

Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG BIỂN TẠI VỊNH NHA TRANG: ĐÁNH GIÁ, NGUYÊN NHÂN VÀ GIẢI PHÁP XANH HƯỚNG ĐẾN PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

● VÔ VĂN NGÂN

TÓM TẮT:

Vịnh Nha Trang, một trong những vịnh biển nổi tiếng nhất Việt Nam, đang đối mặt với tình trạng ô nhiễm môi trường biển nghiêm trọng do sự phát triển công nghiệp, du lịch và đô thị hóa. Nghiên cứu này nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm nước biển và đề xuất các giải pháp xanh bền vững để giảm thiểu ô nhiễm tại khu vực này. Dữ liệu được thu thập từ các báo cáo môi trường và các mẫu khảo sát thực địa, cùng với phỏng vấn các chuyên gia trong lĩnh vực quản lý tài nguyên biển.

Kết quả cho thấy các chỉ số ô nhiễm như nhựa vi mô, kim loại nặng (chì, thủy ngân) và các chất thải hữu cơ đều vượt ngưỡng cho phép, đặc biệt là nhựa vi mô và thủy ngân. Điều này gây ảnh hưởng xấu đến hệ sinh thái biển và đe dọa sức khỏe con người. Nghiên cứu cũng phân tích chi phí - lợi ích của các giải pháp xanh như công nghệ xử lý nước thải hiện đại, giảm thiểu rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái. Giảm thiểu rác thải nhựa và du lịch sinh thái được đánh giá là các giải pháp khả thi và mang lại lợi ích nhanh chóng, trong khi công nghệ xử lý nước thải cần sự đầu tư dài hạn nhưng có vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu ô nhiễm lâu dài.

Nghiên cứu kết luận rằng việc kết hợp các giải pháp ngắn hạn và dài hạn là cần thiết để bảo vệ môi trường biển Vịnh Nha Trang, đồng thời khuyến nghị các nghiên cứu tương lai cần tập trung vào mở rộng phạm vi nghiên cứu và tích hợp yếu tố kinh tế - xã hội để phát triển bền vững.

Từ khóa: ô nhiễm biển, vịnh Nha Trang, giải pháp xanh, phát triển bền vững.

1. Đặt vấn đề

Vịnh Nha Trang, nổi tiếng toàn cầu với cảnh quan thiên nhiên tuyệt đẹp và hệ sinh thái biển đa dạng, được Tổ chức Câu lạc bộ Các vịnh đẹp nhất thế giới công nhận là một trong những vịnh biển đẹp nhất thế giới (Thịnh, 2020). Khu vực này

không chỉ là điểm đến du lịch hấp dẫn mà còn đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế địa phương, đặc biệt là ngành Du lịch biển, khai thác thủy sản và nghiên cứu khoa học biển. Tuy nhiên, sự phát triển mạnh mẽ của các hoạt động kinh tế như du lịch, công nghiệp và đô thị hóa trong thập

kỷ qua đã gây ra những tác động tiêu cực đến môi trường biển, đặc biệt là gia tăng ô nhiễm nước biển (Nguyễn et al., 2021).

Một trong những thách thức lớn nhất Vịnh Nha Trang đang đối mặt là ô nhiễm từ rác thải nhựa, với lượng lớn rác thải nhựa từ du khách và các hoạt động thương mại bị thải trực tiếp ra môi trường mà không qua xử lý hiệu quả (Le et al., 2022). Theo Báo cáo Môi trường Quốc gia, nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý từ các khu vực đô thị và nước thải công nghiệp từ các khu công nghiệp lân cận cũng là nguyên nhân chính gây suy giảm chất lượng nước biển tại Vịnh Nha Trang (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2021). Điều này đã làm giảm đáng kể sức khỏe của các hệ sinh thái biển, trong đó bao gồm các rạn san hô và thảm cỏ biển, vốn đóng vai trò là nơi sinh sống của nhiều loài động thực vật biển quý hiếm (Nguyễn & Lê, 2020).

Bên cạnh đó, những tác động của ô nhiễm môi trường biển không chỉ ảnh hưởng đến sự đa dạng sinh học mà còn gây thiệt hại về kinh tế, đe dọa sự phát triển bền vững của ngành Du lịch và nuôi trồng thủy sản địa phương (Tran et al., 2023). Chính vì vậy, cần có những nghiên cứu sâu hơn về mức độ ô nhiễm tại Vịnh Nha Trang để đề xuất các giải pháp xanh, bền vững và khả thi nhằm khôi phục và bảo vệ môi trường biển. Bài báo này hướng tới việc phân tích hiện trạng ô nhiễm tại Vịnh Nha Trang, đồng thời đề xuất các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm thông qua việc áp dụng các công nghệ xanh và chiến lược quản lý tài nguyên bền vững, phù hợp với xu hướng bảo vệ môi trường biển toàn cầu (Smith et al., 2021).

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Lý thuyết về phát triển bền vững (Sustainability Theory): Phát triển bền vững là một khái niệm trung tâm trong quản lý tài nguyên môi trường, được định nghĩa là quá trình đáp ứng nhu cầu của hiện tại mà không làm tổn hại đến khả năng của thế hệ tương lai trong việc đáp ứng nhu cầu của họ (Brundtland, 1987). Trong bối cảnh ô nhiễm môi trường biển tại Vịnh Nha Trang, lý thuyết này nhấn

mạnh việc cân bằng giữa lợi ích kinh tế, bảo vệ môi trường và đảm bảo phát triển xã hội. Các giải pháp xanh nhằm giảm thiểu ô nhiễm như quản lý rác thải nhựa, xử lý nước thải và phát triển du lịch sinh thái đều hướng tới mục tiêu này, giúp duy trì hệ sinh thái biển trong khi vẫn tạo ra lợi ích kinh tế bền vững (Brown et al., 2022). Phát triển bền vững cũng khuyến nghị việc áp dụng các giải pháp công nghệ thân thiện với môi trường để giảm thiểu tác động của con người đến hệ sinh thái biển.

Lý thuyết các bên liên quan (Stakeholder Theory): Lý thuyết này tập trung vào sự tham gia của tất cả các bên có liên quan (stakeholders) trong quá trình ra quyết định và quản lý tài nguyên (Freeman, 1984). Trong bối cảnh Vịnh Nha Trang, các bên liên quan bao gồm chính quyền địa phương, doanh nghiệp du lịch, cộng đồng dân cư ven biển và các tổ chức bảo vệ môi trường. Sự phối hợp của các bên này là yếu tố cốt lõi để thực hiện thành công các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường biển. Nghiên cứu cho thấy, khi các bên liên quan cùng tham gia vào quá trình quản lý và phát triển các chính sách môi trường, việc áp dụng các giải pháp trở nên khả thi hơn, đồng thời tạo ra sự đồng thuận cao trong cộng đồng (Nguyễn & Phạm, 2021). Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của sự hợp tác và việc chia sẻ trách nhiệm trong việc bảo vệ tài nguyên biển.

Lý thuyết thể chế (Institutional Theory): Lý thuyết thể chế nhấn mạnh vai trò của các quy định, luật pháp và chính sách trong việc định hình hành vi của các tổ chức và cá nhân liên quan đến quản lý tài nguyên thiên nhiên (North, 1990). Trong nghiên cứu về ô nhiễm môi trường biển, lý thuyết này được sử dụng để phân tích vai trò của chính sách nhà nước và các quy định pháp luật trong việc điều tiết các hoạt động gây ô nhiễm và khuyến khích các giải pháp xanh. Tại Vịnh Nha Trang, các quy định pháp lý hiện hành về quản lý rác thải và xử lý nước thải còn nhiều hạn chế, do đó cần cải thiện khung thể chế để thúc đẩy việc thực hiện các biện pháp bảo vệ môi trường hiệu quả hơn (Tran et al., 2023). Ngoài ra, lý thuyết thể chế cũng nhấn mạnh tầm

quan trọng của việc xây dựng các quy định mới để khuyến khích áp dụng công nghệ xử lý nước thải tiên tiến và giảm thiểu ô nhiễm nhựa.

Ứng dụng lý thuyết vào thực tiễn tại Vịnh Nha Trang: Kết hợp ba lý thuyết này giúp nghiên cứu có thể đưa ra các giải pháp thực tiễn và hiệu quả cho vấn đề ô nhiễm biển tại Vịnh Nha Trang. Phát triển bền vững đặt nền tảng cho việc xây dựng các giải pháp, lý thuyết các bên liên quan giúp thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng và doanh nghiệp, trong khi lý thuyết thể chế tạo khung pháp lý hỗ trợ việc thực thi các chính sách môi trường hiệu quả. Từ đó, nghiên cứu hướng đến mục tiêu tạo ra một hệ sinh thái biển bền vững và ít bị tác động tiêu cực từ hoạt động kinh tế.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp kết hợp giữa nghiên cứu định lượng và định tính để đánh giá mức độ ô nhiễm môi trường biển tại Vịnh Nha Trang và đề xuất các giải pháp xanh khả thi. Quá trình nghiên cứu bao gồm thu thập dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, phỏng vấn chuyên gia và áp dụng mô hình kinh tế môi trường nhằm phân tích chi phí - lợi ích của các giải pháp.

- Thu thập dữ liệu định lượng

Dữ liệu về mức độ ô nhiễm nước biển được thu thập từ các nguồn sau:

Báo cáo của Sở Tài nguyên Môi trường Khánh Hòa và Viện Hải dương học Nha Trang về chất lượng nước biển và hiện trạng ô nhiễm trong 5 năm gần đây. Dữ liệu bao gồm các chỉ số về nồng độ kim loại nặng, hóa chất, vi nhựa và các chất ô nhiễm khác.

Các nghiên cứu trước đây được công bố trên các tạp chí khoa học và báo cáo địa phương về ảnh hưởng của ô nhiễm đến hệ sinh thái biển, đặc biệt là rạn san hô và thảm cỏ biển. Ngoài ra, một khảo sát thực địa được tiến hành với quy mô 100 mẫu điều tra được lấy ngẫu nhiên từ các khu vực khác nhau trong Vịnh Nha Trang, bao gồm: 40 mẫu nước biển để đo lường các chỉ số ô nhiễm như nồng độ nhựa, kim loại nặng (chì, thủy ngân) và các hợp chất hữu cơ độc hại, 30 mẫu trầm tích biển để kiểm tra sự tích tụ các

chất gây ô nhiễm, 30 mẫu sinh vật biển (san hô, cá, và các loài sinh vật phù du) để đánh giá tác động của ô nhiễm lên hệ sinh thái biển.

Các mẫu được phân tích tại phòng thí nghiệm của Viện Hải dương học Nha Trang, sử dụng các phương pháp phân tích hóa học và sinh học hiện đại nhằm xác định mức độ ô nhiễm cụ thể.

- Phỏng vấn chuyên gia

Phỏng vấn bán cấu trúc được tiến hành với 10 chuyên gia trong các lĩnh vực quản lý tài nguyên biển, kinh tế biển và môi trường học. Mục tiêu của các buổi phỏng vấn là để: (i) Đánh giá tính khả thi và hiệu quả của các giải pháp xanh như công nghệ xử lý nước thải, quản lý rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái; (ii) Thảo luận về các thách thức và cơ hội trong việc thực hiện các giải pháp này tại Vịnh Nha Trang; (iii) Thu thập quan điểm của các chuyên gia về các chính sách môi trường hiện tại và đề xuất cải thiện.

Các chuyên gia được chọn dựa trên kinh nghiệm thực tiễn và kiến thức sâu rộng về quản lý và bảo vệ tài nguyên biển. Cuộc phỏng vấn được ghi âm và phân tích nội dung để rút ra các chủ đề chính liên quan đến vấn đề ô nhiễm và các giải pháp.

- Mô hình kinh tế môi trường

Để đánh giá chi phí và lợi ích của các giải pháp xanh, nghiên cứu áp dụng mô hình phân tích chi phí - lợi ích (CBA) trong kinh tế môi trường. Mô hình này tính toán: (i) Chi phí đầu tư và vận hành các giải pháp xử lý nước thải tiên tiến, hệ thống thu gom và tái chế rác thải nhựa, cùng các hoạt động bảo vệ môi trường biển khác; (ii) Lợi ích kinh tế - môi trường từ việc cải thiện chất lượng nước biển, gia tăng tính bền vững của hệ sinh thái và phát triển du lịch sinh thái. Lợi ích được lượng hóa dưới dạng các yếu tố như tăng trưởng doanh thu từ du lịch, gia tăng giá trị sinh thái và giảm thiểu chi phí y tế liên quan đến ô nhiễm.

3. Kết quả và diễn giải phân tích kết quả

3.1. Kết quả nghiên cứu

3.1.1. Kết quả phân tích định lượng

+ Mức độ ô nhiễm nước biển

Dựa trên 40 mẫu nước biển được thu thập từ

Bảng 1. Kết quả phân tích các chỉ số ô nhiễm khu vực Vịnh Nha Trang

Thông số	Giá trị trung bình	Ngưỡng cho phép (QCVN 10-MT:2015/BTNMT)
Nhựa vi mô	0,15 mg/L	Không quy định
Chì (Pb)	0,08 mg/L	0,05 mg/L
Thủy ngân (Hg)	0,01 mg/L	0,001 mg/L
Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	45 mg/L	30 mg/L
Hóa chất hữu cơ (PAH)	0,025 mg/L	0,02 mg/L

Nguồn: Kết quả khảo sát, 2023

nhiều khu vực trong Vịnh Nha Trang, kết quả phân tích các chỉ số ô nhiễm cho thấy như mô tả tại Bảng 1.

Ô nhiễm nhựa vi mô: Mặc dù không có quy định cụ thể trong quy chuẩn hiện hành, nhưng mức độ nhựa vi mô được ghi nhận khá cao, gây nguy cơ tiềm tàng cho hệ sinh thái biển, đặc biệt là các loài sinh vật biển nhỏ.

Chì (Pb) và thủy ngân (Hg): Nồng độ chì và thủy ngân trong nước biển đều vượt quá ngưỡng cho phép, đặc biệt là thủy ngân cao hơn gần 10 lần mức cho phép, cho thấy dấu hiệu ô nhiễm nghiêm trọng từ hoạt động công nghiệp và đô thị hóa.

Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) và hóa chất hữu cơ (PAH): TSS vượt ngưỡng cho phép, chứng tỏ vấn đề về nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý là nguyên nhân chính. PAH cũng vượt mức cho phép, cho thấy ô nhiễm từ dầu và hóa chất công nghiệp.

+ Ảnh hưởng đến hệ sinh thái biển

Dữ liệu từ 30 mẫu sinh vật biển và 30 mẫu trầm tích biển cho thấy sự tích tụ các chất gây ô nhiễm trong môi trường sống của nhiều loài: (Bảng 2)

Tích tụ nhựa vi mô: Nồng độ nhựa vi mô cao trong trầm tích và sinh vật biển cho thấy sự lan tỏa rộng rãi của nhựa trong hệ sinh thái, gây

nguy cơ lâu dài cho các loài sinh vật biển và chuỗi thức ăn.

Kim loại nặng: Chì và thủy ngân đều được tìm thấy trong trầm tích và sinh vật biển, với nồng độ cao, có nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của động vật biển và con người tiêu thụ sản phẩm từ biển.

3.1.2. Kết quả từ phỏng vấn chuyên gia

Tính khả thi của các giải pháp xanh: Phỏng vấn 10 chuyên gia trong các lĩnh vực liên quan đã đưa ra các kết quả về tính khả thi của các giải pháp xanh được đề xuất.

Công nghệ xử lý nước thải hiện đại: Mặc dù có chi phí cao nhưng được đánh giá là cần thiết và có thể triển khai dần trong 5-10 năm tới. Vấn đề lớn nhất là nguồn vốn và tính sẵn sàng của chính quyền địa phương trong việc đầu tư.

Giảm thiểu rác thải nhựa: Đây là giải pháp có tính khả thi cao nhất với chi phí vừa phải và đã có nhiều cơ chế khuyến khích từ chính phủ và cộng đồng. Tuy nhiên, cần sự tham gia mạnh mẽ hơn từ các doanh nghiệp du lịch và cư dân ven biển.

Du lịch sinh thái: Phát triển du lịch sinh thái là giải pháp khả thi, vừa mang lại lợi ích kinh tế vừa giảm thiểu áp lực lên hệ sinh thái biển. Điều này cần sự phối hợp tốt giữa các bên liên quan.

Bảng 2. Sự tích tụ các chất gây ô nhiễm trong môi trường sống khu vực Vịnh Nha Trang

Chất ô nhiễm	Nồng độ trong trầm tích	Nồng độ trong sinh vật biển
Nhựa vi mô	1,8 mg/kg	0,7 mg/kg
Chì (Pb)	0,12 mg/kg	0,04 mg/kg
Thủy ngân (Hg)	0,03 mg/kg	0,005 mg/kg

Nguồn: Kết quả khảo sát, 2023

Bảng 3. Các kết quả về tính khả thi của các giải pháp xanh khu vực Vịnh Nha Trang

Giải pháp xanh	Tính khả thi (cao/trung bình/thấp)	Chi phí dự kiến (VNĐ/tỷ đồng)	Lợi ích môi trường
Công nghệ xử lý nước thải hiện đại	Trung bình	150 - 200	Giảm ô nhiễm hóa chất, kim loại nặng
Giảm thiểu rác thải nhựa	Cao	80 - 100	Giảm nhựa vi mô và rác thải biển
Phát triển du lịch sinh thái	Cao	50 - 70	Tăng trưởng kinh tế, giảm áp lực lên môi trường

Nguồn: Kết quả khảo sát, 2023

3.1.3. Phân tích chi phí - lợi ích (CBA)

Dựa trên mô hình CBA, kết quả phân tích chi phí và lợi ích của các giải pháp xanh được tóm tắt như mô tả tại Bảng 4.

biển đang trở thành một vấn đề nghiêm trọng, đặc biệt là ô nhiễm từ nhựa vi mô và kim loại nặng. Các chỉ số phân tích về chất lượng nước biển vượt mức giới hạn cho phép, đặc biệt là thủy ngân và chì.

Bảng 4. Kết quả phân tích chi phí và lợi ích của các giải pháp xanh khu vực Vịnh Nha Trang

Giải pháp xanh	Chi phí đầu tư (VNĐ/tỷ đồng)	Lợi ích (VNĐ/tỷ đồng/năm)	Thời gian hoàn vốn (năm)
Công nghệ xử lý nước thải hiện đại	200	30	7
Giảm thiểu rác thải nhựa	100	50	2
Phát triển du lịch sinh thái	70	40	1,75

Nguồn: Kết quả khảo sát, 2023

Giảm thiểu rác thải nhựa và du lịch sinh thái là hai giải pháp mang lại lợi ích kinh tế và môi trường cao trong thời gian ngắn, với thời gian hoàn vốn nhanh (dưới 2 năm).

Công nghệ xử lý nước thải hiện đại có thời gian hoàn vốn dài hơn nhưng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu ô nhiễm lâu dài, cần sự đầu tư bền vững và chiến lược dài hạn.

3.1.4. Đánh giá tổng quan

Hiện trạng ô nhiễm tại Vịnh Nha Trang là nghiêm trọng, đặc biệt là ô nhiễm nhựa vi mô và kim loại nặng.

Các giải pháp xanh như giảm thiểu rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái có tính khả thi cao và mang lại lợi ích nhanh chóng, trong khi việc áp dụng công nghệ xử lý nước thải cần nguồn lực đầu tư lớn và dài hạn.

3.2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu về mức độ ô nhiễm tại Vịnh Nha Trang cho thấy tình trạng ô nhiễm môi trường

Điều này không chỉ gây ra những tác động tiêu cực đến hệ sinh thái biển mà còn ảnh hưởng lâu dài đến sức khỏe con người và sự phát triển bền vững của khu vực.

3.2.1. Ô nhiễm nhựa vi mô và tác động đến hệ sinh thái biển

Kết quả phân tích từ mẫu nước biển và sinh vật biển cho thấy nhựa vi mô đã tích tụ một cách đáng kể trong hệ sinh thái biển của Vịnh Nha Trang. Điều này phản ánh xu hướng chung của tình trạng ô nhiễm nhựa trên toàn cầu, khi các hạt nhựa nhỏ phân rã từ rác thải nhựa trở thành mối đe dọa lâu dài đối với các loài sinh vật biển. Nhựa vi mô có khả năng hấp thụ các chất ô nhiễm khác, làm tăng mức độ độc hại khi chúng bị các loài sinh vật tiêu thụ. Những sinh vật này có thể trở thành thức ăn của con người, dẫn đến các nguy cơ về sức khỏe.

Mặc dù nhựa vi mô không có quy chuẩn cụ thể trong các tiêu chuẩn hiện hành về chất lượng nước

biển, việc nghiên cứu sâu hơn về tác động của nhựa vi mô là rất cần thiết. Điều này cho thấy nhu cầu cấp bách phải có các chiến lược quản lý rác thải nhựa hiệu quả, như giảm thiểu sử dụng nhựa và tăng cường thu gom, tái chế, để giảm thiểu nguy cơ cho hệ sinh thái và sức khỏe con người.

3.2.2. Ô nhiễm kim loại nặng và giải pháp dài hạn

Nồng độ chì và thủy ngân vượt mức cho phép trong nước biển và tích tụ trong sinh vật biển cho thấy tác động từ các hoạt động công nghiệp, đô thị hóa và nước thải chưa qua xử lý. Kim loại nặng như thủy ngân có khả năng tích lũy sinh học, làm gia tăng rủi ro ô nhiễm cho toàn bộ chuỗi thức ăn biển. Điều này không chỉ làm suy giảm đa dạng sinh học mà còn đe dọa đến ngành du lịch và khai thác thủy sản tại Vịnh Nha Trang.

Việc áp dụng các giải pháp xanh, như công nghệ xử lý nước thải hiện đại và giảm thiểu rác thải nhựa, là cần thiết để giảm thiểu tác động của kim loại nặng lên môi trường biển. Tuy nhiên, các giải pháp này yêu cầu sự đầu tư lớn về hạ tầng, cũng như cam kết lâu dài của chính quyền địa phương và các bên liên quan.

3.2.3. Hiệu quả của các giải pháp xanh

Kết quả phân tích chi phí-lợi ích (CBA) cho thấy hai giải pháp giảm thiểu rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái có tính khả thi cao nhất. Những giải pháp này không chỉ có chi phí đầu tư hợp lý mà còn mang lại lợi ích kinh tế môi trường trong thời gian ngắn. Du lịch sinh thái, đặc biệt, có tiềm năng tăng trưởng kinh tế đáng kể khi kết hợp với bảo tồn hệ sinh thái, tạo ra một nguồn thu bền vững mà không gây tổn hại đến môi trường.

Mặt khác, giải pháp áp dụng công nghệ xử lý nước thải hiện đại có thời gian hoàn vốn dài hơn, nhưng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu ô nhiễm hóa chất và kim loại nặng trong dài hạn. Việc đầu tư vào hạ tầng xử lý nước thải không chỉ giúp cải thiện chất lượng nước biển mà còn nâng cao uy tín của Vịnh Nha Trang như một điểm đến bền vững về du lịch.

3.2.4. Hợp tác đa phương và sự tham gia của cộng đồng

Một điểm đáng chú ý trong nghiên cứu là sự cần thiết của sự hợp tác giữa các bên liên quan, bao gồm chính quyền địa phương, doanh nghiệp và cộng đồng dân cư. Việc giảm thiểu ô nhiễm môi trường biển không thể thực hiện hiệu quả nếu thiếu sự tham gia của các bên liên quan, đặc biệt trong các lĩnh vực như quản lý rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái.

Ngoài ra, chính sách và khung pháp lý cũng cần được hoàn thiện để thúc đẩy việc thực hiện các giải pháp xanh, bao gồm các cơ chế khuyến khích doanh nghiệp áp dụng công nghệ sạch và tăng cường ý thức bảo vệ môi trường của người dân địa phương.

Nhìn chung, nghiên cứu đã cung cấp cái nhìn rõ ràng về tình trạng ô nhiễm tại Vịnh Nha Trang và khẳng định sự cần thiết của việc áp dụng các giải pháp xanh để phát triển bền vững. Việc kết hợp giữa các giải pháp ngắn hạn như giảm thiểu rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái với các chiến lược dài hạn như công nghệ xử lý nước thải hiện đại sẽ tạo ra nền tảng vững chắc cho sự phát triển kinh tế - xã hội bền vững của khu vực này.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã làm sáng tỏ tình trạng ô nhiễm môi trường biển tại Vịnh Nha Trang, một trong những vịnh biển có giá trị du lịch và sinh thái quan trọng của Việt Nam. Kết quả phân tích cho thấy mức độ ô nhiễm nghiêm trọng do nhựa vi mô, kim loại nặng và các chất ô nhiễm từ nước thải sinh hoạt, công nghiệp. Những tác nhân này không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng nước biển, mà còn gây ra những hệ lụy đáng lo ngại cho hệ sinh thái biển và sức khỏe cộng đồng.

Qua phân tích chi phí-lợi ích, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng các giải pháp xanh như giảm thiểu rác thải nhựa và phát triển du lịch sinh thái có tính khả thi cao và mang lại lợi ích kinh tế bền vững trong thời gian ngắn. Đồng thời, áp dụng công nghệ xử lý nước thải hiện đại là một giải pháp

cần thiết cho tương lai, mặc dù đòi hỏi đầu tư lớn. Những giải pháp này nếu được triển khai đồng bộ sẽ không chỉ giảm thiểu ô nhiễm mà còn tạo tiền đề cho sự phát triển bền vững của Vịnh Nha Trang.

Hạn chế của nghiên cứu

Phạm vi địa lý hạn chế: Mẫu dữ liệu chủ yếu tập trung ở Vịnh Nha Trang, do đó chưa thể bao quát toàn bộ các khu vực ven biển khác của tỉnh Khánh Hòa. Các vịnh biển khác có thể đối mặt với những vấn đề ô nhiễm tương tự nhưng cần được nghiên cứu riêng biệt.

Dữ liệu thực địa chưa đầy đủ: Dữ liệu về ô nhiễm nước biển và các chất ô nhiễm trong sinh vật biển chỉ được thu thập trong một khoảng thời gian ngắn và số lượng mẫu khảo sát còn hạn chế (100 mẫu). Việc mở rộng quy mô và thời gian thu thập dữ liệu sẽ giúp đưa ra kết luận chính xác hơn.

Chưa tính đến các yếu tố kinh tế - xã hội: Nghiên cứu chủ yếu tập trung vào các yếu tố môi trường và giải pháp kỹ thuật mà chưa phân tích sâu các yếu tố kinh tế - xã hội như ý thức người dân, vai trò của cộng đồng và các chính sách địa phương trong việc thực hiện các giải pháp xanh.

Hướng nghiên cứu tương lai

Mở rộng nghiên cứu ra các vùng biển khác: Trong tương lai, cần thực hiện các nghiên cứu tương tự tại các vùng biển khác của Khánh Hòa và cả khu vực miền Trung, để có cái nhìn toàn diện hơn về tình trạng ô nhiễm môi trường biển và những giải pháp quản lý thích hợp.

Tích hợp yếu tố kinh tế - xã hội: Các nghiên cứu tiếp theo nên tích hợp yếu tố kinh tế-xã hội để hiểu rõ hơn về vai trò của cộng đồng địa phương, doanh nghiệp và chính quyền trong việc áp dụng các giải pháp xanh. Điều này sẽ giúp xác định các rào cản và cơ hội trong việc thực hiện chính sách bảo vệ môi trường.

Nghiên cứu tác động lâu dài của ô nhiễm nhựa vi mô: Nhựa vi mô là một vấn đề mới và tiềm ẩn nhiều nguy cơ, do đó cần có thêm các nghiên cứu sâu hơn về tác động lâu dài của nó đối với hệ sinh thái biển và sức khỏe con người.

Phát triển mô hình kinh tế biển bền vững: Cần nghiên cứu sâu hơn về các mô hình kinh tế biển bền vững, trong đó các giải pháp xanh như du lịch sinh thái và quản lý tài nguyên biển được tích hợp với các yếu tố phát triển kinh tế, nhằm tối ưu hóa lợi ích bền vững lâu dài cho khu vực ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2021), Báo cáo Môi trường Quốc gia 2020: Chất lượng nước biển và ô nhiễm môi trường, Hà Nội: NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
2. Brown, C., Smith, J. A., & White, P. (2022), Green technologies for marine sustainability: Impacts and future directions, *Journal of Marine Policy*, 139, 105744.
3. Brundtland, G. H. (1987), *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press.
4. Freeman, R. E. (1984), *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Cambridge University Press.
5. Le, P. H., Nguyen, T. M., & Vo, H. N. (2022). Plastic pollution in Nha Trang Bay: Current status and policy recommendations, *Journal of Marine Environmental Research*, 145, 103675.
6. Nguyễn, A. Q., & Lê, M. T. (2020). Impacts of untreated wastewater on coral reef ecosystems in Nha Trang Bay, Vietnam *Journal of Marine Science and Technology*, 19(2), 45-54.
7. Nguyen, T. H., & Pham, Q. N. (2021), Collaborative governance in marine resource management: A case study of Nha Trang Bay, *Environmental Management Review*, 27(4), 322-335.
8. Nguyễn, V. T., Lê, D. M., & Phạm, T. H. (2021), Urbanization and its impact on water quality in Nha Trang Bay, *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(3), 1-12.

9. North, D. C. (1990), Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge University Press.
10. Smith, J. A., Brown, C., & White, P. (2021), Green solutions for sustainable marine environments: A review of global best practices, Ocean & Coastal Management, 209, 105663.
11. Thịnh, N. X. (2020). Vịnh Nha Trang: Đánh giá hiện trạng và các giải pháp bảo tồn, Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, 34, 12-18.
12. Tran, T. N., Vo, C. T., & Luu, H. H. (2023), Economic impacts of marine pollution on the tourism and aquaculture sectors in Nha Trang Bay, Marine Policy, 137, 104986.

Ngày nhận bài: 13/7/2024

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 28/7/2024

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/8/2024

Thông tin tác giả:

ThS. VÕ VĂN NGÂN

Văn phòng Hội đồng nhân dân và Ủy ban nhân dân TP. Nha Trang

MARINE ENVIRONMENTAL POLLUTION IN NHA TRANG BAY: ASSESSMENT, CAUSES, AND GREEN SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

● Master. **VO VAN NGAN**

The Office of the People's Council
and the People's Committee of Nha Trang City

ABSTRACT:

Nha Trang Bay, a renowned tourist destination, faces significant marine pollution from industrial activities, tourism, and urbanization. This study assessed pollution levels and proposes sustainable solutions. Data analysis revealed excessive microplastics, heavy metals, and organic waste, exceeding permissible limits. These pollutants pose risks to the marine ecosystem and human health.

A cost-benefit analysis evaluated green solutions, including wastewater treatment, plastic reduction, and eco-tourism. Plastic reduction and eco-tourism offer immediate benefits, while wastewater treatment requires long-term investment but is crucial for long-term pollution control.

This study concluded that a combination of short-term and long-term solutions is essential for protecting Nha Trang Bay's marine environment. Future research should expand the scope and integrate socio-economic factors to support sustainable development.

Keywords: marine pollution, Nha Trang Bay, green solution, sustainable development.