoảng 184 công trình khai thác nước tập trung trong đó tại TCN qh có 106 công trình khai thác với tổng lưu lượng 7.094 m³/ ngày đêm (giếng khoan 25 giếng với lưu lượng 2.747 m³/ ngày đêm, giếng đào 81 giếng với lưu lượng 4.347 m³/ ngày đêm), tại TCN qp có 78 công trình khai thác với lưu lượng 5.220 m³/ ngày đêm (giếng đào 70 giếng với lưu lượng 3.084 m³/ ngày đêm, giếng khoan 8 giếng với lưu lượng 2.136 m³/ ngày đêm). Tại tỉnh Bình Thuận có khoảng 708 công trình khai thác nước tập trung trong TCN qh và TCN qp với tổng lưu lượng khai thác 23.630 m³/ ngày đêm trong đó TCN qh có 509 công trình với lưu lượng khai thác 18.229 m³/ ngày đêm (giếng khoan 209 giếng với lưu lượng 5.960 m³/ ngày đêm, giếng đào 300 giếng với lưu lượng 12.269 m³/ ngày đêm), tầng chứa nước Pleistocen có 199 công trình với lưu lượng khai thác 5.401 m³/ ngày đêm (giếng khoan 87 giếng với lưu lượng 5.131 m³/ ngày đêm, giếng đào 112 giếng với lưu lượng 270 m³/ ngày đêm).

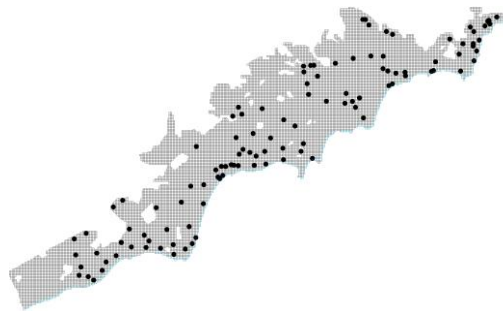
Ngoài các giếng khoan bơm hút nước, các giếng khai thác thì trong khu vực cũng có các giếng quan trắc để phục vụ chỉnh lý mô hình, các lỗ khoan này được thực hiện quan trắc trong giai đoạn từ 11/2010- 12/2020.



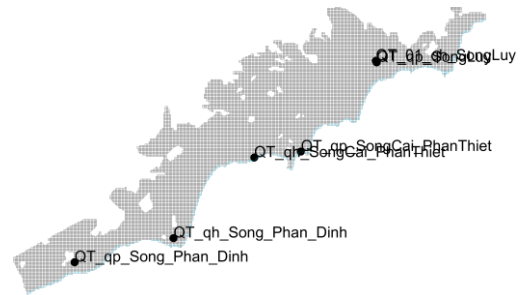
Hình 4.25. Vị trí các lỗ khoan khai thác NDD tỉnh Ninh Thuận



Hình 4.26. Vị trí công trình quan trắc NDD tỉnh Ninh Thuận



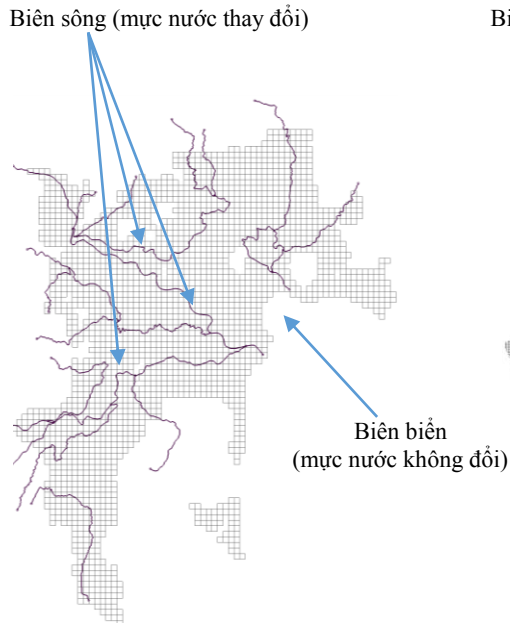
Hình 4.27. Vị trí các lỗ khoan khai thác NDD tỉnh Bình Thuận



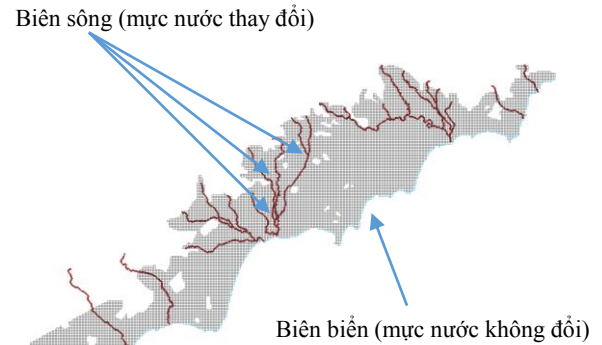
Hình 4.28. Vị trí công trình quan trắc NDD tỉnh Bình Thuận

e. Biên mô hình

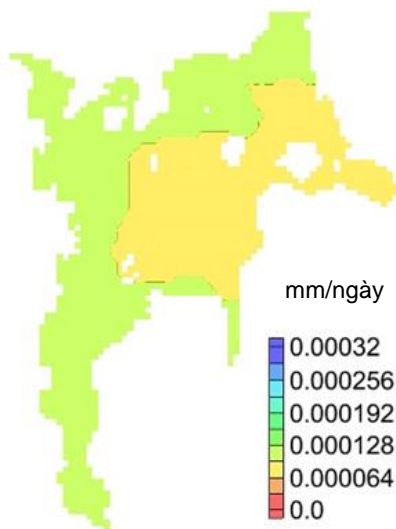
Khu vực nghiên cứu được giới hạn bởi vùng biên bao quanh của mô hình nơi tiếp xúc với đá gốc là biên không dòng chảy, phía biển được gán biên loại I - tiếp xúc trực tiếp với nước biển. Biên sông: Trị số trên biên là mực nước tính toán bằng mô hình dòng mặt MIKE ứng với từng đoạn sông và có bước thời gian trùng với bước thời gian tính toán trên mô hình nước dưới đất MODFLOW. Giá trị sức cản thấm lòng sông được xác định theo tài liệu thu thập các kết quả nghiên cứu trước đây về sự phân bố trầm tích đáy lòng sông. Lượng cung cấp cho NDD được lấy theo tài liệu quan trắc KTTV trong khu vực và chính xác hoá thông qua quá trình chỉnh lý.



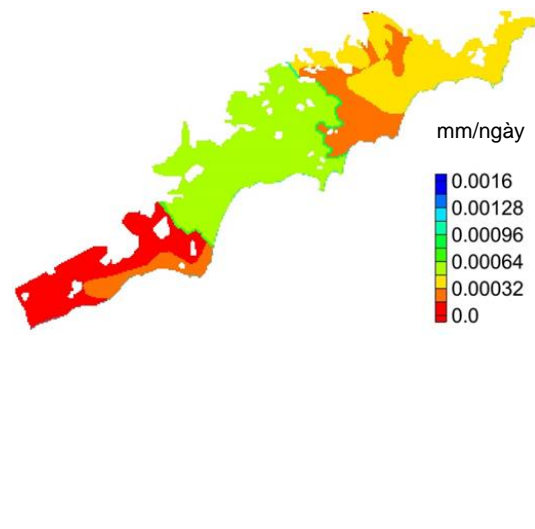
Hình 4.29. Sơ đồ hóa điều kiện biên khu vực tỉnh Ninh Thuận



Hình 4.30. Sơ đồ hóa điều kiện biên khu vực tỉnh Bình Thuận



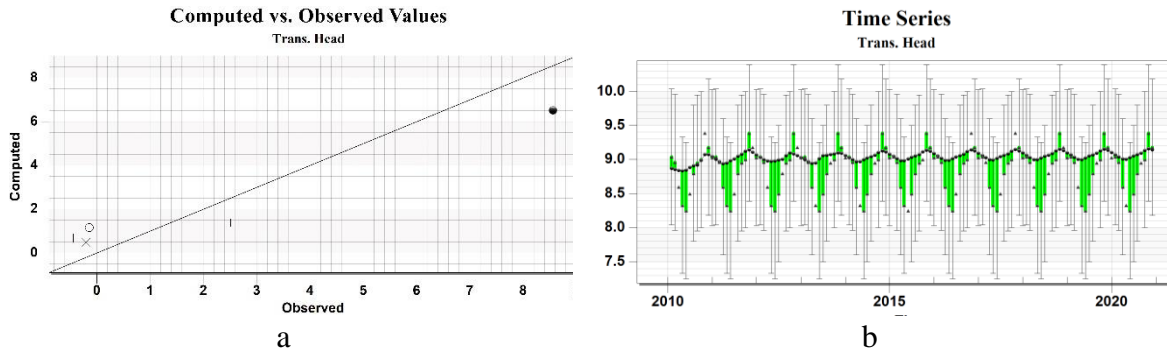
Hình 4.31. Phân vùng lượng bổ cập cho nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận (mm/ngày)



Hình 4.32. Phân vùng lượng bổ cập cho nước dưới đất tỉnh Bình Thuận (mm/ngày)

4.3.2. *Chỉnh lý mô hình nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận*

Mô hình được chỉnh lý với 2 bước chỉnh lý ổn định và không ổn định. Kết quả chỉnh lý ổn định cho thấy sai số giữa mực nước tính toán và mực nước quan trắc đều nhỏ hơn 1m với giá trị lớn nhất tại giếng NT-15 là 0,7m; và nhỏ nhất là tại giếng quan trắc NT-09 là 0,6m. Kết quả tính toán từ mô hình cho thấy, sai số trung bình quân phương (RMS) là 0,192m, sai số trung bình quân phương tiêu chuẩn đạt 3,9%, nằm trong giới hạn cho phép (<25%). Các giá trị này cho thấy kết quả tính toán từ mô hình là tin cậy để sử dụng trong việc chỉnh lý bất ổn định.



Hình 4.33. Kết quả chỉnh lý mô hình (a - Tương quan mực nước tính toán ổn định trên mô hình và mực nước quan trắc thực tế tại thời điểm 06/2013, b - tương quan mực nước tính toán không ổn định và mực nước quan trắc tại lỗ khoan NT-10A)

Kết quả chỉnh lý bất ổn định được thể hiện bằng sự tương quan giữa mực nước tính toán tại các giếng quan trắc và mực nước quan trắc thực tế ở các giếng này cho thấy sự sai số tương quan như sau: Ở lớp 1 (tầng qh): Giá trị sai số lớn nhất là tại lỗ khoan NT-15 là 0,33m, nhỏ nhất là tại lỗ khoan NT-09 là 0,06m. Ở lớp 2 (tầng qp): Giá trị sai số lớn nhất là tại lỗ khoan QTT3- C1 là 0,25m, nhỏ nhất là tại lỗ khoan QTT5- C1 là 0,05m. Kết quả sai số RMS tiêu chuẩn là 4,348%. Tất cả những giá trị sai số trên đều nằm trong giới hạn cho phép (<25%) nên kết quả chỉnh lý này là tin cậy để đưa vào tính toán dự báo. Đồ thị quan hệ giữa mực nước tính toán và giếng quan trắc đại diện cho thấy hàng năm mực nước cực đại xuất hiện vào tháng 8 và mực nước cực tiểu xuất hiện vào tháng 3. Nhìn chung dao động mực nước trên mô hình có chu kỳ dao động tương đối phù hợp với chu kỳ dao động của lượng mưa và phù hợp với tài liệu quan trắc mực nước tại các lỗ khoan quan trắc NT-10A và NT-11A.

4.3.3. Xây dựng mô hình dịch chuyển ranh mặn SEAWAT nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

Mô hình dự báo dịch chuyển ranh mặn SEAWAT được giải trên cơ sở kết quả lời giải bài toán dòng chảy. Chính vì vậy các thông số trường thấm vẫn được giữ nguyên so với kết quả chỉnh lý và bổ sung các số thông số di chuyển sau:

- Độ lỗ hồng hữu hiệu được lấy dao động từ 0,25 đến 0,3 cho TCN Holoxen và Pleistoxen.

- Hệ số khuếch tán phân tử $DMCOEF = 2 \times 10^{-9} m^2/s$ (Effective molecular diffusion coefficient), bởi vì đây là bài toán dịch chuyển trong điều kiện bình thường khi mà thành phần phân tán thấm và khuếch tán cơ học lớn hơn rất nhiều khuếch tán phân tử.

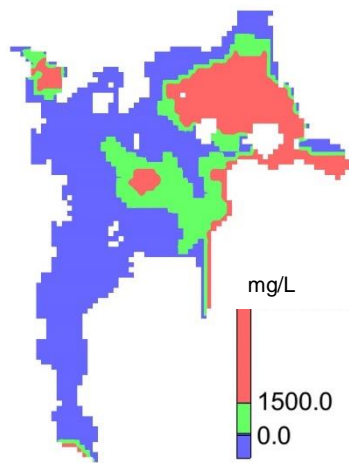
- Tỷ số $TRPT = 0,1$ (Ratio of horizontal transverse dispersivity to longitudinal

dispersivity).

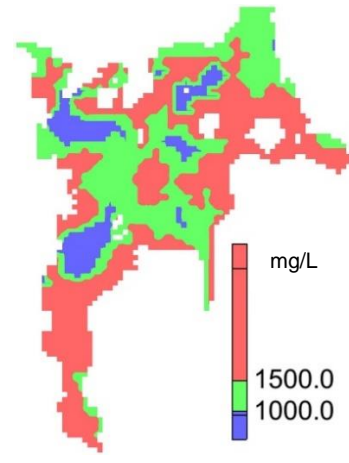
- Tỷ số TRVT = 0,01 (Ratio vertical transverse dispersivity to longitudinal dispersivity).

- Hệ số phân tán dọc = 30 cho các lớp chứa nước và 20 cho các lớp bán thấm (Longitudinal dispersivity).

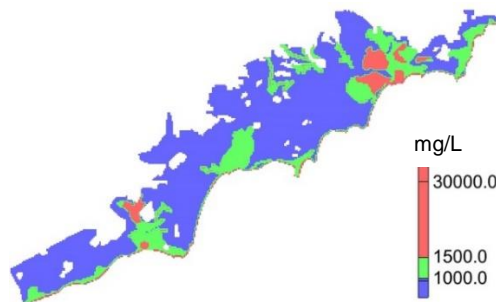
Mô hình SEAWAT không tính đến quá trình phản ứng và hấp phụ/giải hấp phụ của muối đối với các chất hoà tan khác và chất rắn của tầng chứa nước. Nồng độ ban đầu được gán căn cứ vào ranh giới mặn được thể hiện trên bản đồ hiện trạng nhiễm mặn nước dưới đất theo tài liệu khảo sát và đo địa vật lý năm 2016 - 2018.



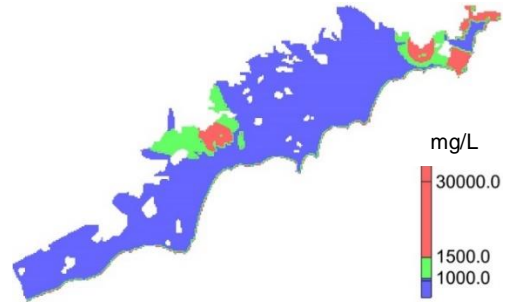
Hình 4.34. Sơ đồ Phân bố mặn nhạt TCN qh Ninh Thuận năm 2020



Hình 4.35. Sơ đồ Phân bố mặn nhạt TCN qp Ninh Thuận năm 2020



Hình 4.36. Sơ đồ phân bố mặn nhạt TCN qh Bình Thuận năm 2020



Hình 4.37. Sơ đồ phân bố mặn nhạt TCN qp Bình Thuận năm 2020

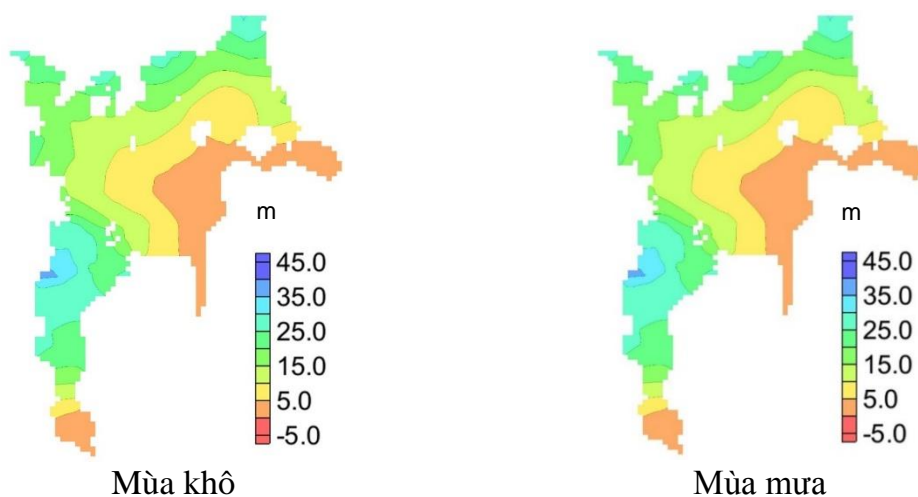
4.3.4. Kết quả dự báo mực nước, sự dịch chuyển biên mặn nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận với các kịch bản biến đổi khí hậu

Mô hình dự báo dịch chuyển ranh mặn tới năm 2100 được xây dựng dựa trên mô hình đã được chỉnh lý nêu ở bên trên. Các kịch bản dự báo được sử dụng là kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, đây là các kịch bản BĐKH và NBD phiên bản cập nhật năm

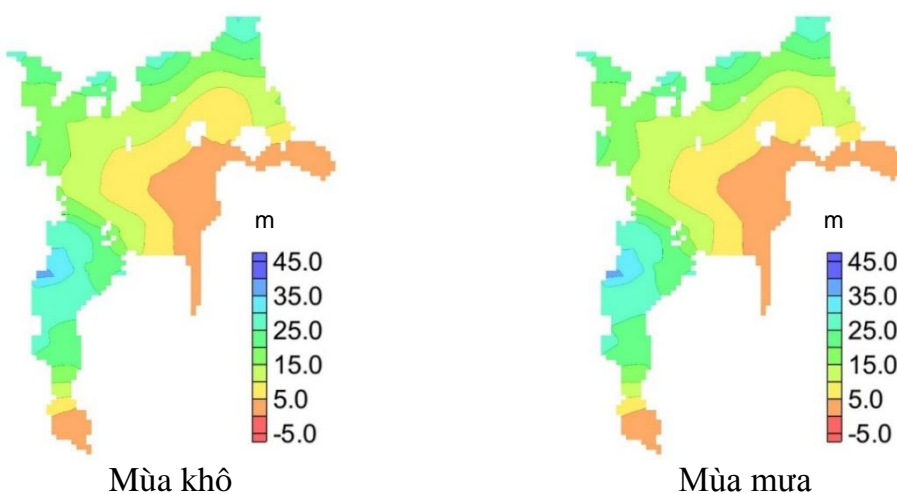
2020 do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố (chi tiết xem Phụ lục số 1). Các điều kiện biên liên quan đến mực nước biển và lượng mưa/bốc hơi được điều chỉnh và gán với mức độ phù hợp với dự báo mực nước biển dâng theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Hiện trạng khai thác được giữ như thời điểm năm 2020 để tính toán dự báo đến năm 2100. Việc giữ nguyên hiện trạng khai thác trong mô hình dự báo nhằm mục đích tập trung đánh giá duy nhất ảnh hưởng của BĐKH và NBD đến sự dịch chuyển của biên mặn. Các yếu tố khác sẽ được đánh giá trong các nghiên cứu tiếp theo. Kết quả của mô hình dự báo là đường mực nước và phân bố ranh giới mặn theo mùa tại các thời điểm năm 2040, 2100 cho 2 tầng chứa nước qh và qp cho tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận được thể hiện từ hình 4.38 đến hình 4.53.

4.3.4.1. Kết quả dự báo mực nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận với các kịch bản BĐKH

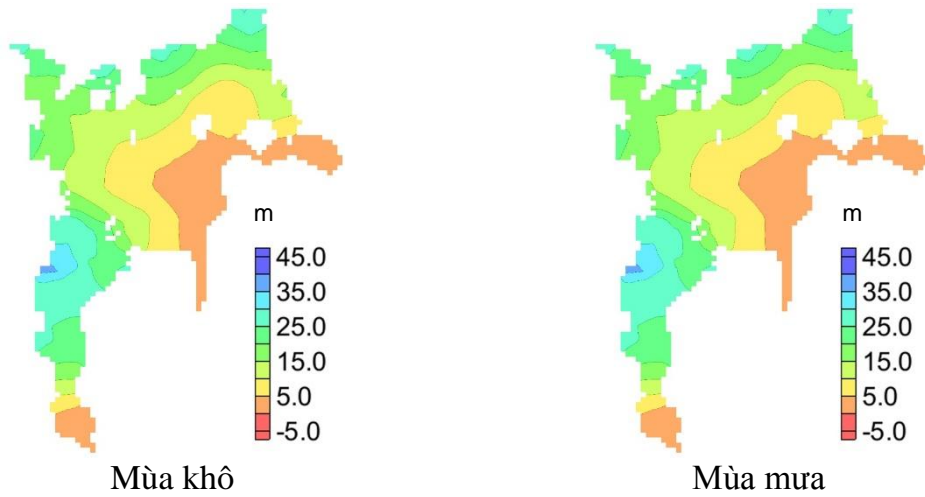
a. Kết quả dự báo mực nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận theo các kịch bản BĐKH (thể hiện từ hình 4.38 đến hình 4.41, chi tiết xem Phụ lục số 6)



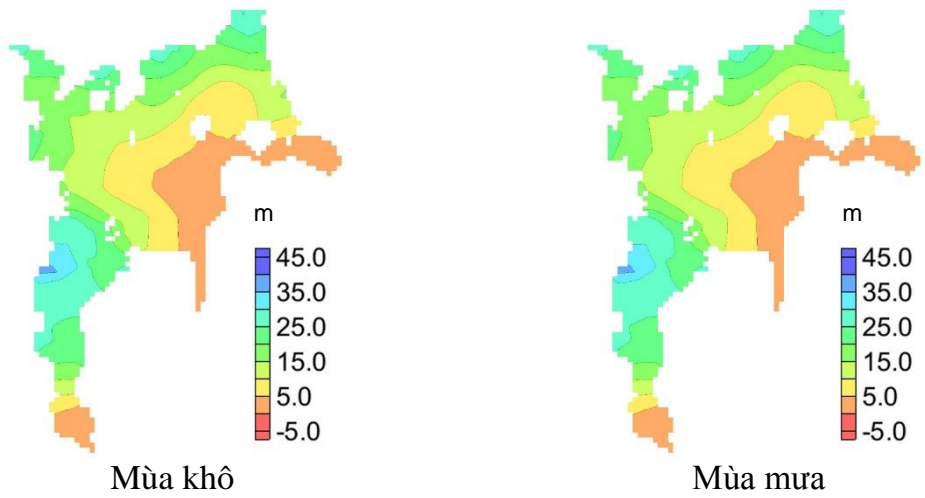
Hình 4.38. Mực nước TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5



Hình 4.39. Mực nước TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5

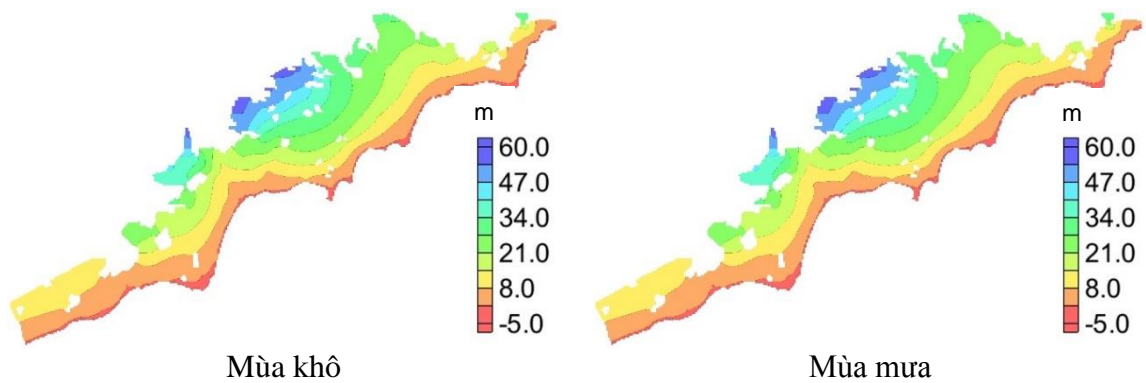


Hình 4.40. Mực nước TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5

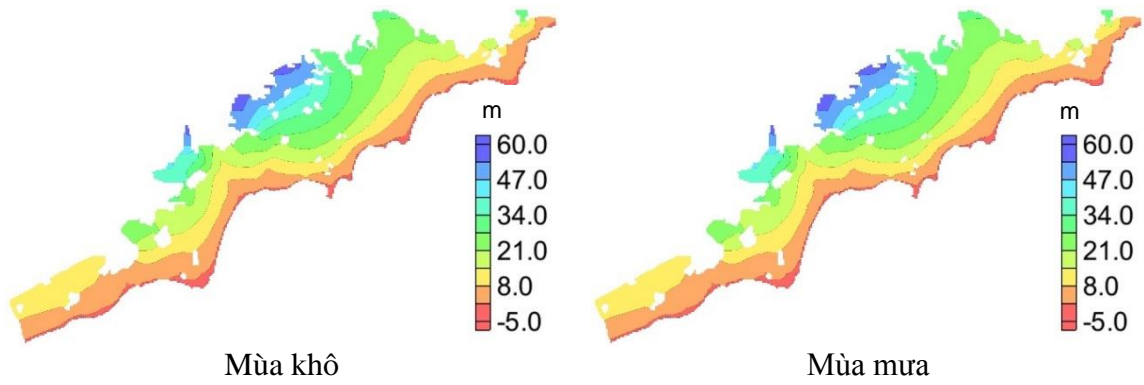


Hình 4.41. Mực nước TCN qđ tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5

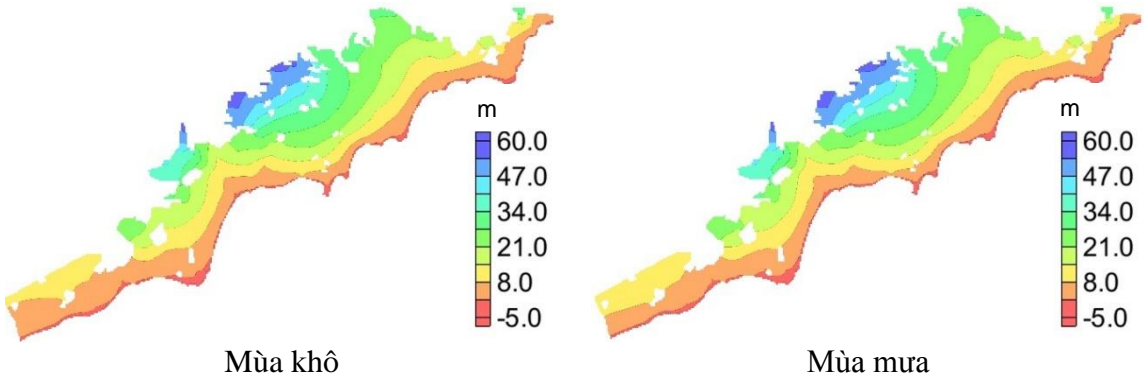
b. Kết quả dự báo mực nước dưới đất tỉnh Bình Thuận theo các kịch bản biến đổi khí hậu (thể hiện từ hình 4.32 đến hình 4.45, chi tiết xem Phụ lục số 7)



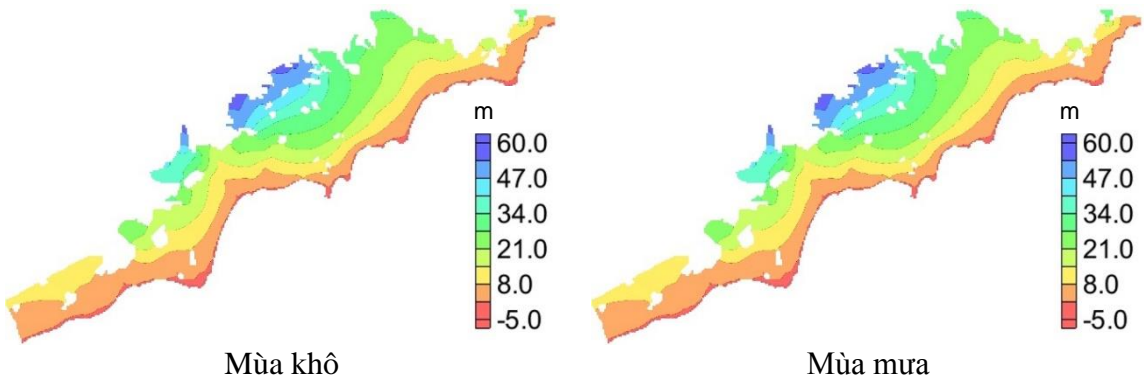
Hình 4.42. Mực nước TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5



Hình 4.43. Mức nước TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5



Hình 4.44. Mức nước TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5

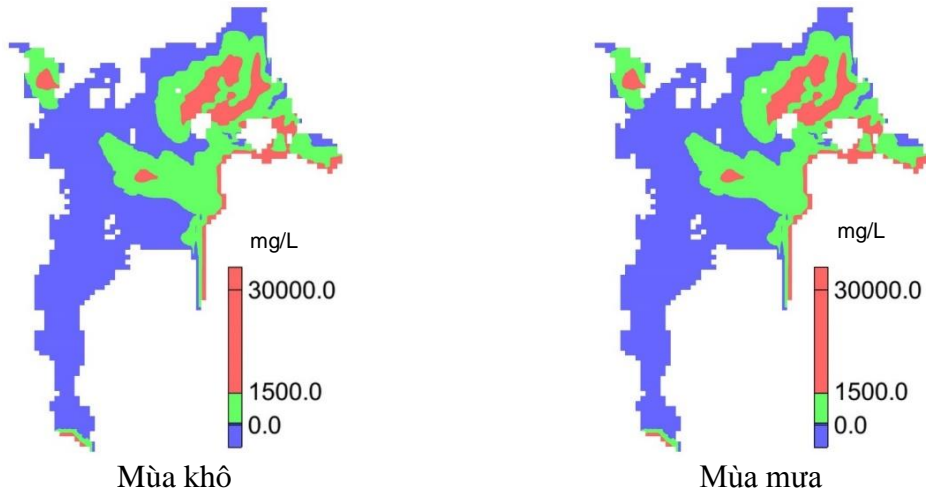


Hình 4.45. Mức nước TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 100 ứng với kịch bản RCP8.5

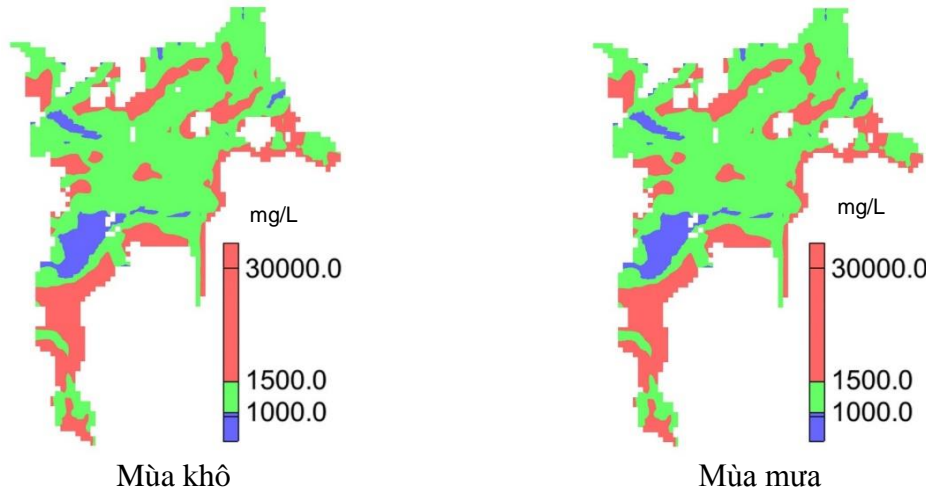
Nhận xét: Thông qua kết quả dự báo mực nước có thể thấy chênh lệch mực nước giữa TCN qh và qp tại cả Ninh Thuận và Bình Thuận không lớn. Chênh lệch theo mùa thể hiện không rõ rệt ứng với các mốc thời gian. Tuy nhiên, chênh lệch mực nước giữa 2 kịch bản tương đối rõ ràng và có thể nhận thấy. Kịch bản RCP8.5 có mực nước tổng thể theo thời gian cao hơn so với kịch bản RCP4.5. Hướng dòng ngầm chủ đạo là hướng ra phía biển.

4.3.4.2. Kết quả dự báo dịch chuyển biên mặn dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận với các kịch bản BĐKH

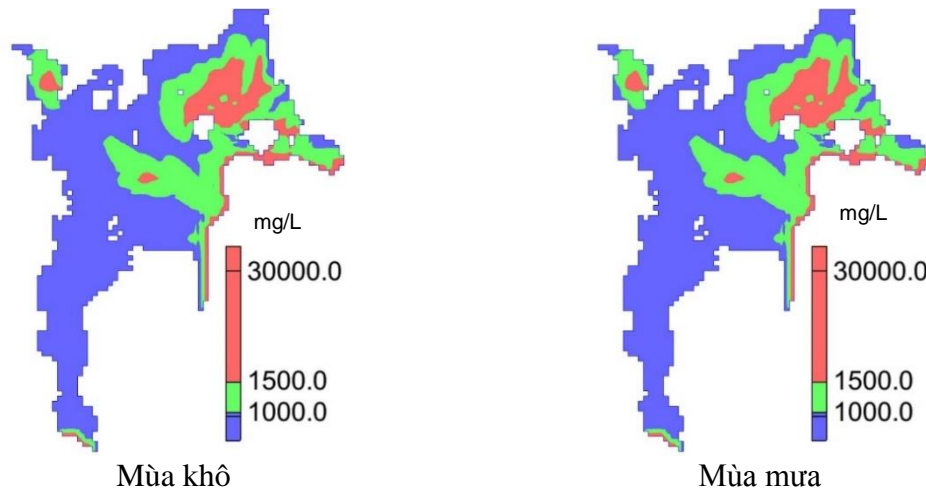
a. Kết quả dự báo dịch chuyển biên mặn dưới đất tỉnh Ninh Thuận theo các kịch bản BĐKH (thể hiện từ hình 4.46 đến hình 4.49, chi tiết xem Phụ lục số 8)



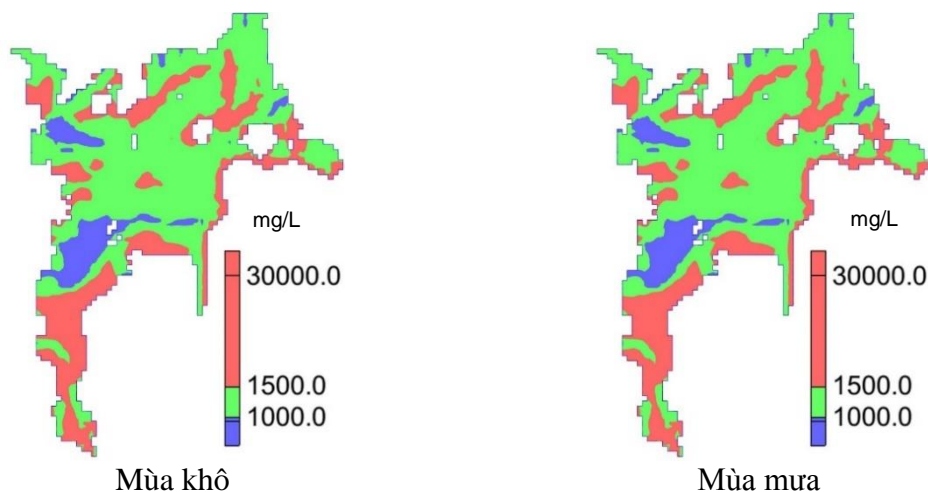
Hình 4.46. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5



Hình 4.47. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5

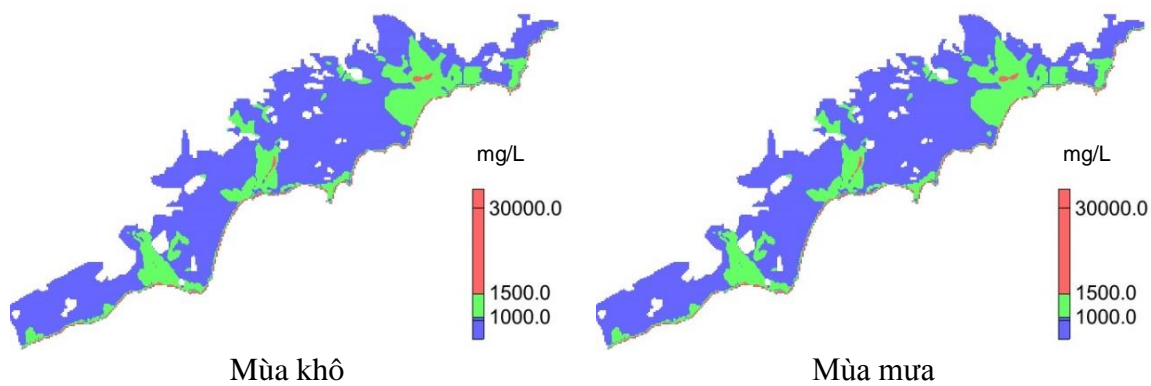


Hình 4.48. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5

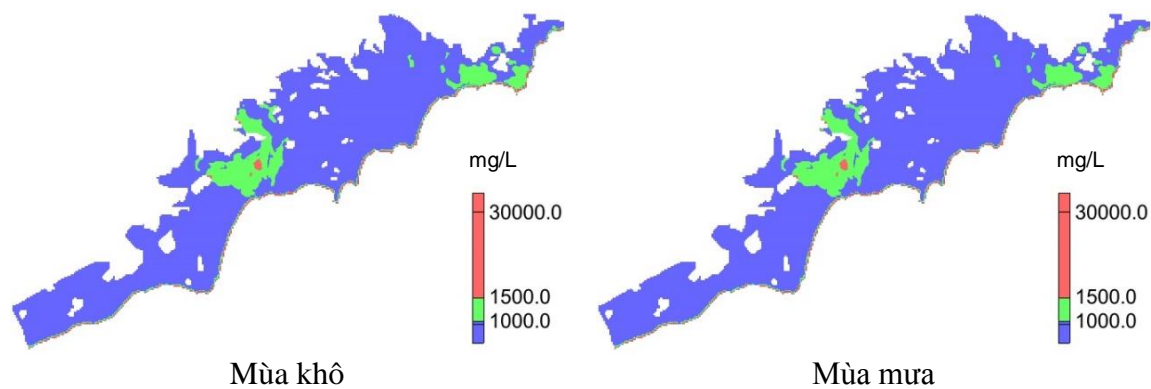


Hình 4.49. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Ninh Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5

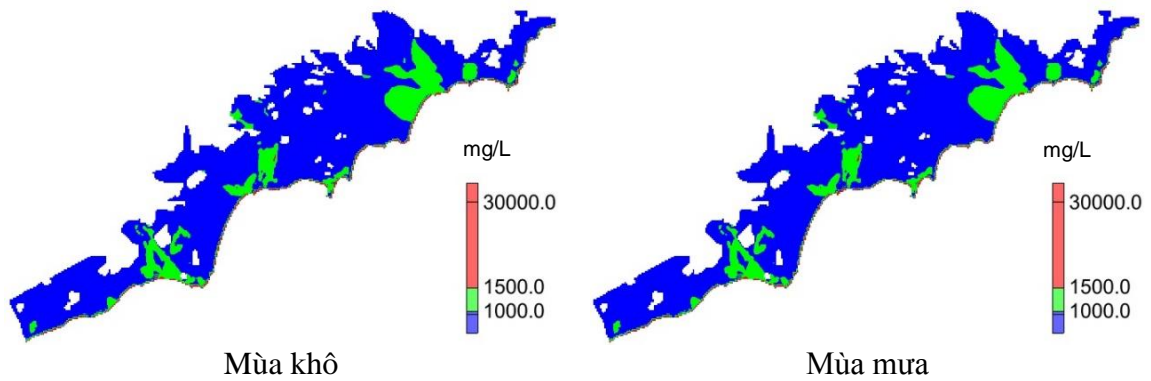
b. Kết quả dự báo dịch chuyển biên mặn dưới đất tỉnh Bình Thuận theo các kịch bản biến đổi khí hậu (thể hiện từ hình 4.50 đến hình 4.53, chi tiết xem Phụ lục số 9)



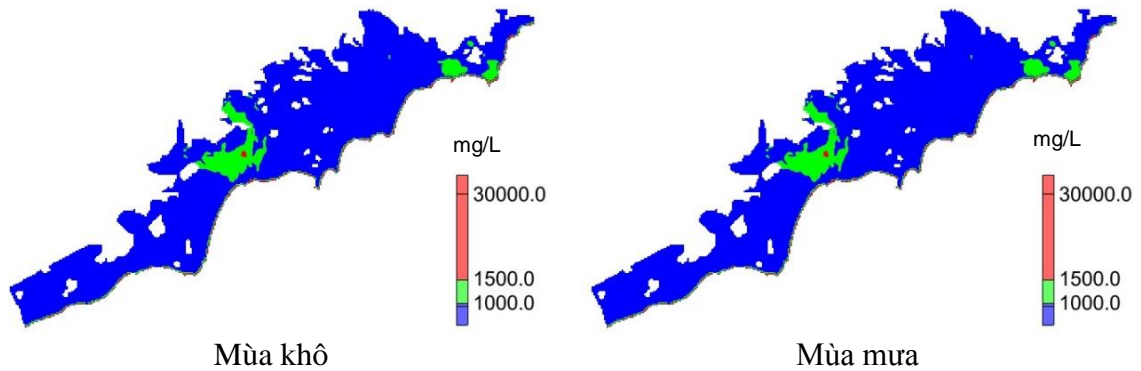
Hình 4.50. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5



Hình 4.51. Ranh giới mặn nhạt TCN qp tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP4.5



Hình 4.52. Ranh giới mặn nhạt TCN qh tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5



Hình 4.53. Ranh giới mặn nhạt TCN qđ tỉnh Bình Thuận năm 2100 ứng với kịch bản RCP8.5

Nhận xét:

Theo kết quả chạy và chỉnh lý mô hình dự báo XNM khu vực Ninh Thuận, Bình Thuận theo các kịch bản BĐKH cho thấy diện tích mặn tại 2 vùng Ninh Thuận và Bình Thuận tương đối trùng với các vùng được đánh giá là có nguy cơ tổn thương cao và rất cao theo phương pháp GALDIT cụ thể diện tích nhiễm mặn của 2 TCN đều tập trung tại các khu vực TP. Phan Rang, Ninh Sơn, Ninh Phước, Ninh Hải tỉnh Ninh Thuận và Tuy Phong, Bắc Bình, Hàm Thuận Bắc, Tp. Phan Thiết, Hàm Tân, Hàm Thuận Nam tỉnh Bình Thuận. Với các kết quả nêu trên cho thấy việc áp dụng phương pháp đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do XNM theo phương pháp GALDIT là hoàn toàn phù hợp và cho mức độ chính xác cao đối với vùng nghiên cứu.

Kết quả dự báo XNM theo các kịch bản BĐKH bằng phương pháp mô hình (bảng 4.20) cũng chỉ ra rằng các tầng chứa nước trong khu vực theo thời gian diện tích nhiễm mặn có xu hướng giảm cụ thể như sau:

Đối với tỉnh Ninh Thuận TCN qh, diện tích mặn giảm $3,5\text{km}^2$ và TCN qp giảm $4,7\text{km}^2$ với kịch bản RCP4.5 và giảm $4,6\text{km}^2$ và TCN qp giảm $5,1\text{km}^2$ với kịch bản RCP8.5 cho tới thời điểm năm 2100. Tốc độ giảm với kịch bản RCP 4.5 trung bình là $0,04\text{km}^2/\text{năm}$ đối với TCN qh và $0,05\text{km}^2/\text{năm}$ đối với TCN qp và $0,05\text{km}^2/\text{năm}$ đối với TCN qh, $0,06\text{km}^2/\text{năm}$ đối với kịch bản RCP8.5.

Đối với tỉnh Bình Thuận TCN qh, diện tích mặn giảm $8,9\text{km}^2$ và TCN qp giảm $11,6\text{km}^2$ với kịch bản RCP4.5 và giảm $9,3\text{km}^2$ và TCN qp giảm $12,5\text{km}^2$ cho với kịch bản RCP8.5 tới thời điểm năm 2100. Tốc độ giảm với kịch bản RCP 4.5 trung bình là $0,11\text{km}^2/\text{năm}$ đối với TCN qh và $0,14\text{km}^2/\text{năm}$ đối với TCN qp và $0,12\text{km}^2/\text{năm}$ đối với TCN qh, $0,16\text{km}^2/\text{năm}$ đối với kịch bản RCP8.5.

Như vậy, về mặt tổng thể kết quả đánh giá mức độ tổn thương do XNM và kết quả dự báo dịch chuyển xâm nhập mặn bằng phương pháp mô hình là hoàn toàn phù hợp điều đó cho thấy phương pháp GALDIT áp dụng để đánh giá tổn thương do XNM các TCN ven biển Việt Nam là hoàn toàn phù hợp. Tất nhiên, với số liệu chi tiết đầy đủ như vùng nghiên cứu, phương pháp mô hình sẽ cho kết quả dự báo chi tiết hơn và có thể sử dụng để đề xuất các giải pháp giảm thiểu XNM TCN ở vùng nghiên cứu.

Bảng 4.20. Tổng hợp diện tích mặn dự báo theo các kịch bản tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

Tỉnh	Diện tích mặn TCN (km ²)												
	Năm 2020	Năm 2040				Năm 2080				Năm 2100			
		RCP4.5	Chênh lệch	RCP8.5	Chênh lệch	RCP4.5	Chênh lệch	RCP8.5	Chênh lệch	RCP4.5	Chênh lệch	RCP8.5	Chênh lệch
Ninh Thuận													
qh	163,7	162,2	-1,5	161,8	-1,9	161,1	-2,6	160,6	-3,1	160,2	-3,5	159,1	-4,6
qp	629,9	628,3	-1,6	627,9	-2,0	626,1	-3,8	625,7	-4,2	625,2	-4,7	624,8	-5,1
Bình Thuận													
qh	526,2	523,4	-2,8	522,8	-3,4	519,8	-6,4	519,0	-7,2	517,3	-8,9	516,9	-9,3
qp	291,9	287,3	-4,6	286,8	-5,1	283,5	-8,4	282,9	-9,0	280,3	-11,6	279,4	-12,5

Ghi chú:

- Dấu (+) thể hiện diện tích mặn TCN tăng lên trong các kịch bản so với năm 2020.
- Dấu (-) thể hiện diện tích mặn TCN giảm đi trong các kịch bản so với năm 2020.

4.4. Đề xuất giải pháp giảm thiểu xâm nhập mặn các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ vùng ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận

4.4.1. Nguyên tắc chung của các giải pháp khai thác, sử dụng hiệu quả tài nguyên nước dưới đất nhằm giảm thiểu quá trình xâm nhập mặn

Trong việc quản lý, giảm thiểu XNM đối với các TCN ven biển, việc đầu tiên cần làm rõ đó là hiện trạng của nước dưới đất như: đặc điểm phân bố nước ngầm, hiện trạng phân bố mặn, nhạt, đường mực nước ngầm, hiện trạng khai thác nước, kế hoạch khai thác, sử dụng NDD. Nghiên cứu các giải pháp khoa học và công nghệ để hạn chế XNM đối với các TCN ven biển đã được đề cập trong nhiều nghiên cứu trong nước cũng như trên thế giới, với nguyên lý cơ bản hạn chế thể tích nước biển xâm nhập mặn và tăng thể tích nước ngọt.

Sau khi phân tích, đánh giá nguyên nhân và cơ chế XNM vào các TCN thì biện pháp phục hồi, giảm thiểu, hạn chế quá trình XNM được đưa ra cụ thể như sau:

- Hạn chế quá trình chênh lệch mực nước tại các khu vực ranh giới mặn - nhạt.
- Tránh khai thác NDD tại các khu vực gần ranh giới mặn.
- Sử dụng các công nghệ xử lý nước nhiễm mặn mới phục vụ trong cấp nước.

Các giải pháp tổng quát có thể kể đến:

1. Hút NDD nhiễm mặn nhằm tạo cân bằng giảm xâm nhập mặn vào các công trình khai thác và làm gia tăng trữ lượng nước nhạt cho tầng chứa nước do lượng nước nhạt thất thoát khỏi tầng chứa nước giảm (lượng nước nhạt chảy ra biển).

2. Tăng cường các nguồn bổ cập tự nhiên cho NDD nhằm gia tăng trữ lượng nước nhạt cho các TCN.

3. Bố trí lại các công trình khai thác nước nhằm giảm thiểu xâm nhập mặn và thất thoát nguồn nước chảy ra biển.

4. Khuyến khích sử dụng các nguồn nước mặt để giảm lưu lượng từ các công trình khai thác NDD.

5. Áp dụng các công nghệ mới trong xử lý nước nhiễm mặn cho các nhà máy cấp nước.

4.4.2. Thiết kế, lựa chọn giải pháp hạn chế xâm nhập mặn cho khu vực ven biển tỉnh Ninh Thuận

4.4.2.1. Thiết kế công trình bôn thấm bổ sung nhân tạo nước dưới đất

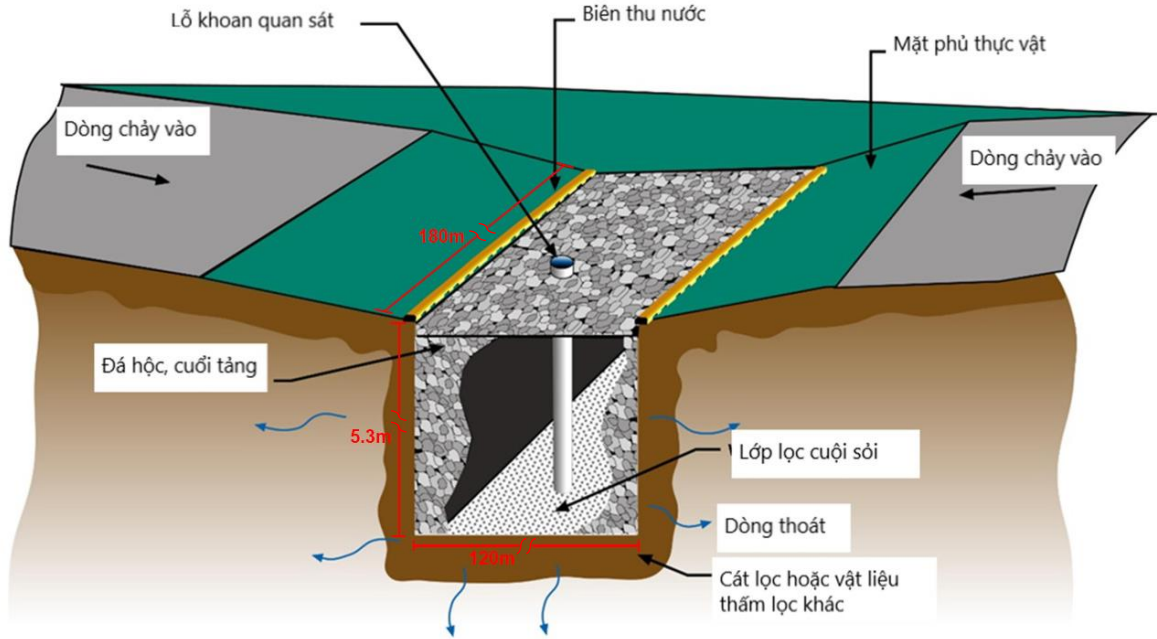
Bôn thấm là một dạng công trình bổ sung nhân tạo nhằm tăng cường lượng bổ

sung nước mặt cho nước ngầm để có thể tăng trữ lượng khai thác, tăng quá trình lọc tự nhiên và phục vụ cấp nước đặc biệt cho những vùng khó khăn về nguồn nước.

Căn cứ theo đặc điểm địa chất, ĐCTV và hiện trạng nhiễm mặn, hiện trạng cấp nước, nhu cầu cấp nước trong khu vực An Hải, TP Phan Rang - Tháp Chàm, Ninh Thuận. Kích thước bồn thấm là 180x120m tương ứng với 21.600m². Chiều sâu của bồn khoảng 5,3m.



Hình 4.54. Vị trí dự kiến thiết kế và xây dựng bồn thấm tại Suối Chanh, An Hải, TP Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận



Hình 4.55. Mô phỏng kích thước bồn thấm

Để đánh giá tính khả thi của công trình, tác giả xây dựng mô hình số NĐĐ mô phỏng lại hiện trạng và dự báo sự biến động của NĐĐ sau khi xây dựng bồn thấm. Mô hình này được chi tiết cho vùng nghiên cứu và trích xuất từ mô hình MODFLOW được xây dựng cho toàn bộ địa bàn tỉnh Ninh Thuận (Hình 4.15). Mô hình được xây dựng với hệ thống lưới sai phân hữu hạn kích thước 30x30m. Mô hình có chiều dài 180m và chiều rộng 150m. TCN trong khu vực nghiên cứu là TCN không phân chia có chiều dày là tương đối mỏng khoảng 10m. Hệ số thấm $K=10\text{m/ngày}$. Vật liệu thấm dưới đáy bồn được cấp phối đảm bảo $K=40\text{m/ngày}$. Mô hình được chạy trong 365 ngày bao gồm 2 mùa mưa và mùa khô. Bước thời gian chạy 365 bước tương ứng với 01 ngày/bước.

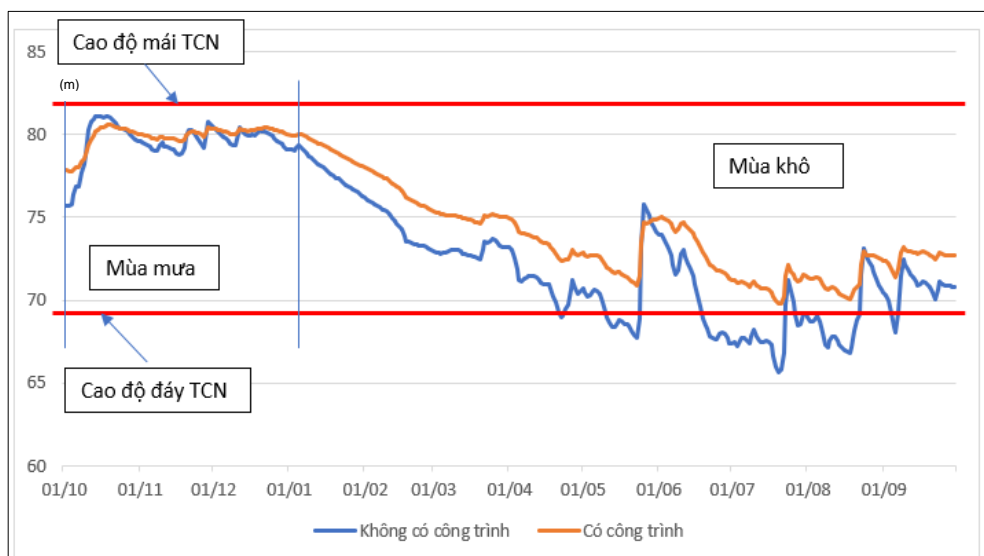
Để đánh giá hiệu quả hoạt động của bồn thấm, tác giả thiết kế 03 lỗ khoan khai thác nằm cách bồn thấm 30m với lưu lượng khai thác của mỗi lỗ khoan là $200\text{ m}^3/\text{ng}$. Như vậy, tổng công suất khai thác có thể đạt là $600\text{ m}^3/\text{ng}$. Kết quả kiểm nghiệm qua mô hình cho thấy cốt cao mực nước trong vùng nghiên cứu đã tăng lên sau khi có bồn thấm hoạt động. Cũng tương tự như vậy, cốt cao mực nước trong quá trình khai thác của các lỗ khoan khi có bồn thấm đã giảm rất nhiều so với trước khi có bồn thấm (Hình 4.57, 4.58, 4.59). Nếu nhìn vào cốt cao mực nước này, các lỗ khoan sẽ ngừng hoạt động vào mùa khô do cạn kiệt TCN nếu không có bổ sung nhân tạo từ bồn thấm.

Cốt cao mực nước của các lỗ khoan đang khai thác trong các trường hợp trước

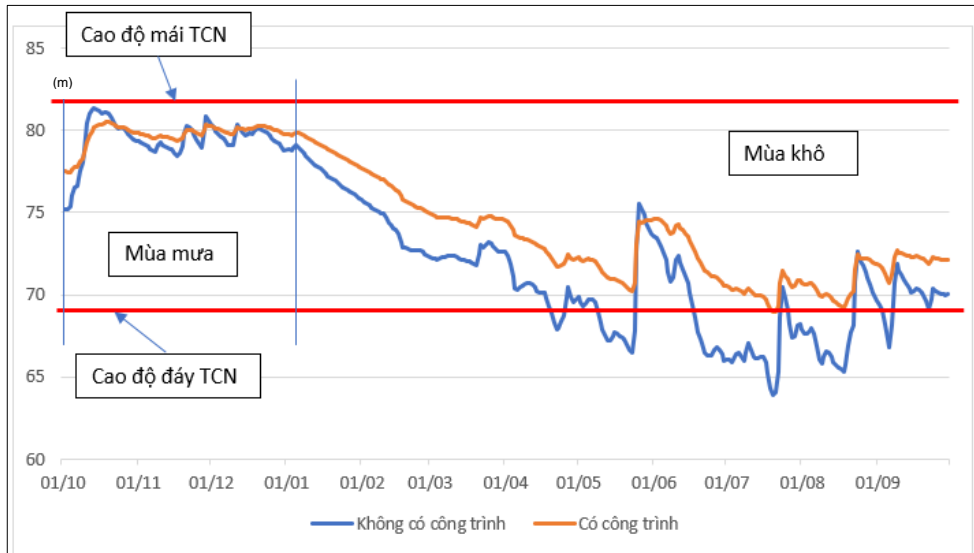
khi và sau khi bơm thấm đi vào hoạt động.



Hình 4.56. Vị trí các giếng khoan dự kiến trên mô hình



Hình 4.57. Tương quan mực nước giữa 2 trường hợp của giếng G1



Hình 4.58. Tương quan mực nước giữa 2 trường hợp của giếng G2



Hình 4.59. Tương quan mực nước giữa 2 trường hợp của giếng G3

4.4.2.2. Thiết kế công trình điển hình tường chắn (đập ngầm)

Tường chắn hay đập ngầm (ground dam) là công trình đặc biệt dùng để hạn chế sự thoát của NĐĐ với mục đích lưu giữ nước ngọt phục vụ cung cấp nước.

Vùng xây dựng tường chắn với các tiêu chí như sau:

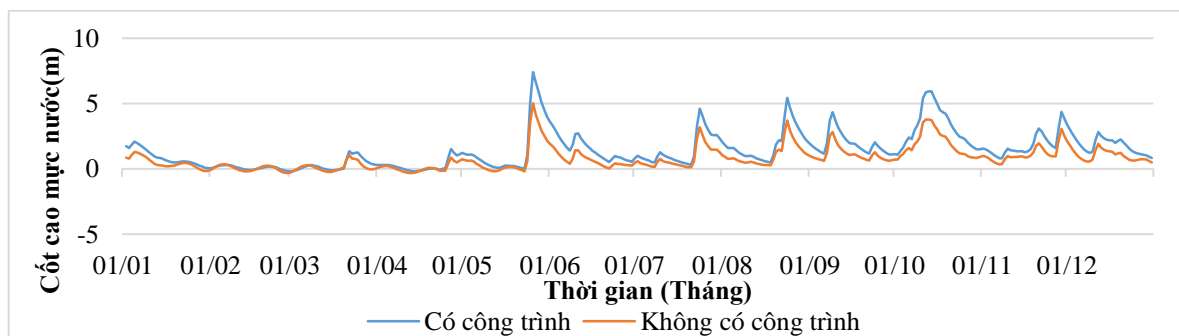
- Là vùng cấu trúc ĐCTV kín hoặc gần kín nghĩa là các lớp hoặc TCN nằm trên các địa tầng cách nước dạng bôn.
- Gần đới bờ, nơi mà tập trung dân cư cao để có thể đáp ứng nhu cầu cấp nước ở vùng chịu ảnh hưởng XNM.
- Diện tích vùng thu nước đủ lớn để đảm bảo mực nước dâng cao vào mùa khô
- Chiều dày lớp hoặc TCN không lớn.

- Đập ngầm sẽ vuông góc với hướng dòng thấm và ngăn cách RGMN.

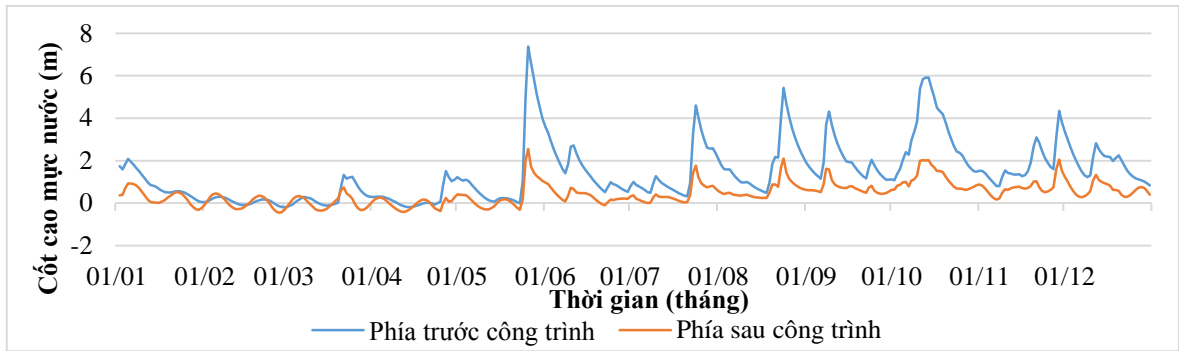
Vị trí được lựa chọn dựa vào kết quả điều tra khảo sát cũng như các tiêu chí nêu trên đó là Hồ Bình, huyện Ninh Hải, Tỉnh Ninh Thuận. Do cấu trúc ĐCTV các vùng này là cấu trúc tương đối kín nên tác giả xây dựng các mô hình riêng biệt để xác định tính khả thi của tuyến lựa chọn. Kích thước của đập ngầm là: dài $L = 300\text{m}$, cao $H_{tb} = 6,5\text{m}$, rộng $d = 80\text{cm}$.

Để đánh giá tính khả thi của công trình, tác giả xây dựng mô hình số NĐĐ mô phỏng lại hiện trạng và dự báo sự biến động của NĐĐ sau khi xây dựng đập ngầm. Mô hình này được chi tiết cho vùng nghiên cứu và trích xuất từ mô hình MODFLOW được xây dựng cho toàn bộ địa bàn tỉnh Ninh Thuận. Lưới sai phân hữu hạn kích thước $30 \times 30\text{m}$. Mô hình có chiều dài 3.000m và chiều rộng 2.600m . TCN trong khu vực nghiên cứu là TCN không phân chia có chiều dày là tương đối mỏng khoảng 10m . Hệ số thấm $K=10\text{m/ngày}$. Dữ liệu đầu vào được đưa vào ở đây là dữ liệu lượng mưa và bốc hơi trong khu vực. Khu vực phía đông của mô hình được đặt biên tổng hợp mô phỏng khu vực tiếp xúc với nước biển của TCN. Mô hình được chạy trong 365 ngày bao gồm 2 mùa mưa và mùa khô. Bước thời gian chạy 365 bước tương ứng với 01 ngày/bước.

Kết quả phân tích hướng dòng chảy NĐĐ sau khi mô hình được chỉnh lý vị trí đặt đập ngầm. Kết quả mô phỏng của 2 mô hình có và không có đập ngầm được lấy đại diện theo mùa khô và mùa mưa để so sánh. Đồ thị mực nước thể hiện trên hình 4.61, 4.62 cho thấy mực NĐĐ đã tăng đáng kể từ $0,2 - 2,0\text{ m}$ ở phía trước đập vào cả mùa mưa lẫn mùa khô. Mực nước phía sau thân đập chỉ giảm đôi chút vào mùa mưa.



Hình 4.60. Mực nước dự báo phía trước đập ngầm trong 2 trường hợp: a) đường màu xanh thể hiện mực nước dâng lên sau khi xây dựng đập b) đường màu đỏ thể hiện mực nước trước khi xây dựng đập



Hình 4.61. Mực nước dự báo phía trước và phía sau đập ngầm sau khi xây dựng đập a) đường màu xanh thể hiện mực nước dâng lên phía trước đập b) đường màu đỏ thể hiện mực nước phía sau đập



Hình 4.62. Vị trí đập ngầm tại Hố Bình, huyện Ninh Hải, tỉnh Ninh Thuận

Tiểu kết chương 4:

Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM cho vùng ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận như sau:

Trong TCN lỗ hổng qh: vùng nguy cơ tổn thương thấp chiếm diện tích rất nhỏ với 0,4687km² (chiếm 0,4%) phân bố ở huyện Ninh Hải và Tp. Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận; vùng nguy cơ tổn thương trung bình xâm nhập mặn với diện

tích là 160,6km² (chiếm 12,75%) phân bố ở các xã ven biển; vùng nguy cơ tổn thương cao chiếm phần lớn diện tích trong vùng với 1.083km² (chiếm 86%) phân bố hầu khắp vùng nghiên cứu; vùng nguy cơ tổn thương rất cao chiếm diện tích 15,25km² (chiếm 1,21%) phân bố ở huyện Ninh Hải, Ninh Phước tỉnh Ninh Thuận và huyện Tuy Phong, Bắc Bình tỉnh Bình Thuận.

Trong TCN lỗ hổng qđ: vùng nguy cơ tổn thương thấp chiếm diện tích 25,15km² (chiếm 1,2%) phân bố ở huyện Hàm Thuận Nam tỉnh Bình Thuận; vùng nguy cơ tổn thương trung bình xâm nhập mặn với diện tích là 788,1km² (chiếm 37,61%) phân bố ở các xã ven biển; vùng nguy cơ tổn thương cao chiếm phần lớn diện tích trong vùng với 1.265km² (chiếm 60,36%) phân bố hầu khắp vùng nghiên cứu; vùng nguy cơ tổn thương rất cao chiếm diện tích nhỏ nhất với 17,39km² (chiếm 0,83%) phân bố ở huyện Ninh Hải, Ninh Phước, Ninh Sơn tỉnh Ninh Thuận và huyện Tuy Phong tỉnh Bình Thuận.

Qua kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn có thể thấy: đối với TCN qđ vùng có nguy cơ tổn thương cao và rất cao chiếm trên 87% tổng diện tích phân bố TCN, còn đối với TCN qđ là trên 60% tổng diện tích phân bố TCN. Như vậy, có thể thấy các các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận rất dễ bị tổn thương do XNM.

Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM và kết quả dự báo dịch chuyển xâm nhập mặn bằng phương pháp mô hình là hoàn toàn phù hợp điều đó cho thấy phương pháp GALDIT áp dụng để đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM các TCN ven biển Việt Nam là hoàn toàn phù hợp. Tất nhiên, với số liệu chi tiết đầy đủ như vùng nghiên cứu, phương pháp mô hình sẽ cho kết quả dự báo chi tiết hơn và có thể sử dụng để đề xuất các giải pháp giảm thiểu XNM các TCN ở vùng nghiên cứu.

Trên cơ sở phân tích, đánh giá nguyên nhân và cơ chế XNM vào các TCN thì giải pháp khắc phục, giảm thiểu, hạn chế quá trình XNM được đề xuất trên cơ sở nguyên tắc chung như sau:

- Hạn chế quá trình chênh lệch mực nước tại các khu vực ranh giới mặn - nhạt.
 - Tránh khai thác NĐĐ tại các khu vực gần biên mặn.
 - Sử dụng các công nghệ xử lý nước nhiễm mặn mới phục vụ trong cấp nước
- Các giải pháp được sử dụng rộng rãi trên thế giới và trong nước cũng được đề

cấp đến đó là: i) hút NĐĐ nhiễm mặn nhằm tạo cân bằng giảm xâm nhập mặn vào các công trình khai thác và làm gia tăng trữ lượng nước nhạt cho tầng chứa nước do lượng nước nhạt thất thoát khỏi tầng chứa nước giảm (lượng nước nhạt chảy ra biển); ii) tăng cường các nguồn bổ cập tự nhiên cho NĐĐ nhằm gia tăng trữ lượng nước nhạt cho các TCN; iii) bố trí lại các công trình khai thác nước nhằm giảm thiểu xâm nhập mặn và thất thoát nguồn nước chảy ra biển; iv) Sử dụng thêm các nguồn nước mặt từ sông, hồ để giảm lưu lượng từ các công trình khai thác NĐĐ; v) Áp dụng các công nghệ mới trong xử lý nước nhiễm mặn cho các nhà máy cấp nước

Đối với vùng nghiên cứu, hai giải pháp về bồn thấm và đập ngầm được lựa chọn cho các vùng phù hợp đã được kiểm nghiệm trên mô hình dòng chảy NĐĐ. Kết quả kiểm nghiệm qua mô hình cho thấy cốt cao mực nước trong vùng nghiên cứu đã tăng lên sau khi có bồn thấm và đập ngầm hoạt động. Như vậy, giải pháp xây dựng bồn thấm và đập ngầm là rất hiệu quả, đồng thời có thể đáp ứng yêu cầu cấp nước sạch cho phát triển KTXH.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Đề tài luận án tiến sỹ “*Nghiên cứu đánh giá mức độ tổn thương do xâm nhập mặn trong các tầng chứa nước ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận*” đã hoàn thành mục tiêu, nhiệm vụ đặt ra và giải quyết được 2 luận điểm nghiên cứu. Qua kết quả nghiên cứu của luận án có thể rút ra một số kết luận và kiến nghị sau:

KẾT LUẬN

1. Trên cơ sở nghiên cứu phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương các TCN; căn cứ theo ưu, nhược điểm của từng phương pháp, so sánh với đặc điểm ĐCTV và các số liệu thông tin hiện có tại vùng nghiên cứu, tác giả lựa chọn đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM các TCN Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận theo phương pháp GALDIT là phù hợp nhất với các trọng số liên quan nhiều đến yếu tố XNM của nước biển vào các TCN Đệ tứ ven biển.

Trong luận án này ranh giới mặn nhạt của TCN qh và TCN qp vùng nghiên cứu đã được xác định rõ ràng, nên trọng số khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu (D) chính là khoảng cách từ ranh giới mặn nhạt của TCN tới điểm nghiên cứu, đây là một trong những điểm mới nổi bật của luận án.

2. Trong vùng nghiên cứu tồn tại 03 TCN lỗ hồng gồm: TCN q, qh, qp. Các TCN lỗ hồng có độ sâu phân bố tầng chứa nước nông, bề dày tầng chứa nước mỏng và chất lượng nước đang bị xâm nhập mặn ngày càng nhiều. Tiềm năng dự báo tài nguyên NĐĐ phần nước nhạt các TCN trầm tích Đệ tứ (TCN Holocen qh và TCN Pleistocen qp) dải ven biển Ninh Thuận - Bình Thuận là 885.030m³/ng; nước mặn là 639.564 m³/ng. Trữ lượng nước nhạt có thể khai thác toàn là 265.509 m³/ng. Như vậy, có thể thấy tài nguyên nước dưới đất trong các TCN ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận có trữ lượng hạn chế.

3. Kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM cho vùng ven biển Ninh Thuận, Bình Thuận như sau:

- Tầng chứa nước lỗ hồng qh: vùng nguy cơ tổn thương thấp diện tích rất nhỏ với 0,4687km² (chiếm 0,4%); vùng nguy cơ tổn thương trung diện tích là 160,6km² (chiếm 12,75%); vùng nguy cơ tổn thương cao diện tích là 1.083km² (chiếm 86%); vùng nguy cơ tổn thương rất cao diện tích là 15,25km² (chiếm 1,21%).

- Tầng chứa nước lỗ hồng qp: vùng nguy cơ tổn thương thấp với diện tích 25,15km² (chiếm 1,2%); vùng nguy cơ tổn thương trung bình diện tích là 788,1km²

(chiếm 37,61%); vùng nguy cơ tổn thương cao diện tích là 1.265km² (chiếm 60,36%); vùng nguy cơ tổn thương rất cao diện tích là 17,39km² (chiếm 0,83%).

Qua kết quả đánh giá hiện trạng mức độ dễ bị tổn thương do XNM có thể thấy: đối với TCN qh vùng có nguy cơ tổn thương cao và rất cao chiếm trên 87% tổng diện tích phân bố TCN, còn đối với TCN qp là trên 60% tổng diện tích phân bố TCN. Như vậy, có thể thấy các các TCN trầm tích Đệ tứ ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận rất dễ bị tổn thương do XNM.

4. Luận án đã xây mô hình dòng chảy NĐĐ bằng phần mềm Visual MODFLOW và dự báo dịch chuyển mặn nhạt bằng phần mềm SEAWAT để dự báo các tác động do BĐKH, NBD và phát triển KTXH đối với XNM ở các TCN trầm tích Đệ tứ ven biển. Kết quả chạy và chỉnh lý mô hình dự báo XNM khu vực Ninh Thuận, Bình Thuận theo các kịch bản BĐKH và NBD phiên bản cập nhật năm 2020 do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố cho thấy diện tích mặn tại 2 vùng này là phù hợp với kết quả đánh giá mức độ tổn thương do XNM của các TCN bằng phương pháp GALDIT, điều đó cho thấy phương pháp GALDIT áp dụng để đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM các TCN ven biển Việt Nam là hoàn toàn phù hợp.

5. Về dự báo xâm nhập mặn đến nước dưới đất theo các kịch bản BĐKH và NBD thì các vùng mặn này có xu hướng giảm tổng thể cụ thể như sau:

- Tỉnh Ninh Thuận TCN qh, diện tích mặn giảm 3,5km² và TCN qp giảm 4,7km² với kịch bản RCP4.5 và TCN qh giảm 4,6km² và TCN qp giảm 5,1km² với kịch bản RCP8.5 cho tới thời điểm năm 2100. Tốc độ giảm với kịch bản RCP 4.5 trung bình là 0,04km²/năm đối với TCN qh và 0.05km²/năm đối với TCN qp và 0,05km²/năm đối với TCN qh, 0,06km²/năm đối với kịch bản RCP8.5.

- Tỉnh Bình Thuận TCN qh, diện tích mặn giảm 8,9km² và TCN qp giảm 11,6km² với kịch bản RCP4.5 và TCN qh giảm 9,3km² và TCN qp giảm 12,5km² cho với kịch bản RCP8.5 tới thời điểm năm 2100. Tốc độ giảm với kịch bản RCP 4.5 trung bình là 0,11km²/năm đối với TCN qh và 0.14km²/năm đối với TCN qp và 0,12km²/năm đối với TCN qh, 0,16km²/năm đối với kịch bản RCP8.5.

6. Các giải pháp được sử dụng rộng rãi trên thế giới và trong nước cũng được đề cập đến đó là: i) hút NĐĐ nhiễm mặn nhằm tạo cân bằng giảm xâm nhập mặn vào các công trình khai thác và làm gia tăng trữ lượng nước nhạt cho tầng chứa nước do lượng nước nhạt thất thoát khỏi tầng chứa nước giảm (lượng nước nhạt chảy ra biển); ii) tăng cường các nguồn bổ cập tự nhiên cho NĐĐ nhằm gia tăng trữ lượng nước

nhạt cho các TCN; iii) bố trí lại các công trình khai thác nước nhằm giảm thiểu xâm nhập mặn và thất thoát nguồn nước chảy ra biển; iv) Sử dụng thêm các nguồn nước mặt từ sông, hồ để giảm lưu lượng từ các công trình khai thác NĐĐ; v) Áp dụng các công nghệ mới trong xử lý nước nhiễm mặn cho các nhà máy cấp nước. Đối với vùng nghiên cứu, hai giải pháp về bồn thấm và đập ngầm được lựa chọn cho các vùng đã được kiểm nghiệm trên mô hình dòng chảy NĐĐ. Kết quả kiểm nghiệm qua mô hình cho thấy cốt cao mực nước trong vùng nghiên cứu đã tăng lên sau khi có bồn thấm và đập ngầm hoạt động. Như vậy, giải pháp xây dựng bồn thấm và đập ngầm là rất hiệu quả, đồng thời có thể đáp ứng yêu cầu cấp nước sạch cho phát triển KTXH.

KIẾN NGHỊ

1. Hệ phương pháp điều tra bổ sung và phương pháp GALDIT cùng với bộ trọng số các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ dễ bị tổn thương XNM các TCN ven biển được xác định từ kết quả nghiên cứu này có thể được áp dụng cho các vùng ven biển ở Việt Nam.

2. Khi đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM bằng phương pháp GALDIT, cần tiếp tục nghiên cứu để điều chỉnh trọng số khoảng cách từ đường bờ biển đến vị trí nghiên cứu (D) là khoảng cách từ điểm nghiên cứu đến ranh giới mặn nhạt của TCN cho phù hợp với thực tiễn và có thể nhân rộng cho các vùng ven biển ở Việt Nam.

3 Các giải pháp được đề xuất và kiểm nghiệm bằng mô hình cần được triển khai trên thực địa nhằm góp phần vào giảm thiểu vấn đề khan hiếm nước vùng nghiên cứu đồng thời góp phần khẳng định kết quả nghiên cứu của đề tài.

4. Khi tiến hành xây mô hình dòng chảy NĐĐ để dự báo mực nước và dịch chuyển mặn nhạt bằng phần mềm SEAWAT theo các kịch bản BĐKH và NBD đến năm 2100, tác giả đã đề tham số khai thác sử dụng NĐĐ là không đổi (theo định hướng hạn chế khai thác NĐĐ của địa phương). Tuy nhiên, trong tương lai khi lượng khai thác NĐĐ tăng lên, thì cần có thêm những nghiên cứu để phù hợp với thực tiễn.

5. Kết quả nghiên cứu của đề tài cũng đã khẳng định tiềm năng NĐĐ hạn chế và dễ bị tổn thương của các TCN trầm tích Đệ tứ vùng ven biển Ninh Thuận – Bình Thuận. Chính vì vậy, một số đề xuất sau đây cần được xem xét:

- Tiếp tục theo dõi quan trắc diễn biến xâm nhập TCN qh, TCN qp, xác định sự biến động về diện và chiều sâu để có những nghiên cứu chuyên sâu đáp ứng yêu

câu trong tình hình diễn biến phức tạp của BĐKH - NBD.

- Xây dựng hệ thống quan trắc giám sát mực nước, chất lượng nước tại các TCN Holocen và Pleistocen.

- Xây dựng vùng cấm, hạn chế khai thác và hành lang bảo vệ tài nguyên NĐĐ trong khu vực nghiên cứu.

6. Tăng cường công tác quản lý, quy hoạch khai thác và sử dụng hợp lý các nguồn nước trên địa bàn để đảm bảo an ninh an toàn nguồn nước cho khu vực.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Phạm Quý Nhân, Trần Vũ Long, Trần Thành Lê, Tạ Thị Thoảng, **Nguyễn Thế Chuyên** (2019), *Nghiên cứu xây dựng tường chắn ngầm làm tăng khả năng khai thác nước dưới đất và giảm thiểu khả năng xâm nhập mặn đối với các tầng chứa nước ven biển tỉnh Ninh Thuận*, Tạp chí Tài nguyên và Môi trường số 28 năm 2019.
2. Quy Nhan Pham, Thi Thoang Ta, Thanh Le Tran, Thi Thu Pham, **The Chuyen Nguyen** (2021), *Assessment of Saltwater Intrusion Vulnerability in the Coastal Aquifers in Ninh Thuan, Vietnam*. Book title: "Global Changes and Sustainable Development in Asian Emerging Market Economies". Vol. 1 (89019494), 2021, Book Chapter, NXB Springer.
3. Phạm Quý Nhân, Trần Thành Lê, Tạ Thị Thoảng, **Nguyễn Thế Chuyên**, Phạm Thị Thu (2019), *Đánh giá hiện trạng, mức độ tổn thương do xâm nhập mặn và đề xuất một số giải pháp công trình giảm thiểu xâm nhập mặn các tầng chứa nước bờ rời ven biển miền trung*, Tạp chí Địa chất, loạt A, số 371 - 372.
4. **Nguyễn Thế Chuyên**, Phạm Quý Nhân, Phan Thị Thanh Hằng, Ngô Thanh Nga, *Ứng dụng mô hình SEAWAT nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến nước dưới đất tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận*, Tạp chí Tài nguyên nước, số 4 năm 2021.
5. Pham Quy Nhan, **Nguyen The Chuyen** (2021). *Assessing Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Seawater Intrusion in Coastal Aquifers in Ninh Thuan - Binh Thuan Plains*. The international workshop 16-17, September 2021 (Southeast Asia Research-based Network on Climate Change Adaptation Science) "Beyond Interlocal Lessons Learnt on Climate Change: Mapping, Fertilizing and Social Permeating" at Ibaraki University, Japan.
6. **Nguyễn Thế Chuyên**, Phạm Quý Nhân, Phan Thị Thanh Hằng, *Đánh giá nguy cơ tổn thương do xâm nhập mặn nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen ven biển tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận bằng phương pháp GALDIT và đề xuất giải pháp bảo vệ nước dưới đất*, Tạp chí Tài nguyên nước, số 1 năm 2022.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. L. Aller, et al., *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*, 1987, EPA-600/2-87-035.
2. M. Civita, *Legenda Unificata per Le Carte Della Vulnerabilita' Dei Corpi Idrici sotterranei/Unified Legend for the Aquifer Pollution Vulnerability Maps*. In *Studi sulla Vulnerabilita' degli Acquiferi*, 1990, 1. Append.), 13. Bologna: Pitagora Editrice.
3. M. Civita, *Groundwater Vulnerability Maps: A Review*. In *Proceedings of the IX Symposium on Pesticide Chemistry "Mobility and Degradation of Xenobiotics"*, Piacenza, 1993, 587–631. Italy: Edizioni G. Biagini. October 11–13.
4. M. Civita, and M. De Maio, *SINTACS. Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilita' degli acquiferi all'inquinamento*. In *Metodologia and Automatizzazione*, 1997, 60. Bologna: Pitagora Editrice.
5. V. Gornitz, and P. Kanciruk. *Assessment of global coastal hazards from sea level rise*, Coastal Zone 89, Proc. 6th Syrup. Coastal and Ocean Management/ASCE, 1989, 1345-1359.
6. Thieler E. Robert, Erika S. Hammar-Klose, *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea Level Rise; U.S. Atlantic Coast*. U.S Geological Survey, Open File Report, 1999, 99-593pp.
7. João Paulo Lobo Ferreira, A. G. Chachadi, Catarina Diamantino & M. J. Henriques, *Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using the GALDIT method: part 1-application to the Portuguese Monte Gordo aquifer*, IAHS, 2005.
8. N. Doerfliger and F. Zwahlen: *EPIK: a new method for outlining of protection areas in karstic environment*, in: *International symposium and field seminar on "karst waters and environmental impacts"*, edited by: Gunay, G. and Jonshon, A. I., Antalya, Turkey, Balkema, Rotterdam, 1997, 117–123.
9. J. M. Vias, B. Andreo, M. J. Perles, F. Carrasco, I. Vadillo, P. Jim'enez, *Proposed Method for Groundwater Vulnerability Mapping in Carbonate (Karstic) aquifers: the COP method: Application in Two Pilot Sites in Southern Spain*, *Hydrogeology journal*, 2006, 14: 912-925.
10. N. Goldscheider, M. Klute, S. Sturm and H. Hötzl, *The PI Method - A - GIS Based Approach to Mapping Groundwater Vulnerability with Special Consideration of Karst Aquifers*, *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 2000, 46, 157-166.
11. G. H. P. Oude Essink, *Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands*, *Water Resources Research* Volume 46, 2010, Issue 10.
12. Alexander Herzberg, *Die wasserversorgung einiger Nordseebader*, J. Gasbeleucht. *Wasserversorg*, 1901, 44: 842-844.
13. Badon W. Ghyben, *Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij, Amsterdam*, The Hague, 1888, 21.

14. George F. Pinder, and Hilton H. Cooper Jr, *A numerical technique for calculating the transient position of the saltwater front*, Water Resources Research, 1970, 6.3: 875-882.
15. Peter S. Huyakorn, et al., *Saltwater intrusion in aquifers: Development and testing of a three-dimensional finite element model*, Water Resources Research, 1970, 23.2: 293-312.
16. Clifford I. Voss, and William R. Souza, *Variable density flow and solute transport simulation of regional aquifers containing a narrow freshwater-saltwater transition zone*, Water Resources Research, 1978, 23.10: 1851-1866.
17. Adrian D. Werner, Mark R. Gallagher, and Scott W. Weeks, *Regional-scale, fully coupled modelling of stream-aquifer interaction in a tropical catchment*, Journal of Hydrology, 2006, 328.3-4: 497-510.
18. Otto DL Strack, *A Dupuit-Forchheimer model for three-dimensional flow with variable density*, Water Resources Research, 1995, 31.12: 3007-3017.
19. Richard J George, *Estimating and modifying the effects of agricultural development on the groundwater balance of large wheatbelt catchments*, Applied Hydrogeology 1.1, 1992, 41-54.
20. C. W. Fetter, *Contaminant Hydrogeology*, Wisconsin University, 1993, Pp458. Ed: Mc Graw Hill.
21. Hilton H. Cooper Jr (1959), *A hypothesis concerning the dynamic balance of fresh water and salt water in a coastal aquifer*, Journal of Geophysical Research, 1959, 64.4: 461-467.
22. Ian L. Turner, Bruce P. Coates, and R. Ian Acworth, *The effects of tides and waves on water-table elevations in coastal zones*, Hydrogeology Journal, 1996, 4.2: 51-69.
23. Pieter J. Stuyfzand, *Quality changes upon injection into anoxic aquifers in the Netherlands*, Evaluation of 11 experiments, 1998.
24. J. Gomboso, F. Ghassemi, and S. J. Appleyard, *Dryland salinity in the North Stirling land conservation district, Western Australia: Simulation and management options*, Hydrogeology journal, 1997, 5.1: 80-97.
25. Scot K. Izuka, and Stephen B. Gingerich, *Estimation of the depth to the fresh-water/salt-water interface from vertical head gradients in wells in coastal and island aquifers*, Hydrogeology journal, 1998, 6.3: 365-373.
26. Delwyn S. Oki, et al., *Numerical analysis of the hydrogeologic controls in a layered coastal aquifer system, Oahu, Hawaii, USA*, Hydrogeology Journal, 1998, 6.2: 243-263.
27. Ramsis B. Salama, Claus J. Otto, and Robert W. Fitzpatrick, *Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization*, Hydrogeology Journal, 1999, 7.1: 46-64.
28. Anirban Dhar, and Bithin Datta, *Saltwater intrusion management of coastal aquifers. I: linked simulation-optimization*, Journal of Hydrologic Engineering, 2009, 14.12: 1263-1272.
29. Wolfgang Gossel, Ahmed Sefelnasr, and Peter Wycisk, *Modelling of paleo-saltwater*

- intrusion in the northern part of the Nubian Aquifer System, Northeast Africa*, Hydrogeology journal, 2010, 18.6: 1447-1463.
30. Adrian D. Werner, Jame D. Ward, Leanne K. Morgan, Craig T. Simmons, Neville I. Robinson, and Micheal D. Teubner, *Vulnerability Indicators of Sea Water Intrusion*, Ground Water, 2012, Vol. 50 (1), pp. 48-58.
 31. Leanne K. Morgan, Adrian D. Werner, *A national inventory of seawater intrusion vulnerability for Australia*, Journal of Hydrology: Regional Studies 4, 2015, 686–698.
 32. G. H. P. Oude Essink, *Impact of sea level rise in The Netherlands, Seawater intrusion in coastal aquifers*, In: J. Bear and A.H-D. Cheng et al. (eds), Concepts, Methods and Practices, Kluwer Academic Publishers, 1999, pp. 507-530.
 33. M. M. Sherif and V. P. Singh, *Effect of climate change on sea water intrusion in coastal aquifers*. Hydrol. Process, 1999, doi:10.1002/ (SICI) 1099-1085 (19990615) 13:8 <1277:AID-HYP765>3.0.CO;2-W.
 34. A. Ghosh Bobba, *Numerical modelling of salt-water intrusion due to human activities and sea-level change in the Godavari Delta, India*. Hydrol. Sci. J, 2002, doi:10.1080/02626660209493023.
 35. Daniel J. Rozell, *Effects of climate change on groundwater resources at Shelter Island, New York State, USA*, Hydrogeology Journal, 2010, 18(7):1657-1665 DOI: 10.1007/s10040-010-0615-z.
 36. P. Pauw, PGB. De Louw, G.H.P. Oude Essink, *Groundwater salinisation in the Wadden Sea area of the Netherlands: quantifying the effects of climate change, sea-level rise and anthropogenic interferences*, Netherlands journal of geosciences - Geologie en Mijnbouw, 2012, 91 – 3, 373 – 383.
 37. J.F. Knott, J.M. Jacobs, J.S. Daniel, and P. Kirshen, *Modeling groundwater rise caused by sea-level rise in coastal New Hampshire*, Journal of Coastal Research, 2019, 35(1), 143–157, Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.
 38. Đỗ Trọng Sự, Nguyễn Kim Ngọc, *Điều kiện địa chất thủy văn - địa chất công trình đồng bằng Bắc Bộ*, Đề tài NCKH cấp Nhà nước, 1985, mã số 44-04-01-02, Hà Nội.
 39. Nguyễn Văn Hoàng, Nguyễn Thành Công, *Lập phương trình động liên kết với mô hình phần tử hữu hạn trong tính toán khai thác tối ưu nước tầng chứa nước không áp*, Tạp chí Địa chất, 2000, 260, 51-62, Hà Nội.
 40. Đỗ Trọng Sự, Phạm Quý Nhân, *Nghiên cứu đặc điểm thủy địa hóa vùng đồng bằng ven biển Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ*, Đề tài nghiên cứu cơ bản cấp Bộ, 2003, Hà Nội.
 41. Phạm Quý Nhân và nnk, *Nghiên cứu cơ sở khoa học và xác định một số thông số di chuyển vật chất chính tầng chứa nước Holocen và Pleistocen vùng Hà Nội*, Đề tài nghiên cứu cơ bản cấp Nhà nước, 2007, MS. 7160-06, Hà Nội.
 42. Phạm Quý Nhân và nnk, *Ứng dụng phần mềm SUTRA, xác định sự dịch chuyển của dòng thấm với mật độ biến đổi trong tầng chứa nước. Áp dụng đảo Cồn Cỏ*, Đề tài nghiên cứu cấp Bộ, 2010, MS. B2007-02-31, Hà Nội.
 43. Nguyễn Văn Lâm, Nguyễn Thị Thanh Thủy, Hoàng Văn Hoan, *Tính toán sự dịch chuyển*

- ranh giới mặn - nhạt của nước ngầm tầng chứa nước qđ Hải Triều, Tiên Lữ, Hưng Yên.*
Báo cáo hội nghị khoa học lần thứ 17, 2006, ĐH Mỏ - Địa chất.
44. Nguyễn Văn Lâm, *Điều tra, đánh giá khoanh định vùng cấm, vùng hạn chế và vùng cho phép khai thác sử dụng nước trên địa bàn thành phố Hà Nội*, Đại học Mỏ - Địa chất, 2011.
 45. Hoàng Văn Hoan, *Nghiên cứu xâm nhập mặn nước dưới đất trầm tích Đệ tứ vùng Nam Định*, Luận án tiến sĩ, ĐH Mỏ - Địa chất, 2014.
 46. *Nghiên cứu diễn biến xâm nhập mặn vùng ven biển tỉnh Quảng Nam, đề xuất và giải pháp*, UBND tỉnh Quảng Nam, Viện Địa lý - Viện Hàn lâm khoa học và công nghệ Việt Nam, 2019.
 47. Hoàng Văn Hoan, *Nghiên cứu về các yếu tố quyết định đến quá trình xâm nhập mặn nước dưới đất tại Đồng bằng sông Cửu Long*, Đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ, 2019, mã số TNMT.2017.02.07.
 48. Phạm Quý Nhân, *Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong quản lý NĐĐ ở Việt Nam*, Đề tài cấp Bộ, 2006, Bộ Giáo dục và Đào tạo.
 49. Trần Thành Lê, Phạm Quý Nhân, *Các phương pháp đánh giá khả năng tự bảo vệ các tầng chứa nước đặc trưng ở Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 2019.
 50. Phạm Thị Thu, Phạm Quý Nhân, Lê Việt Hùng, *Nghiên cứu đánh giá mức độ tổn thương do XNM ở các TCN trầm tích Đệ tứ ven biển trong bối cảnh BĐKH vùng thị xã Sầm Sơn, Thanh Hóa*, Hội nghị Khoa học Toàn quốc Kỷ niệm 70 năm phát triển Địa chất và Tài nguyên Việt Nam, 2015, ISBN: 978-604-913-413-5.
 51. Bùi Trần Vương, Ngô Đức Chân và Lê Hoài Nam, *Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước dưới đất vùng Đồng bằng sông Cửu Long, đề xuất các giải pháp ứng phó*. Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Miền Nam, 2013.
 52. Nguyễn Ngọc Trúc, *Hiện trạng và khả năng dễ bị tổn thương do nhiễm mặn trong bối cảnh biến đổi khí hậu ở thành phố Đà Nẵng*, Đại học Quốc gia Hà Nội.
 53. *Đánh giá tính tổn thương của tầng chứa nước Holocen tại huyện Hậu Lộc tỉnh Thanh Hóa*, Trung tâm dự báo và cảnh báo tài nguyên nước, 2016.
 54. Zheng, Chunmiao, and P. Patrick Wang, "*MT3DMS: a modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater systems; documentation and user's guide.*", 1999.
 55. Nguyen Thi Hoa Mai, et al., "*Adsorption and desorption of arsenic to aquifer sediment on the Red River floodplain at Nam Du, Vietnam*", *Geochim Cosmochim Acta*, 2014, 142, pp. 587-600.
 56. Batu, Vedat, "*Applied flow and solute transport modeling in aquifers*", Published in 2006 in Boca Raton (Fla.) by Taylor & Francis, 2006.
 57. Huyakorn, P.S and G.F. Pinder, "*Numerical Methods in Subsurface Flow*", Academic, San Diego, 1983, Calif.
 58. Price, S. Harvey, Varga, S. Richard and Warren, E. Joseph, "*Application of Oscillation*

- Matrices to Diffusion-Convection Equations*", Studies in Applied Mathematics, 1966, 45(1-4), tr. 301-311.
59. Segol, Genevieve, *Classic groundwater simulations: proving and improving numerical models*, Prentice Hall, Publisher: Prentice Hall, October 1, 1994.
60. Anderson, P. Mary, Woessner, W. William and Hunt, J. Randall, *Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport*, Academic press, Publisher: Academic Press; 2nd edition, August 13, 2015.
61. E. Ballarini, et al., "Evaluation of transverse dispersion effects in tank experiments by numerical modeling: parameter estimation, sensitivity analysis and revision of experimental design", Journal of contaminant hydrology, 2012, 134, tr. 22-36.
62. Gelhar, W. Lynn, Welty, Claire và Rehfeldt, R. Kenneth, "A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers", Water resources research, 1992, 28(7), tr. 1955-1974.
63. Liu, Yuan and Kitanidis, K. Peter, "A mathematical and computational study of the dispersivity tensor in anisotropic porous media", Advances in water resources, 2013, 62, tr. 303-316.
64. Scheidegger, E. Adrian, "General theory of dispersion in porous media", Journal of Geophysical Research, 1961, 66(10), tr. 3273-3278.
65. Schulze-Makuch, Dirk, "Longitudinal dispersivity data and implications for scaling behavior", Groundwater, 2005. 43(3), tr. 443-456.
66. Sudicky, A. Edward, "A natural gradient experiment on solute transport in a sand aquifer: Spatial variability of hydraulic conductivity and its role in the dispersion process", Water Resources Research, 1986, 22(13), tr. 2069-2082.
67. Tạ Thị Thoảng, *Nghiên cứu các giải pháp khoa học, công nghệ hạn chế xâm nhập mặn đối với các tầng chứa nước ven biển miền Trung trong bối cảnh biến đổi khí hậu; ứng dụng thí điểm cho công trình cụ thể trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận*, Đề tài KHCN cấp quốc gia, 2019, mã số BDKH.16/16-20.
68. Tổng cục Thủy lợi, Sổ tay "Tra cứu thông tin đập, hồ chứa nước", Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2020.
69. Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Trung, *Báo cáo lập bản đồ địa chất thủy văn tỷ lệ 1:50.000 các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận*, 2015.
70. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia, *Báo cáo "Biên hội - thành lập bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 cho các tỉnh trên toàn quốc" đối với tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận*, 2018.

PHỤ LỤC