

# ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG SINH THÁI TẠI ĐẢO CÔ TÔ ĐẾN CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO TỈNH QUẢNG NINH

TRẦN THỊ THU HƯƠNG<sup>1,\*</sup>, PHÙNG THỊ THU TRANG<sup>2</sup>, NGUYỄN DƯƠNG THUẬN<sup>3</sup>, ĐỖ THỊ BÌNH<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường, Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>2</sup>Trung tâm Nghiên cứu Môi trường, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

<sup>3</sup>Viện Vật liệu, Sinh học và Môi trường, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

<sup>4</sup>Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

## Tóm tắt

Năng lượng tái tạo đã trở thành con đường phát triển tất yếu cho ngành năng lượng toàn cầu, đặc biệt trong bối cảnh giảm thiểu biến đổi khí hậu và tăng trưởng kinh tế bền vững. Trong đó điện gió ngoài khơi được công nhận là một giải pháp đầy triển vọng nhờ tiềm năng năng lượng cao và ổn định. Nghiên cứu này trình bày dữ liệu khảo sát và đánh giá tác động sinh thái của hệ sinh thái thủy sinh đảo Cô Tô làm cơ sở khoa học cho thiết kế và xây dựng trang trại điện gió ngoài khơi tại vùng biển ngoài khơi tỉnh Quảng Ninh. Việc lấy mẫu thực địa được tiến hành đối với ba nhóm sinh vật chính, bao gồm động vật nổi (50 mẫu), thực vật nổi (100 mẫu) và động vật đáy (100 mẫu). Kết quả cung cấp những hiểu biết về thành phần loài, phân bố không gian và các tương tác sinh thái tiềm năng với cơ sở hạ tầng điện gió ngoài khơi. Những phát hiện này góp phần vào sự hiểu biết toàn diện hơn về ảnh hưởng của các yếu tố sinh thái đến sự lựa chọn địa điểm, thiết kế kỹ thuật, vận hành bền vững trong quy hoạch điện gió ngoài khơi tại tỉnh Quảng Ninh.

**Từ khóa:** Đảo Cô Tô, hệ sinh thái, năng lượng gió ngoài khơi, tỉnh Quảng Ninh.

**Ngày nhận bài:** 25/11/2025; **Ngày sửa chữa:** 8/12/2025; **Ngày duyệt đăng:** 15/12/2025

## Assessment of ecological conditions in Co To island affecting renewable energy installations in Quang Ninh province

### Abstract

Renewable energy has become an inevitable development pathway for the global energy industry, particularly in the context of climate change mitigation and sustainable economic growth. Offshore wind power is widely recognized as a promising solution due to its high and stable energy potential. This study presents survey data and ecological impact assessments of the aquatic ecosystem around Co To Island, providing a scientific basis for the design and construction of an offshore wind farm in the coastal waters of Quang Ninh Province. Field sampling was conducted for three major groups of organisms: zooplankton (50 samples), phytoplankton (100 samples), and benthic organisms (100 samples). The results provide insights into species composition, spatial distribution, and potential ecological interactions with offshore wind power infrastructure. These findings contribute to a more comprehensive understanding of the role of ecological factors in site selection, engineering design, and the sustainable planning and operation of offshore wind power projects in Quang Ninh Province.

**Keywords:** Offshore wind energy, Quang Ninh Province, ecosystem.

**JEL Classifications:** O13, O44, Q57, Q58.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Năng lượng tái tạo (hay năng lượng tái sinh) là năng lượng có nguồn gốc từ các nguồn tự nhiên được bổ sung liên tục và nhanh chóng, gần như vô tận (như mặt trời, gió, nước, địa nhiệt, sinh khối) và ít gây ô nhiễm, thay thế năng lượng hóa thạch (IEA, 2012). Năng lượng tái tạo được xem là giải pháp và là xu hướng tất yếu của ngành năng lượng hiện nay trên thế giới. Khi các nguồn nhiên liệu hóa thạch như than đá, dầu mỏ ngày càng trở nên cạn kiệt, gây ô nhiễm môi

trường nghiêm trọng, buộc các quốc gia trên thế giới phải đẩy mạnh chuyển dịch cơ cấu ngành năng lượng theo hướng sạch và bền vững. Phát triển nguồn năng lượng tái tạo trong đó có năng lượng tái tạo biển đang chiếm vị trí quan trọng trong sự phát triển kinh tế nói chung và kinh tế biển nói riêng. Việc sử dụng năng lượng tái tạo góp phần giảm tác động của hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu gây ra. Theo Cơ quan năng lượng quốc tế (IEA, 2023) thì đến năm 2025, năng lượng tái tạo sẽ trở thành nguồn sản xuất điện chính,



cung cấp hơn 1/3 lượng điện trên thế giới. Khai thác sử dụng nguồn năng lượng tái tạo biển như năng lượng gió, sóng, thủy triều,... đang trở thành một giải pháp quan trọng trong đảm bảo an ninh năng lượng, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu trên thế giới và ở Việt Nam. Tại Nghị quyết về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 đã đề cập rõ vai trò của nguồn năng lượng này “Năng lượng tái tạo và các ngành kinh tế biển mới: Thúc đẩy đầu tư xây dựng, khai thác điện gió, điện mặt trời và các dạng năng lượng tái tạo khác; ưu tiên đầu tư phát triển năng lượng tái tạo trên các đảo phục vụ sản xuất, sinh hoạt, bảo đảm quốc phòng, an ninh” (Bộ Công Thương, 2023). Đặc biệt, trong bối cảnh nước ta đang nỗ lực thực hiện cam kết của Việt Nam tại Hội nghị lần thứ 26 các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu - COP26 về mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050, nghiên cứu sử dụng năng lượng tái tạo biển như năng lượng gió ngoài khơi và năng lượng thủy triều ngày càng có ý nghĩa thực tiễn và tiến tới thay thế các loại năng lượng truyền thống.

Tỉnh Quảng Ninh nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, chịu ảnh hưởng bởi hoàn lưu gió mùa châu Á mạnh và ổn định. Theo khảo sát của Viện Năng lượng, Quảng Ninh là địa phương có tiềm năng phát triển điện gió lớn trên đất liền và ngoài khơi, với tổng công suất khoảng 15.397MW. Trong đó, tiềm năng điện gió ngoài khơi ước tính khoảng 13.000MW dọc theo đường bờ biển (Quy hoạch điện 8, Chính phủ 2023). Để phát triển năng lượng điện gió ngoài khơi cho một khu vực cụ thể, đòi hỏi phải đầu tư đáng kể để phát triển dự án và cơ sở hạ tầng. Khảo sát địa hình đáy biển là một trong những bước để đảm bảo tính khả thi cho việc thiết kế, lựa chọn công nghệ đầu tư móng, tuabin gió và xây dựng trang trại điện gió ngoài khơi. Mặt khác, theo các nghiên cứu cho thấy không phải tất cả các khu vực biển có nguồn gió tốt đều có thể sẵn sàng cho việc phát triển trang trại điện gió ngoài khơi (Dinica, 2006). Quá trình xây dựng và vận hành công trình khai thác điện gió trên biển có thể dẫn đến tác động không mong muốn đến các hoạt động kinh tế - xã hội. Do

đó, để đánh giá mức độ khả thi cho việc xây dựng, khai thác năng lượng gió ngoài khơi, ngoài khảo sát về địa hình đáy biển, khoảng cách đến bờ, cần thiết phải tiến hành khảo sát hệ sinh thái biển và xem xét sự chồng lấn với các quy hoạch khác. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện tại đảo Cô Tô một trong những đảo thuộc tỉnh Quảng Ninh để đánh giá hiện trạng sinh thái của đảo tới công trình khai thác năng lượng tái tạo của tỉnh.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đặc trưng khu vực nghiên cứu

Tỉnh Quảng Ninh có tọa độ địa lý khoảng 106°26' đến 108°31' kinh độ Đông và từ 20°40' đến 21°40' vĩ độ Bắc. Vùng biển và hải đảo của tỉnh Quảng Ninh là một vùng địa hình độc đáo, có bờ biển trải dài hơn 250 km, với nhiều đoạn dốc, chia cắt mạnh. Tổng diện tích các đảo ven bờ tỉnh Quảng Ninh là 619,913km<sup>2</sup>, trong đó tập trung lớn tại 2 huyện đảo Cô Tô và Vân Đồn với tổng số đảo chính 33 đảo. Vùng biển Quảng Ninh có hệ sinh thái rất đa dạng và phong phú, tiêu biểu cho vùng biển nhiệt đới. Với tiềm năng điện gió ngoài khơi khoảng 13.000MW dọc theo đường bờ biển, việc tiến hành nghiên cứu, khảo sát địa hình, hệ sinh thái, sự chồng lấn không gian biển trong đánh giá tiềm năng năng lượng gió ngoài khơi tại tỉnh Quảng Ninh là rất cần thiết trong giai đoạn hiện nay. Nghiên cứu này được thực hiện tại đảo Cô Tô (Quảng Ninh), là một đảo lớn nhất thuộc cụm đảo Cô Tô - Long Châu, bao gồm đảo Thanh Lân, đảo Cô Tô Lớn và đảo Chàn (Trần) (tỉnh Quảng Ninh), với diện tích tự nhiên gần 46,2km<sup>2</sup>. Về mặt địa lý, đảo cách Cảng hàng không quốc tế Vân Đồn 35km, thành phố Cẩm Phả 50km và cách đất liền khoảng 80km. Cùng với huyện đảo Bạch Long Vĩ, chuỗi đảo ven bờ tạo thành ba cụm chính kéo dài theo hướng Đông Bắc - Tây Nam như “cánh cung sơn văn” trên biển, là các lớp phen dậu che chắn cho đất liền. Cụm đảo Cô Tô - Long Châu giữ vị trí tiền tiêu và là cụm đảo có trữ lượng sinh thái biển phong phú.

### 2.2. Phương pháp thu mẫu sinh thái

#### 2.2.1. Vị trí thu mẫu

Tiến khảo sát và thu mẫu tại 10 mặt cắt, mỗi mặt cắt thu 5 vị trí đối với mẫu động vật nổi (Hình 1). Đối với mẫu động vật đáy



Hình 1. Sơ đồ các điểm thu mẫu động vật nổi ở biển đảo Cô Tô



Hình 2. Sơ đồ các điểm thu mẫu động vật đáy ở biển đảo Cô Tô



Hình 3. Sơ đồ các điểm thu mẫu Thực vật nổi ở biển đảo Cô Tô

và thực vật nổi thu mẫu tại 10 mặt cắt, mỗi mặt cắt thu 10 vị trí (Hình 2 và Hình 3)

### 2.2.2. Phương pháp thu mẫu động vật nổi

Thu mẫu động vật nổi bằng lưới vớt hình chóp nón, đường kính miệng lưới 25 cm, chiều dài lưới 90 cm. Vải lưới vớt động vật nổi có kích cỡ 65 (65 sợi/cm). Mẫu định lượng động vật nổi được tính bằng lượng nước lọc qua lưới và cố định trong lọ nhựa bằng Formol 5%.

### 2.2.3. Phương pháp thu mẫu động vật đáy

Mẫu động vật đáy được thu bằng gầu Petersen (15×17 cm). Tại mỗi điểm thu mẫu thường tiến hành thu 3 gầu định lượng. Dùng rây có kích thước mắt lưới 0.5-1mm để lọc lấy mẫu vật. Tách bớt rác, đá, sỏi khỏi mẫu vật. Mẫu vật được ngâm giữ trong dung dịch formalin có nồng độ 10% hoặc cồn 70% (cồn metylic công nghiệp). Những loài có vỏ ngoài (như một số loài thân mềm và giáp xác) hoặc xương trong (như da gai, hải miên) nên được ngâm giữ trong cồn 70%. Formalin được đưa vào lọ mẫu bằng cách đổ từ từ và phải đậy nắp an toàn. Mẫu được giữ trong dung dịch định hình, để qua đêm để mẫu được ngấm dung dịch định hình. Tiếp sau đó, rửa toàn bộ dung dịch định hình và lưu trữ mẫu trong cồn 70% cho đến khi mẫu được định loại và phân tích.

### 2.2.4. Phương pháp thu mẫu thực vật nổi

Tại mỗi điểm khảo sát tiến hành thu mẫu thực vật nổi định tính và định lượng:

- **Mẫu định lượng:** Được thu bằng cách lấy 1 lít cách mặt nước 0,5m cho vào chai nhựa dung tích 1 lít, bảo quản trong bóng tối, mát.

- **Mẫu định tính:** Dùng lưới thu mẫu có mắt lưới từ 20-25µm kéo thẳng đứng từ dưới đáy lên trên mặt nhiều lần với vận tốc khoảng 0,5 m/s. Lưới được đưa xuống sát đáy rồi kéo lên ngay. Tại các vùng nước sâu, buộc quả nặng vào lưới để lưới chìm xuống đáy theo chiều thẳng đứng (mục đích để dòng chảy không ảnh hưởng đến quá trình thu mẫu). Sau khi hoàn thành việc thu mẫu, lưới được rửa nhiều lần bằng cách múc nước cho vào lưới để mẫu vật trôi tự do xuống hết phần ống đáy. Mở van xả ở ống đáy, cho hết mẫu vào lọ và bảo quản mẫu với dung dịch Lugol với nồng độ 4-10% thể tích mẫu (khoảng 4-10ml lugol cho 1000ml nước mẫu), để ở khu vực tối, mát.

### 2.3. Phương pháp phân tích mẫu sinh thái

#### 2.3.1. Phương pháp phân tích mẫu động vật nổi

Động vật nổi được xác định, phân loại bằng kính lúp soi nổi Olympus SZ61 có ở độ phóng đại 30-40 lần theo hình thức phân nhóm phenotype và giải phẫu các phần phụ miệng và cơ thể copepods. Các bước chính được thực hiện như sau:

- Làm tiêu bản hiển vi, quan sát, mô tả phân loại học và vẽ hình mẫu vật bằng kính hiển vi quang học Olympus CH40 có ống vẽ (camera lucida) với các độ phóng đại khác nhau x 200, 400, 1000 lần. Việc phân loại, xác định loài được dựa trên các tài liệu, hệ thống phân loại của các tác giả: Segers, 2002 (Rotifera); Boxshall & Halsey, 2004 (Copepoda); Kotov et al., 2009 (Cladocera) và Karanovic, 2012 (Ostracoda).

- Phân tích định lượng:

+ Số lượng cá thể động vật nổi được xác định trong buồng đếm Sedgewich-Rafter với độ phóng đại 10x, 40x.

+ Số lượng cá thể động vật nổi trong mỗi mẫu được xác định bằng công thức dưới đây:

$$X (\text{cá thể}/\text{m}^3) = (T \cdot V_{\text{cd}} \cdot 1.000) / V_{\text{mt}}$$

Trong đó:

- X: Số lượng động vật nổi (cá thể/m<sup>3</sup>).

- T: Số cá thể đếm được theo từng nhóm ngành.

- V<sub>cd</sub>: Thể tích mẫu cô đặc (mL).

- V<sub>mt</sub>: Thể tích mẫu thu qua lưới lọc ban đầu (100L).



### 2.3.2. Phương pháp phân tích mẫu động vật đáy

Trong phòng thí nghiệm, mẫu động vật đáy được lọc qua nước bằng rây có kích thước mắt lưới 0,5-1mm để loại bỏ hóa chất cố định. Mẫu được phân loại tới bậc loài (nếu có thể). Đối với các mẫu vật nhỏ như giun nhiều tơ, giáp xác chân khác (Amphipoda) và ốc nhỏ, việc định loại sẽ cần phải dùng đến kính hiển vi soi nổi (Olympus SZ7) và kính hiển vi (Olympus BX43).

Sử dụng các tài liệu để định loại mẫu vật như: Chace (1983, 1988), Carpenter và Niem (1998 a, b), Nguyễn Văn Chung và nnk (2000), Brandt (1974), Đỗ Văn Tứ và cộng sự (2019, 2021), Đỗ Công Thung và Lê Thị Thúy (2015).

Định lượng động vật đáy được thực hiện như sau:

- Đếm tổng số số lượng cá thể động vật đáy trong mẫu thu định lượng; xác định số lượng cá thể của mỗi nhóm động vật đáy (giáp xác, thân mềm, giun nhiều tơ,...).
- Xác định mật độ cá thể (con/m<sup>2</sup>).

### 2.3.3. Phương pháp phân tích mẫu thực vật nổi

Mẫu thu về cần để lắng từ 12-24 giờ, hút đáy sau lắng và đặt lên lam kính, đặt lamên để quan sát hình thái. Thực vật nổi được phân loại bằng cách sử dụng phương pháp so sánh hình thái dựa trên các tiêu chuẩn phân loại hình thái của Thực vật nổi quan sát được dưới kính hiển vi quang học OLYMPUS (độ phóng đại: 100 - 1000 lần). Hệ thống phân loại của Thực vật nổi được sắp xếp theo đơn vị phân loại Guiry, M.D. & Guiry, G.M.2010 (<http://www.algaebase.org>).

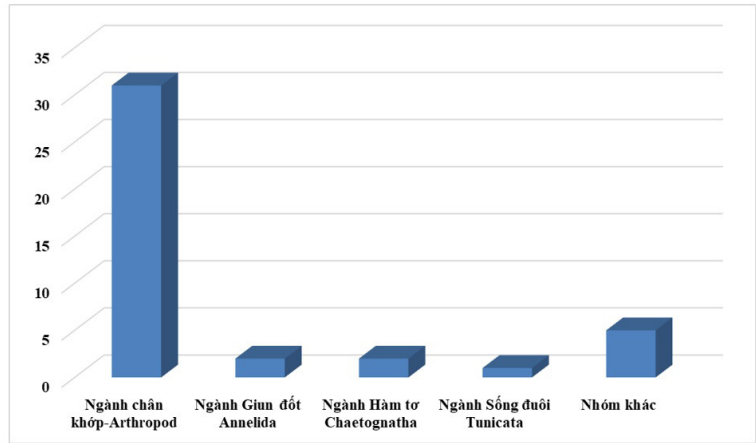
Phân tích mẫu định lượng thực vật nổi

- Mẫu vật sau khi được vận chuyển về phòng thí nghiệm, trước khi phân tích, được hút loại bỏ bớt nước (cô đặc mẫu).
- Khi phân tích, lắc đều lọ mẫu, dùng pipet lấy 1ml mẫu cho vào buồng đếm Sedgewick-Rafter thể đầy nắp và đếm dưới kính hiển vi quang học.

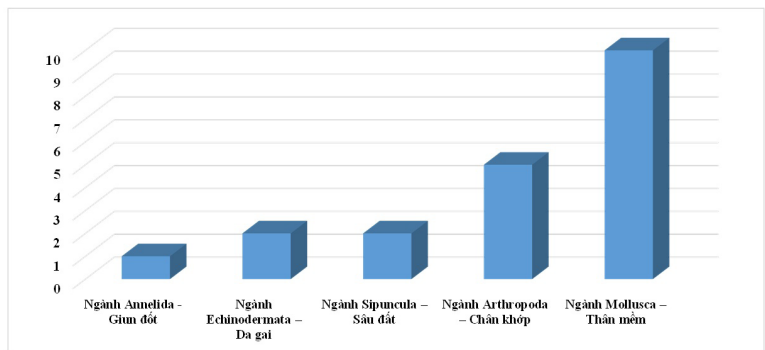
Công thức tính thực vật nổi:  $X(TB/L) = \text{Số tế bào} \cdot Vcd$

Trong đó:

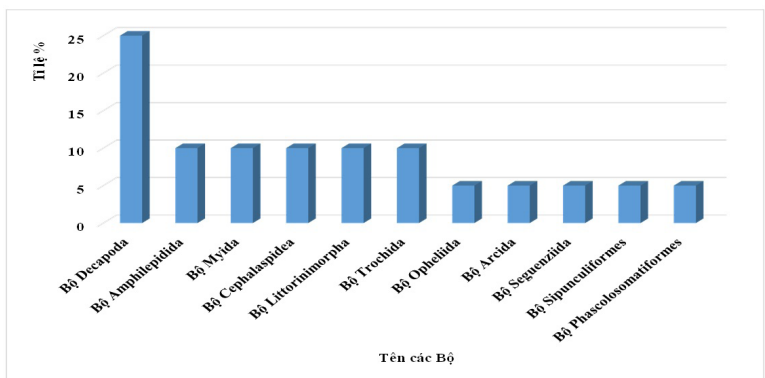
- X: Số lượng tế bào thực vật nổi (TB/L).
- Vcd: Thể tích mẫu cô đặc (mL).



Hình 4. Số lượng loài ghi nhận được trong các ngành động vật nổi



Hình 5. Số lượng loài ghi nhận được trong các ngành Động vật đáy



Hình 6. Tỷ lệ % bắt gặp các bộ Động vật đáy trong khu vực khảo sát

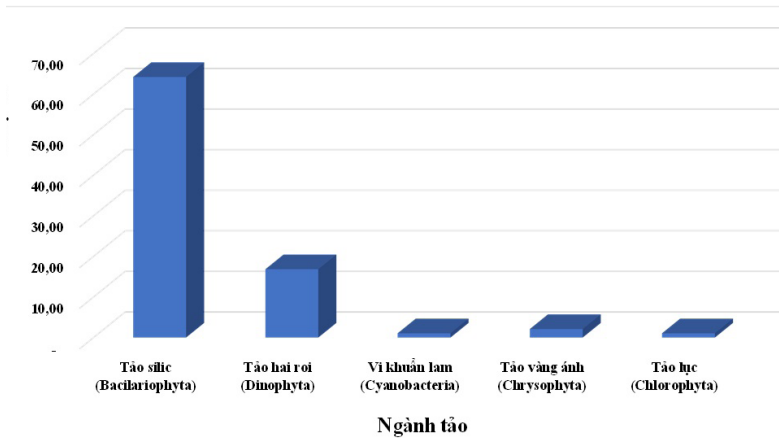
## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Kết quả xác định động vật nổi khu vực Cỏ Tô

Kết quả khảo sát động vật nổi tại khu vực nghiên cứu đã ghi nhận được 41 loài và nhóm loài động vật nổi thuộc 3 ngành: Ngành chân khớp có 31 loài (chiếm 75.6%), ngành Giun đốt Annelida và ngành Giun đốt Annelida (mỗi ngành đều ghi nhận được 2 loài, chiếm 4.9%), ngành Sống đuôi Tunicata có 1 loài (chiếm 2.4%) và các nhóm khác chiếm 12.2% (Hình 4).

### 3.2. Kết quả xác định động vật đáy biển khu vực Cỏ Tô

Kết quả xác định động vật đáy biển khu vực Cỏ Tô (Hình 5) cho thấy, trong 5 ngành đã ghi nhận thì ngành Thân mềm có số



Hình 7. Tỷ lệ % số lượng loài của các ngành tảo tại khu vực dự án

lượng loài nhiều nhất (10 loài), tiếp theo là ngành Chân khớp (5 loài), ngành Da gai và Sâu đất (2 loài) và ngành có số lượng loài ít nhất là ngành Giun đất (1 loài).

Tính theo tỷ lệ % các bộ thì bộ Decapoda có số lượng loài chiếm tỷ lệ cao nhất (25%), tiếp theo là các bộ Bộ Amphilepidida, Myida, Cephalaspidea, Littorinimorpha, Trochida, Amphilepidida, Myida, Cephalaspidea, Littorinimorpha và Trochida (10%) và thấp nhất là 5 bộ còn lại (mỗi bộ chiếm tỷ lệ là 5%) (hình 6).

### 3.3. Kết quả xác định thực vật nổi khu vực Cò Tô

Tương tự, nghiên cứu đã ghi nhận được 81 loài/dạng loài thực vật phù du thuộc 5 ngành: Tảo hai roi (Dinophyta), Tảo silic (Bacillariophyta), Tảo vàng ánh (Chrysophyta), Tảo lục (Chlorophyta) và Vi khuẩn lam (Cyanobacteria). Trong đó ngành tảo Silic chiếm số lượng nhiều nhất (61 loài), tiếp theo là ngành Tảo hai roi (16 loài), ngành Tảo vàng ánh (2 loài) và mỗi ngành còn lại (1 loài) (Hình 7).

### 3.4. Đánh giá tác động sinh thái đến công trình khai thác năng lượng tái tạo của một số loài nổi bật khu vực Đảo Cò Tô

#### 3.4.1. Về động vật nổi

Động vật nổi (zooplankton) là mắt xích quan trọng trong chuỗi thức ăn ở hệ sinh thái biển và khá nhạy cảm với môi trường. Các dự án điện gió ngoài khơi có thể ảnh hưởng đến phân bố, mật độ và cấu trúc quần xã động vật nổi thông qua các cơ chế: thay đổi thủy động lực, gia tăng độ đục, phát thải, tiếng ồn dưới nước, biến đổi ánh sáng và sự hình thành rạn nhân tạo. Theo kết quả khảo sát, loài có số lượng lớn nhất tại khu vực là *Eucalanus subcrassus*, một loài giáp xác phù du thuộc bộ Calanoida, sinh sống trong cột nước và đóng vai trò sinh vật tiêu thụ bậc một quan trọng trong hệ sinh thái biển (Bradford-Grieve, 1999). Trong các dự án điện gió ngoài khơi, loài này không bám dính trên bề mặt trụ hoặc đá chống xói nhưng chúng cũng gián tiếp gây ra tác động do sự xuất hiện và biến động mật độ của loài này đặc biệt nhạy cảm với những thay đổi thủy động lực do trụ tuabin gây ra, bao gồm hiện tượng nhiễu loạn dòng chảy, tăng cường trộn thẳng đứng và biến đổi cấu trúc phân tầng của cột nước (Degraer, 2019). Những thay đổi này có thể ảnh hưởng đến sự phân bố không gian-thời gian của *E. subcrassus* thông qua tác động lên nguồn thức ăn (phytoplankton) và điều kiện thủy văn vi mô trong khu vực trang trại gió (Bradford-Grieve, 1999; Degraer,

2019). Vì vậy, *E. subcrassus* thường được xem là một chỉ thị sinh học hữu ích để đánh giá các tác động thủy động lực và sinh thái ở quy mô cột nước liên quan đến quá trình xây dựng và vận hành điện gió ngoài khơi (Degraer, 2019).

#### 3.4.2. Về động vật đáy

Động vật đáy bao gồm giun nhiều tơ (Polychaeta), thân mềm (nhuyễn thể), giáp xác đáy, hải sâm, hải miên, san hô mềm... Đây là nhóm sinh vật nhạy cảm với xáo trộn trầm tích, biến đổi chất lượng nền đáy và tiếng ồn rung động. Dự án điện gió tác động trong giai đoạn thi công, độ nhạy giảm dần trong giai đoạn vận hành. Theo kết quả khảo sát, ngành Thân mềm có số lượng loài nhiều nhất (10 loài). Động vật đáy thuộc ngành Thân mềm (Mollusca), bao gồm hai mảnh vỏ (Bivalvia) và chân bụng (Gastropoda), là nhóm sinh vật đáy quan trọng, phân bố rộng trên nền đáy biển và các cấu trúc nhân tạo ngoài khơi (Gosling, 2015). Trong các dự án điện gió ngoài khơi, các nhóm thân mềm đáy này đặc biệt nhạy cảm với những thay đổi thủy động lực do trụ tuabin gây ra, như gia tăng nhiễu loạn cục bộ, thay đổi chế độ dòng chảy đáy và tái phân bố trầm tích quanh chân móng và lớp đá chống xói (. Những biến đổi này ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình lọc thức ăn, hô hấp và bám dính của thân mềm, đồng thời chi phối cấu trúc không gian và mật độ quần xã động vật đáy trong khu vực trang trại gió (Gosling, 2015; Degraer, 2019). Vì thế, các nhóm thân mềm đáy thường được sử dụng như chỉ thị sinh học quan trọng để đánh giá tác động thủy động lực và sinh thái đáy biển liên quan đến quá trình xây dựng và vận hành các công trình điện gió ngoài khơi (Degraer, 2019).

#### 3.4.3. Về thực vật nổi

Thực vật nổi (phytoplankton) là nhóm sinh vật tự dưỡng quan trọng bậc nhất ở biển, chúng tham gia vào lưới thức ăn và góp phần điều tiết chu trình cacbon trong các hệ sinh thái thủy vực. Các dự án điện gió ngoài khơi có thể ảnh hưởng đến phân bố, mật độ và cấu trúc quần xã thực vật nổi thông qua biến đổi ánh sáng, độ đục, thủy động lực,



đinh dưỡng và chất thải thi công. Theo kết quả khảo sát, ngành tảo Silic chiếm số lượng nhiều nhất (61 loài). Tảo silic (diatoms) là một trong những nhóm sinh vật phù du và sinh vật bám đáy quan trọng nhất trong môi trường biển, vừa tham gia vào giai đoạn đầu của quá trình bám sinh học trên bề mặt móng công trình, vừa chi phối các động lực sinh thái tại vùng chân trụ (Underwood, 2003). Với đặc điểm có vỏ silica cứng và cấu trúc bề mặt thích hợp cho bám dính, nhiều loài tảo silic có khả năng bám hiệu quả lên thép và bê tông, nhanh chóng hình thành các lớp “thảm” vi tảo liên tục trên bề mặt trụ và lớp đá chống xói, đóng vai trò là tầng tiên phong trong màng sinh học (biofilm) (Round, 1990; Underwood, 2003). Các thảm tảo silic này không chỉ ổn định lớp biofilm ban đầu mà còn tạo điều kiện thuận lợi cho sự bám dính thứ cấp của các nhóm sinh vật macrofouling như tảo sợi, hà, vẹm và các loài động vật bám lớn, từ đó làm gia tăng độ nhám bề mặt và ảnh hưởng đến đặc tính thủy động lực của kết cấu ngoài khơi (Underwood, 2003; Schultz, 2007). Về phương diện sinh thái, với vai trò là nhóm quang hợp chủ lực trong hệ sinh thái biển ven bờ, tảo silic góp phần hình thành và duy trì các quần xã phiêu sinh, sinh vật bám và cá đáy trong các “rạn nhân tạo” do cụm tuabin gió ngoài khơi tạo ra, qua đó dẫn tới sự thay đổi rõ rệt về cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái khu vực so với điều kiện nền ban đầu (Schultz, 2007; Degraer, 2019).

Năng lượng tái tạo được xem là giải pháp và là xu hướng tất yếu của ngành năng lượng hiện nay trên thế giới. Tuy nhiên, Quy hoạch phát triển điện gió các tỉnh mới chỉ xác định vùng quy hoạch tiềm năng và chủ yếu chỉ cho khu vực đất liền, nghiên cứu về tiềm năng năng lượng gió ngoài khơi ở nước ta đang rất hạn chế, đặc biệt chưa có một đánh giá hoàn chỉnh về tiềm năng năng lượng gió ngoài khơi cho khu vực biển tỉnh Quảng Ninh. Từ những phân tích này có thể thấy các nhóm động thực vật thủy sinh có thể gây hại hoặc tác động đến các công trình điện gió ngoài khơi đều được ghi nhận trong hệ sinh thái biển của đảo Cô Tô. Dữ liệu này cho thấy việc xây dựng và vận hành công trình khai thác điện gió trên biển của tỉnh Quảng Ninh cần xem xét cẩn thận các yếu tố môi trường và sinh thái trong các giai đoạn lựa chọn địa điểm, thiết kế, xây dựng và vận hành.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này khảo sát, lấy mẫu và xác định được đặc trưng sinh vật trong hệ sinh thái đảo Cô Tô, tỉnh Quảng Ninh. Dữ liệu khảo sát thực địa đã ghi nhận các nhóm thực vật nổi, động vật nổi, động vật đáy tiêu biểu trong đó có một số nhóm như Tảo hai roi (Dinophyta), Ngành Tảo vàng

ánh (ngành Chrysophyta/lớp Chrysophyceae), Ngành vi khuẩn lam (Cyanobacteria), Ngành Tảo silic (Bacillariophyta), Ngành tảo lục (ngành Chlorophyta), Ngành Chân khớp (Arthropoda). Các nhóm sinh vật tiêu biểu này đều có những tác động nhất định đến vùng chân móng và trên bề mặt kết cấu của các công trình điện gió ngoài khơi cả về mặt kỹ thuật lẫn phương diện sinh thái. Kết quả nghiên cứu này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tích hợp đánh giá sinh thái vào quy hoạch điện gió ngoài khơi để đảm bảo tính khả thi về kỹ thuật, tính bền vững về môi trường và hiệu quả vận hành lâu dài. Nghiên cứu này góp phần vào việc phát triển các chiến lược điện gió ngoài khơi dựa trên thông tin môi trường và hỗ trợ quy hoạch năng lượng biển bền vững tại tỉnh Quảng Ninh và các vùng ven biển khác của Việt Nam.

**Lời cảm ơn:** Bài báo này được thực hiện trên cơ sở để tài khoa học và công nghệ cấp tỉnh Quảng Ninh: “Đánh giá tiềm năng năng lượng từ gió ngoài khơi có tính đến địa hình, biến đổi khí hậu và nước biển dâng phục vụ phát triển công trình khai thác năng lượng tái tạo tỉnh Quảng Ninh” ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cơ quan năng lượng quốc tế (IEA) (2023). Báo cáo thị trường điện năm 2023 (Electricity Market Report 2023).
2. Bộ Công Thương (2023). Báo cáo triển vọng năng lượng Việt Nam. Hà Nội, Việt Nam
3. Chính phủ (2023). Quyết định số 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 -2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quy hoạch điện XIII).
4. Dinica, V. (2006). Support systems for the diffusion of renewable energy technologies-an investor perspective. *Energy Policy*, 34(4), 461-480.
5. Bradford-Grieve JM, Markhaseva EL, Rocha CEF, Abiahy B (1999). Copepoda. In: Boltovskoy D, editor. *South Atlantic Zooplankton*. Leiden: Backhuys Publishers.
6. Degraer S, Brabant R, Rumes B (2019). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two decades of monitoring. *Hydrobiologia*.
7. Gosling E (2015). *Marine Bivalve Molluscs*. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell.
8. Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990). *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge: Cambridge University Press.
9. Underwood GJC, Paterson DM (2003). The importance of extracellular carbohydrate production by marine epipelagic diatoms. *Advances in Botanical Research*.
10. Schultz MP (2007). Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering. *Biofouling*.