

ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG MÔI TRƯỜNG NƯỚC BIỂN VÀ TRẦM TÍCH TẠI CÁC BÃI TẮM VEN BIỂN TỈNH NINH BÌNH

ĐỖ GIA PHONG¹, LÊ XUÂN SINH^{2,4}, NGUYỄN CÔNG SƠN³, NGUYỄN VĂN BÁCH⁴,
BÙI THỊ MINH HIỀN⁴, NGUYỄN TUỆ TÂM⁵, HOÀNG HỮU LỢI⁵, ĐINH VĂN HUY⁵

¹ Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

² Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³ Viện Khoa học Khí tượng thủy văn, Môi trường và Biển

⁴ Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁵ Viện nghiên cứu môi trường biển Xanh

Tóm tắt

Nằm ở phía Nam châu thổ sông Hồng, vùng ven biển tỉnh Ninh Bình sở hữu hệ thống bãi tắm và không gian sinh thái có tiềm năng lớn cho phát triển du lịch, dịch vụ nghỉ dưỡng và kinh tế biển tổng hợp. Tuy nhiên, khu vực này cũng chịu tác động bởi các nguồn thải như nước thải sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và các hoạt động dịch vụ ven biển. Nghiên cứu này đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường nước biển và trầm tích bề mặt tại các khu vực bãi tắm ven biển thuộc tỉnh Ninh Bình năm 2025 bằng các phương pháp thu thập thông tin dữ liệu, điều tra khảo sát thực địa, phân tích trong phòng thí nghiệm. Kết quả phân tích cho thấy các thông số thủy lý, thủy hóa của nước biển đều nằm trong giới hạn cho phép của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển. Tuy nhiên, tại các khu vực chịu ảnh hưởng trực tiếp từ lưu vực sông Đáy và sông Ninh Cơ, đã ghi nhận dấu hiệu ô nhiễm vi sinh và nguy cơ phú dưỡng cục bộ. Về đặc trưng sinh học, cấu trúc quần xã sinh vật phù du thể hiện sự chiếm ưu thế của tảo silic và phân lớp giáp xác chân chèo với mật độ biến động không gian lớn; đặc biệt, sự xuất hiện của vi khuẩn lam tại các khu vực cửa sông đã cung cấp thêm chỉ thị sinh học rõ nét về tình trạng phú dưỡng cục bộ. Đối với môi trường trầm tích bề mặt, thành phần độ hạt tại các điểm khảo sát có biên độ dao động từ bột nhỏ đến cát nhỏ, giá trị kích thước hạt trung bình (Md) cho toàn vùng là 0,0535 mm bên cạnh hàm lượng của các kim loại nặng vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Kết quả của nghiên cứu cung cấp thêm cơ sở khoa học quan trọng cho công tác theo dõi diễn biến môi trường, đồng thời hỗ trợ địa phương trong việc quản lý và khai thác bền vững không gian du lịch sinh thái ven biển.

Từ khóa: Bãi tắm, chất lượng môi trường, Ninh Bình.

Ngày nhận bài: 27/3/2026; Ngày sửa chữa: 15/5/2026; Ngày duyệt đăng: 25/5/2026.

Assessment of the current status of marine water and sediment environment at coastal bathing beaches in Ninh Binh province

Abstract

Located in the southern Red River Delta, the coastal zone of Ninh Binh province features a system of beaches and ecological spaces with substantial potential for the development of tourism, recreational services, and an integrated marine economy. However, this area is also impacted by various waste sources, including domestic wastewater, agricultural activities, aquaculture, and coastal services. This study evaluates the current environmental quality of marine water and surface sediments at coastal beaches in Ninh Binh province in 2025, utilizing a comprehensive approach that integrates secondary data collection, in-situ field surveys, and rigorous laboratory analyses. Analytical results indicate that all hydrophysical and hydrochemical parameters of the seawater are within the permissible limits set by the National technical regulation on marine water quality. However, signs of microbiological pollution and localized eutrophication risks were recorded in areas directly influenced by the Day and Ninh Co river basins. Regarding biological characteristics, the plankton community structure was dominated by diatoms and Copepoda, exhibiting significant spatial variations in density. Notably, the presence of cyanobacteria in the estuarine areas provided clear biological indicators of localized eutrophication. In terms of surface sediments, the grain size composition at the surveyed sites ranged from fine silt to fine sand, with an overall median grain size of 0.0535 mm. Furthermore, the concentrations of heavy metals remained within permissible limits. The findings of this study provide a crucial scientific basis for monitoring environmental changes and support local authorities in the sustainable management and utilization of coastal ecotourism spaces.

Keywords: Bathing beaches, Environmental quality, Ninh Binh.

JEL Classifications: P18, Q53, R11.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

1. MỞ ĐẦU

Khu vực ven biển và vùng biển ven bờ đóng vai trò then chốt trong duy trì cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái biển, đồng thời là nền tảng cho phát triển các ngành kinh tế biển như du lịch, nuôi trồng và khai thác thủy sản (Barbier, E. B và cộng sự, 2011). Đặc biệt, các bãi tắm ven biển là khu vực có mức độ tiếp xúc trực tiếp với con người, do đó chất lượng môi trường nơi đây có ý nghĩa quan trọng đối với sức khỏe cộng đồng và sự phát triển bền vững của ngành du lịch biển (UNEP, 2016; WHO, 2021). Tuy nhiên, trong bối cảnh gia tăng dân số, đô thị hóa nhanh và phát triển du lịch ven biển, môi trường khu vực ven biển tại nhiều nơi trên thế giới đang chịu áp lực lớn từ các nguồn ô nhiễm có nguồn gốc từ đất liền (Osborn, D., 2015).

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng ô nhiễm môi trường nước biển ven bờ chủ yếu liên quan đến các nhóm thông số như chất dinh dưỡng (nitơ, photpho), chất rắn lơ lửng (TSS), kim loại nặng và vi sinh vật gây bệnh (fecal coliform, Escherichia coli). Sự gia tăng nồng độ các chất dinh dưỡng có thể dẫn đến hiện tượng phú dưỡng, làm suy giảm oxy hòa tan và gây mất cân bằng sinh thái (Howarth, R.W và cộng sự, 2006; Smith, V.H và cộng sự, 2003). Đồng thời, ô nhiễm vi sinh vật tại các bãi tắm đã được chứng minh có mối liên hệ chặt chẽ với nguy cơ mắc các bệnh đường tiêu hóa, da và hô hấp đối với người sử dụng (Prüss, A., 1998; WHO, 2021).

Tại Việt Nam, khu vực ven biển chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội,

đặc biệt là nước thải sinh hoạt, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và du lịch. Các nghiên cứu gần đây cho thấy chất lượng nước biển ven bờ ở nhiều khu vực có xu hướng suy giảm, với một số thông số như amoni (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), tổng chất rắn lơ lửng (TSS) và vi sinh vật vượt quy chuẩn cho phép (Lê Văn Nam và cộng sự, 2018). Ngoài ra, sự biến động theo mùa (mùa mưa - mùa khô) cũng ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng nước, do sự gia tăng dòng chảy mặt và tải lượng chất ô nhiễm từ đất liền vào biển (Cao Thị Thu Trang và cộng sự, 2019).

Tỉnh Ninh Bình là khu vực ven biển thuộc châu thổ sông Hồng, với hệ thống bãi tắm và vùng ven biển có tiềm năng phát triển du lịch sinh thái, nghỉ dưỡng và các hoạt động kinh tế biển khác. Tuy nhiên, khu vực này cũng chịu tác động từ các nguồn thải như nước thải sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và các hoạt động dịch vụ ven biển. Một số nghiên cứu bước đầu cho thấy môi trường nước biển tại khu vực ven biển Ninh Bình đã xuất hiện dấu hiệu ô nhiễm cục bộ, với sự gia tăng nồng độ chất dinh dưỡng, chất hữu cơ và một số kim loại nặng trong trầm tích và nước biển (Nguyễn Văn Thảo và cộng sự, 2019). Điều này có thể ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng các bãi tắm và tiềm năng phát triển du lịch của địa phương.

Mặc dù đã có một số nghiên cứu về môi trường biển ven bờ tại khu vực tỉnh Ninh Bình nhưng các nghiên cứu chuyên sâu về hiện trạng môi trường bãi tắm tại đây vẫn còn rất hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu tích



hợp đánh giá đồng thời các yếu tố lý – hóa – sinh. Kết quả nghiên cứu sẽ đánh giá một cách toàn diện chất lượng môi trường nước và trầm tích tại các bãi tắm, xác định các nguồn gây ô nhiễm chính và cung cấp cơ sở khoa học cho công tác quản lý, bảo vệ môi trường và phát triển du lịch biển bền vững tại địa phương.

2. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tài liệu nghiên cứu

Bài viết sử dụng bộ số liệu, tài liệu của Nhiệm vụ: “Đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường các bãi tắm ven biển phục vụ phát triển du lịch của tỉnh Ninh Bình”.

2.2. Thời gian và phạm vi nghiên cứu

- Thời gian nghiên cứu: Tháng 11/2025.

- Phạm vi nghiên cứu: Dựa trên phân giới hành chính sau sáp nhập của tỉnh Ninh Bình và tính tương đồng về đặc điểm tài nguyên và môi trường, phạm vi nghiên cứu được phân định thành 06 khu vực trọng điểm tương ứng với 08 mặt cắt thu mẫu (08 mặt cắt x 02 trạm/mặt cắt = 16 trạm) (Hình 1).

2.3. Phương pháp nghiên cứu

a. Phương pháp thu thập thông tin, dữ liệu

- Thu thập các báo cáo tình hình kinh tế - xã hội, báo cáo về môi trường của tỉnh Ninh Bình (gồm tỉnh Nam Định và tỉnh Ninh Bình cũ).

- Thu thập các báo cáo chuyên ngành, hệ thống số liệu của các lĩnh vực du lịch, tài nguyên môi trường, nông nghiệp, thủy sản... của các Sở, ban, ngành liên quan.

b. Phương pháp điều tra, khảo sát thực địa

- Tổ chức các đợt khảo sát thực địa để xác định vị trí, đặc điểm các bãi tắm; hiện trạng cơ sở hạ tầng, hoạt động du lịch; nhận diện các nguồn thải tiềm tàng. Mẫu nước và trầm tích được thu tại 16 trạm phân bố trong 08 mặt cắt (Quất Lâm (QL), Hải Đông (HĐ), Hải Lý (HL), Hải Chính (HC), Thịnh Long (TL), Rạng Đông (RD), Kim Đông 1 (KĐ1) và Kim Đông 2 (KĐ2)). Tại mỗi mặt cắt, xác định theo hướng vuông góc với đường bờ, kéo dài từ vùng mép nước ra khơi cho tới giới hạn là đường đẳng sâu 10m (02 điểm: 01 điểm ven bờ, 01 điểm ở mức nước 10m).

- Mẫu nước được thu bằng thiết bị lấy mẫu nước chuyên dụng dạng Niskin ở tầng mặt và tầng đáy. Mẫu sau khi thu được bảo quản lạnh ở 4°C, bổ sung hóa chất cố định đối với một số chỉ tiêu đặc thù và vận chuyển về phòng thí nghiệm. Các thông số đo nhanh môi trường nước bao gồm nhiệt độ, pH, DO, độ muối, độ đục được đo trực tiếp tại hiện trường bằng các thiết bị cầm tay như nhiệt kế bách phân, máy đo pH HI8314-1, máy đo DO HI9146, khúc xạ kế cầm tay Master - S/MillM và máy đo độ đục HI98703-02.

- Mẫu trầm tích bề mặt (0-10cm) được thu bằng thiết bị lấy mẫu trầm tích kiểu Van Veen. Mẫu trầm tích được lưu trữ trong túi zip vô trùng, loại bỏ không khí, bảo quản lạnh ở điều kiện tối nhằm phục vụ phân tích các chỉ tiêu lý – hóa.

- Mẫu thực vật phù du (TVPD) và động vật phù du (ĐVPD) được thu bằng cách lọc qua lưới thu chuyên dụng với thể tích tương ứng 1 lít và 100 lít. Các mẫu thu được chuyển vào lọ 100ml, bảo quản bằng dung dịch formaldehyde 4% và giữ trong tối trước khi đưa về phòng thí nghiệm để phân tích.

c. Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm

- Chất lượng nước biển: Các chỉ tiêu coliform, E.coli và kim loại nặng được phân tích theo các phương pháp sau: TCVN 6187-2:2020; SMEWW 3111B:2003, SMEWW 3112B:2023, SMEWW 3113B: 2023, SMEWW 3114B:2023.

- Chất lượng trầm tích bề mặt: Độ hạt của trầm tích được xác định bằng phương pháp rây và ống hút. Kết quả phân tích cấp hạt được tính toán trên phần mềm GRADISTAT, sử dụng phân loại trầm tích theo Folk để xác định tên trầm tích. Kim loại nặng trong trầm tích được xác định trong mẫu đã được phá bằng hỗn hợp HNO₃ và H₂O₂ trên máy quang phổ hấp thụ nguyên tử AA-7000 Shimadzu (Nhật Bản).

- Định lượng thực vật phù du và động vật phù du: Sử dụng kính hiển vi Olympus BX51 và Nikon Eclipse Ni-U để chụp ảnh hình thái tế bào của các loài TVPD, ĐVPD. Thành phần loài phù du được xác định bằng phương pháp so sánh hình thái tế bào. Việc định lượng mật độ tế bào phù du được thực hiện bằng buồng đếm Sedgewick Rafter.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiện trạng môi trường nước biển tại các bãi tắm

* Các thông số thủy lý cơ bản trong môi trường nước biển

Kết quả quan trắc các thông số môi trường nền cho thấy chất lượng nước khá tốt và ổn định. Các thông số cơ bản như pH và oxy hòa tan (DO) tại 100% các trạm quan trắc đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 10:2023/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển). Cụ thể, pH dao động trong khoảng 7,47 - 8,31 (QCVN: 6,5 - 8,5) và DO luôn duy trì trên mức 5,0 mg/L (QCVN: ≥ 5 mg/L). Độ đục là thông số có biến động lớn nhất trong khu vực, dao động từ 2,47 - 53,50 NTU, trung bình 16,01 NTU. Tuy nhiên, không ghi nhận hiện tượng suy giảm chất lượng nước nghiêm trọng về mặt lý hóa. Các yếu tố như nhiệt độ và độ muối thể hiện tính chất đặc trưng của vùng cửa sông ven biển nhiệt đới, chịu sự chi phối mạnh mẽ của chế



Hình 2. Hàm lượng các kim loại nặng trong môi trường nước biển tỉnh Ninh Bình

Ghi chú: Quất Lâm (QL1, QL2); Hải Đông (HD1, HD2), Hải Lý (HL1, HL2); Hải Chính (HC1, HC2); Thịnh Long (TL1, TL2); Rạng Đông (RD1, RD2), Kim Đông 1 (KD1.1, KD1.2) Kim Đông 2 (KD2.1, KD2.2); M: Tầng mặt; Đ: tầng đáy; NL: nước lớn; NR: nước ròng.

độ bán nhật triều và sự tương tác giữa khối nước sông - biển. Cụ thể: Nhiệt độ nước dao động trong khoảng 20,5 – 23,5°C, trung bình đạt 22,6°C. So sánh giữa các khu vực: Nền nhiệt độ phân bố khá đồng đều giữa các trạm phía Bắc và phía Nam. Độ muối dao động trong biên độ hẹp từ 30 - 33‰, trung bình 32‰. So sánh giữa các trạm, độ muối thể hiện tính đồng nhất cao trên toàn dải ven bờ, không có sự phân cực mặn - ngọt lớn.

* Kim loại nặng

Kết quả phân tích hàm lượng các kim loại nặng (Cu, Zn, Cd, Pb, As, Hg) trong các mẫu nước biển tầng mặt và tầng đáy tại vùng biển ven bờ tỉnh Ninh Bình được tổng hợp chi tiết trong Hình 2.

Đối chiếu với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển (QCVN 10:2023/BTNMT), hiện trạng hàm lượng một số kim loại nặng trong môi

trường nước biển tại khu vực nghiên cứu được ghi nhận như sau:

Về mức độ tuân thủ quy chuẩn: Nhìn chung chất lượng nước biển tại khu vực nghiên cứu khá tốt đối với nhóm thông số kim loại nặng. Hầu hết các giá trị quan trắc đều nằm trong giới hạn cho phép. Cụ thể, hàm lượng asen (As) không phát hiện thấy ở tất cả các trạm; các kim loại đồng (Cu), kẽm (Zn), cadimi (Cd) và chì (Pb) có 100% số mẫu đạt quy chuẩn. Tuy nhiên, một điểm dị biệt đáng lưu ý được ghi nhận tại trạm QL1 (pha nước lớn, tầng mặt), hàm lượng thủy ngân (Hg) đạt giá trị 0,51 $\mu\text{g/L}$, vượt nhẹ so với giới hạn cho phép (0,5 $\mu\text{g/L}$). Dù mức vượt không lớn, đây là dấu hiệu cảnh báo ô nhiễm cục bộ cần được tiếp tục theo dõi chặt chẽ.

Về biến động không gian: Kết quả cho thấy sự phân hóa rõ rệt trong quy luật phân bố nồng độ. Đối với Cu,

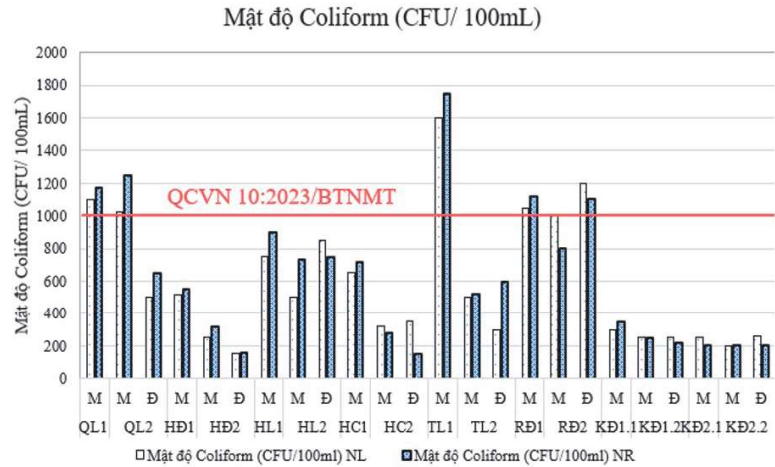
nồng độ có xu hướng tăng dần từ phía Bắc (khu vực Quất Lâm) xuống phía Nam (khu vực Kim Sơn, cửa Đáy), phản ánh vai trò của dòng chảy lục địa từ hệ thống sông Đáy trong việc vận chuyển vật chất ra biển. Ngược lại, Pb lại có xu hướng tập trung cao hơn ở các trạm phía Bắc và khu vực trung tâm (Hải Đông, Hải Chính) và giảm thấp hoặc không phát hiện tại khu vực phía Nam.

Về thứ tự ưu thế tích lũy: Căn cứ vào giá trị trung bình quan trắc được của toàn vùng, hàm lượng các kim loại nặng trong nước biển Ninh Bình tuân theo thứ tự giảm dần như sau: Cu (7,08 µg/L) > Pb (6,85 µg/L) > Zn (4,51 µg/L) > Cd (2,10 µg/L) > Hg (0,03 µg/L) > As (không phát hiện).

** Coliform*

Kết quả phân tích trên tổng 48 mẫu nước thu tại các bãi tắm ven biển của sông thuộc tỉnh Ninh Bình cho thấy: Mật độ vi khuẩn coliform dao động mạnh trong nước, từ 150 - 1750 CFU/100 ml, trong đó một số điểm (QL1, QL2, TL1, RĐ2) xuất hiện giá trị tổng coliform cao vượt ngưỡng giới hạn cho phép theo QCVN 10:2023/ BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước biển (<1000 CFU/100ml) (Hình 3). Điều này phản ánh sự hiện diện của nguồn ô nhiễm phân - có thể từ nước thải sinh hoạt ven bờ hoặc chất thải từ các hoạt động dân sinh ven biển.

Sự hiện diện của vi khuẩn coliform theo khu vực quan trắc cho thấy khu vực Rạng Đông là điểm nóng về ô nhiễm vi sinh, có giá trị coliform trung bình cao nhất, vượt quy chuẩn cho phép với nước biển ven bờ, tiếp đến là khu vực Quất Lâm, Thịnh Long. Khu vực Hải Lý, Hải Chính có mật độ vi khuẩn coliform ở mức trung bình và dao động theo con nước trong khoảng



Hình 3. Mật độ vi khuẩn Coliform (CFU/100mL) tại các khu vực ven biển Ninh Bình

Bảng 1. Mật độ E. coli trong nước biển tại các bãi tắm tỉnh Ninh Bình

Vị trí thu mẫu	Tầng thu mẫu	Mật độ E. coli (CFU/100ml)	
		Nước lớn	Nước ròng
QL1	M	KPH	KPH
QL2	M	KPH	KPH
QL2	Đ	KPH	KPH
HĐ1	M	KPH	KPH
HĐ2	M	KPH	KPH
HĐ2	Đ	KPH	KPH
HL1	M	KPH	KPH
HL2	M	KPH	KPH
HL2	Đ	KPH	KPH
HC1	M	KPH	KPH
HC2	M	KPH	KPH
HC2	Đ	KPH	KPH
TL1	M	KPH	KPH
TL2	M	KPH	KPH
TL2	Đ	KPH	KPH
RĐ1	M	KPH	KPH
RĐ2	M	KPH	KPH
RĐ2	Đ	KPH	KPH
KĐ1.1	M	KPH	KPH
KĐ1.2	M	KPH	KPH
KĐ1.2	Đ	KPH	KPH
KĐ2.1	M	KPH	KPH
KĐ2.1	Đ	KPH	KPH
KĐ2.2	M	KPH	KPH
KĐ2.2	Đ	KPH	KPH

Ghi chú: CFU - là đơn vị khuẩn lạc (tương đương với đơn vị MPN; tế bào); KPH: Không phát hiện

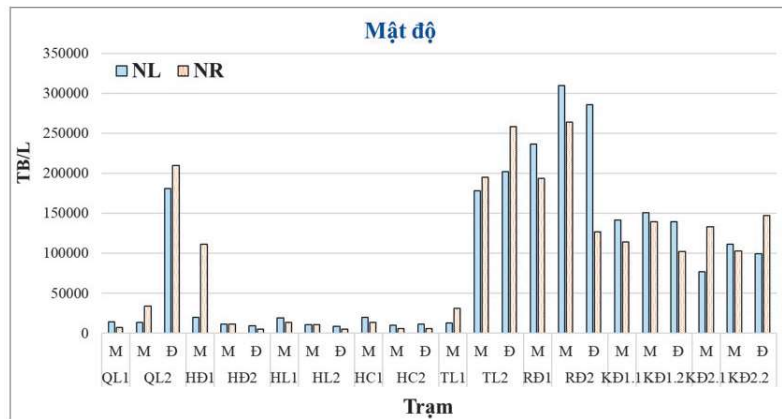
150 – 900 CFU/ 100mL. Khu vực Hải Đông và Kim Đông có mật độ vi khuẩn coliform thấp nhất, chỉ dao động trong khoảng 200 ÷ 550 CFU/ 100mL.

Sự khác biệt lớn về giá trị coliform giữa các khu vực cho thấy ảnh hưởng của nguồn thải cục bộ, các hoạt động nuôi trồng thủy sản ven biển và điều kiện thủy động lực theo con nước. Trung bình coliform ở điểm gần bờ thường cao hơn so với các điểm xa bờ; ở con nước lớn thấp hơn so với con nước ròng. Điều này có thể do dòng triều kéo nước từ phía trong nội địa khi nước ròng, nơi có các hoạt động dân sinh ra ngoài, cuốn theo các chất thải hữu cơ và vi sinh vật. Sự xáo trộn mạnh lớp nước đáy và trầm tích có thể giải phóng thêm vi sinh vật đáy vào trong cột nước. Hiện tượng này cho thấy tính nhạy của coliform đối với biến động thủy động lực và có ý nghĩa quan trọng trong quan trắc cảnh báo theo chu kỳ triều.

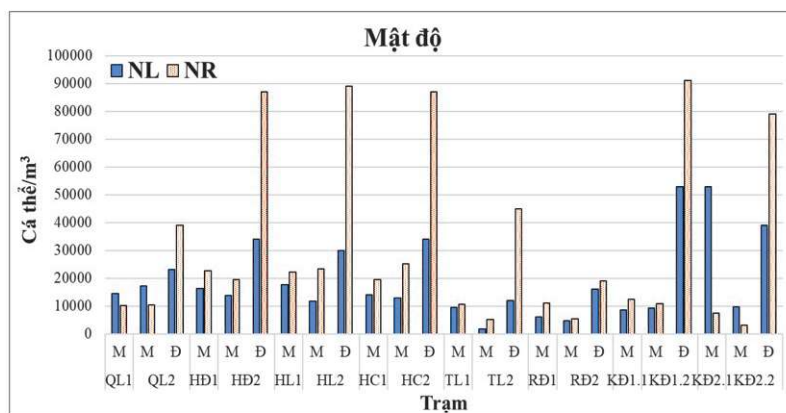
Coliform tăng mật tại các điểm quan trắc cho thấy có giá trị cao hơn so với tầng đáy, do nguồn thải sinh hoạt và chất thải từ các hoạt động dân sinh ven biển thường tiếp xúc trực tiếp lớp nước mặt. Ánh sáng và nhiệt độ cao hơn thúc đẩy sự phát triển của một số vi khuẩn chỉ thị. Hơn nữa, tầng nước mặt có xu hướng nhận trực tiếp dòng chảy mang theo coliform từ ven bờ hoặc các hoạt động dân sinh khác.

* *E. coli*

Kết quả phân tích mật độ *E. coli* trong nước biển tại các bãi tắm tỉnh Ninh Bình được thể hiện trong Bảng 1 cho thấy mật độ *E. coli* tại toàn bộ các điểm quan trắc (bao gồm mọi vị trí, tầng nước và chế độ triều) đều nằm dưới ngưỡng phát hiện (KPH). Sự vắng mặt hoàn toàn của chỉ thị vi sinh này khẳng định môi trường nước biển ven bờ tỉnh Ninh Bình tại



Hình 4. Mật độ TVPD tại các điểm quan trắc



Hình 5. Mật độ ĐVPD tại các điểm quan trắc

thời điểm khảo sát rất sạch, ít chịu tác động của nguồn thải và đảm bảo an toàn cho các hoạt động du lịch, tắm biển (Bảng 1).

**Thực vật phù du (TVPD)*

Thành phần loài: Quần xã TVPD trong khu vực tập trung chủ yếu ở hai ngành tảo silic (Bacillariophyta) và tảo giáp (Dinophyta), trong đó ngành tảo silic chiếm ưu thế tuyệt đối. Đáng chú ý, tại các khu vực cửa sông như Quất Lâm và Kim Đông đã xuất hiện thêm ngành vi khuẩn lam (Cyanophyta) – nhóm thường chỉ thị cho môi trường có dấu hiệu phú dưỡng.

Mật độ thực vật phù du có sự dao động rất lớn giữa các trạm và các tầng nước, trải rộng từ khoảng $5,0 \times 10^3$ đến hơn $3,0 \times 10^5$ TB/L (Hình 4).

**Động vật phù du (ĐVPD)*

Thành phần loài: Cấu trúc quần xã bị chi phối bởi hai giống ưu thế là Paracalanus và Acartia (thuộc bộ Giáp xác chân chèo - Copepoda).

Mật độ động vật phù du có sự dao động rất lớn giữa các trạm và các tầng nước dao động từ 1.700 đến 91.000 con/m³ (Hình 5). Các điểm ghi nhận mật độ cao đạt mức kỷ lục 91.000 con/m³, Thấp nhất tại mẫu TL1-NL-M (Thịnh Long) chỉ khoảng 1.700 con/m³.

3.2. Hiện trạng môi trường trầm tích tại các bãi tắm

**Thành phần cấp hạt*

Thành phần độ hạt tại các điểm có biên độ dao động từ bột nhỏ đến cát nhỏ ($Md = 5,7 \div 166,8 \mu m$), giá trị trung bình của Md đại diện cho

toàn vùng là tương ứng với Bột rất lớn ($Md = 53,5 \mu m$). Theo đó độ chọn lọc từ tốt cho đến rất kém ($S0 = 1,243 \div 6,573$), trầm tích có độ chọn lọc trung bình ($S0=3,37$). Độ lệch nghiêng về trầm tích hạt nhỏ ($Sk < 1$).

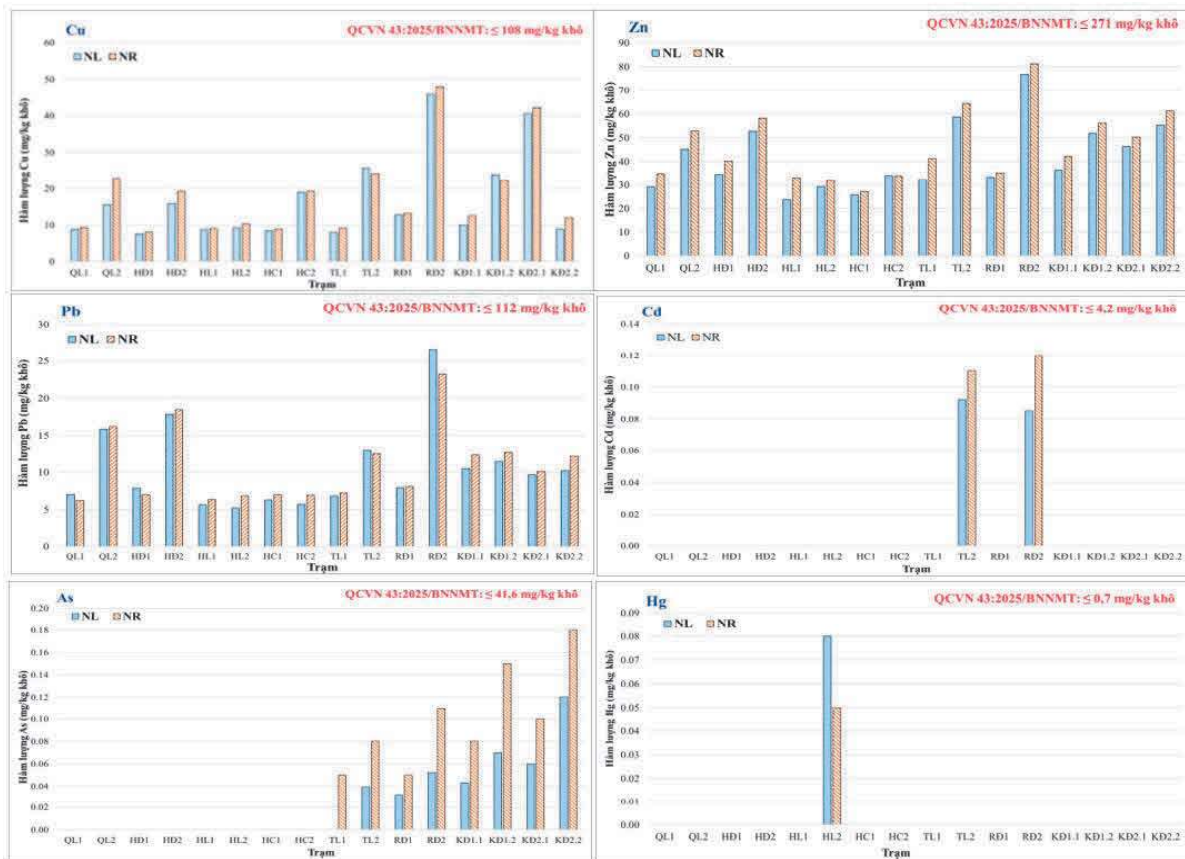
Xét riêng với các vị trí thu mẫu sát bờ (như QL1, HD1, HL1, TL1, RD1...), thành phần cấp hạt trầm tích cho thấy cấu trúc nền đáy có sự phân bố tương đối đồng nhất với loại cấp hạt từ cát rất nhỏ đến cát nhỏ. Đặc tính cơ lý này giúp bề mặt bãi tắm trở nên mịn, phẳng và hạn chế tình trạng sụt lún cục bộ, tạo điều kiện rất thuận lợi và an toàn cho các hoạt động tắm biển cũng như vui chơi giải trí của du khách.

*** pH**

Môi trường trầm tích bề mặt tại khu vực nghiên cứu mang tính kiềm yếu với giá trị pH dao động trong khoảng 7,68 – 8,23, giá trị trung bình đạt 8,03. Nhìn chung, pH trầm tích tại đây cao hơn mức trung tính ($> 7,0$), phù hợp với đặc điểm địa hóa của

Bảng 2. Kết quả giá trị pH trong trầm tích khu vực vùng biển Ninh Bình

Khu vực	Trạm	pH	
		NL	NR
Quất Lâm	QL1	8,01	7,88
	QL2	8,09	8,02
Hải Đông	HD1	8,12	7,95
	HD2	8,23	8,03
Hải Lý	HL1	8,11	7,95
	HL2	8,19	8,22
Hải Chính	HC1	8,11	7,97
	HC2	8,19	8,08
Thịnh Long	TL1	7,76	7,68
	TL2	8,13	8,05
Rạng Đông	RD1	8,06	7,98
	RD2	8,21	8,06
Kim Đông 1	KĐ1.1	7,93	7,88
	KĐ1.2	8,07	8,02
Kim Đông 2	KĐ2.1	7,84	7,95
	KĐ2.2	8,07	8,01



Hình 6. Hàm lượng các kim loại nặng trong môi trường trầm tích tại tỉnh Ninh Bình



vùng đới gian triều của sông châu thổ chịu ảnh hưởng mạnh của chế độ bán nhật triều (Bảng 2).

** Kim loại nặng*

Kết quả phân tích hàm lượng 06 kim loại nặng (Cu, Zn, Cd, Pb, As, Hg) trong mẫu trầm tích bề mặt tại khu vực ven biển tỉnh Ninh Bình được tổng hợp chi tiết tại Hình 6. Trong đó, hàm lượng Đồng (Cu) trong trầm tích dao động từ 7,58 ÷ 48,04 mg/kg, trung bình 17,49 mg/kg; hàm lượng Kẽm (Zn) biến động từ 23,63 ÷ 81,29 mg/kg, trung bình 44,05 mg/kg; hàm lượng Chì (Pb) dao động từ 5,22 ÷ 26,59 mg/kg, trung bình 10,65 mg/kg. Cadimi (Cd): Chỉ phát hiện tại các trạm xa bờ (TL2, RĐ2) và xu hướng biến động theo triều không rõ rệt do hàm lượng quá thấp (xấp xỉ nhau giữa NL và NR: 0,09 so với 0,11 mg/kg khô). Tuy nhiên, sự hiện diện tập trung ở pha nước ròng tại RĐ2 (0,12 mg/kg khô) cũng là một dấu hiệu đáng lưu ý. Hàm lượng Asen (As): Phân bố tập trung ở các trạm phía Nam và có xu hướng tăng nhẹ vào thời điểm nước ròng tại các trạm xa bờ (ví dụ trạm KĐ1.2: NR 0,15 > NL 0,07 mg/kg khô; trạm KĐ2.2: NR 0,18 > NL 0,12 mg/kg khô). Thủy ngân (Hg): chỉ xuất hiện duy nhất tại HL2, hàm lượng Hg lúc nước lớn (0,08 mg/kg) lại cao hơn lúc nước ròng (0,05 mg/kg).

Về mức độ tuân thủ quy chuẩn: Môi trường trầm tích tại vùng biển ven bờ Ninh Bình được đánh giá là an toàn. Tất cả các mẫu phân tích ở tất cả các trạm và các thời điểm triều (nước lớn, nước ròng) đều có hàm lượng kim loại nặng thấp hơn giới hạn quy định.

Về đặc điểm tích lũy: Trầm tích đáy đóng vai trò như “bẫy” lưu giữ các chất ô nhiễm từ cột nước lắng xuống. Số liệu thực tế cho thấy Zn và Cu là hai kim loại chiếm ưu thế về hàm lượng, phản ánh đúng quy luật địa hóa tự nhiên của vùng cửa sông ven biển. Căn cứ vào giá trị trung bình quan trắc được, thứ tự ưu thế tích lũy của các kim loại nặng trong trầm tích giảm dần theo quy luật: Zn (44,05 mg/kg khô) > Cu (17,49 mg/kg khô) > Pb (10,65 mg/kg khô) > As (0,04 mg/kg khô) > Cd (0,01 mg/kg khô) > Hg (< 0,01 mg/kg khô).

Về xu thế phân bố không gian: Có sự phân hóa rõ rệt theo hướng Bắc - Nam. Hàm lượng các kim loại (đặc biệt là nhóm chiếm ưu thế Cu, Zn) có xu hướng tăng dần và tập trung cao tại khu vực phía Nam (Rạng Đông, Kim Đông). Điều này cho thấy khu vực cửa sông Đáy đóng vai trò là bồn lắng đọng vật chất chính, tiếp nhận lượng lớn phù sa hạt mịn và các kim loại hấp phụ từ dòng chảy lục địa đổ ra.

3.3. Đánh giá hiện trạng nguồn thải tại các khu vực cửa sông ven biển

** Sông Đáy và sông Ninh Cơ*

Sông Đáy và sông Ninh Cơ, đặc biệt ở khu vực cửa sông, đều duy trì chất lượng nước ở mức Tốt đến Rất tốt theo chỉ số WQI, cho thấy chúng là nguồn nước mặt quan trọng, có thể sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt sau khi xử lý phù hợp. Tuy nhiên, cả hai con sông này đều chịu áp lực ô nhiễm, thể hiện qua việc các chỉ tiêu hữu cơ (BOD₅, COD) và chất rắn lơ lửng (TSS) thường xuyên vượt quy chuẩn, cùng với nguy cơ ô nhiễm lớn từ Amoni do tiếp nhận chất thải từ các lưu vực sông lớn (như sông Nhuệ).

Ô nhiễm cục bộ: một số vị trí trên sông Đáy và sông Ninh Cơ còn bị ô nhiễm cục bộ, không thường xuyên bởi các thông số như nitrit, photphat, coliform và tổng dầu mỡ.

Nguy cơ ô nhiễm từ thượng nguồn: Đoạn thượng nguồn sông Đáy (chảy qua Hà Nam cũ) chịu ô nhiễm nghiêm trọng, với NH₄⁺, BOD₅, COD, DO có tỷ lệ mẫu không đạt thường xuyên ở mức rất cao, nhiều năm lên tới 100%. Mức NH₄⁺ có lúc vượt giới hạn cho phép đến 54,67 lần. Sự ô nhiễm này chủ yếu do nước thải sinh hoạt và công nghiệp chưa qua xử lý.

** Cửa sông Ba Lạt*

Kết quả nghiên cứu chỉ ra sự vượt ngưỡng liên tục của một số thông số chất lượng nước theo Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia (QCVN) áp dụng cho mục đích bảo vệ và nuôi trồng thủy sản. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) là chỉ tiêu có tần suất vượt giới hạn cho phép cao nhất, với hàm lượng vượt ngưỡng thường xuyên xảy ra ở tầng đáy và trong giai đoạn nước ròng. Bên cạnh đó, các chỉ tiêu liên quan đến nguồn thải từ đất liền như Coliform và Sắt (Fe) cũng được ghi nhận vượt giới hạn cho phép. Đối với các chất độc hại tiềm tàng, kết quả quan trắc tổng dầu mỡ khoáng đã ghi nhận mức tập trung cao nhất so với các trạm khác (đạt 0,40 mg/L) tại thời điểm nước ròng trong đợt quan trắc cuối năm (đợt 4/2022), cảnh báo về sự tác động cục bộ của hoạt động giao thông thủy và cảng biển.

** Sông Sò (Cửa Hà Lạn)*

Thuộc vùng sông nội đồng và chủ yếu bị ô nhiễm bởi các chất hữu cơ, dinh dưỡng, vi sinh thể hiện tỷ lệ mẫu có thông số COD, BOD₅, amoni, chất rắn lơ lửng, photphat vượt quy chuẩn. So sánh với QCVN 08-MT:2015/BTNMT cho thấy: nồng độ COD vượt cột A2 trung bình từ 2,2 – 2,78 lần, vượt cột B1 trung bình từ 1,1 – 1,39 lần; BOD₅ vượt cột A2 trung bình từ 2,47 – 3,32 lần, vượt cột B1 trung bình từ 1,07 – 3,35 lần. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT cho thấy: nồng



độ COD vượt cột A trung bình từ 3,3 – 4,183 lần, vượt cột B trung bình từ 1,02 – 1,32 lần; BOD₅ vượt cột A trung bình từ 3,7 – 4,975 lần, vượt cột B trung bình 2,47 – 3,32 lần.

* Sông Càn

Chất lượng nước tại cửa sông Càn chịu ảnh hưởng gián tiếp từ nuôi trồng thủy sản. Hoạt động này là một trong những nguồn gây ô nhiễm, thải ra thức ăn thừa, hóa chất, thuốc kháng sinh, và bùn thải, làm gia tăng ô nhiễm hữu cơ và trong nước. Ô nhiễm từ sông Đáy: vùng ven biển Kim Sơn, bao gồm cả khu vực cửa Càn, nằm gần cửa sông Đáy. Sông Đáy mang theo toàn bộ lưu lượng nước thải chưa qua xử lý từ lưu vực sông Nhuệ – sông Đáy (từ thượng nguồn, đặc biệt là Hà Nội) đổ về, tạo ra nguy cơ bị ô nhiễm rất lớn cho vùng nước cửa sông và ven biển lân cận.

4. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát và phân tích đã chỉ ra chất lượng môi trường nước biển và trầm tích bề mặt tại các bãi tắm ven biển tỉnh Ninh Bình thu thập năm 2025, đang duy trì ở trạng thái tương đối ổn định. Các thông số nền tảng như pH, DO, nhiệt độ và độ muối đều nằm trong giới hạn an toàn của quy chuẩn quốc gia cho các vùng biển phục vụ mục đích bảo vệ môi trường sống và sức khỏe con người. Tuy nhiên, sự xuất hiện cục bộ của nhóm vi khuẩn lam cùng với tình trạng ô nhiễm vi sinh (Coliform) tại một số trạm thuộc khu vực cửa sông (chịu tác động trực tiếp từ lưu vực sông Đáy và sông Ninh Cơ) là những rủi ro sinh thái cần được đặc biệt lưu tâm trong thời gian tới. Tuy nhiên, nghiên cứu này vẫn tồn tại những giới hạn nhất định về phạm vi không gian và thời gian khi bộ dữ liệu chưa phản ánh trọn vẹn chu trình biến động môi trường theo mùa (cao điểm và thấp điểm du lịch). Bên cạnh đó, khung đánh giá hiện tại chủ yếu tập trung vào các thông số lý - hóa - sinh truyền thống, chưa bao trùm được các nhóm chất ô nhiễm mới nổi như vi nhựa hay hợp chất hữu cơ khó phân hủy.

Nhằm đảm bảo sự phát triển hài hòa giữa kinh tế biển và bảo tồn sinh thái ven bờ, trọng tâm quản lý trong thời gian tới cần hướng đến việc kiểm soát triệt để các nguồn thải từ đất liền. Cụ thể, cần ưu tiên đầu tư, nâng cấp hệ thống thu gom và xử lý nước thải tại các khu vực tập trung đông dân cư, điểm/cụm/khu công nghiệp, cơ sở du lịch và nuôi trồng thủy sản trước khi xả thải ra môi trường biển. Song song đó, mạng lưới quan trắc chất lượng nước và trầm tích cần được tối ưu hóa thông qua việc tăng cường mật độ trạm và

tần suất giám sát tại các khu vực nhạy cảm. Các giải pháp đồng bộ này không chỉ giúp giảm thiểu rủi ro sinh thái cục bộ mà còn góp phần hoàn thiện cơ sở dữ liệu khoa học, làm tiền đề quan trọng để duy trì chất lượng môi trường nước biển và nền trầm tích, đảm bảo an toàn cho các hoạt động du lịch, tắm biển tại Ninh Bình trong dài hạn.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn tới đề tài mã số 21/2025/TN (ID: 13642) đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological monographs*, 81(2), 169-193.
2. UNEP, A. (2016). *A snapshot of the world's water quality: towards a global assessment*. Nairobi, United Nations Environment Programme.
3. WHO, W. (2021). *Guidelines on Recreational Water Quality: Volume 1 Coastal and Fresh Waters*. Coastal and Fresh Waters, 1.
4. Osborn, D. (2015). *Land-based pollution and the marine environment*. In *Research Handbook on International Marine Environmental Law* (pp. 81-104). Edward Elgar Publishing.
5. Howarth, R.W., & Marino, R. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 51(1), 364-376.
6. Smith, V.H., Tilman, G.D., & Nekola, J.C. (2003). *Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems*. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
7. Prüss, A. (1998). *Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water*. *International Journal of Epidemiology*, 27(1), 1-9.
8. Lê Văn Nam và cs. (2018). Ảnh hưởng của yếu tố mùa đến chất lượng nước ven biển đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí Môi trường*, 10, 23-29.
9. Cao Thi Thu Trang, Nguyen Van Thao, Pham Thi Kha, Le Van Nam, Nguyen Van Bach, Nguyen Thi Thu Ha, Trang, (2019). *Assessment of coastal water quality of Ninh Binh province*. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 19(3), 415-426.
10. Nguyễn Văn Thảo, Trần Văn Quyết, Lê Đức Minh (2019). *Đánh giá chất lượng nước biển ven bờ miền Bắc Việt Nam*. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, 19(3), 45-56.