

## **Thu hoạch mặt trời và gió để buôn bán điện xuyên biên giới khả chấp trong phân vùng Mekong và vùng phụ cận.**

### **(Harnessing solar and wind for sustainable cross-border electricity trade in the Greater Mekong Subregion)**

Thang Nam Do, Paul J. Burke and Bin Lu –

Bình Yên Đông lược dịch  
Frontiers – 8 June 2023

26/6/2023



#### **1. Phần giới thiệu**

Phân vùng Mekong và vùng Phụ cận (GMS) gồm có Cambodia, Cộng hòa Dân chủ Nhân dân Lào (PDR), Myanmar, Thái Lan, Việt Nam và Yunnan (Vân Nam) và Guangxi (Quảng Tây) ở Trung Hoa và là nơi có sông dài nhất Đông Nam Á (ĐNA). Với một dân số 345 triệu người trong năm 2021, tổng sản lượng quốc gia thật sự của nó gia tăng ở mức trung bình hàng năm là 6,3% từ năm 1995 đến 2016 (GMS Secretariat, 2022). Sản xuất điện hàng năm gia tăng ở mức trung bình khoảng 8,3% mỗi năm trong thời kỳ đó, đạt đến 775 TWh (GMS Secretariat, 2022). Với việc tăng trưởng dân số và kết quả của những tiến trình gồm có thu nhập gia tăng, đô thị hóa, kỹ nghệ hóa, và điện khí hóa, nhu cầu điện của GMS có lẽ sẽ bùng nổ trong những năm sắp tới (Phoumin et al., 2021).

Buôn bán điện xuyên biên giới cung cấp một cách quan trọng cho các quốc gia GMS cải thiện khả năng để đáp ứng với áp lực của nhu cầu điện gia tăng này. Xuất cảng và nhập cảng xuyên

biên giới có thể có lợi kinh tế cao (Antweiler, 2016). Thật vậy, mô phỏng cho GMS cho thấy rằng nối kết điện có thể giảm trị giá hiện tại của chi phí cung cấp điện vào khoảng 1/5 tương đối với tình hình của các hệ thống điện riêng rẽ được điều hành một cách độc lập (Yates, 2021). Nối kết khu vực cũng có thể làm dễ dàng hơn việc quản lý lưới điện ổn định vì sự đa dạng địa dư của việc sản xuất điện (IRENA and ACE, 2022).

Trong số các quốc gia GMS, Lao PDR đã là một quốc gia xuất cảng điện quan trọng, hầu hết sang Thái Lan vì tính gần gũi địa dư giữa 2 quốc gia và nhu cầu điện lớn lao của Thái Lan. Buôn bán điện xuyên biên giới trong các quốc gia GMS khác tương đối hạn chế, với chỉ số mở cho điện (nhập cảng cộng với xuất cảng tỉ lệ với sản xuất) của toàn khu vực vẫn còn thấp (Bảng 1). Buôn bán điện xuyên biên giới trong GMS cho đến nay phần lớn được chống đỡ bởi sản xuất thủy điện và than trong dạng của các đập qui mô lớn và nhà máy điện than Hong Sa có công suất 1.878 MW ở Lào PDR (Tran and Suhardiman, 2020).

Việc phát triển thủy điện đại qui mô ở Mekong được báo cáo là đã góp phần vào bất công, loại trừ, và biểu lộ cưỡng bức của bất công xã hội (Blake and Barney, 2021). Nó cũng gây ra mất mát đa dạng sinh học, thủy sản và mất mát phù sa, thay đổi nhiệt độ của nước, hạn hán, và xâm nhập của nước mặn (Grafton et al., 2019; Campbell and Barlow, 2020). An ninh lương thực của hàng triệu người vì thế thường là một sự chọn lựa tổn kém khi tất cả các hệ quả được cứu xét (Ansar et al., 2014).

	Generation	Imports	Exports	Openness index (%) <sup>a</sup>
Cambodia	8.4	3.1	0.0	37.0
Guangxi, China	127.5	0.0	0.0	0
Yunnan, China	268.6	1.4	1.9	1.2
Lao PDR	30.0	1.3	24.0	84.0
Myanmar	25.0	0.0	1.0	4.0
Thailand	181.0	26.0	2.9	15.0
Vietnam	214.0	3.3	2.1	2.5
Total	854.5	35.1	31.9	7.8

Bảng 1. Buôn bán điện xuyên biên giới trong GMS (TWh).

Câu trả lời, tuy nhiên, không phải là than đá. Sản xuất điện than góp phần vào hâm nóng toàn cầu và ô nhiễm không khí ở địa phương và khu vực, với hậu quả y tế nghiêm trọng. Xây thêm các nhà máy đốt than cũng tạo nên rủi ro cho các tài sản bị bỏ rơi trong tương lai vì sự khó khăn trong việc đạt được mục tiêu phóng thích 0 ròn nếu các dự án nhiệt than không giảm sút vẫn còn hoạt động (Do and Burke, 2023a). Điều lo ngại là Lao PDR có một loạt dự án có tiềm năng cộng thêm 7.000 MW công suất điện than, phần lớn để xuất cảng điện (Global EnergyMonitor, 2023). Một số nghiên cứu mô phỏng cũng tiên liệu những con đường phát triển trong GMS như thường lệ (Phoumin et al., 2021).

Những thám hiểm vào các đường lối thay thế để thúc đẩy việc buôn bán điện xuyên biên giới ở GMS và ĐNA tương đối hạn chế. Những nghiên cứu trước đây về buôn bán điện xuyên biên giới trong khu vực phần lớn chú trọng đến những chương ngại tổ chức, kỹ thuật, và kinh tế (thứ dụ, Ngân hàng Phát triển Á Châu (ADB), 2022; del Barrio-Alvarez and Horii, 2017; Do and Burke, 2023b; IEA, 2019; Shi et al., 2019; Yang et al., 2022). Mặc dù hydrogen và các hệ thống bình điện chứa năng lượng đã được xác nhận như những chọn lựa có tiềm năng để trữ năng lượng quan trọng (ADB, 2022), trữ năng lượng thủy điện bơm ở ngoài sông – GMS có tiềm năng lớn lao (Ausatralian National University (2021)), chưa nhận được sự chú ý đặc biệt trong bối cảnh làm dễ dàng việc bành trướng buôn bán điện xuyên biên giới giữa các quốc gia GMS.

Các nỗ lực mô phỏng gần đây gia tăng kết luận rằng có một vai trò lớn lao cho điện gió và mặt trời trong hỗn hợp điện của các quốc gia GMS qua các con đường phát triển khả chấp. Nghiên cứu của Handayani et al. (2022), thứ dụ, kết luận rằng mặt trời cộng với gió sẽ là những đóng góp đại đa số và việc sản xuất điện trong các quốc gia gồm có Thái Lan và Việt Nam vào năm 2050 trong tình huống phóng thích 0 ròng. Các tác giả không kết hợp tăng trưởng trong việc buôn bán điện xuyên biên giới vào mô phỏng của họ, tuy nhiên.

Tóm lược chánh sách này có mục đích thám hiểm tiềm năng cho một đường lối buôn bán điện xuyên biên giới mới ở GMS dựa trên việc buôn bán điện gió và mặt trời. Nó chú trọng đến các dự án mặt trời và gió cùng với việc trữ năng lượng thủy điện bơm ở ngoài sông như một cách hứa hẹn cao để tiến tới. Chúng tôi cũng chỉ đến các dấu hiệu ban đầu của sự chuyển động trong chiều hướng này. Tóm lược cũng nhấn mạnh đến tầm quan trọng để bảo đảm rằng các dự án được thiết kế để thực hiện các kết quả xã hội, môi trường, và kinh tế tốt nhất có thể được và được tiếp tục lượng định.

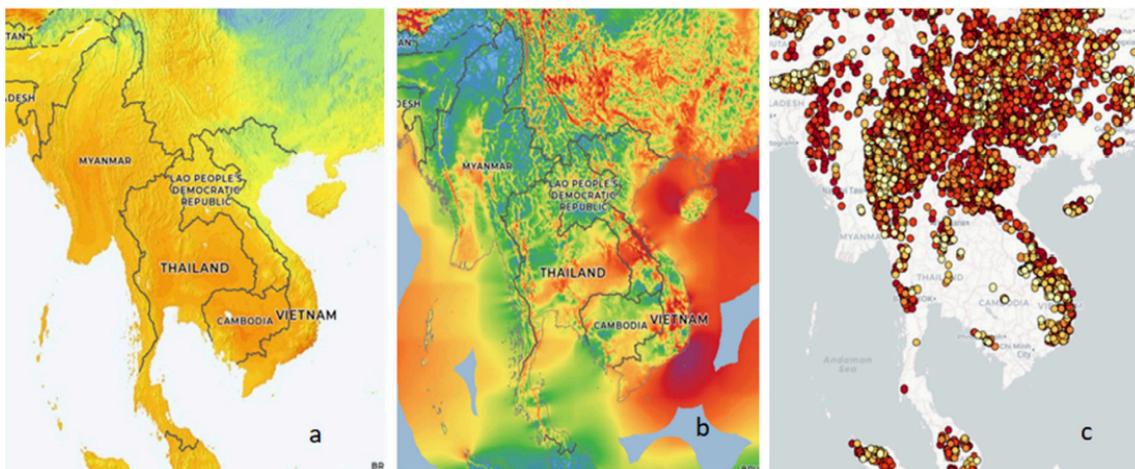
## **2. Các chọn lựa chánh sách và hệ quả**

Tính đến năm 2021, 5 quốc gia GMS có khoảng 20 GW công suất thiết kế điện mặt trời và khoảng 6 GW công suất thiết kế điện gió. Số này tương đương với 17% tổng số điện sản xuất của họ, mặc dù điện gió và mặt trời thường điều hành ở các yếu tố công suất thấp hơn hầu hết các sản xuất khác. Đại đa số công suất gió và mặt trời này ở Việt Nam. Trung Hoa có hơn 630 GW điện mặt trời PV và điện gió trong năm 2021, tương đương với khoảng 28% tổng số công suất điện (Ember, 2023).

Tương đối với tiềm năng của họ, tuy nhiên, việc sử dụng gió và mặt trời trong GMS vẫn còn thấp. Ở những nơi tốt nhất, mặt trời và gió nay cạnh tranh với thủy điện và điện than mới, ngay trước khi cứu xét chi phí xã hội và môi trường thấp hơn. Đặc biệt, chi phí được san bằng của điện (LCOEs) cho quang điện (PV) và điện gió trên bờ ở GMS được ước tính khoảng 46-75 USD/MWh và 49-76 USD/MWh, theo thứ tự, trong năm 2021 (IRENA and ACE, 2022). Những chi phí này được tiên đoán sẽ tiếp tục giảm khi kỹ thuật cải tiến và kỹ nghệ trưởng thành. LCOE cho thủy điện vào khoảng 36 USD/MWh, nhưng nó có khuynh hướng gia tăng theo thời gian vì những lý do gồm có những vị trí tốt được sử dụng trước (IRENA, 2021). Điện than có LCOE

được ước tính khoảng 60-90 USD/MWh ở GMS (Lu et al., 2021a). Nó là kỹ nghệ trưởng thành và đang mất tính cạnh tranh. Trên toàn cầu, đại đa số của khả năng sản xuất điện mới là mặt trời hay gió (IRENA, 2023).

Các quốc gia GMS có nhiều nguồn mặt trời và gió (Hình 1A,B). Tiềm năng cho mặt trời PV và gió ở trên bờ ở các vị trí trên bờ với một LCOE thấp hơn 150 USD/MWh được ước tính vào khoảng 25.500 GW và 1.100 GW theo thứ tự trong các quốc gia Mekong tính đến năm 2018 (Lee et al., 2020). Số này vượt quá khả năng sản xuất được thiết trí hiện nay trong tất cả kỹ thuật trong GMS vào khoảng 140 GW tính đến năm 2017 (ASEAN Center for Energy, 2020; Statista, 2018). Tiềm năng này gia tăng bởi tiềm năng gió ngoài biển đáng kể ở các quốc gia chẳng hạn như Việt Nam (Do et al., 2022). GMS sẽ có lợi từ việc phát triển điện gió và mặt trời cùng lúc, vì nguồn gió bổ sung cho mặt trời. Năng lượng mặt trời và gió cũng bổ sung theo mùa vì mùa gió đông và thay đổi theo mùa khác.



Hình 1. Tiềm năng dự trữ năng lượng mặt trời, gió, và thủy điện bơm ở GMS: (A) Bức xạ ngang toàn cầu như được biểu thị bởi màu xanh-vàng-cam-đỏ (bức xạ mặt trời từ thấp đến cao). (B) Vận tốc gió trung bình ở chiều cao 150 m với nguồn năng lượng gió hoàn hảo (>8 m/s) được nhấn mạnh bằng màu đỏ. (C) Vị trí tiềm năng cho thủy điện bơm ở ngoài sông, được xếp loại A (đỏ đậm), B (đỏ), C (cam), D (vàng), và E (vàng nhạt) dựa trên chi phí xây cất (thấp đến cao). Nguồn của hình: Hình 1A lấy từ Global Solar Atlas 2.5, một áp dụng dựa trên mạng miễn phí được phát triển và điều hành bởi Solargis (2021) đại diện cho Nhóm Ngân hàng Thế giới. Hình 1B dùng dữ kiện nguồn gió của Global Wind Atlas 3.1 của Technical University of Denmark (2021). Hình 1.C từ Australian National University (2021) Global Pumped Hydro Atlas.

Các quốc gia GMS có các yếu tố khả năng mặt trời PV tiềm năng tương đối cao - ở 16%-18% cho hầu hết khu vực (Solargis, 2021). Thay đổi theo mùa trong nguồn mặt trời tương đối thấp, với tỉ số tối đa:tối thiểu cho nguồn năng lượng mặt trời trung bình thường dưới 2. Điều này có nghĩa là sự cần thiết để dự trữ năng lượng theo mùa sẽ tương đối vừa phải, nhất là nếu việc nối kết truyền điện ở trong nước và khu vực được cập nhật (Do et al., 2020; Do et al., 2021). Nối kết

truyền điện sẽ giúp đa dạng nguồn cung cấp và cho phép tiếp cận với các vị trí sản xuất giá thấp nhất trong khu vực.

Thủy điện bơm ở ngoài sông sẽ là một giải pháp lý tưởng để dự trữ năng lượng cần cho cả quốc gia nhập cảng và xuất cảng điện. Thủy điện bơm được biết là một sự chọn lựa kinh tế nhất để dự trữ năng lượng đại qui mô theo thời biểu từ vài giờ đến vài ngày (Schmidt et al., 2019). Không giống như thủy điện truyền thống ở trên sông, thủy điện bơm ở ngoài sông có thể có ảnh hưởng môi trường tương đối thấp, nhất là nằm trên những vị trí đã phát triển chẳng hạn như mỏ trước đây (Gilfillan and Pittock, 2022). Các quốc gia hạ lưu Mekong có khoảng 27.300 vị trí có tiềm năng bơm thủy điện ở ngoài sông với khả năng dự trữ tổng cộng trên 896.000 GWh (Hình 1C) (Stock et al., 2021). Điều này rất nhiều để hỗ trợ cho 100% các hệ thống năng lượng tái tạo trong khu vực.

Thủy điện bơm ngoài sông có tiềm năng đáng kể để cung cấp các dịch vụ chuyển điện mà hiện nay thường được cung cấp bởi thủy điện, và không làm xáo trộn hệ thống sông (Waldman et al., 2019). Nó cũng có thể cung cấp dịch vụ phụ trợ chẳng hạn như kiểm soát tần số. Để làm dễ dàng việc buôn bán xuyên biên giới, các vị trí thủy điện bơm có thể ở bên phía xuất cảng hay nhập cảng, tùy theo bối cảnh. Các giải pháp dự trữ khác và các kỹ thuật quản lý lưới thông minh cũng sẽ trở nên càng ngày càng quan trọng khi việc chia sẻ nhiều nguồn năng lượng gia tăng (Schmidt et al., 2019). Tính có sẵn của dữ kiện tiên đoán có phẩm chất cao về tính có sẵn của nguồn mặt trời và gió cũng quan trọng cho việc quản lý hệ thống và giảm nhẹ chi phí (Djaafari et al., 2022).

Chấp nhận điện mặt trời và gió cộng với dự trữ năng lượng bằng thủy điện bơm ngoài sông ở GMS có thể mang lại lợi ích lớn lao. Đường lối sẽ làm giảm rủi ro không có đủ nước cho việc điều hành đập trong mùa khô (Chowdhury et al., 2021). Ở qui mô vùng, mô phỏng đề nghị rằng một hệ thống 100% điện tái tạo với điện mặt trời và gió chiếm ưu thế có thể được chấp nhận ở các quốc gia GMS ở một LCOE cạnh tranh cao khoảng 55-110 USD/MWh theo thời giá 2020 (Lu et al., 2021a; Yates, 2021).

Bằng cách tránh các dự án thủy điện đại qui mô và nhiệt điện mới, điện mặt trời và gió cộng với dự trữ năng lượng thủy điện bơm ở ngoài sông có thể giảm nhẹ ảnh hưởng xã hội và môi trường cho các cộng đồng ở địa phương, nhất là nếu việc thực hiện được chọn vị trí tốt và tham vấn và tham gia cộng đồng mạnh mẽ (Do et al., 2021). Thực hiện hay sửa chữa các dự án mặt trời PV nổi là một cách để giảm ảnh hưởng của đất và cũng có thể có tiềm năng để nâng cao sản lượng năng lượng của các tấm quang điện qua ảnh hưởng làm nguội. Những thiết lập cũng có thể giúp làm giảm bốc hơi, vì thế cung cấp lợi ích tiềm tàng cho nông nghiệp và những người dùng nước khác (Alhejji et al., 2021). Ảnh hưởng sinh thái đối với những vùng nước cần được tối thiểu hóa, tuy nhiên (Yang et al., 2019). Lao PDR hiện đang xây dự án mặt trời có qui mô tiện ích đầu tiên, với một dự án PV nổi trên một đập hiện có cũng được dự trù (IEEFA, 2022).

### 3. Đề nghị có thể hành động

Nỗ lực để vượt qua các chướng ngại tổ chức và kỹ thuật để buôn bán điện xuyên biên giới trong GMS có nhiều mặt (ADB, 2022). Ở đây, chúng tôi phác họa một vài chiến lược then chốt.

#### 3.1. Các cơ chế để khuyến khích mặt trời, gió và chấp nhận dự trữ năng lượng điện

Chính sách của chính phủ chẳng hạn như khuyến khích đầu tư vào nguồn năng lượng tái tạo và đấu giá ngược sẽ rất quan trọng trong việc nâng cao sự chấp nhận chung điện mặt trời và gió trong các quốc gia GMS (Vakulchuk et al., 2023). Những cơ chế này được mở một cách lý tưởng cho những người cung cấp xuyên biên giới. Đường lối tiêu chuẩn tái tạo, như được dùng ở, thí dụ, Australia và California, cũng là một đường lối nhiều hứa hẹn (Burke and Do, 2021). Đấu giá và cơ chế giấy phép cũng có thể được dùng để nhắm vào điều khoản của dịch vụ dự trữ năng lượng ngắn và dài hạn, hay cung cấp chắc chắn. Cải thiện việc quản lý và khả năng của lưới điện cũng quan trọng, vì nó được mong đợi cao để tránh kiểu cắt xén sản lượng mặt trời và gió xảy ra ở Việt Nam trong giai đoạn chấp thuận ban đầu (Do et al., 2021).

Trong khi đầu tư trong các dự án mặt trời và gió mới, việc chuyển tiếp từ các dự án than cũng quan trọng hàng đầu để không bị cộng vào chiều hướng không khả chấp trong các quốc gia GMS. Hiện có hỗ trợ quốc tế đáng kể để từ bỏ điện than từng giai đoạn và mang lại tái tạo. Thí dụ, trong năm 2022, Việt Nam tham gia vào Hợp tác Chuyển đổi Năng lượng Công bằng trị giá 15,5 tỉ USD với các đối tác quốc tế chú trọng đến việc thay thế điện than (Do and Burke, 2023a).

#### 3.2 Chú trọng đến buôn bán điện xuyên biên giới song phương

Kết hợp sâu của thị trường bán sỉ điện thì không thể có trong GMS trong tương lai có thể thấy. Thay vào đó, có lẽ rằng các thỏa thuận mua điện xuyên biên giới song phương hay tam phương (PPAs) sẽ tiếp tục là cơ chế làm dễ dàng then chốt cho việc buôn bán điện (Do and Burke, 2023b). Những thỏa thuận như vậy có thể được tránh rủi ro đến phạm vi nào đó qua bảo đảm chủ quyền và các đường lối khác (IRENA, 2020).

Nhiều dấu hiệu tích cực mới được thấy trong chiều hướng này. Vào đầu năm 2023, Nhóm Dầu Khí Việt Nam và Sembcorp Industries của Singapore ký một thỏa thuận giúp Việt Nam xuất cảng khoảng 2,3 GW điện gió ở ngoài khơi sang Singapore (Reuters, 2023). ADB cũng ký một gói tài chính cho dự án trị giá 692 triệu USD để xây một dự án điện gió 600 MW ở Lào PDR để xuất cảng sang Việt Nam (ADB, 2023). Cambodia cũng ký một biên bản ghi nhớ cho việc xuất cảng điện sạch sang Singapore (Khmer Times, 2023).

#### 3.3. Siêu lưới điện 1 chiều cao thế

Một đường lối hứa hẹn là xây một siêu lưới điện 1 chiều cao thế (HVDC) để nối các quốc gia thành viên. Kỹ thuật HVDC hiện đại làm dễ dàng việc truyền điện lớn đi xa với tương đối mất năng lượng thấp (khoảng 3%/1.000 km) (Lu et al., 2021b). Một siêu lưới HVDC đã được mô phỏng trong nhiều bài tập. Thí dụ, nghiên cứu của Yates (2021) thấy rằng nó có thể giúp làm dễ dàng một chia sẻ 97% tái tạo trong hỗn hợp điện ở GMS ở một hệ thống cạnh tranh LCOE vào khoảng 66 USD/MWh. Siêu lưới HVDC cũng có thể được nối rộng để nối với các tỉnh khác ở Trung Hoa, các quốc gia ĐNA khác, và các quốc gia chẳng hạn như Bangladesh, Ấn Độ và Australia (Do and Burke, 2023b). Một hệ thống nối kết như thế có thể được tách rời từ các lưới điện xoay chiều để làm giảm cơ hội không thể thông qua (Lu et al., 2021b). Lưới cần được xây trong nhiều giai đoạn, lý tưởng với cái nhìn để cung cấp nối kết khu vực rộng rãi trong lâu dài.

### *3.4. Thu xếp tổ chức và tài chính*

Về mặt tổ chức, ưu tiên hóa của tầm nhìn được mặt trời và gió thúc đẩy cho việc buôn bán điện ở GMS bởi Ủy ban Phối hợp Buôn bán Điện Khu vực GMS sẽ là một bước hữu ích. Ủy ban này gồm có đại diện từ 6 bộ năng lượng quốc gia (ADB, 2022). Ủy hội Sông Mekong và Hiệp hội các Quốc gia ĐNA (ASEAN) cũng có những vai trò then chốt (Dombrowsky and Hensengerth, 2018). Cũng có vai trò tiềm tàng cho các tổ chức mới để theo dõi và lượng định tiến bộ trong việc chuyển đổi năng lượng trong GMS, rút ra những bài học cho những giai đoạn kế tiếp.

Đầu tư lớn trong việc sản xuất điện và khả năng truyền điện sẽ cần đến, mặc dù đây cũng là trường hợp hoặc là phóng thích nhiều hay một đường lối phát triển nhiều thủy điện. Chúng tôi ước tính rằng vốn tư bản cho một siêu lưới HVDC được nối tốt trong GMS có lẽ sẽ tốn hàng trăm tỉ USD (Lu et al., 2021a; Yates, 2021). Đầu tư lớn lao cũng cần đến để di đến kinh tế 0 ròng, gồm có điện khí hóa các thành phần chẳng hạn như giao thông đường bộ (DEA and EREA, 2022). Vì học hỏi kỹ thuật và ảnh hưởng trưởng thành, phạm vi mà chi phí mặt trời và gió ở địa phương được mong đợi sẽ giảm trong những năm sắp tới là một hàm số của mức chấp thuận trong khu vực.

Các ngân hàng phát triển đa phương chẳng hạn như Ngân hàng Phát triển Á Châu (ADB), Ngân hàng Đầu tư Hạ tầng cơ sở Á Châu (AIIB), và Ngân hàng Thế giới (WB) có những vai trò tài chính then chốt, và hợp tác song phương cũng quan trọng (Feng et al., 2020). ADB (2021), thí dụ, đã loan báo họ sẽ cung cấp 100 tỉ USD trong tài trợ khí hậu trên khắp Á Châu và Thái Bình Dương từ 2019 đến 2023 và đã đặc biệt loại trừ hỗ trợ cho các dự án điện hay khai thác than mới. Các quốc gia GMS cũng có thể huy động tài nguyên ở trong nước để bù đắp các lưới truyền điện qua các cơ chế chẳng hạn như đánh giá carbon (Do and Burke, 2021).

### *3.5 Tăng cường sự ủng hộ chính trị và cộng đồng*

Ủng hộ chính trị sẽ vô cùng quan trọng cho viễn cảnh của buôn bán điện xuyên biên giới khả chấp trong GMS (Puka and Szulecki, 2014), và thật vậy là một điều kiện tiên quyết then chốt cho việc thiết lập sơ khởi việc buôn bán điện xuyên biên giới giữa Lao PDR và Thái Lan (del

Barrio-Alvarez and Horii, 2017). Bảo đảm việc tham gia mạnh mẽ của cộng đồng trong việc lấy quyết định và chia sẻ lợi ích cũng quan trọng không kém (Wyrwoll et al., 2018). Các nỗ lực chặt chẽ để tối thiểu hóa dấu chân xã hội và môi trường của các dự án mặt trời và gió và truyền điện liên hệ và hạ tầng cơ sở dự trữ năng lượng sẽ cần thiết cho tính khả chấp môi trường và duy trì sự ủng hộ của quần chúng (Opperman et al., 2023). Nó rất quan trọng để hạ tầng cơ sở được đặt ở một vị trí trong khi để mắt đến việc tối thiểu hóa ảnh hưởng tai hại.

#### **4. Phần kết luận**

Điện mặt trời và gió kết hợp với dự trữ bơm thủy điện ở ngoài sông đã xuất hiện như một cách thay thế đầy hứa hẹn cho thủy điện đại qui mô mới hay nhiệt điện ở GMS trong thời đại trong đó phóng thích thấp, các chọn lựa khả chấp rất cần đến. Thay đổi tài nguyên giữa các quốc gia tạo nên nhiều cơ hội buôn bán xuyên biên giới, thí dụ, việc xuất cảng điện gió ngoài biển từ Việt Nam, điện gió trên bờ từ Lào PDR, hay điện mặt trời từ Cambodia, trong số những tiềm năng khác. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thứ cần phải làm để thực hiện điều này như một mô hình khả chấp hơn của việc buôn bán điện xuyên biên giới cho khu vực. Dòng vốn lớn sẽ cần đến.

Hành động ngắn hạn để nâng cao đầu tư trong điện mặt trời và gió và hạ tầng cơ sở truyền điện - ở trong nước và xuyên biên giới - đều quan trọng. Bảo vệ môi trường và xã hội cũng cần đến cho tất cả các dự án mặt trời, gió, dự trữ và truyền điện. Hợp tác và tin cậy khu vực sẽ rất quan trọng. Một dạng sâu của việc kết hợp thị trường bán sỉ điện không thể có trong tương lai gần, với sự tiếp tục lệ thuộc vào các thỏa thuận song phương hay tam phương để cung cấp điện xuyên biên giới và mua bán trước có lẽ vẫn là mô hình trụ cột.

Có một phạm vi lớn lao cho nghiên cứu trong tương lai về thiết kế kiến tạo nhất định, tính chi phí của dự án, và mô hình cho sự tham gia của cộng đồng trong các dự án năng lượng sạch trong bối cảnh của GMS. Lượng định đang diễn ra cùng với các kích thước xã hội, môi trường và kinh tế cũng sẽ rất quan trọng. Những bài học trên đường sẽ là tin tức để bảo đảm việc chuyển giao lâu dài của kết quả phát triển khả chấp trong GMS trong thời đại mới của điện mặt trời và gió.

#### **Tài liệu tham khảo**

ADB (2023). ADB signs loan for first cross-border wind power project in Asia, first plant in Lao PDR and largest in Southeast Asia.

<https://www.adb.org/news/adb-signs-loan-first-cross-border-wind-power-project-asia-first-plant-lao-pdr-and-largest>.

ADB (2021). “Energy policy: Supporting low-carbon transition in Asia and the Pacific,” in Policy paper (Manila, Philippines: Asian Development Bank).

ADB (2022). *Facilitating power trade in the Greater Mekong Subregion: Establishing and implementing a regional grid code*. Manila, Philippines: Asian Development Bank.

- Alhejji, A., Kuriqi, A., Jurasz, J., and Abo-Elyousr, F. K. (2021). Energy harvesting and water saving in arid regions via solar PV accommodation in irrigation canals. *Energies* 14 (9), 2620. doi:10.3390/en14092620
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A., and Lunn, D. (2014). Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy* 69, 43–56. doi:10.1016/j.enpol.2013.10.069
- Antweiler, W. (2016). Cross-border trade in electricity. *J. Int. Econ.* 101, 42–51. doi:10.1016/j.jinteco.2016.03.007
- Australian National University (2021). Global pumped hydro atlas. <https://www.nationalmap.gov.au/#share=s-py9ofDCNEwqsrFGkptS5dJ9wSq>.
- Blake, D. J. H., and Barney, K. (2021). Impounded rivers, compounded injustice: Contesting the social impacts of hydraulic development in Laos. *Int. J. Water Resour.* 38 (1). doi:10.1080/07900627.2021.1920373
- Burke, P. J., and Do, T. N. (2021). Greening Asia's economic development. *Asia Econ. Policy Rev.* 16 (1), 22–39. doi:10.1111/aepr.12316
- Campbell, I., and Barlow, C. (2020). Hydropower development and the loss of fisheries in the Mekong River basin. *Front. Environ. Sci.* 8. doi:10.3389/fenvs.2020.566509
- Chowdhury, A. F. M. K., Dang, T. D., Nguyen, H. T. T., Koh, R., and Galelli, S. (2021). The Greater Mekong's climate-water-energy nexus: How ENSO-triggered regional droughts affect power supply and CO2 emissions. *Earth's Future* 9, e2020EF001814. doi:10.1029/2020EF001814
- DEA and EREA (2022). Vietnam Energy Outlook Report 2021. <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/country-cooperation/vietnam>.
- del Barrio-Alvarez, D., and Horii, H. (2017). Energy security and regional power sector cooperation in the Greater Mekong Sub-Region: Past developments and nearterm challenges. *Asian J. Public Aff.* 9 (2), e2. doi:10.18003/ajpa.20174
- Djaafari, A., Ibrahim, A., Bailek, N., Bouchouicha, K., Hassan, M. A., Kuriqi, A., et al. (2022). Hourly predictions of direct normal irradiation using an innovative hybrid LSTM model for concentrating solar power projects in hyper-arid regions. *Energy Rep.* 8, 15548–15562. doi:10.1016/j.egy.2022.10.402
- Do, T. N., Burke, P. J., Baldwin, K. G. H., and Nguyen, C. T. (2020). Underlying drivers and barriers for solar photovoltaics diffusion: The case of Vietnam. *Energy Policy* 144, 111561. doi:10.1016/j.enpol.2020.111561
- Do, T. N., and Burke, P. J. (2021). Carbon pricing in Vietnam: Options for adoption. *Energy Clim. Change* 2, 100058. doi:10.1016/j.egycc.2021.100058
- Do, T. N., Burke, P. J., Hughes, L., and Ta, D. T. (2022). Policy options for offshore wind power in Vietnam. *Mar. Policy* 141, 105080. doi:10.1016/j.marpol.2022.105080
- Do, T. N., and Burke, P. J. (2023b). Is ASEAN ready to move to multilateral crossborder electricity trade? *Asia Pac. Viewp.* 64 (1), 110–125. doi:10.1111/apv.12343
- Do, T. N., Burke, P. J., Nguyen, N. H., Overland, I., Suryadi, B., Swandaru, A., et al. (2021). Vietnam's solar and wind power success: Policy implications for the other ASEAN countries. *Energy Sustain. Dev.* 65, 1–11. doi:10.1016/j.esd.2021.09.002

- Do, T. N., and Burke, P. J. (2023a). Phasing out coal power in a developing country context: Insights from Vietnam. *Energy Policy* 176, 113512. doi:10.1016/j.enpol.2023.113512
- Dombrowsky, I., and Hensengerth, O. (2018). Governing the water-energy-food nexus related to hydropower on shared rivers the role of regional organizations. *Front. Environ. Sci.* 6. doi:10.3389/fenvs.2018.00153
- Ember (2023). Data. <https://ember-climate.org/data>.
- Feng, T.-t., Gong, X.-l., Guo, Y.-h., Yang, Y.-s., Pan, B.-b., Li, S.-p., et al. (2020). Electricity cooperation strategy between China and ASEAN countries under 'The Belt and Road'. *Energy Strategy Rev.* 30, 100512. doi:10.1016/j.esr.2020.100512
- Gilfillan, D., and Pittock, J. (2022). Pumped storage hydropower for sustainable and low-carbon electricity grids in Pacific Rim economies. *Energies* 15 (9), 3139. doi:10.3390/en15093139
- Global Energy Monitor (2023). Global coal power plant tracker. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker>.
- Grafton, R. Q., Garrik, D., Manero, A., and Do, T. N. (2019). The Water Governance Reform Framework: Overview and Applications to Australia, Mexico, Tanzania, U.S.A and Vietnam. *Water* 11 (1), 137. doi:10.3390/w11010137
- Handayani, K., Anugrah, P., Goembira, F., Overland, I., Suryadi, B., and Swandaru, A. (2022). Moving beyond the NDCs: ASEAN pathways to a net-zero emissions power sector in 2050. *Appl. Energy* 311, 118580. doi:10.1016/j.apenergy.2022.118580
- IEA (2019). *Establishing multilateral power trade in ASEAN*. Paris, France: International Energy Agency.
- IEEFA (2022). Construction starts on first large-scale solar farm in Laos. Abu Dhabi, United Arab Emirates: Institute for Energy Economics and Financial Analysis.
- IRENA and ACE (2022). *Renewable Energy Outlook for ASEAN: Towards a regional energy transition*. Abu Dhabi, United Arab Emirates: International Renewable Energy Agency.
- IRENA (2023). *Renewable capacity statistics 2023*. Abu Dhabi, United Arab Emirates: International Renewable Energy Agency.
- IRENA (2020). *Renewable energy finance: Sovereign guarantees*. Abu Dhabi, United Arab Emirates: International Renewable Energy Agency.
- IRENA (2021). *Renewable power generation costs in 2020*. Abu Dhabi, United Arab Emirates: International Renewable Energy Agency.
- Khmer Times (2023). Cambodia to export renewable electricity to Singapore. <https://www.khmertimeskh.com/501256436/cambodia-to-export-renewable-electricity-to-singapore>.
- Lee, N., Flores-Espino, F., Oliveira, R., Roberts, B., Bowen, T., and Katz, J. (2020). *Exploring renewable energy opportunities in select Southeast Asian countries: A geospatial Analysis of the levelized cost of energy of utility-scale wind and solar photovoltaics*. Washington, DC, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Lu, B., Blakers, A., Stocks, M., Cheng, C., and Nadolny, A. (2021b). A zero-carbon, reliable and affordable energy future in Australia. *Energy* 220, 119678. doi:10.1016/j.energy.2020.119678

- Lu, B., Blakers, A., Stocks, M., and Do, T. N. (2021a). Low-cost, low-emission 100% renewable electricity in Southeast Asia supported by pumped hydro storage. *Energy* 236, 121387. doi:10.1016/j.energy.2021.121387
- Opperman, J. J., Carvalho, J. P., Kelman, R., Schmitt, R. J. P., Almeida, R., Chapin, E., et al. (2023). Balancing renewable energy and river resources by moving from individual assessments of hydropower projects to energy system planning. *Front. Environ. Sci.* 10, 1036653. doi:10.3389/fenvs.2022.1036653
- Phoumin, H., Meas, S., and An, H. P. (2021). Sustainable energy-related infrastructure development in the Mekong Subregion: Key drivers and policy implications. *Sustainability* 13 (10), 5720. doi:10.3390/su13105720
- Puka, L., and Szulecki, K. (2014). The politics and economics of cross-border electricity infrastructure: A framework for analysis. *Energy Res. Soc. Sci.* 4, 124–134. doi:10.1016/j.erss.2014.10.003
- Reuters (2023). Vietnam in talks with Sembcorp to build power line linking to Singapore. <https://www.reuters.com/business/energy/vietnam-talks-with-semcorp-build-power-line-linking-singapore-2023-02-10>.
- Sabo, J. L., Ruhi, A., Holtgrieve, G. W., Elliott, V., Arias, M. E., Ngor, P. B., et al. (2017). Designing river flows to improve food security futures in the Lower Mekong Basin. *Science* 358 (6368), eaao1053. doi:10.1126/science.aao1053
- Schmidt, O., Melchior, S., Hawkes, A., and Staffell, I. (2019). Projecting the Future Levelized Cost of Electricity Storage Technologies. *Joule* 3, 81–100. doi:10.1016/j.joule.2018.12.008
- Schmitt, R. J. P., Kittner, N., Kondolf, G. M., and Kammen, D. M. (2019). Deploy diverse renewables to save tropical rivers. *Nature* 569, 330–332. doi:10.1038/d41586-019-01498-8
- GMS Secretariat (2022). The Greater Mekong Subregion Statistical Database. <http://www.greatermekong.org/stats/index-static.php>.
- Shi, X., Yao, L., and Jiang, H. (2019). Regional power connectivity in Southeast Asia: the role of regional cooperation. *Glob. Energy Interconnect.* 2, 444–456. doi:10.1016/j.gloi.2019.11.020
- Solargis (2021). Global Solar Atlas 2.5. <https://globalsolaratlas.info>.
- Statista (2018). China electricity by region. <https://www.statista.com/statistics/302317/china-power-generation-installed-capacity-by-region>.
- Stocks, M., Stocks, R., Lu, B., Cheng, C., and Blakers, A. (2021). Global Atlas of ClosedLoop Pumped Hydro Energy Storage. *Joule* 5 (1), 270–284. doi:10.1016/j.joule.2020.11.015
- Technical University of Denmark (2021). Global Wind Atlas 3.1. <https://globalwindatlas.info>.
- Tran, T. A., and Suhardiman, D. (2020). Laos' hydropower development and crossborder power trade in the Lower Mekong Basin: A discourse analysis. *Asia Pac. Viewp.* 61 (2), 219–235. doi:10.1111/apv.12269 U.S.
- EIA (2022). International Energy Statistics. <https://www.eia.gov/international/data/world>.
- Vakulchuk, R., Overland, I., and Suryadi, B. (2023). ASEAN's energy transition: How to attract more investment in renewable energy. *Energy, Ecol. Environ.* 8 (1), 1–16. doi:10.1007/s40974-022-00261-6

- Waldman, J., Sharma, S., Afshari, S., and Fekete, B. (2019). Solar-power replacement as a solution for hydropower foregone in US dam removals. *Nat. Sustain.* 2 (9), 872–878. doi:10.1038/s41893-019-0362-7
- Wyrwoll, P. R., Grafton, R. Q., Daniell, K. A., Chu, L., Le, T. H. L., Dang, K. K., et al. (2018). Decision-making for systemic water risks: Insights from a participatory risk assessment process in Vietnam. *Earth's Future* 6, 543–564. doi:10.1002/2017EF000777
- Yang, M., Sharma, D., Shi, X., Mamaril, K., Jiang, H., and Candlin, A. (2022). Power connectivity in the Greater Mekong Subregion (GMS) – The need for a wider discourse. *Energy Policy* 165, 112994. doi:10.1016/j.enpol.2022.112994
- Yang, P., Chua, L. H. C., Irvine, K. N., Nguyen, M. T., and Low, E. W. (2019). Impacts of a floating photovoltaic system on temperature and water quality in a shallow tropical reservoir. *Limnology* 23, 441–454. doi:10.1007/s10201-022-00698-y
- Yates, H. (2021). *100% renewable electricity in the Greater Mekong Subregion via transmission and storage solutions*. Canberra, Australia: The Australian National University.