

PHÁT TRIỂN TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT CHO KHẢO SÁT HIỆN TRƯỜNG ĐIỆN GIÓ NGOÀI KHƠI TẠI VIỆT NAM

(Dự thảo Phiên bản 1)

MỤC LỤC

I. GIỚI THIỆU	4
1.1 Bối cảnh và Lý do	4
1.2 Khuôn khổ Hợp tác Đan Mạch-Việt Nam	4
1.3 Phạm vi và Mục tiêu Dự án	5
II. KHUNG QUY ĐỊNH VÀ THỦ TỤC CẤP PHÉP	7
2.1 Mục tiêu Tăng tốc PDP8	7
2.2 Các Trụ cột Pháp lý Mới (2024-2025)	7
2.3 Bộ Công Thương (MOIT)	9
2.4 Bộ Nông nghiệp và Môi trường (MoAE)	9
2.5 Bộ Quốc phòng (MOND) và Bộ Công an (MOPS)	10
2.6 Bộ Khoa học và Công nghệ (MOST).....	10
III. QUY TRÌNH PHÁP LÝ	12
3.1 Quy trình Đảm bảo Quyền Khảo sát	12
3.2 Quyền Sở hữu Dữ liệu và Yêu cầu Nộp	12
IV. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN PHÂN GIAI ĐOẠN	13
4.1 Giai đoạn 1: Nghiên cứu tại Bàn	14
4.2 Giai đoạn 2: Khảo sát sơ bộ/Trình sát	14
4.3 Giai đoạn 3: Khảo sát Chi tiết	15
V. TIÊU CHUẨN KHẢO SÁT KỸ THUẬT	16
5.1 Khảo sát Địa vật lý	16
5.2 Khảo sát Địa kỹ thuật.....	18
5.3 Khảo sát Hải Dương học	22

VI. KHẢO SÁT MÔI TRƯỜNG.....	28
VII. BÀI HỌC TỪ ĐẠN MẠCH.....	42
7.1 Mô hình "Một cửa" (Hiệu quả Cấp phép).....	42
7.2 Giảm Rủi ro do Chính phủ: Sức mạnh Dữ liệu Tập trung	43
VIII. ĐÁNH GIÁ MÔI TRƯỜNG CHIẾN LƯỢC (SEA).....	45
IX. Ý NGHĨA CHIẾN LƯỢC VÀ KHUYẾN NGHỊ.....	46
X. KẾT LUẬN	47

I. GIỚI THIỆU

1.1 Bối cảnh và Lý do

Việt Nam đang thực hiện chuyển đổi năng lượng đầy tham vọng nhằm đáp ứng nhu cầu điện năng ngày càng tăng đồng thời thực hiện các cam kết về khí hậu. Quy hoạch Phát triển Điện lực VIII (PDP8) được điều chỉnh, phê duyệt năm 2025 xác định điện gió ngoài khơi là trụ cột chiến lược năng lượng tái tạo của Việt Nam, mục tiêu 6 GW công suất lắp đặt vào năm 2030 và tăng lên 17 GW vào năm 2035. Hướng tới năm 2050, công suất điện gió ngoài khơi dự kiến tăng ít nhất gấp mười lần, đưa Việt Nam trở thành một trong những thị trường phát triển điện gió ngoài khơi hàng đầu Đông Nam Á.

Việc thực hiện thành công các mục tiêu đầy tham vọng này đòi hỏi phương pháp tiếp cận có hệ thống và toàn diện để phát triển dự án, bắt đầu từ khảo sát địa điểm đảm bảo chất lượng. Khảo sát hiện trường địa điểm tạo nền tảng quan trọng cho phát triển dự án điện gió ngoài khơi, cung cấp dữ liệu thiết yếu về điều kiện đáy biển, thông số hải Dương học, tác động môi trường cơ sở, và đặc tính địa kỹ thuật ảnh hưởng trực tiếp đến khả thi dự án, tối ưu hóa thiết kế, đánh giá rủi ro, và quyết định đầu tư.

Nhận thức tầm quan trọng chiến lược của việc thiết lập tiêu chuẩn kỹ thuật vững chắc ở giai đoạn đầu phát triển ngành điện gió ngoài khơi, Cục Điện lực Việt Nam (EAV) thuộc Bộ Công Thương (MOIT), đã yêu cầu hỗ trợ kỹ thuật thông qua Chương trình Hợp tác Năng lượng Đan Mạch (DEPP III) để xây dựng hướng dẫn và tiêu chuẩn toàn diện cho khảo sát hiện trường điện gió ngoài khơi tại Việt Nam.

1.2 Khuôn khổ Hợp tác Đan Mạch-Việt Nam

Dự án này dựa trên nền tảng vững chắc của hợp tác Đan Mạch-Việt Nam trong lĩnh vực điện gió ngoài khơi. Đan Mạch, với hơn ba thập kỷ kinh nghiệm phát triển điện gió ngoài khơi và hiện sản xuất khoảng 50% điện năng từ năng lượng gió, đã chia sẻ chuyên môn với Việt Nam thông qua nhiều kênh khác nhau.

Trong khuôn khổ dự án Hợp tác Tham gia Chiến lược (SEC) với Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE) cũ trong giai đoạn 2022-2024, Cơ quan Năng lượng Đan Mạch (DEA), Khảo sát Địa chất Đan Mạch và Greenland (GEUS), và Energinet đã trao đổi với nhiều bên liên quan Việt Nam để chia sẻ kinh nghiệm về Quy hoạch Không gian Biển (MSP) và phổ biến kiến thức kỹ thuật về khảo sát hiện trường địa điểm phát triển điện gió ngoài khơi cho các tổ chức bao gồm EAV, VASI, CEPIM, Vinamarine, PVN, EVN, và VPI, cùng nhiều tổ chức khác.

Thông qua DEPP III, Đan Mạch tiếp tục hỗ trợ EAV trong xây dựng năng lực về lãnh đạo và quản lý phát triển và triển khai điện gió ngoài khơi, chia sẻ kiến thức về mô hình một cửa của Đan Mạch do DEA quản lý và kinh nghiệm thiết kế và vận hành khung đấu thầu cạnh tranh cho các dự án điện gió ngoài khơi.

1.3 Phạm vi và Mục tiêu Dự án

Dự án này được khởi động sau cuộc họp xác định phạm vi vào tháng 8 năm 2025 giữa DEA, EAV, Đại sứ quán Đan Mạch, VASI thuộc Bộ Nông nghiệp và Môi trường (MAE), và các chuyên gia kỹ thuật Việt Nam. Cuộc họp đã xác định nhu cầu quan trọng để cơ quan quản lý nhà nước Việt Nam thiết lập khung chung chi tiết các tiêu chuẩn kỹ thuật cho khảo sát hiện trường.

Các mục tiêu chính của nhiệm vụ này là:

Phát triển Năng lực: Nâng cao năng lực kỹ thuật của các cơ quan quản lý nhà nước, đặc biệt là EAV, MOIT, và VASI, trong việc đánh giá và áp dụng thông lệ quốc tế tốt nhất cho khảo sát hiện trường điện gió ngoài khơi. Bao gồm hiểu biết về các loại và mục đích khảo sát, tiến độ và ngân sách điển hình, tiêu chuẩn và yêu cầu dữ liệu.

Xây dựng Hướng dẫn: Xây dựng hướng dẫn kỹ thuật toàn diện cho khảo sát hiện trường điện gió ngoài khơi tại Việt Nam, dựa trên kinh nghiệm Đan Mạch đồng thời thích ứng với điều kiện khung quy định và thể chế của Việt Nam.

Các hướng dẫn được xây dựng thông qua dự án này nhằm hỗ trợ MOIT và EAV đảm bảo khảo sát hiện trường cho các dự án điện gió ngoài khơi tại Việt Nam đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế về chất lượng và toàn diện, từ đó cho phép ra quyết định chính xác, giảm thiểu rủi ro cho dự án, và tạo thuận lợi cho quá trình chuyển dịch năng lượng của Việt Nam hướng tới tương lai năng lượng bền vững.

II. KHUNG QUY ĐỊNH VÀ THỦ TỤC CẤP PHÉP

2.1 Mục tiêu Tăng tốc PDP8

Chính sách nền tảng thúc đẩy ngành điện gió ngoài khơi Việt Nam là Quy hoạch Phát triển Điện lực Quốc gia VIII (PDP8). Kế hoạch ban đầu, được phê duyệt bởi Quyết định 500/QĐ-TTg vào tháng 5 năm 2023, đặt mục tiêu quan trọng 6 GW công suất điện gió ngoài khơi vào năm 2030. Chỉ riêng mục tiêu này đã báo hiệu một thị trường mới lớn, thúc đẩy nhu cầu về một khung quy định toàn diện.

Vào tháng 4 năm 2025, phản ánh sự gia tăng đáng kể nhu cầu năng lượng và cam kết được củng cố với mục tiêu trung hòa carbon năm 2050, chính phủ đã phê duyệt Quyết định số 768/QĐ-TTg, một sửa đổi quan trọng của PDP8. Sửa đổi này tăng mục tiêu công suất điện gió ngoài khơi lên 17.032 MW trong giai đoạn 2030-2035.

2.2 Các Trụ cột Pháp lý Mới (2024-2025)

Đề hướng tới mục tiêu 17 GW, chính phủ Việt Nam đã ban hành kiến trúc khung pháp lý mới:

- Luật Điện lực 2024: Cung cấp cơ sở pháp lý cấp cao, thiết lập định nghĩa chính thức "dự án điện gió ngoài khơi" là dự án có tất cả tuabin gió xây dựng trong khu vực biển ngoài 6 hải lý tính từ đường mép bờ biển. Ranh giới 6 hải lý là đường phân biệt giữa các dự án điện gió ngoài khơi phức tạp và các dự án điện gió gần bờ nằm trong khoảng bờ và ranh giới 6 hải lý này.
- Nghị định 58/2025/NĐ-CP: Có hiệu lực từ 03/03/2025, quy định thực hiện quan trọng nhất cho điện gió ngoài khơi.
 - Lựa chọn Nhà đầu tư: Quy định các yêu cầu về năng lực, quy trình đấu thầu, và điều kiện cho các nhà đầu tư trong nước và nước ngoài.

- Phân bổ Khu vực Biển: Nêu chi tiết quy trình và các giới hạn (ví dụ: 20 hecta cho mỗi 1 MW cho khảo sát) để cấp phát khu vực biển cho các nhà phát triển.
 - Ưu đãi: Quy định các ưu đãi về thuế và phí sử dụng biển cho các dự án được phê duyệt chủ trương đầu tư trước ngày 1 tháng 1 năm 2031, và nằm trong hạn mức công suất 6.000 MW.
 - Tiến độ: Đặt ra thời hạn quan trọng 24 tháng để nhà đầu tư trúng thầu phê duyệt báo cáo Nghiên cứu Khả thi (FS) của họ.
- Thông tư 02/2019/TT-BCT: Mặc dù đã được sửa đổi một phần và ra đời từ năm 2019, thông tư này vẫn là văn bản quan trọng. Nó đưa ra các yêu cầu chung, về những điều khoản phải được đưa vào Nghiên cứu Khả thi. Tuy nhiên, quan trọng nhất của thông tư này là quy định cụ thể về "kết quả khảo sát tại địa điểm dự án được đề xuất trong thời gian khảo sát kéo dài ít nhất 12 tháng liên tục". Yêu cầu nghiên cứu hải dương học này, được tạo ra cho các dự án trên bờ đơn giản hơn, nhưng có thể trở thành điểm nghẽn quan trọng đối với các dự án ngoài khơi phức tạp.

2.3 Bộ Công Thương (MOIT)

Bộ Công Thương là cơ quan chủ quản ngành năng lượng và chịu trách nhiệm quản lý nhà nước tổng thể về điện lực. Các chức năng chính của Bộ trong lĩnh vực điện gió ngoài khơi là:

- Xây dựng và triển khai Quy hoạch Phát triển Điện lực 8 (PDP8).
- Tổ chức quy trình đấu thầu cạnh tranh và cuối cùng là lựa chọn nhà đầu tư dự án
- Thẩm định và phê duyệt báo cáo nghiên cứu khả thi (FS) cuối cùng
- Quy định mức giá trần hàng năm cho phát điện, làm giới hạn cho các đề xuất PPA.
- Nhận bản sao cuối cùng của tất cả dữ liệu khảo sát để phục vụ quản lý nhà nước.

- **2.4 Bộ Nông nghiệp và Môi trường (MoAE)**

Bộ Nông nghiệp và Môi trường là cơ quan bộ mới được thành lập từ việc sáp nhập Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE) cũ và Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (MARD). Bộ Nông nghiệp và Môi trường là "cơ quan quản lý môi trường" và có thẩm quyền duy nhất đối với không gian biển:

- Bộ Nông nghiệp và Môi trường là cơ quan duy nhất được ủy quyền để thẩm định, lựa chọn và phân bổ khu vực biển cho các nhà đầu tư nhằm mục đích tiến hành khảo sát. Việc cấp khu vực biển "Giai đoạn 1" này là rào cản lớn đầu tiên.
- Bộ chịu trách nhiệm thẩm định và phê duyệt Báo cáo Đánh giá Tác động Môi trường (ĐTM) của dự án.

- Bộ thực thi các giới hạn sử dụng khu vực biển, được quy định bởi Nghị định 58 ở mức tối đa 20 hecta cho mỗi 1 MW trong giai đoạn khảo sát và 5 hecta cho mỗi 1 MW trong giai đoạn triển khai dự án.
- Giống như Bộ Công Thương, Bộ Nông nghiệp và Môi trường cũng phải nhận bản sao của tất cả dữ liệu khảo sát.

2.5 Bộ Quốc phòng (MOND) và Bộ Công an (MOPS)

Trong khi Bộ Công Thương và Bộ Nông nghiệp và Môi trường quản lý các khía cạnh kỹ thuật, môi trường và thương mại của dự án, Bộ Quốc phòng (MOND) và Bộ Công an (MOPS) đóng vai trò đảm bảo an ninh và quốc phòng.

- Phát triển dự án, và thậm chí cả các hoạt động khảo sát sơ bộ, đều yêu cầu sự chấp thuận rõ ràng từ Bộ Quốc phòng, Bộ Công an, và Bộ Ngoại giao (MOFA).
- Các bộ này cũng là thành viên chính thức, có quyền biểu quyết trong hội đồng đánh giá lựa chọn nhà đầu tư, do Bộ Công Thương điều phối.

Sự chấp thuận về an ninh quốc gia này không phải là một tham vấn đơn thuần; đó là điều kiện tiên quyết không thể thương lượng. Yêu cầu này đưa ra một rủi ro đáng kể và nhạy cảm về mặt địa chính trị ở giai đoạn sớm nhất của quá trình phát triển, một rủi ro thiếu các mốc thời gian rõ ràng hoặc tiêu chí kỹ thuật liên quan đến các quy trình của Bộ Công Thương/Bộ Nông nghiệp và Môi trường.

2.6 Bộ Khoa học và Công nghệ (MOST)

Bộ Khoa học và Công nghệ, thông qua Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng (STAMEQ), chịu trách nhiệm xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia (TCVN) cho ngành. Vào ngày 26 tháng 9 năm 2025, Bộ Khoa học và Công nghệ đã công bố một bộ toàn diện gồm 20 TCVN mới cho điện gió ngoài khơi, một sự kiện mang tính bước ngoặt cung cấp bộ quy tắc kỹ thuật đầu tiên cho ngành, bao gồm

thiết kế tuabin, cáp ngầm dưới biển, và an toàn. Tuy nhiên các tiêu chuẩn về khảo sát địa điểm chưa được đề cập trong các tiêu chuẩn này.

Bảng 1: Các cơ quan Chính phủ Việt Nam chính và Trách nhiệm về Điện gió Ngoài khơi

Cơ quan Bộ	Viết tắt	Vai trò Chính	Trách nhiệm Chính
Bộ Công Thương	MOIT	Quản lý Năng lượng & Chủ Dự án	• Xây dựng PDP8 • Tổ chức đấu thầu • Phê duyệt Nghiên cứu Khả thi • Nhận dữ liệu khảo sát
Bộ Nông nghiệp và Môi trường	MoAE	Quản lý Không gian Biển & Môi trường	• Phân bổ vùng biển • Phê duyệt EIA • Thực thi giới hạn 20 ha/MW • Nhận dữ liệu
Bộ Quốc phòng và Bộ Công an	MOND, MOPS	An ninh Quốc gia	• Phê duyệt bắt buộc cho khảo sát • Thành viên hội đồng lựa chọn
Bộ Khoa học và Công nghệ	MOST	Thiết lập Tiêu chuẩn Kỹ thuật	• Xây dựng TCVN • Công bố 20 TCVN (9/2025)

III. QUY TRÌNH PHÁP LÝ

3.1 Quy trình Đảm bảo Quyền Khảo sát

Nhà phát triển phải nộp đơn lên MoAE để được xem xét, lựa chọn và phân bổ vùng biển cụ thể cho hoạt động khảo sát. Đơn phải đáp ứng điều kiện Nghị định 58:

- Kế hoạch khảo sát rõ ràng, khả thi và phù hợp
- Cam kết sử dụng nguồn nhân lực, hàng hóa và dịch vụ trong nước
- Cam kết từ bỏ mọi yêu cầu hoàn trả chi phí khảo sát trong mọi trường hợp
- Phải bao gồm phê duyệt từ MOND, MOPS, MOFA và MOIT

Nghị định 58 quy định tiến độ 24 tháng để nhà đầu tư trúng thầu (được lựa chọn bởi Bộ Công Thương) xây dựng báo cáo Nghiên cứu Khả thi (FS). Điều này ngụ ý rằng việc lựa chọn nhà đầu tư diễn ra trước khi tiến hành khảo sát chính. Tuy nhiên, các quy định cũng nêu chi tiết một quy trình riêng của Bộ Nông nghiệp và Môi trường để lựa chọn đơn vị tiến hành khảo sát và một hội đồng do Bộ Công Thương chủ trì để giải quyết xung đột trong trường hợp nhiều nhà đầu tư nộp đơn xin khảo sát cùng một khu vực biển.

3.2 Quyền Sở hữu Dữ liệu và Yêu cầu Nộp

Việc quản lý dữ liệu là yêu cầu bắt buộc, do nhà nước kiểm soát. Trong vòng 60 ngày sau khi hoàn thành các hoạt động khảo sát, đơn vị khảo sát có nghĩa vụ pháp lý phải nộp báo cáo chi tiết, bao gồm tất cả dữ liệu thô, kết quả quan sát, đo đạc và mẫu vật, cho cả Bộ Công Thương và Bộ Nông nghiệp và Môi trường để quản lý.

Đơn vị đã tài trợ và tiến hành khảo sát được phép sử dụng dữ liệu này để phát triển dự án của mình. Tuy nhiên, quyền đồng sở hữu dữ liệu của nhà nước là rõ ràng. Nhà phát triển chỉ có thể chia sẻ dữ liệu này với các đơn vị khác (ví dụ: các bên dự thầu hoặc đối tác khác)

IV. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN PHÂN GIAI ĐOẠN

Phương pháp khảo sát phân giai đoạn có logic là thực tiễn tốt nhất từ kinh nghiệm quốc tế để quản lý chi phí không lỗ và rủi ro kỹ thuật của phát triển điện gió ngoài khơi.

Bảng 2: Khung Khảo sát Phân giai đoạn

Giai đoạn	Mục tiêu	Hoạt động Chính	Sản phẩm
Giai đoạn 1: Nghiên cứu Bàn	Sàng lọc địa điểm, phân tích lỗi nghiêm trọng, xác định vùng cấm	Thu thập dữ liệu công khai về địa chất, đo sâu, gió/sóng, khu bảo vệ, hàng hải	Bản đồ khả thi, đánh giá nguy hiểm, kế hoạch Giai đoạn 2
Giai đoạn 2: Khảo sát Trinh sát	Xác thực nghiên cứu bàn, hiểu sơ bộ điều kiện, tối ưu Giai đoạn 3	Khảo sát địa vật lý diện rộng (250-500m), CPT giới hạn, triển khai LiDAR 12 tháng	Mô hình nền sơ bộ, bố trí tuabin ban đầu, kế hoạch Giai đoạn 3 chi tiết
Giai đoạn 3: Khảo sát Chi tiết	Thu thập dữ liệu "có thể vay vốn", cung cấp dữ liệu cho Nghiên cứu Khả thi và EIA	Khảo sát độ phân giải cao (<100m), lỗ khoan/CPT sâu tại mỗi móng, hoàn thành LiDAR, EIA đầy đủ	Gói dữ liệu "có thể vay vốn", Mô hình nền chi tiết, Đánh giá nguồn gió chứng nhận, Báo cáo EIA

4.1 Giai đoạn 1: Nghiên cứu tại Bàn

Nghiên cứu tại bàn là giai đoạn đầu tiên và tiết kiệm chi phí nhất, được thiết kế để sàng lọc các khu vực biển rộng lớn và lựa chọn các địa điểm dự án khả thi bằng cách xác định "ẩn họa nghiêm trọng" và khoảng trống dữ liệu. Giai đoạn này hoàn toàn dựa vào dữ liệu công khai và dữ liệu độc quyền hiện có.

Phạm vi công việc bao gồm:

- Địa vật lý/Địa kỹ thuật: Tổng hợp tất cả dữ liệu công khai có sẵn về địa chất khu vực, độ sâu đáy biển, các nguy cơ địa chất (ví dụ: đứt gãy, khí nông, núi lửa trẻ), và các ràng buộc về kỹ thuật.
- Hải Dương học: Thu thập dữ liệu mô hình gió và sóng dự báo ngược nhiều thập kỷ để tạo ra đánh giá sơ bộ về tiềm năng năng lượng của địa điểm và thời gian ngừng hoạt động.
- Môi trường: Xác định tất cả các ràng buộc đã biết và "vùng cấm". Bao gồm lập bản đồ các Khu vực Biển được Bảo vệ, Khu vực Đa dạng sinh học chủ chốt, và các vùng nhạy cảm về văn hóa.
- Con người/Hoạt động nhân tạo: Lập bản đồ tất cả các hoạt động sử dụng biển của con người, bao gồm tuyến vận chuyển, ngư trường, cơ sở hạ tầng dầu khí, cáp ngầm dưới biển, các khu vực có nguy cơ bom mìn chưa nổ (UXO) đã biết, và các di tích khảo cổ dưới nước.

Sản phẩm chính là các Báo cáo Nghiên cứu tại Bàn làm việc về Địa chất và Môi trường, vật nổ... bao gồm các bản đồ phù hợp làm nổi bật các khu vực có rủi ro thấp, tiềm năng cao. Chức năng quan trọng nhất của báo cáo này là thiết kế khảo sát sơ bộ/trình sát Giai đoạn 2 hiệu quả và có mục tiêu cụ thể.

4.2 Giai đoạn 2: Khảo sát sơ bộ/Trình sát

Khảo sát Sơ bộ/Trình sát là khảo sát "thực địa" đầu tiên, được thiết kế để cung cấp sự hiểu biết ban đầu, cụ thể về điều kiện hiện trường. Mục tiêu của nó không phải là thu thập dữ liệu thiết kế đủ điều kiện tài trợ, mà là xác minh nghiên cứu bàn làm việc, giảm thiểu rủi ro, và tối ưu hóa các vị trí cho khảo sát chi tiết tốn kém hơn nhiều.

Phạm vi công việc thường là 80% địa vật lý, bao gồm các khảo sát khu vực rộng với khoảng cách đường khảo sát từ 250-500 mét. Chiến dịch này sử dụng một bộ công cụ, bao gồm máy đo sâu đa tia (MBES) cho độ sâu địa hình đáy biển, sonar quét nghiêng (SSS) cho các đặc điểm đáy biển như tảng đá lớn, máy đo địa tầng dưới đáy (SBP) hoặc máy phát xung điện (UHRS) cho địa chất nông, và máy từ kế cho trình sát bom mìn chưa nổ (UXO). Điều này được bổ sung bởi một chiến dịch địa kỹ thuật hạn chế (ví dụ: thí nghiệm xuyên tĩnh CPT) để "kiểm chứng thực địa" dữ liệu địa vật lý.

Quan trọng là, giai đoạn này là thời điểm hợp lý để triển khai phao LiDAR nổi nhằm bắt đầu chiến dịch khảo sát hải dương 12 tháng và tiến hành các khảo sát môi trường ban đầu bằng tàu (ví dụ: cho chim và động vật có vú) để xác định phạm vi ĐTM đầy đủ. Sản phẩm đầu ra là mô hình nền sơ bộ cho phép bố trí trang trại gió ban đầu, đã giảm thiểu rủi ro và một kế hoạch rất chi tiết cho khảo sát Giai đoạn 3.

4.3 Giai đoạn 3: Khảo sát Chi tiết

Đây là giai đoạn tốn thời gian và chi phí nhất, với mục tiêu thu thập dữ liệu "đủ điều kiện tài trợ", độ phân giải cao, cụ thể cho địa điểm. Dữ liệu này là cần thiết để hoàn thiện Nghiên cứu Khả thi, hỗ trợ thiết kế dự án cuối cùng, đảm bảo chứng nhận bên thứ ba (ví dụ: từ DNV), và đạt được đóng tài chính.

Phạm vi công việc là có mục tiêu và chuyên sâu:

- Địa vật lý: Các khảo sát độ phân giải rất cao (ví dụ: khoảng cách đường khảo sát 50-100m) chỉ được tiến hành tại các vị trí tuabin, trạm biến áp, và tuyến cáp cuối cùng. Điều này có thể bao gồm khảo sát địa chấn độ phân giải cao 3D (3D UHRS) cho các vị trí móng phức tạp và khảo sát độ dốc từ trường chi tiết để xác định vị trí bom mìn chưa nổ (UXO).
- Địa kỹ thuật: Đây là chiến dịch khảo sát chính. Thực tiễn tốt nhất quốc tế, được yêu cầu bởi 30 CFR Part 585 tại Hoa Kỳ - hướng dẫn kỳ vọng của người cho vay, đòi hỏi "thí nghiệm tại chỗ đầy đủ, khoan và lấy mẫu tại mỗi vị trí móng". Điều này thường có nghĩa là một lỗ khoan sâu (ví dụ: độ sâu 50-70m) hoặc CPT tại mỗi móng tuabin và trạm biến áp, các CPT nông dọc theo tuyến cáp, và thí nghiệm phòng thí nghiệm sâu rộng trên các mẫu đất.
- Hải dương: Hoàn thành, thu hồi và phân tích chiến dịch LiDAR 12 tháng để tạo ra đánh giá tài nguyên gió cuối cùng, đủ điều kiện tài trợ.
- Môi trường: Hoàn thành các nghiên cứu đường cơ sở môi trường đầy đủ, nhiều mùa (thường là 12-24 tháng) yêu cầu cho báo cáo ĐTM.

Sản phẩm đầu ra là "Gói Dữ liệu" hoàn chỉnh cho Nghiên cứu Khả thi và báo cáo ĐTM cuối cùng để nộp cho Bộ Nông nghiệp và Môi trường.

V. TIÊU CHUẨN KHẢO SÁT KỸ THUẬT

5.1 Khảo sát Địa vật lý

Mục tiêu: Xây dựng mô hình nền 3D toàn diện về đáy biển và địa chất dưới đáy biển để xác định tất cả nguy hiểm địa chất (khí nông, đứt gãy, kênh chôn vùi, núi lửa trẻ...), ràng buộc nhân tạo (UXO, tuyến cáp), và cung cấp thông tin cho kế hoạch khảo sát địa kỹ thuật.

Khảo sát được thiết kế để cung cấp thông tin cần thiết chủ yếu cho các mục đích sau:

- Yêu cầu về môi trường và cấp phép
- Lựa chọn và thiết kế phương án móng
- Đánh giá nguy cơ địa chất
- Lập kế hoạch khảo sát địa kỹ thuật
- Đánh giá hình thái đáy biển
- Khảo sát bom mìn chưa nổ (UXO) để tránh trước khi tiến hành khảo sát địa kỹ thuật
- Giảm thiểu rủi ro cho thiết bị địa kỹ thuật từ tảng đá lớn và mảnh vỡ
- Hạn chế khảo cổ học
- Hỗ trợ đánh giá đào rãnh cáp
- Hỗ trợ lập bản đồ đặc tính đất cho thiết kế và lắp đặt cáp

Phạm vi (Phân giai đoạn):

- Khảo sát sơ bộ: Khoảng cách tuyến khảo sát (250-500m) sử dụng MBES (đo sâu địa hình), SSS (đặc điểm đáy biển/tảng đá lớn), Máy từ kế (UXO/mảnh vỡ), và SBP/máy phát xung điện (địa chất nông).

- Chi tiết: Khoảng cách đường khảo sát hẹp (<100m) tập trung vào các vị trí cơ sở hạ tầng. Điều này thường bao gồm địa chấn độ phân giải cực cao 3D (3D UHRS) cho các vùng móng phức tạp và khảo sát độ dốc từ trường độ phân giải cao để xác định vị trí bom mìn chưa nổ (UXO).
- Tiêu chuẩn Áp dụng: Mặc dù các tiêu chuẩn TCVN mới sẽ quản lý hệ thống cáp ngầm dưới biển, các nhà phát triển sẽ được yêu cầu tuân theo các tiêu chuẩn quốc tế, ví dụ DNVGL-RP-C212 và ISO 19901-8.
- Xử lý dữ liệu

Tất cả dữ liệu từ Máy đo sâu đa tia (MBES), Sonar quét sườn nghiêng (SSS), Máy từ kế (MAG), Máy đo địa tầng dưới đáy tần số cao (SBP) và Địa chấn độ phân giải cực cao đa kênh (M-UHRS) được diễn giải và xử lý để đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật đã đề cập.

5.2 Khảo sát Địa kỹ thuật

Mục tiêu: Xác định các tính chất vật lý và cơ học của đất và đá. Dữ liệu này là thiết yếu cho thiết kế kỹ thuật móng tuabin (cọc đơn, khung giàn), móng trạm biến áp, và đánh giá tính khả thi cũng như phương pháp chôn cáp.

Phạm vi: Dữ liệu địa vật lý (SBP) được sử dụng để lập kế hoạch cho chiến dịch địa kỹ thuật, đảm bảo các lỗ khoan và CPT được nhắm mục tiêu để khảo sát các tầng địa chất cụ thể. Phạm vi bao gồm:

- Xâm nhập Sâu: Thí nghiệm Xuyên Tĩnh (CPT) và Lỗ khoan (BH) đến độ sâu 50-70m hoặc đến khi không khoan được nữa, nhắm mục tiêu một vị trí cho mỗi móng.
- Xâm nhập Nông: Lấy mẫu bằng rung (Vibrocore) hoặc CPT đến độ sâu 5-6m dọc theo tuyến cáp liên kết trong cụm và tuyến cáp xuất.

- Thí nghiệm trong phòng: Thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đất đá trong phòng thí nghiệm trên bờ và ngoài khơi, bao gồm cả thí nghiệm động lực học, được thực hiện trên các mẫu đất và đá để mô hình hóa hành vi dưới tải trọng động liên tục từ gió và sóng.
- Tiêu chuẩn Áp dụng: Các tiêu chuẩn TCVN sẽ cung cấp các yêu cầu thiết kế cụ thể được điều chỉnh cho địa chất và điều kiện của Việt Nam. Dữ liệu này cũng phải đáp ứng các tiêu chuẩn chứng nhận quốc tế, chẳng hạn như ISO 19901-8, DNVGL-ST-0126, và NORSOK G-001.

Bảng 5.1 Loại dữ liệu và định dạng dữ liệu

STT	Loại Dữ liệu	Định dạng Dữ liệu	Sản phẩm Dữ liệu
1	Dữ liệu địa hình đáy biển	Dữ liệu XYZ Độ phân giải, phương pháp đánh giá độ không đảm bảo Điểm hợp nhất tọa độ	Lưới đều ESRI (composite) Tập raster tham chiếu địa lý Dữ liệu ASCII dạng lưới và Tập Lóp
2	Dữ liệu Từ kế	Dữ liệu XYZ Dữ liệu điều hướng (XYZ hoặc ESRI shapefiles) Dữ liệu tương thích ESRI cho ranh giới với thông tin được cung cấp trong định dạng bảng	Tóm tắt các bất thường từ tính được xác định bao gồm vị trí, cường độ của tất cả các bất thường từ tính ở định dạng bảng, bao gồm: chiều dài, chiều rộng, chiều sâu bất thường và diễn giải Tọa độ từ tính (ESRI composite), tập raster tham chiếu địa lý hoặc lưới, và Tập ASCII dạng lưới và Tập lóp
3	Dữ liệu Sonar Quét Nghiêng	Dữ liệu XYZ thô	Tóm tắt các điểm liên quan được xác định ở khu vực khảo sát sử dụng hình thái học, khoảng cách, chiều dài, chiều rộng và độ

			cao và diễn giải hình thái học
4-10	Dữ liệu Địa kỹ thuật	Dữ liệu điều hướng (XYZ hoặc ESRI shapefiles) Dữ liệu tương thích ESRI cho tất cả các nguồn khảo sát với thông tin được cung cấp trong định dạng bảng Kết quả của tất cả các nghiên cứu và phân tích địa kỹ thuật Ảnh phòng thí nghiệm của tất cả các lõi và mẫu phức tạp bao gồm: mô tả chi tiết ID; độ sâu/vị trí, ngày và thời gian thu thập, tên tàu và nhật ký lõi của tất cả các lỗ khoan	Dữ liệu tham chiếu địa lý được xử lý (mosaic raster) và thông tin siêu dữ liệu Báo cáo diễn giải của thông tin được thu thập bao gồm: hình thái học; kiểu trầm tích, loại trầm tích; ID vùng; hình ảnh của các phần được chỉ ra nếu có liên quan Kết quả của tất cả các phân tích địa kỹ thuật, chẳng hạn như: công suất chịu tải, phân tích phần tử hữu hạn
11			Đặc điểm bề mặt: diễn giải địa chất và phân loại rủi ro (ESRI compatible)
12	Đánh giá Địa chất và Rủi ro		Đặc điểm dưới bề mặt: phát triển bản đồ đẳng dày và diễn giải địa chất (ESRI compatible)
13			Dữ liệu SEG Y (định dạng ưu tiên) hoặc dữ liệu 2D hoặc 3D được xử lý với điều hướng trong các tệp GE, GE2 bao gồm: tên đường, XY của điểm bắt đầu được đề xuất cho địa điểm tập trung đầu và mỗi SP hoặc CRP
14	Dữ liệu Địa chấn Xuyên Thấu Y tế	Các thông số SEG Y End of lines, bao gồm 3D	Phản xạ đáy biển, định dạng vector tương thích với Phần mềm

		và/hoặc 2D	Sonar Wiz hoặc Oasis plotbase với phạm vi phát xạ Ảnh phạm vi số của dữ liệu chưa được diễn giải với SP/CDPs
15		Dữ liệu điều hướng (XYZ, ESRI shapefiles) hoặc tệp định dạng vết với thông tin lưu vết và vị trí cho dữ liệu điều hướng Ảnh phạm vi số của dữ liệu chưa được diễn giải với vị trí của tất cả các lỗ khoan tại XY	Diễn giải cấu trúc địa chất dưới dạng ESRI shapefiles, dữ liệu XYZ, tệp CSV, hoặc các định dạng khác
16	Dữ liệu Địa chấn Tần số Cao	Dữ liệu SEG Y với điều hướng ở định dạng tệp GE, GE2, bao gồm tên đường, XY của điểm bắt đầu được đề xuất với mỗi SP hoặc CPR XY các vị trí được đề xuất cho đường bắt đầu và mỗi lần bắn SP hoặc CRP	Phản xạ đáy biển dưới dạng dữ liệu XYZ, tệp CSV, đường hoặc các định dạng trang web khác được phê duyệt bởi BOEM Ảnh phạm vi số của dữ liệu chưa được diễn giải với thông tin vị trí
17		XY các vị trí được đề xuất cho đường bắt đầu và mỗi lần bắn SP hoặc CRP	Ảnh phạm vi số của dữ liệu chưa được diễn giải với thông tin vị trí
18	Dữ liệu CHIRP	Các thông số SEG Y End of lines, bao gồm dat và dat của các dòng	Phản xạ đáy biển như XYZ, tệp CSV, đường hoặc các định dạng tham chiếu Holocene khác thông tin siêu dữ liệu
22		Dữ liệu điều hướng (XYZ, ESRI shapefiles) hoặc tệp định dạng vết với thông tin lưu vết	Diễn giải cấu trúc địa chất dưới dạng ESRI shapefiles, dữ liệu XYZ, tệp CSV, hoặc các định dạng khác
23		Ảnh phạm vi số của dữ	

		liệu chưa được diễn giải	
		thông tin siêu dữ liệu	

5.3 Khảo sát Hải Dương học

- **Khái quát về Khí tượng – hải văn và vai trò trong dự án ĐGNK**

Khí tượng – Hải văn (Metocean) là từ ghép được viết tắt từ hai lĩnh vực Khí tượng học (Meteorology) và Hải dương học (Oceanography), phản ánh sự kết hợp giữa các yếu tố trên - đặc biệt quan trọng trong thiết kế kỹ thuật, đánh giá rủi ro và vận hành các công trình điện gió ngoài khơi. Nội dung chính của Khí tượng - hải văn là định lượng các điều kiện thời tiết và biển, cũng như các đặc tính vật lý của cột nước biển. Việc hiểu rõ các điều kiện Khí tượng - hải văn cho phép đánh giá chính xác tác động của chúng đến kết cấu công trình và hoạt động vận hành, đồng thời đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa chi phí xuyên suốt vòng đời dự án.

- **Mục tiêu và phạm vi khảo sát**

Khí tượng – hải văn không bao gồm việc ước tính tiềm năng năng lượng có thể khai thác từ khí quyển hoặc đại dương. Tuy nhiên, cả đánh giá tài nguyên và kỹ thuật Khí tượng - hải văn đều sử dụng cùng loại dữ liệu và phương pháp phân tích tương đồng. Vì vậy, quá trình khảo sát Khí tượng - hải văn thường được thực hiện ở giai đoạn chuẩn bị dự án và thường được thực hiện đồng thời với đo tài nguyên gió.

Mục tiêu của khảo sát khí tượng – hải văn nhằm :

- Hiểu rõ đặc điểm khí tượng và hải dương học của khu vực dự kiến phát triển dự án.
- Xác định các quá trình khí tượng – hải văn chủ đạo có thể ảnh hưởng đến thiết kế kỹ thuật, vận chuyển, lắp đặt và vận hành công trình.
- Đánh giá khả năng tồn tại các điều kiện bất lợi gây cản trở giải pháp kỹ thuật hiệu quả về mặt kinh tế.

- **Các tài liệu/văn bản tham khảo trong khảo sát khí tượng – hải văn**

Bên cạnh các tài liệu/văn bản về khí tượng – hải văn có liên quan do Việt Nam ban hành, các tiêu chuẩn quốc tế chính cho điện gió, năng lượng sóng và thủy triều được ban hành bởi Ủy ban Kỹ thuật Điện Quốc tế (IEC), trong đó một số tiêu chuẩn liên quan trực tiếp đến điều kiện khí tượng – hải văn được liệt kê dưới đây. Các tiêu chuẩn này có tham chiếu rộng rãi đến tiêu chuẩn khí tượng – hải văn chính do Tổ chức Tiêu chuẩn hóa Quốc tế (ISO) ban hành. Nội dung các tài liệu/văn bản tham khảo được trình bày trong **Error! Reference source not found.**

Bảng 52 Các tài liệu/văn bản tham khảo trong khảo sát khí tượng – hải văn

Cơ quan ban hành/Ký hiệu	Tên tài liệu/văn bản
Luật số 82/2015/QH13	Luật Tài nguyên, môi trường biển và hải đảo 2015
Luật số 61/2024/QH15	Luật điện lực năm 2024
Nghị định 58/2025/NĐ-CP	Nghị định 58/2025/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Điện lực về phát triển điện năng lượng tái tạo, điện năng lượng mới
Thông tư 57/2017/TT-BTNMT	Thông tư Ban hành quy định kỹ thuật điều tra, khảo sát tổng hợp tài nguyên, môi trường biển độ sâu từ 20m nước trở lên bằng tàu biển ban hành quy định kỹ thuật điều tra, khảo sát tổng hợp tài nguyên, môi trường biển độ sâu từ 20m nước trở lên bằng tàu biển
Thông tư 31/2024/TT-BTNMT	Quy định kỹ thuật điều tra, khảo sát hải văn, môi trường vùng ven bờ, hải đảo
IEC 61400-50-1:2022	Tiêu chuẩn quốc tế, Hệ thống phát điện gió – Phần 50-1: Đo gió – Ứng dụng thiết bị gắn trên cột khí tượng, nacelle và đầu quay tua-bin
IEC 61400-50-2:2022	Tiêu chuẩn quốc tế, Hệ thống phát điện gió – Phần 50-2: Đo gió – Ứng dụng công nghệ cảm biến từ xa gắn trên mặt đất
IEC 61400-50-3:2022	Tiêu chuẩn quốc tế, Hệ thống phát điện gió – Phần 50-3: Sử dụng thiết bị lidar gắn trên nacelle để đo gió
IEC TS 61400-50-4 ED1	Dự thảo đặc tả kỹ thuật, Hệ thống phát điện gió – Phần 50-4: Sử dụng thiết bị lidar nổi để đo gió

IEC 61400-15-1 ED1	Dự thảo tiêu chuẩn quốc tế, Hệ thống phát điện gió – Phần 15-1: Điều kiện đầu vào đánh giá mức độ phù hợp của địa điểm cho nhà máy điện gió
ISO 19901-1:2015	Tiêu chuẩn quốc tế, Ngành dầu khí – Yêu cầu riêng đối với kết cấu ngoài khơi – Phần 1: Thiết kế và vận hành theo điều kiện hải dương học. Phiên bản thứ hai
Nhóm Quan tâm Đặc biệt về Năng lượng Tái tạo Ngoài khơi – Viện Kỹ thuật & Công nghệ Hàng hải	Hướng dẫn quy trình đo đặc Khí tượng – hải văn học cho năng lượng tái tạo ngoài khơi, Phiên bản 3 – Tháng 5 năm 2024

- **Các bước thực hiện việc khảo sát khí tượng – hải văn**

Việc khảo sát khí tượng – hải văn cần thực hiện xuyên suốt vòng đời dự án từ giai đoạn chuẩn bị, phát triển, xây dựng, vận hành cho đến tháo dỡ. Trong phạm vi báo cáo này chỉ tập trung vào các giai đoạn chuẩn bị và phát triển dự án, phục vụ công tác thiết kế và đánh giá tác động môi trường của dự án.

- **Giai đoạn chuẩn bị:** Rà soát tài liệu, xác định các nguồn dữ liệu hiện có trong khu vực và tóm tắt thông tin thu được như:
 - + Mô tả tổng quan về địa điểm đề xuất;
 - + Tóm tắt các nguồn dữ liệu hiện có và phân tích khoảng trống dữ liệu;
 - + Nhận diện các mối nguy tiềm ẩn;
 - + Ước lượng các điều kiện gió, sóng, dòng chảy và mực nước;
 - + Đề xuất chương trình khảo sát khí tượng – hải văn dự kiến, bao gồm nhu cầu nhân lực, ước tính ngân sách và tiến độ thực hiện.
- **Giai đoạn phát triển:** tiến hành thu thập, khảo sát các nguồn dữ liệu khí tượng – hải văn từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm:
 - + **Đo đạc tại hiện trường:** Thu thập dữ liệu trực tiếp tại vị trí triển khai dự án thông qua thiết bị đo chuyên dụng như phao LiDAR. Đo đạc tại hiện trường cung cấp thông tin định lượng đáng tin cậy về điều kiện môi trường trong thời

gian triển khai thiết bị, nhưng thường có thời lượng ngắn, không đủ để phân tích xu hướng dài hạn, thống kê chuẩn hoặc giá trị cực đoan.

Nhà phát triển dự án có thể cân nhắc việc mua và duy trì thiết bị đo đặc Khí tượng - hải văn riêng để sử dụng xuyên suốt vòng đời dự án. Thiết bị này có thể được di chuyển trong phạm vi dự án khi bước sang giai đoạn thi công và vận hành – bảo trì. Khuyến nghị nên phối hợp chiến dịch đo Khí tượng - hải văn với các chiến dịch đo đặc khác trong dự án, ví dụ: lắp đặt cột khí tượng hoặc thiết bị LiDAR cố định/nổi kết hợp với các thiết bị giám sát môi trường. Việc thu thập đồng thời dữ liệu sẽ giúp mô tả đầy đủ động lực học của khu vực khảo sát.

Số lượng vị trí cần đo đặc phụ thuộc vào quy mô khu vực khảo sát, chiều dài hành lang cáp, mức độ phức tạp của hải dương học khu vực và sự tồn tại của dữ liệu Khí tượng - hải văn trước đó. Cần xem xét đến yếu tố dự phòng trong triển khai thiết bị khi có sự cố bị mất hoặc hư hỏng. Ngoài đo đặc tại mặt biển và đáy biển, có thể cần đo tại các độ sâu trung gian.

- + **Mô hình số:** Sử dụng các mô hình khí tượng và hải dương học để mô phỏng điều kiện môi trường trong thời gian dài. Mô hình số cung cấp bối cảnh dài hạn (liên niên) cần thiết, nhưng phải được hiệu chỉnh và xác thực bằng dữ liệu đo đặc tại hiện trường hoặc quan sát vệ tinh.
- + **Quan sát vệ tinh:** Cung cấp dữ liệu diện rộng về gió, sóng, dòng chảy và mực nước từ các hệ thống vệ tinh quốc tế. Cả mô hình số và dữ liệu vệ tinh đều có ưu điểm về phạm vi không gian rộng, vượt xa giới hạn của các điểm đo tại hiện trường, nhưng lại có hạn chế về độ phân giải thời gian và không gian.
- + **Thống kê từ các báo cáo hoặc ấn phẩm chuyên ngành đã công bố:** Khai thác dữ liệu từ các nghiên cứu trước đó, báo cáo nội bộ hoặc tài liệu kỹ thuật có sẵn.

Một cơ sở dữ liệu Khí tượng - hải văn đầy đủ thường là sự kết hợp bao gồm tất cả các thành phần nêu trên. Một phần dữ liệu có thể được thu thập từ các nguồn công khai, sáng kiến chia sẻ dữ liệu trong ngành hoặc hợp tác với các đơn vị đang hoạt

động trong khu vực. Tuy nhiên, các dự án ngoài khơi thường đòi hỏi - và hưởng lợi trực tiếp từ - việc thu thập dữ liệu chuyên biệt tại vị trí cụ thể.

- **Các thông số khảo sát và phân tích dữ liệu**

Trong quá trình phát triển một dự án ĐGNK, các loại phân tích thường được thực hiện bao gồm: đánh giá khí hậu vận hành, khí hậu cực đoan và thời gian gián đoạn do thời tiết. Đồng thời, các phân tích này cung cấp dữ liệu đầu vào cho tính toán tải trọng thiết kế kết cấu, do chủ đầu tư hoặc đơn vị tư vấn thực hiện.

Khí hậu vận hành được hiểu là tập hợp các đặc trưng thống kê phản ánh điều kiện Khí tượng - hải văn thông thường tại khu vực triển khai dự án. Những điều kiện này có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình vận hành hàng ngày và là yếu tố chi phối hiện tượng môi vật liệu trong các kết cấu ngoài khơi. Việc xây dựng bộ dữ liệu khí hậu vận hành cần đảm bảo phù hợp với mục đích sử dụng cuối cùng và đặc điểm Khí tượng - hải văn của khu vực khảo sát, nhằm đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật trong thiết kế và vận hành. Các thông số thường được phân tích bao gồm:

- **Gió:** tốc độ gió theo tháng tại các cao độ khác nhau; tốc độ gió so với hướng gió tại các cao độ khác nhau.
- **Sóng:** chiều cao sóng có ý nghĩa theo từng tháng; chiều cao sóng có ý nghĩa so với hướng sóng, chu kỳ sóng trung bình, chu kỳ sóng đỉnh, tốc độ gió, hướng gió; phổ sóng phục vụ phân tích phản ứng tàu và đánh giá môi trường trong thiết kế móng.
- **Dòng chảy:** tốc độ dòng chảy bề mặt so với hướng dòng, gần đáy so với hướng dòng, trung bình theo độ sâu so với hướng dòng trung bình; hồ sơ dòng chảy theo chiều đứng và độ biến thiên theo độ sâu.
- **Mực nước:** điểm Amphidromic; mốc thủy đo (Chart Datum – CD); mực nước cực đoan (Extreme Water Level – EWL); mực nước tĩnh (Still Water Level – SWL); mực nước thủy triều.

Thông thường, khí hậu vận hành được biểu diễn thông qua các phương pháp trực quan như:

- Bảng phân bố tần suất (scatter plots)
- Bảng hai biến (bivariate tables)
- Biểu đồ hoa gió hoặc hoa sóng (rose plots)

Khí hậu cực đoan là mô tả thống kê về các điều kiện Khí tượng - hải văn bất thường xảy ra tại khu vực dự án. Các ước lượng tham số Khí tượng - hải văn ứng với các chu kỳ lặp lại (return period) được xác định thông qua các phương pháp phân tích giá trị cực đoan (Extreme Value Analysis – EVA). Việc áp dụng khoảng tin cậy (confidence interval) cho các giá trị cực đoan giúp người sử dụng hiểu rõ mức độ không chắc chắn liên quan đến các kết quả phân tích.

Để phản ánh đầy đủ sự biến động giữa các năm, chuỗi dữ liệu thời gian dùng cho phân tích cần có độ dài đủ lớn (trên 30 năm) và độ phân giải thời gian đủ cao để ghi nhận các giá trị đỉnh. Kết quả của phân tích EVA có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, các chu kỳ lặp lại 1, 10, 50, 100, 1000 và 10000 năm của các tham số Khí tượng - hải văn liên quan, theo hướng toàn phương (omni-directional) hoặc theo từng phân khu hướng, theo năm hoặc theo tháng.

Thời gian gián đoạn do thời tiết bất lợi cũng cần được tính toán, mô phỏng bằng các chương trình thích hợp nhằm lập kế hoạch chính xác cho công tác xây dựng và vận hành sau này.

VI. KHẢO SÁT MÔI TRƯỜNG

5.1 Tác động của ĐGNK đến môi trường

Điện gió ngoài khơi (ĐGNK) là một giải pháp năng lượng sạch, góp phần giảm phát thải khí nhà kính và thúc đẩy phát triển bền vững. Tuy nhiên, quá trình triển khai các dự án ĐGNK cũng tiềm ẩn nhiều tác động tiêu cực đến môi trường biển, đặc biệt là hệ sinh thái và các loài sinh vật biển nhạy cảm.

Một trong những tác động đáng chú ý là tiếng ồn dưới nước phát sinh từ các hoạt động khảo sát địa kỹ thuật, đóng cọc, vận hành turbine và tháo dỡ thiết bị. Tiếng ồn này có thể gây rối loạn hành vi, tổn thương thính giác tạm thời hoặc vĩnh viễn, và thậm chí dẫn đến tử vong đối với các loài cá, rùa biển và thú biển như cá voi, cá heo. Đặc biệt, tiếng ồn xung mạnh từ hoạt động đóng cọc được xem là nguồn gây ảnh hưởng nghiêm trọng nhất.

Ngoài ra, các cấu trúc cố định ngoài khơi như turbine, trụ móng và hệ thống cáp ngầm có thể gây ra hiện tượng ngăn cản đường di cư và kiếm ăn của các loài động vật biển cỡ lớn. Những loài như cá voi, cá heo, rùa biển thường di chuyển theo các tuyến đường truyền thống để tìm kiếm thức ăn, sinh sản hoặc di cư theo mùa. Sự hiện diện của các công trình ngoài khơi có thể làm gián đoạn các tuyến đường này, buộc sinh vật phải thay đổi hành vi di chuyển, tiêu tốn thêm năng lượng hoặc thậm chí từ bỏ các khu vực kiếm ăn quan trọng. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng sinh tồn, sức khỏe và sự phục hồi của quần thể.

Các loài chim biển và chim di cư cũng đối mặt với nguy cơ va chạm với cánh turbine, đặc biệt là trong điều kiện thời tiết xấu hoặc tầm nhìn hạn chế. Một số loài có thể tránh né khu vực có turbine, nhưng hành vi này lại dẫn đến thay đổi lộ trình bay, mất năng lượng và ảnh hưởng đến khả năng sinh sản.

Hệ sinh vật đáy như san hô, cỏ biển và các loài động vật đáy có thể bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi dòng chảy, trầm tích và hoạt động thi công. Việc xây dựng móng turbine và kéo cáp ngầm có thể làm xáo trộn nền đáy biển, gây mất môi trường sống hoặc suy giảm chất lượng nước. Ngoài ra, các loài cá có giá trị thương mại cũng có thể bị tác động bởi sự thay đổi môi trường sống và hoạt động khai thác.

Để giảm thiểu các tác động này, các dự án ĐGNK cần thực hiện đầy đủ các khảo sát môi trường, đánh giá tác động chi tiết và áp dụng các biện pháp giảm thiểu như lựa chọn vị trí phù hợp, thiết kế thân thiện với sinh vật biển, giám sát liên tục và phối hợp với cộng đồng địa phương.

5.2 Các bước thực hiện khảo sát môi trường

Việc khảo sát môi trường thường được thực hiện từ giai đoạn chuẩn bị và phát triển tương ứng phục vụ việc xây dựng các báo cáo đánh giá tác động môi trường sơ bộ và báo cáo đánh giá tác động môi trường (và xã hội, nếu có). Trong phạm vi báo cáo này chỉ tập trung vào việc khảo sát môi trường khu vực các công trình ngoài khơi và đường cáp ngầm về bờ của dự án, không bao gồm các công trình trên bờ như trạm biến áp và đường dây truyền tải kết nối.

- **Giai đoạn chuẩn bị:** rà soát tài liệu, xác định các nguồn dữ liệu hiện có trong khu vực và tóm tắt thông tin thu được như:
 - + Mô tả tổng quan về địa điểm đề xuất;
 - + Tóm tắt các nguồn dữ liệu hiện có và phân tích khoảng trống dữ liệu;
 - + Nhận diện sự tồn tại của những nhóm dễ bị ảnh hưởng nghiêm trọng (như các loài có nguy cơ tuyệt chủng và gần với các khu bảo tồn hoặc môi trường sống tự nhiên quan trọng) hoặc tác động tiềm ẩn đến hệ sinh thái;
 - + Ước lượng các tác động sơ bộ của các hoạt động của dự án đến môi trường và hệ sinh thái;
 - + Đề xuất chương trình khảo sát môi trường dự kiến phục vụ lập báo cáo ĐTM, ĐTMXH, bao gồm nhu cầu nhân lực, ước tính ngân sách và tiến độ thực hiện.
- **Giai đoạn phát triển:** tiến hành thu thập, khảo sát các nguồn dữ liệu môi trường từ nhiều nguồn khác nhau nhằm phục vụ công tác lập báo cáo ĐTM, ĐTMXH, bao gồm:
 - + **Đo đạc tại hiện trường:** tiến hành thực hiện các đợt khảo sát hiện trường nhằm thu thập các điều kiện tự nhiên, môi trường, đa dạng sinh học của khu vực dự án làm cơ sở đánh giá các tác động của dự án đến các đối tượng trên và đề xuất các biện pháp phòng tránh, giảm thiểu tác động.

Thời gian thực hiện khảo sát tùy thuộc vào từng đối tượng nhưng cần đảm bảo tính đại diện cho các mùa trong năm, đặc biệt là các đối tượng có sự thay đổi theo mùa như chim di cư, mùa sinh sản của rùa biển,... Khuyến nghị nên thực hiện khảo sát ít nhất 1 năm và có thể phối hợp chiến dịch khảo sát khác trong dự án.

Số lượng vị trí cần đo đạc phụ thuộc từng đối tượng, quy mô khu vực khảo sát, chiều dài hành lang cáp,... sao cho đảm bảo tính đại diện trong khu vực dự án và theo các quy định/hướng dẫn hiện hành.

- + **Mô hình:** Bên cạnh các dữ liệu thu thập được từ đo đạc hiện trường, cần thiết sử dụng các mô hình như mô hình phát tán tiếng ồn, mô hình tràn dầu,... nhằm dự báo các tác động của các hoạt động của dự án.
- + **Thống kê từ các báo cáo hoặc ấn phẩm chuyên ngành đã công bố:** Khai thác dữ liệu từ các nghiên cứu trước đó, báo cáo nội bộ hoặc tài liệu kỹ thuật có sẵn.

5.3 Các tài liệu/văn bản tham khảo trong công tác khảo sát môi trường

Bên cạnh các tài liệu/văn bản về khảo sát và bảo vệ môi trường có liên quan do Việt Nam ban hành, các tài liệu, hướng dẫn của quốc tế như Cơ quan năng lượng Đan Mạch, Cục Quản lý Năng lượng Đại dương Hoa kỳ (BOEM), Cơ quan Hàng hải và Trắc địa Liên bang Đức (BSH), Bộ Biến đổi Khí hậu, Năng lượng, Môi trường và Nguồn nước Úc (DCCEEW), Hội đồng Bảo vệ Tài nguyên Thiên nhiên Hoa kỳ (NRDC) cũng đã được tham khảo phục vụ công tác khảo sát môi trường cho các dự án điện gió ngoài khơi tại Việt Nam. Nội dung các tài liệu/văn bản tham khảo được trình bày trong **Error!**

Reference source not found.2.

Bảng 5.2 Các tài liệu/văn bản tham khảo trong khảo sát môi trường

Cơ quan ban hành/Ký hiệu	Tên tài liệu/văn bản
Luật số 82/2015/QH13	Luật Tài nguyên, môi trường biển và hải đảo 2015
Luật số 61/2024/QH15	Luật điện lực năm 2024

Luật số 72/2020/QH14	Luật Bảo vệ môi trường 2020
Nghị định 58/2025/NĐ-CP	Nghị định 58/2025/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Điện lực về phát triển điện năng lượng tái tạo, điện năng lượng mới
Nghị định 05/2025/NĐ-CP Nghị định 08/2022/NĐ-CP	Nghị định 05/2025/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung Nghị định 08/2022/NĐ-CP quy định một số điều Luật Bảo vệ môi trường
Thông tư 57/2017/TT-BTNMT	Thông tư Ban hành quy định kỹ thuật điều tra, khảo sát tổng hợp tài nguyên, môi trường biển độ sâu từ 20m nước trở lên bằng tàu biển
Thông tư 10/2021/TT-BTNMT	Quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu
Thông tư 02/2022/TT-BTNMT	Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Bảo vệ môi trường
ISO 18406:2017	Âm học dưới nước – Đo tiếng ồn dưới nước phát ra từ hoạt động đóng cọc và đập
Danish Energy Agency	Hướng dẫn về tiếng ồn dưới nước – Lắp đặt cọc bằng phương pháp va đập hoặc rung, tháng 3 năm 2023.
Cục Quản lý Năng lượng Đại dương (BOEM)	Hướng dẫn cung cấp thông tin về động vật có vú biển và rùa biển phục vụ phát triển năng lượng tái tạo tại thềm lục địa ngoài khơi Đại Tây Dương theo quy định 30 CFR Phần 585, năm 2019.
Cơ quan Hàng hải và Trắc địa Liên bang Đức (BSH)	Tiêu chuẩn điều tra tác động của tua-bin gió ngoài khơi đối với môi trường biển (StUK4), Đức, năm 2013.
Bộ Biến đổi Khí hậu, Năng lượng, Môi trường và Nguồn	Hướng dẫn quốc gia về khảo sát cá voi, rùa biển và bò biển Dugong, theo giấy phép CC BY 4.0, năm 2024.

nước (DCCEEW)	
Hội đồng Bảo vệ Tài nguyên Thiên nhiên (NRDC)	Giám sát đời sống biển trong quá trình phát triển năng lượng gió ngoài khơi – Hướng dẫn và khuyến nghị, Hoa Kỳ, năm 2023.

5.4 Các đối tượng khảo sát môi trường

Các đối tượng môi trường cần tập trung khảo sát (nhưng không giới hạn) nhằm đánh giá tác động của các hoạt động của ĐGNK bao gồm: tiếng ồn dưới nước, hệ sinh vật đáy (động thực vật), chim, dơi, sinh vật biển cỡ lớn (thú biển, rùa biển, cá sụn), cá.

Tiếng ồn dưới nước

Tác động của tiếng ồn dưới nước

Các hoạt động của trang trại điện gió ngoài khơi (OSW) có thể tạo ra tiếng ồn dưới nước trong suốt toàn bộ vòng đời dự án, bao gồm các giai đoạn: khảo sát địa vật lý và địa kỹ thuật, thi công và lắp đặt, vận hành, kiểm tra, bảo trì, sửa chữa và tháo dỡ. Tiếng ồn này có khả năng gây ảnh hưởng tiêu cực đến các loài sinh vật biển trong khu vực bao gồm cá, động vật có vú biển và rùa biển. Trong số các nguồn phát tiếng ồn, hoạt động đóng cọc để xây dựng móng tua-bin được xác định là nguồn gây tiếng ồn dưới nước quan trọng nhất.

Tiếng ồn dưới nước do các hoạt động nêu trên tạo ra có thể gây ra những tác động tiêu cực đến sinh vật biển, tùy thuộc vào đặc điểm từng khu vực. Mức độ ảnh hưởng đối với các loài cũng khác nhau, phụ thuộc vào độ nhạy của chúng đối với các dải tần số âm thanh dưới nước. Các tác động phổ biến bao gồm:

- **Thay đổi hành vi:** sinh vật biển có thể thay đổi tuyến di chuyển, hành vi kiếm ăn hoặc phản ứng phòng vệ do bị nhiễu âm thanh.
- **Gây nhiễu âm thanh sinh học:** tiếng ồn có thể làm suy giảm khả năng giao tiếp, định vị con mồi hoặc định hướng của các loài sử dụng âm thanh để sinh tồn.
- **Tổn thương thính giác:** tiếp xúc với tiếng ồn cường độ cao có thể gây mất thính lực tạm thời hoặc vĩnh viễn.

- **Nguy cơ tổn thương hoặc tử vong:** đặc biệt với tiếng ồn xung mạnh, sinh vật nhạy cảm có thể bị tổn thương mô hoặc tử vong nếu phơi nhiễm trong khoảng cách gần.

Do đó, việc đánh giá và kiểm soát tiếng ồn là yếu tố quan trọng trong quá trình lập kế hoạch và triển khai các dự án điện gió ngoài khơi nhằm giảm thiểu tác động đến hệ sinh thái biển.

Nội dung khảo sát tiếng ồn dưới nước

Đối với hoạt động lắp đặt móng tua-bin gió ngoài khơi, cần thiết phải chứng minh cách thức đáp ứng các yêu cầu về hạn chế tác động môi trường do tiếng ồn dưới nước phát sinh. Để thực hiện điều này, cần phải xây dựng bản Dự báo tiếng ồn dưới nước bằng các mô hình và sử dụng bản dự báo này làm cơ sở để đánh giá tác động môi trường tiềm tàng đối với các loài động vật có vú biển. Ngoài ra, cần phải thực hiện chương trình đo đạc xác minh tại hiện trường bởi thiết bị thủy âm.

Một số thông số đo lường âm học được bao gồm:

- Thời lượng xung (Pulse Duration): là khoảng thời gian chứa 90% năng lượng của tín hiệu âm thanh.
- Mức áp suất âm hiệu dụng trung bình (Root-Mean-Square Sound Pressure Level – SPL, ký hiệu: $L_{p,rms}$): Là giá trị RMS của áp suất âm trong khoảng thời gian $T = t_2 - t_1$. Mức áp suất âm tương ứng (tính bằng dB) thường được gọi là mức áp suất âm liên tục tương đương ($LeqT$). Để đánh giá phản ứng hành vi của động vật có vú biển, SPL được tính trong khoảng thời gian 125 ms là phù hợp. Nếu thời lượng xung nhỏ hơn 125 ms, $SPL_{125\text{ ms}}$ có thể được ước tính từ SEL_{ss} .
- Mức độ phơi nhiễm âm thanh (Sound Exposure Level – SEL): là 10 lần logarit cơ số 10 của tỷ số giữa mức phơi nhiễm âm thanh tích phân theo thời gian E_p và giá trị tham chiếu theo tiêu chuẩn ISO 18405:2017. Theo quy ước đối với tiếng ồn dưới nước, giá trị tham chiếu được sử dụng là $E_{p,0} = 1\mu Pa^2 \cdot s$.
- Mức phơi nhiễm âm thanh của một cú va đập (Single-Strike Sound Exposure Level – SEL_{ss} , ký hiệu: $LE_{p,p}$): SEL_{ss} được định nghĩa trong ISO 18406 [1] cho một xung

âm cụ thể. Thời lượng xung áp dụng là 90% năng lượng. Giá trị tham chiếu là $1\mu Pa^2s$.

- Mức phơi nhiễm âm thanh tích lũy (Cumulative Sound Exposure Level – SELcum, ký hiệu: LE,cum): SELss từ các sự kiện âm thanh riêng lẻ (như các cú đóng cọc) được cộng dồn trong một khoảng thời gian xác định để tạo thành SELcum.
- Ngoài ra, còn có các thông số như: Mức âm nguồn (Source Level – SLE và SL, ký hiệu: LS,E và LS); Tổn thất lan truyền (Propagation Loss – NPL,E và NPL); Tổn thất truyền âm (Transmission Loss – ΔL_{TL} , ký hiệu: TL); Giá trị cực đại theo chiều sâu (Max-Over-Depth – MOD); Khoảng cách đến ngưỡng (Distance-To-Threshold – DTT),...

Đánh giá tác động của tiếng ồn dưới nước

Tiếng ồn dưới nước thường gây ra các hiện tượng trên các loài sinh vật như dịch chuyển ngưỡng thính giác vĩnh viễn (PTS), dịch chuyển ngưỡng thính giác tạm thời (TTS) và tác động hành vi (SPL). Một số nước đã đưa ra các giá trị ngưỡng được biểu thị dưới dạng SELcum đại diện cho tiêu chí âm học loại I (vụ nổ dưới nước, súng khí địa chấn, và đóng cọc va đập) và loại khác (đóng cọc rung) đối với một số loài sinh vật biển quan trọng hiện diện trong vùng biển của mình. Giá trị SELcum phải được đánh giá cho từng móng cọc trong toàn bộ quá trình lắp đặt, với thời gian tối đa là 24 giờ kể từ khi bắt đầu hoạt động đóng cọc.

Ví dụ về ngưỡng âm học của một số loài sinh vật của Đan Mạch được quy định bởi DEA được trình bày trong Bảng 5.1.

Bảng 5.1: Ngưỡng âm học đối với các loài sinh vật biển ở Đan Mạch

Loài	Nhóm thính giác	Âm thanh loại I (I-type sounds)			Các loại âm thanh khác		
		PTS (SELcum)	TTS (SELcum)	SPL (SELcum)	PTS (SELcum)	TTS (SELcum)	SPL (SELcum)
Cá heo chuột cảng - Harbour porpoise	Tần số rất cao (VHF)	155 dB	140 dB	103 dB	173 dB	153 dB	103 dB
Cá heo mõm trắng- White-	Tần số cao (HF)	185 dB	170 dB	-	198 dB	178 dB	-

beaked dolphin							
Cá voi hoa tiêu - Pilot whale	Tần số cao (HF)	185 dB	170 dB	-	198 dB	178 dB	-
Cá voi Minke - Minke whale	Tần số thấp (LF)	183 dB	168 dB	-	199 dB	179 dB	-
Hải cẩu cảng - Harbour seal	Động vật ăn thịt có vây sống dưới nước (PCW)	185 dB	170 dB	-	201 dB	181 dB	-
Hải cẩu xám - Grey seal	Động vật ăn thịt có vây sống dưới nước (PCW)	185 dB	170 dB	-	201 dB	181 dB	-

Khảo sát hệ sinh vật đáy

Hệ sinh vật đáy bao gồm động vật đáy, san hô, cỏ biển, trầm tích đáy những đối tượng thường được khảo sát nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu nền về thành phần loài và phân bố hệ sinh vật đáy, đặc điểm trầm tích đáy biển trong khu vực dự án. Trong quá trình thực hiện khảo sát hệ sinh vật đáy, các thông số nước biển cũng cần được ghi nhận ở một số trạm nhằm đánh giá chất lượng nước.

Mạng lưới thu mẫu hệ sinh vật đáy cần được thiết kế phù hợp, đại diện cho khu vực dự án và cần tuân thủ theo các quy định, hướng dẫn hiện hành.

Chi tiết các thông số và một số phương pháp khảo sát được trình bày trong Bảng 5.2.

Bảng 5.2: Các thông số và phương pháp khảo sát hệ sinh vật đáy

Nhóm đối tượng	Thông số cụ thể	Phương pháp khảo sát
Sinh vật đáy (benthic fauna)	Thành phần loài, mật độ, sinh khối, các chỉ số đa dạng (Hs, J, C) của các nhóm chính bao gồm giun nhiều tơ, giáp xác, da gai, thân mềm.	Thu mẫu bằng gầu day grab hoặc tương đương
San hô, cỏ	Trong trường hợp phát hiện/nghi ngờ sự hiện	Quay phim – chụp ảnh đáy

biển	diện của san hô, cỏ biển trong khu vực dự án, cần thực hiện khảo sát nhằm xác định thành phần loài, độ phủ (%) qua video.	biển bằng camera hoặc ROV để xác định loại trầm tích, ghi nhận sinh vật đáy, độ phủ thực vật & động vật, loài cá xuất hiện.
Trầm tích đáy biển	Đặc điểm trầm tích đáy như: phân bố độ hạt, hàm lượng hữu cơ (TOM), tổng hydrocarbon (THC), hợp chất PAH, PCB kim loại nặng (Cu, Pb, Zn, Cd, Cr tổng, Hg, As).	Thu mẫu bằng gầu day grab hoặc tương đương
Nước biển	Các thông số cần khảo sát: pH, Oxy hòa tan (DO), Tổng chất rắn lơ lửng (TSS), Dầu mỡ khoáng, As, Cd, sinh vật nổi (động vật nổi, thực vật nổi).	Sử dụng CTD đo các thông số nước biển. Thu mẫu nước biển bằng bathometer để phân tích. Thu mẫu sinh vật nổi bằng lưới chuyên dụng.

Khảo sát chim và dơi

Hoạt động vận hành của tua-bin điện gió ngoài khơi có thể gây ra những ảnh hưởng đáng kể đến quần thể chim và dơi đặc biệt là các loài di cư hoặc chim biển sinh sống và kiếm ăn trong khu vực dự án. Do đặc điểm biến động theo mùa, chương trình khảo sát cần được triển khai ít nhất là 1 năm, tốt nhất là 2 năm với tần suất 12 đợt trong vòng một năm, tương ứng mỗi tháng một lần. Tuy nhiên, trong trường hợp thời tiết bất lợi không thể tiến hành khảo sát bằng tàu, số lượng khảo sát tối thiểu phải đạt 6 đợt. Các đợt khảo sát này phải được phân bổ hợp lý để bao phủ đầy đủ các giai đoạn sinh sản, di cư và không sinh sản của sinh vật biển.

Đối tượng khảo sát:

- Chim biển: bao gồm các loài thuộc họ Nhàn biển (Sternidae), Mòng biển (Laridae), Hải âu (Procellariidae) và Nhàn đầu xám (Brown Noddy), có khả năng bay xa và hoạt động gần mặt biển, thường bị ảnh hưởng bởi vùng xoáy gió cánh quạt turbine.
- Chim di cư: bao gồm cả di cư ban đêm và ban ngày, có loài vượt biển dài ngày như Rẻ mỏ thìa, các loài Choắt, Nhàn mào... Những loài này thường bay ở độ cao 10–200m – trùng vùng rotor turbine.

- Dơi di cư: tập trung vào các loài có hành vi di cư đường biển, gồm các chi như *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Miniopterus*, có khả năng bay xa hàng chục km từ bờ ra biển.
- Đối tượng bổ sung: trong một số trường hợp, có thể ghi nhận sự hiện diện của chim ăn cá, chim săn mồi (diều hâu biển, cốc), hoặc dơi ăn muỗi có thể hoạt động quanh giàn turbine hoặc phao đèn. Kết quả khảo sát cần xác định thành phần loài, số lượng, phân bố, và biến động theo mùa của các loài chim biển đặc trưng khu vực. Đồng thời, cần đánh giá hành vi bay, độ cao bay, và nguy cơ va chạm với các tua-bin gió hoặc công trình ngoài khơi.

Phương pháp khảo sát:

Các phương pháp khảo sát được chia thành hai nhóm chính: khảo sát chim và khảo sát dơi. Tùy thuộc vào điều kiện thực tế mà có thể sử dụng các phương pháp phù hợp nhằm đảm bảo kết quả khảo sát được hiệu quả cao nhất.

Khảo sát chim:

- Khảo sát bằng tàu (Boat-based surveys): Quan sát trực tiếp bằng mắt và thiết bị quang học trên tàu để ghi nhận độ cao bay, hành vi và mật độ từng loài. Thiết lập các tuyến quan sát (transect) bao quát khu vực dự án với tầm quan sát $\leq 300\text{m}$, chia lớp độ cao bay, ghi GPS,...
- Khảo sát bằng radar: ứng dụng radar BirdScan MR1 hoặc Robin Radar tầm trung để theo dõi mật độ và tốc độ bay.
- Ngoài ra, có thể sử dụng khảo sát trên không (Aerial Bird Surveys) bằng máy bay hoặc máy bay không người lái (nếu được) nhằm hỗ trợ cho các phương pháp khảo sát trên. Tại Việt Nam, các phương pháp này thường gặp phải hạn chế do quy định pháp lý và kinh phí.

Khảo sát dơi:

- Giám sát âm thanh thụ động – PAM (Passive Acoustic Monitoring): sử dụng thiết bị ghi siêu âm SM4BAT hoặc AudioMoth đặt tại phao khí tượng (LiDAR), giàn khảo sát, turbine nổi.

- Ghi nhận pass/hour, phân tích bằng Kaleidoscope hoặc SonoBat (American Wind Wildlife Institute (AWWI) 2018).
- Tập trung vào mùa di cư: tháng 3–5 và 9–11.
-

Bảng 3.5: Các phương pháp khảo sát chim và dơi

Đối tượng	Phương pháp	Ưu điểm	Hạn chế	Thiết bị	Đơn vị ghi nhận
Chim biển	Transect bằng tàu	Phủ rộng, trực quan, có thể định danh loài	Bị ảnh hưởng bởi thời tiết, cần huấn luyện tốt	Ống nhòm, GPS, máy ảnh	birds/km ²
Chim biển	Radar giám sát	Không phụ thuộc thời tiết, theo dõi ban đêm	Chi phí cao, cần hiệu chỉnh	BirdScan MR1, Robin Radar	lưu lượng (birds/h)
Dơi	Ghi âm siêu âm	Phát hiện hoạt động đêm chính xác	Không phân biệt loài gần giống	SM4BAT, AudioMoth	pass/hour
Dơi	Radar thời gian thực	Theo dõi hoạt động bay trên không	Dữ liệu khó phân biệt chim/dơi nhỏ	Radar trực thăng	vector, tốc độ

Khảo sát động vật biển cỡ lớn

Các loài động vật biển cỡ lớn ở vùng biển Việt Nam bao gồm thú biển (cá voi, cá heo, bò biển), cá sụn (cá nhám, cá đuối), rùa biển. Các đối tượng này được xem là khá nhạy cảm với các hoạt động của ĐGNK và cần được khảo sát nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của các hoạt động này.

Kết quả khảo sát thể hiện sự hiện diện, vùng phân bố, ước lượng kích thước quần thể các loài động vật biển trong khu vực, từ đó cung cấp dự báo về mức độ tác động của dự án đến các loài này.

Phương pháp khảo sát

Khảo sát các loài động vật biển lớn yêu cầu áp dụng các phương pháp nghiên cứu sinh thái phù hợp. Mặc dù có nhiều phương pháp sinh thái đã và đang được phát triển, chỉ một số ít được tối ưu hóa cho việc nghiên cứu các loài thú biển, rùa biển và cá nhám. Việc lựa chọn phương pháp phù hợp cũng phụ thuộc vào các điều kiện cụ thể của từng quốc gia. Tại Việt Nam, một số phương pháp như khảo sát bằng máy bay gặp phải hạn chế do quy định pháp lý và kinh phí. Tuy nhiên, do việc nghiên cứu các loài động vật biển lớn, đặc biệt là thú biển, nhằm phục vụ đánh giá tác động của điện gió ngoài khơi còn khá mới mẻ, Việt Nam cần tiếp thu và chọn lọc áp dụng các phương pháp đã được triển khai ở các quốc gia khác để đảm bảo tính hiệu quả và phù hợp. Các phương pháp khảo sát phổ biến có thể áp dụng tại Việt Nam bao gồm:

- ***Các phương pháp khảo sát bằng tàu (Boat-based survey):***

+ *Phương pháp Distance Sampling*: Quan sát trực tiếp bằng mắt và thiết bị quang học trên tàu di chuyển trên các tuyến cố định. Phương pháp này dùng để ước tính mật độ quần thể của động vật trong một khu vực nhất định (Buckland et al. 1993, 2015). Phương pháp này phù hợp với nhiều loài và môi trường, đặc biệt được áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu động vật biển cỡ lớn như thú biển và rùa biển (Buckland et al. 2004; Dawson et al. 2008).

+ *Phương pháp Photo-ID*: phương pháp chụp ảnh (Photo Identification) nhằm nhận diện từng cá thể trong quần thể dựa vào những dấu hiệu nhận dạng trên cơ thể, thường là các dấu hoa văn, sọc, vết sẹo hoặc hình dáng vây lưng (đối với cá heo). Từ việc nhận diện được từng cá thể, tiến hành tính toán xác suất bắt gặp lại một cá thể ngẫu nhiên giữa hai lần khảo sát và ước lượng kích thước quần thể.

+ *Phương pháp ghi âm sinh học thời gian thực (Live PAM)*: Phương pháp Live PAM sử dụng các thiết bị hydrophone để ghi nhận âm sinh học dưới nước. Dữ liệu âm thanh, bao gồm các tiếng kêu hoặc dạng âm sinh học đặc trưng do sinh vật biển phát ra, sẽ được truyền trực tiếp về máy tính của kỹ thuật viên (PAM operator) để phân tích trong thời gian thực. Không giống với các phương pháp phát sóng chủ động (Active Acoustic Monitoring), Live PAM chỉ dựa trên việc lắng nghe và phân tích âm thanh tự nhiên mà không tạo ra bất kỳ tín hiệu âm thanh nào. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả với nhóm cá heo và cá voi rang, bởi trong quá trình sống các loài này thường xuyên tạo ra các dạng âm sinh học

khác nhau (VD: tiếng huýt, tiếng kêu, tiếng click siêu âm để săn mồi) vang vọng rất xa trong môi trường nước.

- **Các phương pháp khảo sát sử dụng trạm cố định:**

+ *Fixed PAM station*: là phương pháp sử dụng các thiết bị ghi âm tự động (bao gồm hydrophone và thiết bị lưu trữ dữ liệu được tích hợp trong một hệ thống duy nhất) đặt tại các trạm cố định dưới nước. Phương pháp này được sử dụng để thu thập dữ liệu âm thanh liên tục trong thời gian dài, phục vụ nghiên cứu sự hiện diện, tần suất và hành vi của các loài sinh vật biển.

+ *Đặt trạm camera dưới nước*: sử dụng các thiết bị quay phim chuyên dụng được triển khai tại các vị trí cố định dưới đáy biển hoặc trong cột nước. Phương pháp này được thiết kế để ghi nhận hình ảnh và video về các loài sinh vật biển, giúp cung cấp dữ liệu trực quan về sự hiện diện, hành vi, phân bố và môi trường sống của chúng. Phương pháp này thích hợp ở những khu vực nước cạn, có ánh sáng như thảm cỏ biển, rạn san hô, nơi các loài rùa biển, dugong sinh sống.

+ *Phương pháp DNA môi trường (eDNA)*: là một công nghệ hiện đại và ít xâm lấn, được sử dụng để đánh giá đa dạng sinh học thông qua việc thu thập và phân tích các đoạn DNA trong môi trường nước. eDNA là các đoạn DNA được sinh vật thải ra môi trường thông qua dịch tiết, tế bào chết hoặc chất thải. Bằng cách thu thập mẫu nước và phân tích các đoạn DNA có trong đó, người ta có thể xác định sự hiện diện của các loài trong khu vực khảo sát mà không cần quan sát trực tiếp.

- **Các phương pháp khảo sát từ bờ:**

+ *Điều tra sản lượng (Landing survey)*: là một kỹ thuật thu thập dữ liệu dựa trên việc khảo sát trực tiếp tại các cảng cá, nơi các loài sinh vật biển được đưa lên bờ sau khi đánh bắt. Phương pháp này cung cấp thông tin chi tiết về thành phần loài, số lượng, kích thước và trạng thái khai thác của các loài sinh vật biển, đặc biệt là các loài cá nhám (cá mập, cá đuối) bị bắt ngẫu nhiên trong quá trình đánh bắt thương mại (Cotter & Pilling 2007; Ali 2013; Directorate of Fisheries 2019).

+ *Phỏng vấn*: Phương pháp phỏng vấn dựa trên việc thu thập thông tin bằng cách đặt câu hỏi trực tiếp hoặc thông qua bảng khảo sát. Người được phỏng vấn sẽ cung cấp thông tin dựa trên kinh nghiệm, quan sát, hoặc hiểu biết của họ về các loài sinh vật biển, khu vực khai thác, hoặc các yếu tố môi trường. Phương pháp

này có thể được thực hiện tại hiện trường (cảng cá, thuyền đánh bắt) hoặc từ xa (qua điện thoại, trực tuyến). Đối với khảo sát động vật biển cỡ lớn, đặc biệt là nhóm cá heo và cá voi, phương pháp này đặc biệt hiệu quả trong việc xác định sự hiện diện của loài trong khu vực quan tâm.

+ *Điều tra bãi đẻ rùa biển*: là kỹ thuật chuyên biệt được áp dụng để theo dõi và nghiên cứu các loài rùa biển tại các bãi đẻ. Phương pháp này dựa trên việc quan sát trực tiếp các dấu hiệu do rùa để lại trên bãi cát, như dấu vết bò, tổ đẻ trứng và vỏ trứng. Việc điều tra thường được thực hiện vào ban đêm hoặc sáng sớm, khi hoạt động đẻ trứng của rùa biển vừa kết thúc. Các dữ liệu thu thập bao gồm: số lượng tổ, loài rùa, vị trí tổ, số lượng trứng, tình trạng tổ và các yếu tố đe dọa như xói mòn, động vật ăn trứng hoặc tác động từ con người.

Các phương pháp khảo sát động vật biển cỡ lớn cùng mức độ phù hợp cho từng đối tượng được trình bày ở Bảng 5.4.

Bảng 5.4: Các phương pháp phổ biến được áp dụng để khảo sát động vật biển cỡ lớn phục vụ công tác đánh giá tác động điện gió ngoài khơi

	Khảo sát bằng tàu di chuyển (Boat-based survey)			Trạm cố định (trên biển)			Khảo sát từ bờ (Land-based survey)		
	Line-transect (Distance sampling)	Photo ID – (Mark-recapture)	Live PAM	Fixed PAM station	Camera dưới nước	eDNA	Landing survey	Phỏng vấn	Điều tra bãi đẻ rùa biển
Thú biển	I	I	I	I	III	II	III	II	III
Rùa biển	I	III	III	III	II	II	II	II	I
Cá nhám	II	II	III	III	I	II	I	I	III
Mức độ phù hợp: I: Phương pháp phổ biến được sử dụng trong các khảo sát liên quan đến nhóm loài, được đánh giá là tối ưu. Khuyến nghị cần sử dụng cho nhóm loài đó II: Tương đối phù hợp, được sử dụng để khảo sát nhóm loài nhưng không phổ biến, chưa tối ưu. Hạn chế sử dụng cho nhóm loài đó									

III: Không phù hợp để khảo sát nhóm loài, không nên sử dụng cho nhóm loài đó

Khảo sát cá

Cá là đối tượng quan trọng đối với sinh kế của ngư dân ven biển gần khu vực của dự án. Việc khảo sát sự hiện diện và đánh giá mức độ ảnh hưởng của dự án đối với quần xã cá cũng như hoạt động đánh bắt cá trong khu vực là hết sức cần thiết. Kết quả khảo sát là mô tả và lập bản đồ hiện trạng cơ sở về các loài cá, quần thể và môi trường sống trong khu vực dự án. Thông tin thu thập được cung cấp cái nhìn tổng quan về các loài cá và quần thể cá trong khu vực, bao gồm cả loài có giá trị thương mại và không thương mại. Ngoài ra, báo cáo còn trình bày thông tin về các khu vực sinh sản, cũng như các loài được bảo vệ và loài xâm lấn.

Do đặc thù biến động về loài và số lượng cá theo mùa vụ và khu vực biển, vì vậy việc tiến hành các công cụ khảo sát thu mẫu như kéo lưới đáy hoặc lưới chùm không thể hiện tính đại diện về mặt số liệu của khu vực. Vì vậy, đề xuất sử dụng các phương pháp từ bờ như điều tra sản lượng, phỏng vấn như đề cập ở mục 0 sát động vật biển cỡ lớn”. Đồng thời, cần kết hợp với thu thập các tài liệu nghiên cứu điều tra, báo cáo nội bộ hoặc tài liệu kỹ thuật có sẵn của các Viện nghiên cứu, cơ quan chuyên ngành phục vụ công tác đánh giá tác động.

VII. BÀI HỌC TỪ ĐAN MẠCH

Thị trường điện gió ngoài khơi trưởng thành của Đan Mạch cung cấp sự tương phản rõ rệt với mô hình sơ khai, rủi ro cao của Việt Nam. Cách tiếp cận Đan Mạch được xác định bởi giảm rủi ro do nhà nước dẫn dắt và hiệu quả quy định.

7.1 Mô hình "Một cửa" (Hiệu quả Cấp phép)

Mô hình Đan Mạch: Cơ quan Năng lượng Đan Mạch (DEA) hoạt động như "một cửa" thực sự cho nhà phát triển. DEA là điểm tiếp xúc duy nhất cho tất cả cấp phép, điều phối nội bộ với các cơ quan khác và đóng gói yêu cầu thành một bộ giấy phép hợp lý duy nhất. Quy trình minh bạch, dự đoán được.

Mô hình Việt Nam: Mô hình Việt Nam bị phân mảnh. Nhà phát triển phải độc lập điều hướng và đảm bảo phê duyệt từ MOIT, MoAE, và MOND/MOPS.

7.2 Giảm Rủi ro do Chính phủ: Sức mạnh Dữ liệu Tập trung

Sự khác biệt quan trọng nhất nằm ở phân bổ rủi ro khảo sát hiện trường.

Chiến lược Giảm rủi ro Đan Mạch:

Chính phủ Đan Mạch, thông qua DEA và TSO (Energinet), chủ động giảm rủi ro địa điểm trước khi đấu giá. Nhà nước ủy thác và trả cho khảo sát hiện trường sơ bộ rộng rãi. "Gói dữ liệu" cung cấp cho bên dự thầu bao gồm: báo cáo khảo sát địa vật lý; báo cáo khảo sát địa kỹ thuật (nghiên cứu bàn, CPT, lỗ khoan); dữ liệu hải dương (đo Lidar, dữ liệu mô phỏng); đánh giá khảo cổ biển và rủi ro UXO.

Sản phẩm "Mô hình Nền 3D": DEA tích hợp tất cả dữ liệu thành Mô hình Địa chất Tích hợp 3D phức tạp. Mô hình này, cùng tất cả dữ liệu thô, được cung cấp miễn phí cho tất cả bên dự thầu đủ điều kiện.

Tác động Tài chính:

Khảo sát hiện trường là khoản đầu tư "có rủi ro" đáng kể. Bằng cách cung cấp dữ liệu trước, DEA loại bỏ rủi ro này. Bên dự thầu không còn cần định giá rủi ro "bất ngờ địa chất". Họ đều dự thầu trên số lượng đã biết. Điều này buộc cạnh tranh chỉ về giá và hiệu quả thực hiện, là động lực chính của đề xuất PPA rất thấp và không trợ cấp.

Tương phản với Việt Nam:

Mô hình Việt Nam ngược lại trực tiếp. Đây là mô hình "do nhà phát triển dẫn dắt" hoàn toàn, nhà phát triển chi 100% chi phí và rủi ro khảo sát, với cam kết rõ ràng "không hoàn trả chi phí khảo sát trong mọi trường hợp". Mô hình này có thể dẫn đến đề xuất PPA cao hơn.

Bảng 7.1: So sánh Khung: Việt Nam so với Đan Mạch

Đặc điểm	Việt Nam (Do nhà đầu tư, Rủi ro)	Đan Mạch (Do nhà nước, Giảm rủi ro)
Mô hình Cấp phép	Phân mảnh, (MOIT, MoAE, MOND)	Tập trung, "Một cửa" (DEA)
Thực hiện Khảo sát	Nhà phát triển thực hiện 100% khảo sát	Nhà nước (DEA/Energinet) thực hiện khảo sát sơ bộ
Cung cấp Dữ liệu	Nhà phát triển tài trợ và nộp dữ liệu cho Nhà nước	Nhà nước tài trợ và cung cấp dữ liệu (bao gồm Mô hình 3D) cho bên dự thầu
Phân bổ Rủi ro	Nhà phát triển chịu 100% rủi ro. Chi phí không hoàn trả	Nhà nước hấp thụ 100% rủi ro sơ bộ. Rủi ro nhà phát triển giới hạn
Tác động Tài chính	Phí rủi ro dự án cao hơn, dẫn đến giá PPA cao hơn	Phí rủi ro thấp hơn, động lực của đề xuất PPA thấp

VIII. ĐÁNH GIÁ MÔI TRƯỜNG CHIẾN LƯỢC (SEA)

Cách tiếp cận SEA-Trước của Đan Mạch: DEA tiến hành Đánh giá Môi trường Chiến lược (SEA) cho toàn bộ khu vực (ví dụ Biển Bắc) trước khi xác định hoặc đầu thầu địa điểm dự án cụ thể. SEA này xác định xung đột môi trường lớn, tích lũy và chiến lược, như tuyến di cư chim hoặc môi trường sống động vật có vú biển. Điều này cho phép DEA thiết kế khu vực đầu giá để tránh xung đột lớn này ngay từ đầu.

Cách tiếp cận Chỉ-EIA: SEA do nhà nước dẫn dắt cung cấp phạm vi chính thức cho Đánh giá Tác động Môi trường (EIA) cụ thể của nhà phát triển. Điều này hiệu quả hơn nhiều. Nhà nước giải quyết xung đột chiến lược, để nhà phát triển chỉ tập trung vào tác động cụ thể của dự án. Điều này tiết kiệm thời gian và giảm rủi ro EIA thất bại do xung đột chiến lược lớn chưa được phát hiện.

Bài học cho Việt Nam: Khung Việt Nam tập trung cao vào EIA cụ thể dự án do nhà phát triển dẫn dắt. Mặc dù Quy hoạch Không gian Biển (MSP) đang được lập kế hoạch, thiếu SEA do nhà nước dẫn dắt vững chắc trước dẫn đến rủi ro do điều kiện môi trường cho nhà đầu tư sau khi chi hàng triệu đô la cho khảo sát hiện trường.

IX. Ý NGHĨA CHIẾN LƯỢC VÀ KHUYẾN NGHỊ

Dựa trên phân tích, nhà đầu tư tại Việt Nam đối mặt năm rủi ro dự án riêng biệt, liên kết với nhau:

1. Rủi ro An ninh Quốc gia:

Phê duyệt MOND/MOPS/MOFA là rào cản phi kỹ thuật đáng kể chính và chưa rõ ràng. Nó đứng trước tất cả công việc kỹ thuật và phụ thuộc vào yếu tố địa chính trị, không phải tiêu chí kỹ thuật.

2. Rủi ro do quy định chưa rõ ràng:

"Nghịch lý Khảo sát -> Lựa chọn" và thiếu cơ chế phê duyệt "một cửa" tạo ra sự không chắc chắn về quy trình và khả năng tạo ra trì hoãn ảnh hưởng đến tiến độ củ dự án.

3. "Rủi ro về Tiến độ":

Tiến độ phê duyệt Nghiên cứu Khả thi 24 tháng mâu thuẫn với quy định khảo sát hải dương tối thiểu 12 tháng và yêu cầu EIA nhiều mùa, tạo lịch trình gần như không thể buộc đầu tư "có rủi ro".

4. Rủi ro "Khoảng trống Khả năng Vay vốn":

Môi trường: EIA Việt Nam không đủ cho người cho vay quốc tế, yêu cầu tiêu chuẩn tuân thủ IFC. Các tiêu chuẩn của Việt Nam (20 TCVN) tạo "khoảng trống" chưa biết với tiêu chuẩn chứng nhận IEC/DNV yêu cầu cho tài trợ.

5. Mô hình Tài chính "Có Rủi ro":

Không giống Đan Mạch, mô hình Việt Nam buộc nhà phát triển chịu 100% chi phí khảo sát chi phí cao, có rủi ro, phải được định giá vào PPA.

X. KẾT LUẬN

Báo cáo này đã trình bày khung kỹ thuật toàn diện cho hoạt động khảo sát hiện trường điện gió ngoài khơi tại Việt Nam, dựa trên kinh nghiệm phong phú của Đan Mạch và điều chỉnh cho bối cảnh pháp lý và thể chế mới của Việt Nam.

Tham vọng và Thách thức:

Việt Nam đã thiết lập mục tiêu phát triển điện gió ngoài khơi đầy tham vọng (mở rộng lên 17 GW) theo Quy hoạch Phát triển Điện lực 8 (PDP8) được điều chỉnh. Tuy nhiên, thực hiện các mục tiêu này đòi hỏi vượt qua bối cảnh pháp lý mới (Luật Điện lực 2024, Nghị định 58/2025/NĐ-CP) vẫn còn phân mảnh, với thẩm quyền giữa nhiều cơ quan (MOIT, MoAE, MOND/MOPS).

Mô hình Rủi ro:

Mô hình hiện tại của Việt Nam là "do nhà đầu tư dẫn dắt", yêu cầu nhà đầu tư trả 100% chi phí khảo sát và chịu rủi ro, bao gồm không hoàn trả các chi phí này. Mô hình này khác cách tiếp cận "giảm rủi ro do nhà nước dẫn dắt" của Đan Mạch, nơi chính phủ tiến hành khảo sát sơ bộ và cung cấp dữ liệu (như mô hình địa chất 3D) cho các bên dự thầu.

Hậu quả Tài chính:

Mô hình rủi ro cao của Việt Nam, kết hợp với các rủi ro cụ thể—bao gồm rào cản phê duyệt an ninh quốc gia, phân mảnh quy định, "tiến độ về thời gian" (hoàn thành Nghiên cứu Khả thi trong 24 tháng so với yêu cầu khảo sát 12 tháng), và "khoảng trống khả năng vay vốn" (tiêu chuẩn TCVN so với IFC/DNV)—chắc chắn sẽ buộc các nhà phát triển phải định giá rủi ro này vào đề xuất của họ, dẫn đến giá PPA cao hơn.

Khuyến nghị để đảm bảo chất lượng và nhất quán dữ liệu khảo sát hiện trường, đồng thời giảm thiểu rủi ro dự án và thu hút đầu tư để đạt mục tiêu PDP8:

1. Áp dụng Hướng dẫn Kỹ thuật:

MOIT và EAV nên sử dụng các hướng dẫn kỹ thuật chi tiết được đề xuất trong báo cáo này (bao gồm phương pháp phân giai đoạn, và tiêu chuẩn cho khảo sát địa vật lý, địa kỹ thuật, hải dương, và môi trường) làm cơ sở để xây dựng các quy định và tiêu chuẩn chính thức của Việt Nam.

2. Chuyển đổi sang Mô hình Giảm rủi ro:

Về lâu dài, Việt Nam nên xem xét áp dụng bài học từ Đan Mạch bằng cách dần dần chuyển sang mô hình "một cửa" và để nhà nước (hoặc tổ chức được chỉ định) tiến hành khảo sát sơ bộ trong các khu vực được quy hoạch. Cung cấp gói dữ liệu cơ bản này cho các bên dự thầu sẽ giảm đáng kể rủi ro địa chất và chi phí dự phòng, thúc đẩy cạnh tranh và dẫn đến giá điện thấp hơn.

3. Ưu tiên Đánh giá Môi trường Chiến lược (SEA):

Thay vì chỉ dựa vào Đánh giá Tác động Môi trường (ĐTM) cấp dự án, Việt Nam nên áp dụng cách tiếp cận "SEA-trước". Tiến hành SEA cấp khu vực (cho các vùng biển) trước khi phân bổ địa điểm sẽ giúp xác định và tránh các xung đột môi trường lớn (như các tuyến di cư quan trọng) ngay từ đầu, làm cho quy trình ĐTM của nhà phát triển hiệu quả hơn và ít rủi ro hơn.

Các khảo sát hiện trường cho các dự án điện gió ngoài khơi tại Việt Nam cần đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế về chất lượng và tính toàn diện là một nền tảng quan trọng. Áp dụng các tiêu chuẩn được đề xuất và học hỏi từ các mô hình giảm rủi ro thành công sẽ là chìa khóa để Việt Nam đưa ra các quyết định sáng suốt, giảm rủi ro dự án, và tạo thuận lợi cho quá trình chuyển đổi hướng tới tương lai năng lượng bền vững.