# NĂNG LƯỢNG GIÓ BIỂN THẾ GIỚI VÀ ĐỀ XUẤT NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN ĐIỆN GIÓ BIỂN VIỆT NAM HƯỚNG TỚI MỤC TIÊU GIẢM THIỂU TÁC ĐỘNG BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

**Dư Văn Toán, Nguyễn Khắc Đoàn, Nghiêm Thanh Hải, Nguyễn Thế Thịnh**
*Viện Nghiên cứu Biển và Hải đảo*

*Ngày nhận bài 16/5/2017; ngày chuyển phản biện 19/5/2017; ngày chấp nhận đăng 9/6/2017*

**Tóm tắt:** *Bài báo giới thiệu sơ bộ hiện trạng khai thác tài nguyên năng lượng gió trên thế giới nói chung và gió trên biển (offshore wind) nói riêng. Trong bài cũng giới thiệu cách tính toán mật độ năng lượng gió trên các tầng cao khí quyển, phương thức phân vùng tài nguyên năng lượng gió biển Việt Nam và đề xuất giải pháp nghiên cứu và phát triển năng lượng gió trên biển, ứng phó với biến đổi khí hậu. Vùng biển Việt Nam có tiềm năng tài nguyên năng lượng gió biển rất lớn, với vùng biển 0-30 m nước có 111.000 km$^2$ với công suất là 64.000 GW, 30-60 m nước có diện tích là 142.000 km$^2$ với công suất tiềm năng đạt 106.000 GW. Vùng có tiềm năng nhất là vùng ven bờ Bình Thuận - Cà Mau với mật độ đạt gần 1.000 w/m$^2$ đạt cao nhất Việt Nam và ngang tầm thế giới, và hiện đã được triển khai trang trại gió tại Bạc Liêu, Cà Mau công suất tổng là 1 GW, và cả khu vực đến năm 2030 sẽ là 8 GW. Bài báo đề xuất nghiên cứu và phát triển điện gió biển sẽ góp phần giảm nhẹ khí nhà kính, hướng tới giảm tác động của biến đổi khí hậu.*

***Từ khóa:*** *Năng lượng gió, Biển Đông, biến đổi khí hậu, giảm thiểu các-bon, trang trại gió.*

## 1. Mở đầu

Hiện trạng biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường, suy thoái đa dạng sinh học và hệ sinh thái diễn ra mạnh mẽ và đang đe dọa cuộc sống toàn cầu và đặc biệt là than đá, dầu mỏ, khí đốt còn vài thập niên nữa sẽ cạn kiệt, loài người sẽ lâm vào nguy cơ khủng hoảng năng lượng nghiêm trọng, nên nhiều nước đua nhau phát triển năng lượng gió. Hiện nay giá của điện khai thác từ năng lượng gió đã xấp xỉ với giá điện từ các nguồn nhiên liệu hóa thạch truyền thống. Tài nguyên năng lượng gió là nguồn năng lượng mới và phát triển mạnh nhất trên thế giới trong thời đại ngày nay. Năng lượng gió trên biển được chuyển đổi thành điện năng nhờ các tuốc-bin. Các loại tuốc-bin này cũng giống như các tuốc-bin năng lượng gió trên đất liền nhưng đã được "biển hóa" và được chế tạo với tuổi thọ cao hơn để phù hợp với điều kiện khắc nghiệt trên biển. Các tuốc-bin này nói chung có kích thước to hơn cùng loại trên đất liền và có công suất lớn hơn. Công suất của các tuốc-bin gió tăng rất nhanh trong những năm gần đây. Các nước có sự gia tăng rất mạnh công suất các tuốc-bin gió là Đan Mạch, Đức, Hà Lan, Na Uy, Thụy Điển và Anh.

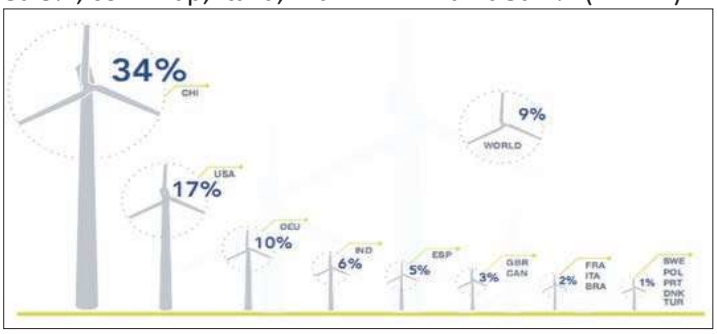
Gần đây, Mỹ và các quốc gia, tổ chức thế giới phát triển năng lượng gió đã có định nghĩa tài nguyên năng lượng gió trung bình 10 năm liên tục. Bản đồ mật độ gió và mật độ năng lượng gió trung bình nhiều năm đã được nhiều quốc gia xây dựng để làm tiền đề cho việc quy hoạch khai thác, sử dụng tài nguyên mới này. Hiện nay danh sách các trang trại gió biển đang được khai thác, quy hoạch là những nơi có tốc độ gió đạt hơn 6 m/s.

Hiện nay tổng số các dự án điện gió đã và đang thực hiện trên biển vào khoảng 1.500 dự án [8] từ độ sâu 0 m đến 100 m nước các vùng biển trên thế giới, có diện tích từ vài km$^2$ cho đến hàng trăm km$^2$ với tổng công suất lên đến 3.000 GW, và khu vực biển Việt Nam cũng nằm trong vùng nhiều tiềm năng phát triển điện gió biển nếu chúng ta có chính sách khai thác sử dụng tài nguyên năng lượng gió biển phù hợp.

## 2. Hiện trạng phát triển năng lượng điện gió biển trên thế giới

Theo báo cáo thống kê [9] của Hiệp hội Năng lượng tái tạo toàn cầu (IREN) năm 2016, thì tỷ trọng công suất điện gió mới nhất toàn cầu hiện đang chiếm 9% của tổng các nguồn điện hiện có: Đứng đầu là Trung Quốc chiếm 34%, Mỹ là 17%,

Đức là 10%, sau đó đến Ấn Độ 6%, Tây Ban Nha 5%, Anh, Canada đều 3%, còn Pháp, Italia, Brazil đều 2%, Thụy Điển, Đan Mạch, Thổ Nhĩ Kỳ, Ba Lan đều 1% (Hình 1).



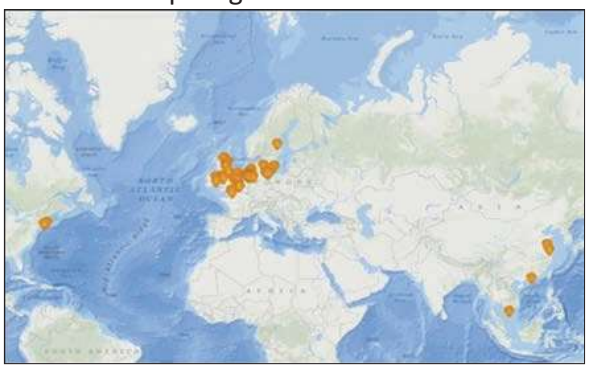

*Hình 1. Tỷ trọng công suất điện gió toàn cầu tính đến hết năm 2015 [11]*

Các dự án điện gió biển ngoài khơi đầu tiên được lắp đặt ngoài khơi bờ biển của Đan Mạch vào năm 1991. Kể từ đó, quy mô thương mại các trang trại gió ngoài khơi đã được hoạt động trong vùng nước nông trên toàn thế giới, chủ yếu là ở châu Âu. Gần đây, sự tiến bộ về công nghệ và giá thành đầu tư giảm đã tạo ra sự phát triển mạnh mẽ thị trường điện gió biển toàn cầu, làm cho tài nguyên năng lượng gió biển trở nên quý giá hơn rất nhiều, đặc biệt từ năm 2013 trở lại đây khi nguồn lực toàn cầu dành ưu tiên cho khai thác tài nguyên năng lượng gió biển nhiều quốc gia, với độ sâu đã lan ra từ 0 m nước đến hàng trăm mét nước biển sâu [13].

Hiệp hội Năng lượng gió thế giới [11] đã thống kê năng lượng gió biển toàn cầu (Hình 2) trong 6 tháng đầu năm 2016 đạt hơn 12,7 GW, năm 2015 gần 12,1 GW, năm 2014 là 8,7 GW, năm 2013 là 7,45 GW.

*Hình 2. Công suất điện gió biển lắp đặt hàng năm 2013-2016 [11]*

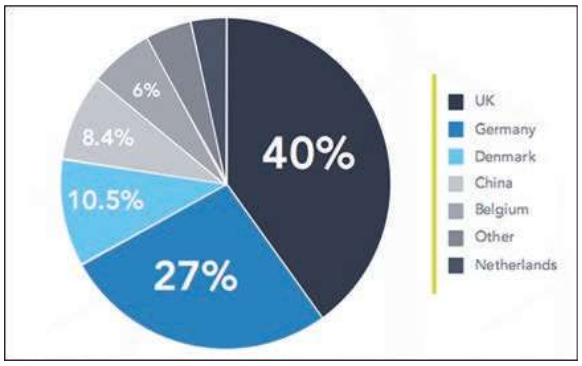
Hình 3 cho thấy các trang trại gió tập trung chủ yếu tại các nước Tây Âu, kế đến là khu vực biển Đông và châu Mỹ. Tại biển Đông có khu vực phía Bắc xung quanh eo Đài Loan có dự án đã triển khai và nhiều dự án đang được triển khai. Phía Nam biển Đông có dự án điện gió biển của Việt Nam. Với tiềm năng tài nguyên năng lượng gió biển tốt, Việt Nam có thể sớm trở thành quốc gia điện gió biển. Theo số liệu thiết kế trang trại gió lớn [11] của gần 1.500 trang trại gió đã và đang xây dựng thì tốc độ gió trung bình năm trong 10 năm liên tục tầng 100 m cho thấy khoảng từ 7-12,5 m/s có tính hữu ích và thương mại cao. Sự phát triển tài nguyên năng lượng gió cũng phụ thuộc vào chính sách giá mua điện, đấu nối lưới điện quốc gia, và đặc biệt chính sách thuê mặt biển, chính sách thuế các-bon của quốc gia.



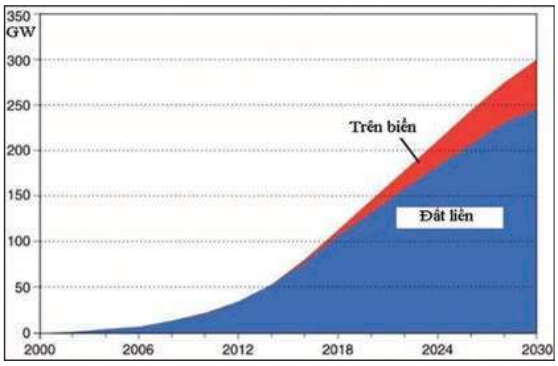
*Hình 3. Hiện trạng phân bố các trang trại gió biển toàn cầu [11]*

Hiện nay theo Hình 4 Vương quốc Anh đứng đầu về phát triển điện gió biển và chiếm 40% toàn cầu, sau đó là Đức với 27%, Đan Mạch với 10,5%, Trung Quốc 8,4%, Bỉ 6%. Theo dự tính (Hình 5) của các chuyên gia điện gió thì tới năm 2030 điện gió biển sẽ liên tục gia tăng mạnh cùng với gió trên đất liền, có thể đạt tới hơn 100 GW và có xu hướng tăng mạnh.

Theo Hiệp hội Năng lượng gió châu Âu (EWEA), thêm 3 GW công suất điện gió ngoài khơi đã được đưa trực tiếp biến đổi thành điện năng trong năm 2015, nâng tổng công suất gió




*Hình 4. Hiện trạng tỷ trọng công suất điện gió biển toàn cầu [9]*




*Hình 5. Dự báo tăng trưởng điện gió trên biển và đất liền 2030 [9]*

*Hình 6. Phân bố các trang trại gió một khu vực biển Yorkshire (Anh) với công suất 1,8 GW và xa bờ đến 89 km [9]*

ngoài khơi của châu Âu được sử dụng trực tiếp làm điện năng là hơn 11 GW. Châu Âu sẽ lắp đặt xong 20 GW công suất điện gió ngoài khơi ở châu Âu vào năm 2020. Tại châu Mỹ và châu Á cũng đang phát triển mạnh điện gió biển, tạo nên sự phát triển mạnh mẽ điện gió biển trên toàn cầu (Hình 6) cho thấy thời kỳ phát triển bùng nổ điện gió trên biển bắt đầu từ 2015/2016 và đạt đỉnh cao vào năm 2030 với tổng công suất lên tới 60 GW.

Danh sách 25 trang trại gió ngoài khơi (Bảng 1) đầu tiên đang hoạt động theo mức độ công suất thiết kế. Tính đến nay London Array ở Anh (UK) là trang trại gió ngoài khơi lớn nhất thế giới đang hoạt động với công suất thiết kế 630 MW, thứ 2 là Gwynt y Mor (576 MW), thứ 3 là Greater Gabbard (504 W), thứ 4 gồm Anholt (400 W) (Đan Mạch) và Global Tech I (400 MW), Bard (400 W) tại Đức. Các nhà sản xuất lớn nhất hàng năm (2012) của năng lượng gió là trang trại gió Greater Gabbard (Anh) sản xuất 1.195 TWh (GWh), lớn thứ hai là Horns Rev 2 (Đan Mạch) với 956 GWh. Xét về tổng sản lượng kể từ khi bắt đầu hoạt động thì trang trại Horns Rev 1 (Đan Mạch) vẫn là lớn nhất với 5.877 GWh sản xuất, Nysted 1 (Đan Mạch) là trang trại gió lớn thứ hai trên thế giới về tổng số năng lượng được sản xuất 5.097 GWh, thứ ba là Horns Rev 2 với 2.959 GWh. Anh còn lập kỷ lục xây dựng trang trại gió lên đến 1,8 GW và xa bờ 89 km (Hình 6).

Bảng 2 cho thấy các dự án điện gió biển Việt Nam cũng thuộc các trang trại gió lớn được xếp hạng, với tổng 2 đại dự án (nhiều pha) là 1.000 MW với thời gian hoàn thành dự kiến, năm 2020 trang trại gió Bạc Liêu và năm 2020 trang trại gió Khai Long, Cà Mau năm 2025.

Hiện nay các dự án trang trại gió công suất hơn 1,2-3,5 GW đang được thiết kế tương đối nhiều (Bảng 3) tại Hà Lan, Thụy Điển, Hàn Quốc, Anh.

Theo số liệu của các nhà khoa học Đức [13] (Hình 7) cho thấy bức tranh giá thành từng kWh từ các nguồn tài nguyên hiện tại thì điện gió biển còn khá cao từ 0,12-18 cent. Theo nghiên cứu đánh giá của các nhà khoa học Mỹ [13] Bảng 5 cho thấy tiềm năng năm 2030 giá điện gió biển xuống còn 7 cent/kWh với tốc độ gió trung bình năm lớn hơn 7 m/s, cho thấy cơ hội sản xuất

hàng loạt trang trại điện gió biển rất khả quan.

Mới đây nhất 1 dự án điện gió biển của Hà Lan ngày 16/9/2016 đưa tin Chính phủ Hà Lan tổ chức đấu thầu dự án điện gió biển công suất 400 MW và Công ty Dầu khí Đan Mạch DONG [12] đã thắng thầu với giá thành là 8 cent/kWh.

*Bảng 1. Danh sách 25 trang trại gió toàn cầu đang vận hành [11]*

| Trang trại gió | Công suất (MW) | Quốc gia | Tọa độ | Loại tuốc-bin, Hãng sản xuất | Năm hoạt động |
|---|---|---|---|---|---|
| London Array | 630 | Anh | 51°38′38″N; 01°33′13″E | 175 × Siemens SWT-3.6-120 | 2012 |
| Gwynt y Mor | 576 | Anh | 53°27′00″N; 03°35′00″W | 160 × Siemens SWT-3.6-107 | 2015 |
| Greater Gabbard | 504 | Anh | 51°52′48″N; 1°56′24″E | 140 × Siemens SWT-3.6-107 | 2012 |
| Anholt | 400 | Đan Mạch | 56°36′00″N; 11°12′36″E | 111 × Siemens SWT-3.6-120 | 2013 |
| BARD Offshore 1 | 400 | Đức | 54°22′0″N; 5°59′0″E | 80 × BARD 5.0MW | 2013 |
| Global Tech I | 400 | Đức | 54°30′00″N; 6°21′30″E | 80 × Areva Multibrid M5000 5.0MW | 2015 |
| West of Duddon Sands | 389 | Anh | 53°59′02″N; 3°27′50″W | 108 × Siemens SWT-3.6-120 | 2014 |
| Walney (phases 1&2) | 367,2 | Anh | 54°02′38″N; 3°31′19″W | 102 × Siemens SWT-3.6-107 | 2011 (pha 1) 2012 (pha 2) |
| Thorntonbank (phases 1-3) | 325 | Bỉ | 51°33′00″N; 2°56′00″E | 6 × Senvion 5MW, 48 × Senvion 6.15MW | 2009 (pha 1) 2012 (pha 2) 2013 (pha 3) |
| Sheringham Shoal | 315 | Anh | 53°7′0″N; 1°8′0″E | 88 × Siemens SWT-3.6-107 | 2012 |
| Borkum Riffgrund 1 | 312 | Đức | 53°58′0″N; 06°33′00″E | 78 × Siemens SWT-4.0-120 | 2015 |
| Thanet | 300 | Anh | 51°26′0″N; 01°38′0″E | 100 × Vestas V90-3.0MW | 2010 |
| Nordsee Ost | 295 | Đức | 54°26′00″N; 7°41′00″E | 48 × Senvion 6.15MW | 2015 |
| Amrumbank West | 288 | Đức | 54°30′0″N; 07°48′00″E | 80 × Siemens SWT-3.6-120 | 2015 |
| Butendiek | 288 | Đức | 54°54′0″N; 07°45′00″E | 80 × Siemens SWT-3.6-120 | 2015 |
| DanTysk | 288 | Đức | 55°9′00″N; 7°10′30″E | 80 × Siemens SWT-3.6-120 | 2015 |
| EnBW Baltic 2 | 288 | Đức | 54°58′24″N; 13°10′40″E | 80 × Siemens SWT-3.6-120 | 2015 |
| Meerwind Süd /Ost | 288 | Đức | 54°23′00″N; 7°42′00″E | 80 × Siemens SWT-3.6-120 | 2015 |
| Lincs | 270 | Anh | 53°11′00″N; 00°29′00″E | 75 × Siemens SWT-3.6-120 | 2013 |

| Trang trại gió | Công suất (MW) | Quốc gia | Tọa độ | Loại tuốc-bin, Hãng sản xuất | Năm hoạt động |
|---|---|---|---|---|---|
| Humber Gateway | 219 | Anh | 53°38′38″N; 0°17′35″E | 73 × Vestas V112-3.0MW | 2015 |
| Northwind | 216 | Bỉ | 51°37′08″N; 02°54′03″E | 72 × Vestas V112-3.0MW | 2014 |
| Westermost Rough | 210 | Anh | 53°48′0″N; 00°9′0″E | 35 × Siemens SWT-6.0-154 | 2015 |
| Horns Rev 2 | 209,3 | Đan Mạch | 55°36′00″N; 7°35′24″E | 91 × Siemens SWT-2.3-93 | 2009 |
| Rodsand II | 207 | Đan Mạch | 54°33′0″N; 11°42′36″E | 90 × Siemens SWT-2.3-93 | 2010 |
| Chenjiagang (Jiang-su) Xiangshui | 201 | Trung Quốc | 34°29′00″N; 119°52′00″E | 134 × 1.5MW | 2010 |

*Bảng 2. Danh sách các trang trại gió biển lớn đang xây dựng sắp hoàn thành [11]*

| Trang trại gió | Công suất (MW) | Quốc gia | Tọa độ | Loại tuốc-bin, Hãng sản xuất | Năm hoàn thành | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemini | 600 | Hà Lan | 54°11′N; 5°53′E | 150 x Siemens SWT- 4.0-130 | 2017 | |
| Gode Wind (pha 1+2) | 582 | Đức | 54°04′N; 7°02′E | 97 x Siemens SWT-6.0-154 | 2016 | |
| Race Bank | 580 | Anh | 53°16′N; 0°50′E | 91 x Siemens SWT-6.0-154 | 2018 | |
| Dudgeon | 402 | Anh | 53°16′N; 1°23′W | 67 x Siemens SWT-6.0-154 | 2017 | |
| Veja Mate | 402 | Đức | 54°19′1″N; 5°52′15″E | 67 × Siemens SWT-6.0-154 | 2017 | |
| Rampion | 400 | Anh | 50°40′N; 0°06′W | 116 x MHI Vestas V112-3.45MW | 2018 | |
| Wikinger | 350 | Đức | 54°50′2″N; 14°4′5″E | 70 × Adwen AD 5M-135 | 2017 | |
| Nordsee One | 332 | Đức | 53°58′0″N; 06°48′00″E | 54 × Senvion 6.2M126 | 2017 | |
| Sandbank (Pha 1) | 288 | Đức | 55°11′0″N; 06°51′00″E | 72 × Siemens SWT-4.0-130 | 2017 | |
| Bạc Liêu (pha 1, 2, 3, 4) | 700 | Việt Nam | 9,236°N; 105,823°E | 10 GE 1,6 M-82,5, 50 GE 1,6 M-82,5, 100GWE 2M-107; 200GWE 2M-107 | 2020 | 1122/1461 8,19 m/s (100 m) |
| Cà Mau (pha 1, 2) | 300 | Việt Nam | 8,768°N; 105,288°E | 50GE-2M-107 100GE-2M-107 | 2025 | 1170/1461 7,82 m/s |

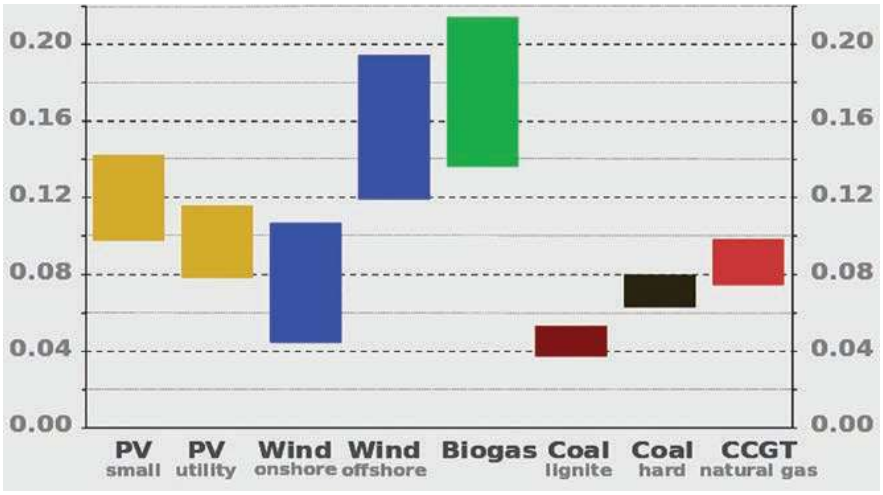
*Bảng 3. Danh sách các trang trại gió biển đang thiết kế với công suất lớn hơn GW [11]*

| Trang trại gió | Công suất (MW) | Quốc gia | Tọa độ |
|---|---|---|---|
| Borselle Offshore | 3.500 | Hà Lan | |
| Blekinge Offshore | 2.500 | Thụy Điển | 55°56’15”N, 14°59’37.3”E |
| Korea Offshore | 2.500 | Hàn Quốc | |
| Moray Firth | 1.300 | Anh | |
| Creyke Beck A | 1.200 | Anh | 54°43’28.63”N, 2°46’06.80”E |
| Creyke Beck B | 1.200 | Anh | |
| East Anglia (Norfolk Bank) | 1.200 | Anh | |
| Irish Sea | 1.200 | Anh | |
| Teesside A | 1.200 | Anh | |
| Teesside B | 1.200 | Anh | |
| Triton Knoll | 1.200 | Anh | |

**Xu hướng giá điện gió biển**

*Bảng 4. Sơ đồ xu thế giá thành điện gió biển của Mỹ (USD giá 2009) [13]*

| Thành phần | 2010 | 2020 | 2030 | 2010 - Đất |
|---|---|---|---|---|
| Chi phí lắp đặt ($/kW) | 4.259 | 2.900 | 2.600 | 2.120 |
| Chiết khấu lãi suất (DRF)[6] | 20% | 14% | 8% | 12% |
| Công suất Tuabin (MW) | 3,6 | 8,0 | 10,0 | 1,5 |
| Đường kính cánh quạt (m) | 107 | 156 | 175 | 77 |
| Điện năng sản xuất /Tuabin (MWh) | 12.276 | 31.040 | 39.381 | 4.684 |
| Công suất thực tế | 39% | 44% | 45% | 36% |
| Thất thoát | 10% | 7% | 7% | 15% |
| Sẵn có | 95% | 97% | 97% | 98% |
| Công xuất cánh quạt | 0,45 | 0,49 | 0,49 | 0,47 |
| Hệ thống truyền lực | 0,9 | 0,95 | 0,95 | 0,9 |
| Tốc độ gió (m/s) | 12,03 | 12,03 | 12,03 | 10,97 |
| Tốc độ gió trung bình ở độ cao trung tâm (m/s) | 8,8 | 9,09 | 9,17 | 7,75 |
| Lực cắt của gió | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,143 |
| Chiều cao cột gió (m) | 80 | 110 | 120 | 80 |
| Giá điện ($/kWh) | 0,27 | 0,10 | 0,07 | 0,09 |
| Giá điện ($/kWh) cố định 7% DR | 0,12 | 0,08 | 0,07 | 0,08 |




*Hình 7. Giá thành (Euro) đầu tư điện trên 1 kWh các dạng tài nguyên khác nhau [13]*

**3. Phương pháp tính toán và phân vùng tiềm năng năng lượng gió lý thuyết**

***3.1. Công thức tính mật độ năng lượng gió tầng cao***

Theo tài liệu cho thấy [1, 6], sử dụng hàm phân bố loga vừa tiện lợi vừa phù hợp khá tốt đối với tốc độ gió trong lớp khí quyển từ mặt đất đến độ cao khoảng 100 m.

Quy luật loga nhằm mô phỏng sự biến đổi theo chiều thẳng đứng của tốc độ gió ngang trong lớp biên, chủ yếu là lớp bề mặt (từ mặt đất đến độ cao khoảng 100 m). Ở những lớp cao thuộc khí quyển tự do thì phân bố gió lại tuân theo luật gió địa chuyển. Nếu biết tốc độ gió $V_1$ ở độ cao $z_1$ có thể tính được tốc độ gió $V_z$ ở độ cao $z_z$ theo công thức sau [4, 10 ]:

$$\frac{V_z}{V_1} = \frac{\ln(z_z / z_0)}{\ln(z_1 / z_0)} \quad (3.1)$$

Suy ra:

$$V_z = V_1 . \frac{\ln(z_z / z_0)}{\ln(z_1 / z_0)} \quad (3.2)$$

Trong đó, $V_z$ là tốc độ gió ở độ cao cần tính $z_z$, $V_1$ là tốc độ gió quan trắc mặt đất, $z_0$ là độ gồ ghề của mặt đệm, mức $z_1$ là độ cao của máy đo gió mặt đất ($z_1$ = 10 m).

Do độ cao cần tính thường lớn hơn độ cao đo gió mặt đất ($z_z > z_1$) nên $V_z > V_1$ hay tốc độ gió tăng theo độ cao của địa hình. Ngoài ra, mức độ tăng lên của tốc độ gió theo độ cao phụ thuộc vào độ gồ ghề của mặt đệm ($z_0$). Khi độ gồ ghề của mặt đệm càng lớn thì tốc độ gió ở độ cao cần tính ($V_z$) càng tăng nhanh.

Để tính toán tốc độ gió ở các độ cao khác nhau chúng ta cần xác định độ gồ ghề của khu vực đặt trạm đo gió. Độ gồ ghề của khu vực đặt trạm phụ thuộc vào dạng địa hình của khu vực xung quanh và tình trạng của mặt đệm. Độ gồ ghề càng lớn khi địa hình có nhiều vật cản, do đó càng lên cao tốc độ gió càng tăng.

Năng lượng tức thời của luồng gió có vận tốc V trên diện tích S được đặt thẳng góc với luồng gió chính là động năng của khối không khí và được tính bằng công thức sau:

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad (3.3)$$

Trong đó:

- E: Năng lượng tức thời của khối không khí trên diện tích S, (đơn vị: J/m$^2$/s)
- V: Vận tốc của luồng gió (đơn vị: m/s)
- m: Khối lượng các phân tử không khí qua diện tích S trong 1 đơn vị thời gian (đơn vị: kg/m$^2$/s).

Nếu S là đơn vị diện tích thì khối lượng các phân tử không khí đập trên S trong một giây sẽ là: $m = \rho V$ (3.4)

Với: $\rho$ (kg/m$^3$) là khối lượng riêng (mật độ) của khối khí

Như vậy:

$$E = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad (3.5)$$

Đại lượng E được gọi là mật độ năng lượng gió tức thời tương ứng với vận tốc gió V và mật độ không khí $\rho$.

Gió là một yếu tố biến thiên liên tục. Trong khoảng thời gian nào đó gió có phân bố theo hàm f(V) thì giá trị trung bình của $V^3$ trong khoảng thời gian đó là $V^3$ được xác định bởi biểu thức:

$$\overline{V^3} = \int_0^\infty V^3 f(V)\ dV \quad (3.6)$$

Do đó, mật độ năng lượng trung bình $\overline{E}$ trong khoảng thời gian đó là:

$$\overline{E} = \frac{1}{2}\int_0^\infty \rho . V^3 f(V)\ dV \quad (3.7)$$

Như vậy để tính $\overline{E}$ phải xác định 2 đại lượng ρ và f(V).

Mật độ không khí ρ tăng hoặc giảm làm cho mật độ năng lượng gió E thay đổi theo với tỷ lệ tương ứng. Tuy nhiên, tại cùng một điểm mức biến thiên của ρ nhỏ hơn nhiều mức biến thiên của $V^3$. Để đơn giản trong việc tính toán, với độ chính xác cho phép có thể coi ρ là một hằng số và lấy giá trị bằng 1,2 kg/$m^3$. Do đó biểu thức (3.7) có thể viết thành:

$$\overline{E} = 0,6.\int_0^\infty V^3 f(V)\ dV \quad (3.8)$$

Công thức tính mật độ năng lượng gió trung bình như sau [4]:

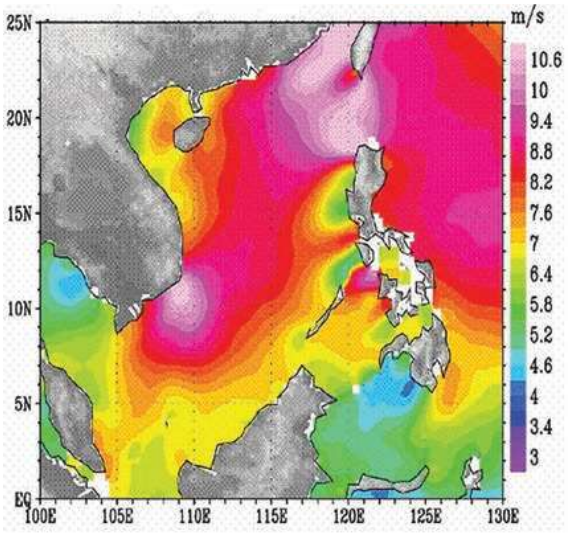
$$\overline{E} = 0,6\overline{V}^3.K \quad (3.9)$$

K là hằng số Von Karman thường bằng khoảng ≈ 0,4.

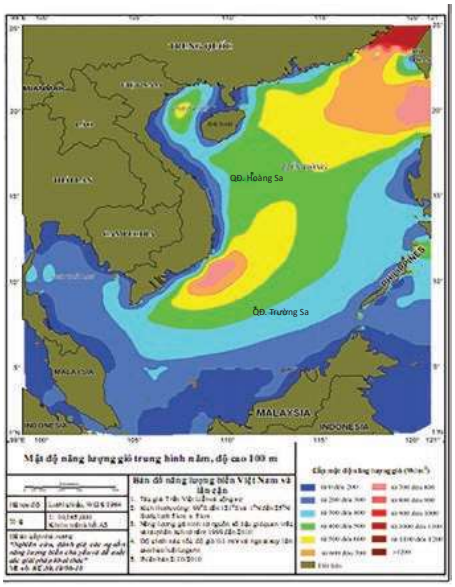
### *3.2. Tiềm năng năng lượng gió vùng biển Việt Nam*

Theo phân bố tốc độ gió trung bình nhiều năm trên toàn Biển Đông, 2 khu vực có tốc độ gió rất mạnh là khu vực Đông Bắc rộng lớn gồm cả eo Đài Loan và Luzon và khu vực phía Tây giáp ranh với Nam Bộ của Việt Nam có tốc độ gió đạt tới 10-11 m/s, đây cũng chính là những vùng có tiềm năng công suất điện gió biển lớn. Tại vùng biển Việt Nam, khu vực từ Bình Thuận đến Cà Mau, khoảng cách từ bờ ra đến 300 km là nơi có tốc độ gió đạt từ 7-11 m/s, cũng là nơi tiềm năng công suất năng lượng gió lớn nhất trên thế giới (Hình 8). Khu vực ven bờ vịnh Bắc Bộ phía Bắc từ Quảng Ninh đến Quảng Trị có tốc độ gió chủ yếu thấp hơn 6 m/s.

Trên bản đồ phân bố tiềm năng gió trung bình ở độ cao 100 m (Hình 9) [1] cho thấy trên Biển Đông, vùng kéo dài dọc theo hướng Đông Bắc - Tây Nam từ eo biển Đài Loan tới vùng biển khu vực Đông Nam Bộ nước ta có tiềm năng năng lượng khá cao, đạt 600-800 W/$m^2$/năm (MW/$km^2$/năm). Trong đó, khu vực ven biển cực Nam Trung Bộ là một trung tâm có mật độ năng lượng 400-700 W/$m^2$. Ngoài ra, trên khu vực Vịnh Bắc Bộ cũng hình thành một trung tâm có mật độ năng lượng đạt 400-500 W/$m^2$.




*Hình 8. Bản đồ phân bố gió trung bình 10 năm tầng 100 m ở Biển Đông từ 2000-2009 [13]*



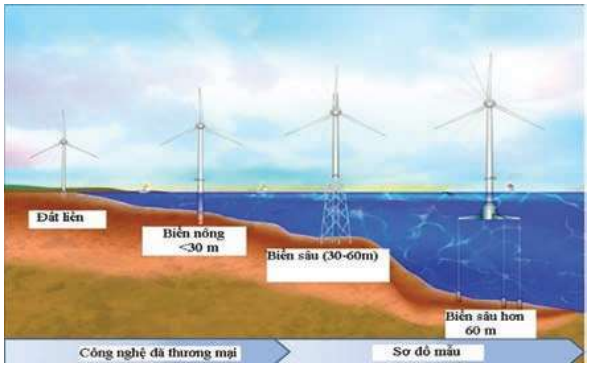

*Hình 9. Bản đồ tiềm năng năng lượng gió trên Biển Đông và biển ven bờ Việt Nam, độ cao 100 m [1]*

### *3.3. Phân vùng tài nguyên năng lượng gió biển ven bờ Việt Nam*

*Phương pháp phân vùng điện gió biển*

Trong các quốc gia đã phát triển tài nguyên năng lượng gió biển thì phương pháp phân vùng của Mỹ là rõ nhất. Nhằm quản lý, quy hoạch năng lượng biển, Mỹ có Cục quản lý năng lượng biển (BOEM - Bureau of Ocean Energy Management), trong đó có năng lượng gió biển. Mỹ, năm 2011 đã phê duyệt Chiến lược quốc gia về gió biển [8]. Bộ Nội vụ (DOI) Mỹ đã sáng kiến thiết lập dự án điện gió được xây dựng ngoài khơi biển nước Mỹ. Tuốc-bin và trụ, móng cột gió biển mới đang được phát triển để các dự án điện gió có thể được xây dựng ở các vùng nước biển sâu và xa bờ.

Phương pháp phân loại khu vực điện gió biển của Mỹ chia làm 3 đới khu vực theo độ sâu (Hình 10): (1) 0-30 m; (2) 30-60 m; (3)>60 m.




*Hình 10. Tiêu chí phân chia khu vực điện gió theo trụ cột trên các khu vực biển [13]*

*Phân vùng gió biển Việt Nam*

Theo độ sâu, địa hình và tốc độ gió trung bình năm (3 mức cao, vừa, thấp) dựa theo chuỗi 10 năm (đo đạc gió vệ tinh NOAA ), được thực tiễn áp dụng và xây dựng trang trại gió Bạc Liêu và có độ chính xác, hiệu quả tốt, đồng thời khá tương xứng với hàng trăm dự án khác được dự kiến triển khai khu vực ven bờ đồng bằng sông Cửu Long (Hình 11). Số liệu đo đạc để kiểm chứng thực tế của Việt Nam thì đến nay hầu như chưa có, nhưng với khả năng ứng dụng của các dự án với tổng công suất dự kiến là gần 8 GW thì có thể tin cậy được nguồn số liệu của NOAA.

*Hình 11. Các dự án điện gió biển dự kiến tại ven biển đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn 2015-2030 với tổng công suất dự kiến 7.667 MW*

Dựa theo số liệu gió trên cao NOAA, khu vực biển ven bờ Việt Nam được chia thành 5 khu vực như sau (theo đường bờ):

1. Vịnh Bắc Bộ (biển thoải, nông, mật độ năng lượng gió vừa);
2. Quảng Bình - Quảng Ngãi (biển thoải, hẹp, mật độ năng lượng gió thấp);
3. Bình Định - Ninh Thuận (biển nông hẹp, mật độ năng lượng gió thấp);
4. Bình Thuận - Mũi Cà Mau (biển thoải, nông, mật độ năng lượng gió cao);
5. Mũi Cà Mau - Kiên Giang (biển nông, mật độ năng lượng gió vừa).

Vùng ven biển nước ta, đặc biệt vùng phía Nam có diện tích rộng khoảng 112.000 km$^2$, khu vực có độ sâu từ 30-60 m có diện tích rộng khoảng 142.000 km$^2$ có tiềm năng phát triển điện gió biển rất tốt. Đặc biệt khu vực biển có độ sâu 0-30 m từ Bình Thuận đến Cà Mau rộng khoảng 44.000 km$^2$, vì theo số liệu gió Phú Quý, Côn Đảo thì vùng này đạt tốc độ gió trung bình ở độ cao 100 m đạt hơn 5-8 m/s. Hiện nay trang trại gió biển đầu tiên với công suất gần 100 MW (Hình 15) đã hoạt động và đang nghiên cứu triển khai các giai đoạn tới năm 2025 lên tới 1.000 MW, tức gấp 10 lần.

*Kết quả tính toán*

Mật độ năng lượng gió biển (NLGTB) tầng 100 m được tính theo từng ô lưới, và điểm trung tâm sẽ là giá trị mật độ trung bình. Công suất tiềm năng (CSTN) gió biển tầng 100 m sẽ được tính bằng mặt độ trung bình nhân với diện tích của từng khu vực biển (DTKVB).

$$CSTN=NLGTBxDTKVB \quad (3.10)$$

*Bảng 5. Công suất tiềm năng tài nguyên năng lượng gió biển khu vực độ sâu 0-30 m*

| Khu vực | DTKVB ($km^2$) | NLGTB MW/$km^2$ | CSTN (GW ) |
|---|---|---|---|
| Vịnh Bắc Bộ | 30.770 | 400 | 12.308 |
| Quảng Bình - Quảng Ngãi | 4.660 | 500 | 2.330 |
| Bình Định - Ninh Thuận | 2.483 | 500 | 1.242 |
| Bình Thuận - Mũi Cà Mau | 43.770 | 850 | 37.205 |
| Mũi Cà Mau - Kiên Giang | 29.390 | 400 | 11.756 |
| Tổng | **111.073** | | **64.841** |

*Bảng 6. Công suất tiềm năng tài nguyên năng lượng gió biển khu vực độ sâu 30-60 m*

| Khu vực | Diện tích ($km^2$) | Mật độ NLG MW/$km^2$ | Công suất tiềm năng (GW) |
|---|---|---|---|
| Vịnh Bắc Bộ | 29.240 | 550 | 16.082 |
| Quảng Bình - Quảng Ngãi | 7.100 | 500 | 3.550 |
| Bình Định - Ninh Thuận | 2.111 | 500 | 1.056 |
| Bình Thuận - Mũi Cà Mau | 67.980 | 1.000 | 67.980 |
| Mũi Cà Mau - Kiên Giang | 35.980 | 500 | 17.990 |
| Tổng | **142.411** | | **106.658** |

Tổng công suất tiềm năng tầng 100 m toàn thể 5 khu vực biển Việt Nam với độ sâu 0-30 m đạt 64.841 GW, khu vực 30-60 m là 106.658 GW. Tổng diện tích biển Việt Nam từ 0-60 m là 111.072+142.411=253.483 $km^2$ và công suất là 151.509 GW. Đặc biệt khu vực Bình Thuận - Cà Mau (0-30 m, 30-60 m) tầng 100 m có công suất lần lượt là 26.262 GW và 67.980 GW (tổng bằng 94.242 GW) là vùng có tiềm năng gió cao nhất và thực tế các tuốc-bin gió tại đảo Phú Quý và Bạc Liêu đã hoạt động tốt, mang lại hiệu quả kinh tế cao .

Hình 12 cho thấy các dự án điện gió biển ven bờ đồng bằng sông Cửu Long [13] đang chiếm hầu hết không gian ven bờ từ 0 m ra đến 6 m nước với diện tỉnh khoảng 3.000 $km^2$, với kế hoạch xây dựng đến năm 2030 và đạt 7.667 GW gần gấp đôi công suất thủy điện Hòa Bình [13]. Điều này cho thấy phân vùng khai thác tài nguyên gió biển theo 5 vùng và vùng Bình Thuận Cà Mau có tiềm năng lớn nhất là khá đúng với thực tiễn.

Các ngành kinh tế như điện gió sẽ chiếm không gian 3 chiều gồm khí quyển, mặt nước và đáy biển (Hình 13) với diện tích khá lớn. Đồng thời như Hình 14 cùng trên khu vực biển các ngành nghề truyền thống như nuôi, đánh bắt thủy sản, hàng hải, quân sự diễn ra thường xuyên, nay xuất hiện các ngành chiếm cố định diện tích, không gian biển như điện gió, điện sóng, dầu khí thì cơ quan quản lý không gian biển phải có giải pháp ứng dụng hệ thống kiểm soát và định vị không gian cố định, di động để các ngành có thể hoạt động chung 1 không gian hoặc phân tách cố định ranh giới để áp dụng giải pháp cho thuê giao mặt biển - không gian biển thu tiền cho ngân sách nhà nước.

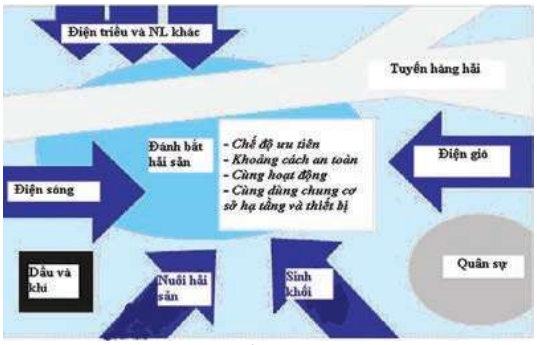
**4. Kết quả và thảo luận**

Lần đầu tiên áp dụng phương pháp tính toán và phân loại gió biển tầng cao dựa theo số liệu gió trung bình 10 năm của Cục Khí quyển và Đại dương Mỹ. Kết quả cho thấy vùng biển Việt Nam có tiềm năng năng lượng gió trên biển tầng cao 100 m và hơn 100 m đạt rất cao, ngang tầm với các khu vực có trang trại gió thế giới (tốc độ gió đạt trên 7 m/s) và có sự phân bố khác nhau theo các khu vực địa lý.

Các kết quả nghiên cứu, ứng dụng công nghệ và triển khai phát triển điện gió biển (điện gió ngoài khơi) hiện nay trên thế giới là rất khả quan, tạo cho các nước nghèo, trong đó có Việt Nam, những điều kiện thuận lợi đi tắt đón đầu để phát triển nhanh việc khai thác sử dụng các nguồn

*Hình 12. Bản đồ phân vùng tiềm năng năng lượng gió trên Biển Đông và biển ven bờ Việt Nam (các đường đẳng sâu 30 m (đường chấm) và 60 m (đường liền))*

*Hình 13. Sơ đồ nhà máy điện gió Bạc Liêu*




*Hình 14. Phân bố không gian các ngành khai thác biển*

năng lượng gió trên biển, góp phần đa dạng hóa và đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia.

Năng lượng gió biển được phân vùng địa lý theo tốc độ gió thành 5 khu vực biển Việt Nam. Vịnh Bắc Bộ, Quảng Bình - Quảng Ngãi, Bình Định - Ninh Thuận, Bình Thuận - Mũi Cà Mau, Mũi Cà Mau - Kiên Giang. Về chiều ngang tính từ bờ ra theo các đới sâu đáy biển (do tính chất công nghệ trụ gió) với các khoảng độ sâu (0-30 m, 30-60 m và hơn 60 m).

Tổng công suất tiềm năng lý thuyết công suất là 151.509 GW (với độ sâu 0-30 m đạt 64.841 GW, khu vực 30-60 m là 106.658 GW)

Đặc biệt khu vực Bình Thuận - Cà Mau (0-30 m, 30-60 m) tầng 100 m có công suất lần lượt là 26.262 GW và 67.980 GW (tổng bằng 94.242 GW) là vùng có tiềm năng gió lý thuyết cao nhất và khoảng 10.000 GW tiềm năng kỹ thuật và hầu như không có bão biển với tốc độ gió lớn.

Tổng công suất tiềm năng kỹ thuật điện gió biển đạt khoảng 10-15% cho thấy toàn Việt Nam (độ sâu 0-60 m) có thể đạt hơn 15.000 GW, riêng

khu vực 4 từ biển Bình Thuận - Cà Mau đạt gần 10.000 GW, chiếm đến 2/3 tiềm năng kỹ thuật điện gió biển Việt Nam.

Các trang trại tuốc-bin gió tại đảo Phú Quý và Bạc Liêu đã hoạt động tốt với hiệu suất đạt 33-35% công suất thiết kế và mang lại hiệu quả kinh tế cao, cơ hội thu hồi vốn khoảng hơn 13 năm, so với tuổi thọ tuốc-bin 25 năm. Trang trại gió biển Khai Long, Cà Mau đang bắt đầu xây dựng từ tháng 1/2016 với công suất giai đoạn 1 là 100 MW.

Hiệu quả kinh tế và môi trường do trang trại gió biển đóng góp ngân sách cho các địa phương nguồn thu mới ổn định, như nguồn thu từ điện gió của tỉnh Bạc Liêu hiện đạt tới 76 tỷ đồng năm, khi hoàn thành trang trại gió 400 MW thì số tiền sẽ lên tới gần 300 tỷ/năm; tỉnh Cà Mau với 300 MW cũng sẽ thu được cho ngân sách hơn 200 tỷ/năm.

***Đề xuất các giải pháp:***

Cần có một chiến lược dài hạn nghiên cứu, xây dựng cơ sở dữ liệu năng lượng gió biển và phát triển, ứng dụng gió biển vào thực tiễn sản xuất kinh doanh, kêu gọi đầu tư và hợp tác quốc tế.

Đa dạng hình thức phát triển nguồn năng lượng gió trên biển Việt Nam nếu được sử dụng đồng thời các phương án giải pháp kết hợp với các nguồn khác như mặt trời, sóng biển, OTEC, năng lượng sinh khối, nuôi trồng thủy sản, bảo tồn thủy sinh sẽ mang lại hiệu quả kinh tế hơn. Đồng thời, các trang trại gió biển cũng giúp ngăn ngừa xói sạt lở bờ biển và là những điểm thăm quan, du lịch học tập tuyệt vời.

Các trang trại gió góp phần tạo nên các mắt thần quan sát biển giúp tăng cường bảo vệ an ninh chủ quyền trên biển.

Việc phát triển điện gió sẽ có thể có xung đột lợi ích với không gian biển của các ngành nghề khác, bởi vậy cần nghiên cứu về chính sách hợp lý trong quy hoạch và phát triển điện gió trên biển.

Cần sớm xây dựng Chiến lược chính sách phát triển điện gió biển Việt Nam, nhằm thích ứng với BĐKH như kết hợp điện gió biển với lấn đất ra biển, nhằm chống lại xói sạt lở và xâm nhập mặn. Đồng thời có thể chung hạ tầng cơ sở để sản xuất điện từ sóng, dòng chảy và nuôi trồng thủy sản, kết hợp với các dịch vụ du lịch, nghiên cứu, bảo tồn thiên nhiên. Đặc biệt cần xem xét đánh giá tiềm năng kinh tế - kỹ thuật đối với khu vực 0-60 m nước, đặc biệt khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Đồng thời cũng nên xem xét đánh giá đối với độ sâu hơn 60 m nước, với triển vọng công nghệ cột gió nổi trên phao đang được nghiên cứu và phát triển.

**Tài liệu tham khảo**


1. Nguyễn Mạnh Hùng và nnk (2010), *Đề tài KC.09/2006-2010, Năng lượng biển.*
2. Kiều Nga (2011), *Điện gió Bạc Liêu: Những bước đi tích cực,* http://conglycm.vn/tech/vn/
3. Bùi Huy Phùng (2013), "Phát triển năng lượng và chiến lược tăng trưởng xanh ở Việt Nam", *Tạp chí Khoa học năng lượng*, số 01/2013, 67tr.
4. Bùi Huy Phùng (2009), "Tiềm năng, khả năng khai thác năng lượng tái tạo ở Việt Nam", *Báo cáo Hội thảo khoa học - Bộ Kế hoạch và Đầu tư*, 245tr.
5. Phạm Sỹ Thành (2017), *Chiến lược của Trung Quốc và hàm ý chính sách đối với Việt Nam*, NXB thế giới, 564tr.
6. Phan Mỹ Tiên (1994), *Phân bố tiềm năng năng lượng gió trên lãnh thổ Việt Nam*, Viện Khí tượng Thủy văn, 160tr.
7. Dư Văn Toán (2011), "Kịch bản phát triển năng lượng tái tạo trên thế giới và Việt Nam", *Tuyển tập Hội nghị khoa học quốc tế "Phát triển Năng lượng bền vững",* Viện Khoa học Công nghệ Việt Nam.
8. DOE (2011), *A National Offshore Wind Strategy: Creating an Offshore Wind Energy Industry in the United States*. 52 pp.
9. IRENA (2016), Renewable Capacity Statistics 2016.
10. Ocean ES 2011-2015 annual report.http://www.ocean-energy-systems.org/
11. Offshore Wind Energy 2016 Market Report. Planeta OS, 44 pp.
12. Susan Kraemer, 14/9/2016, How DONG Energy Bid Offshore Wind at Just 8 Cents.http://

www.renewableenergyworld.com/articles/2016/09/how-dong-energy-bid-offshore-wind-at-just-8-cents.html.
13. Viet Nam Offshore wind farm, 2016. Global Offshore wind farm database. http://www.4coffshore.com/offshorewind/

# OFFSHORE WIND ENERGY IN THE WORLD AND PROPOSALS FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE VIETNAMESE SEA TOWARDS THE GOAL OF MITIGATING THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE

**Du Van Toan, Nguyen Khac Doan, Nghiem Thanh Hai, Nguyen The Thinh**
*Viet Nam Institute of Seas and Islands*

**Abstract:** *This paper presents the status of wind resources exploitation in the world in general and offshore wind in particular. This paper introduces the calculation of wind energy density in the high 100 m of air, the method for zoning of ofshore wind resources in Viet Nam and proposing solutions to research and development of offshore wind energy, responding to climate change. The sea area of Viet nam has the potential of huge sea wind energy resources, with 0-30 m of sea area of 111,000 km$^2$ with a capacity of 64,000 GW, 30-60 m water with an area of 142,000 km$^2$. Summary potential yield is 106 thousand GW. The most promising area is the coastal area of Binh Thuan - Ca Mau with a density of nearly 1000 w/m$^2$ reached the highest in Viet Nam and world-class, and has been deployed wind farms in Bac Lieu, Ca Mau The total capacity is 1 GW, and the area up to 2030 will be 8 GW. The paper proposes to research and develop wind energy to contribute to reducing greenhouse gas emissions, aiming to reduce the impacts of climate change.*

***Keyword:*** *Wind energy, Viet Nam sea, climate change, cacbon mitigation, windfarm.*